

平成 **22** 年度

基礎科学・国際特別研究員年報

Special and Foreign Postdoctoral Researcher Programs
FY2010 Annual Report



独立行政法人

理化学研究所

平成 22 年度

基礎科学・国際特別研究員年報

Special and Foreign Postdoctoral Researcher Programs

FY2010 Annual Report

独立行政法人理化学研究所

総 目 次 / Contents

基礎科学特別研究員年報 / Special Postdoctoral Researcher Reports

はじめに / Foreword 7

目次 / Contents 9

国際特別研究員年報 / Foreign Postdoctoral Researcher Reports

はじめに / Foreword 151

目次 / Contents 153

基礎科学特別研究員年報

Special Postdoctoral Researcher Reports

平成 19 ~ 22 年度採用者

FY2007 ~ 2010 Appointments

はじめに

本年報は、独立行政法人理化学研究所に在籍する基礎科学特別研究員の平成 22 年度における研究報告です。基礎科学特別研究員制度の概要については、以下のとおりです。

< 設立の経緯 >

今後の科学技術を飛躍的に発展させ、わが国が豊かな社会を築き国際社会に貢献していくためには、創造性豊かな科学技術の発展が不可欠となっています。このような状況を踏まえ平成元年度の新たな施策として、科学技術庁（現 文部科学省）と理化学研究所が連携して独創的・基礎的研究を強力に推進する基礎科学特別研究員制度を創設しました。その後の定員の拡充等制度の充実に伴い、本制度の運用は平成 7 年度より理研に全面移管されています。

< 制度の内容 >

本制度は、理化学研究所が、創造性、独創性に富む優れた若手研究者に自主的に研究できる場を与え、その力を十分に発現させることにより基礎科学発展の担い手として活躍を期待する制度です。対象とする研究分野は、物理学、化学、生物科学、医科学、工学の学際的分野を含む科学技術分野で、理研で実施可能な研究です。

対象者は自然科学の博士号取得者（見込みを含む）又はこれと同等の研究能力を有すると認められる者で、自らが理研において実施を希望する研究課題と理研の研究領域を勘案して設定した研究課題を自主的に遂行する意志のある者です。毎年、公募により募集を行い、所内研究者と外部有識者で構成される委員会で審査（書類審査、面接審査）・選考を行っています。契約期間は 1 年ですが、毎年度所定の評価を経て最長 3 年間を限度として契約を更新することができます。

基礎科学特別研究員の受け入れにあたっては、研究課題を自主的に遂行できるよう受入研究室を定めて、必要な研究スペースの確保、研究施設及び設備の利用について便宜を図り、基礎科学特別研究員は所属長から助言を受けることができます。

平成 20 年 10 月からは育児休業の制度も見直し、研究・出産・育児のワークライフバランスにも配慮しています。制度創設から 20 年以上が経過し、およそ 1,350 名程度の基礎科学特別研究員を受け入れており、現在の在籍者数は 88 名となっています。

平成 23 年 12 月

独立行政法人理化学研究所

〔 凡 例 〕

各研究報告の末尾に揚げた誌上発表 (Publications) の原著論文等のうち、*印を付したものは査読精度がある論文詩であることを示します。

目 次

◆ 平成19年度採用

〈 符号 〉	〈 研究課題 〉	〈 研究者氏名 〉	〈 頁 〉
XIX-018	細胞内酵素活性計測用マイクロシステムの開発と癌細胞診断への適用検討	韓 愛善	17

◆ 平成20年度採用

〈 符号 〉	〈 研究課題 〉	〈 研究者氏名 〉	〈 頁 〉
XX-001	K 中間子ヘリウム 3 原子 X 線の精密測定	飯尾 雅実	21
XX-002	重イオン衝突直後の早期熱平衡化とクォーク・グルーオン・プラズマ形成に関する研究	古城 徹	22
XX-004	RIBF-SLOWRI 計画のための大強度 RI ビーム用ガスキャッチャーシステムの開発	園田 哲	23
XX-005	X 線スペクトルの時間変動で探るブラックホール時空構造と一般相対論的降着円盤	高橋 労太	24
XX-006	雷活動からの X 線や核 γ 線観測による電場での粒子加速の検証	土屋 晴文	25
XX-007	マグネターを手掛かりにした強磁場中性子星の高エネルギー現象の解明	中川 友進	26
XX-011	X 線撮像分光観測による超新星残骸の元素組成とその空間分布の測定	山口 弘悦	28
XX-012	原子核密度汎関数法に基づいた不安定原子核における集団運動の微視的記述	吉田 賢市	29
XX-013	ミュオンスピン緩和法による量子臨界点近傍における磁性研究	大石 一城	30
XX-014	多バンドフェルミ流体が内包するゲージ理論的構造の解明	進藤 龍一	33
XX-015	量子スピンホール系のエッジ状態における電子相関効果と輸送特性	田中 洋一	34
XX-016	大自由度集団現象の理論的解明：情報处理的な視点に立った新しいアプローチ	寺前 順之介	35
XX-018	芳香族化合物の C-H 結合の直接的官能基化をめざした新規触媒系の開発	小山田 重蔵	36
XX-019	軸性不斉を完全制御した光電子機能性オリゴナフタレン類の創製	高石 和人	37
XX-020	ホスファターゼ阻害剤をプローブとしたホスファターゼ網羅的解析法の開発	久米田(土屋)綾子	38
XX-022	赤外分光及び蛍光顕微鏡による肺サーファクタントの構造と機能についての研究	盛田 伸一	39
XX-023	哺乳類卵母細胞に特有な核小体成分の同定と解析	大串 素雅子	39
XX-026	光架橋技術を用いた分泌タンパク質の濃度勾配モデルの構築	櫻木 誠	40
XX-027	共生微生物が賦与する昆虫の寄生植物適応機構の解明	土田 努	41
XX-029	線虫の初期胚細胞分裂における微小管制御機構の解析	戸谷 美夏	42
XX-030	グローバルな日周運動を制御する作動原理の解明	中道 範人	44

〈 符号 〉	〈 研究課題 〉	〈 研究者氏名 〉	〈 頁 〉
XX-031	植物の低温ストレス応答に関与する新規 RNA マスキング機構探索と機能解明	中南 健太郎	45
XX-032	ニワトリ原腸陥入時の上皮-間充織転換における Dystroglycan の役割	仲矢 由紀子	46
XX-033	概日時計と器官サイズの制御機構に関する研究	新沼 協	47
XX-034	MEMSに基づく定量的な摂動・測定による生命システムの解析	山田 陸裕	47
XX-035	死細胞貪食に伴う免疫寛容誘導メカニズムの解明	浅野 謙一	48
XX-036	破骨細胞分化誘導時のカルシウム動態制御機構の解明	黒田 有希子	49
XX-038	メモリー B 細胞の分化、維持機構の解明	米谷 耕平	50
XX-039	減数分裂期におけるクロマチン因子の常染色体 / 性染色体領域間移動の分子メカニズムの解明	堀澤(高田) 幸	51
XX-040	高精度な集団スパイク時系列を用いた皮質局所回路の解析	竹川 高志	52
XX-041	哺乳類の脳発達における REM 睡眠の生理的意義の遺伝学的解析	林 悠	53
XX-042	鳥類の歌学習におけるカドヘリン分子群の役割	松永 英治	53
XX-044	視覚ノイズに反映される皮質内ダイナミクスに関する研究	脇坂 崇平	55
XX-045	誘導パラメトリック発光顕微分光法の研究	磯部 圭佑	55
XX-046	アミロイド β 毒性多量体の生成メカニズムの解明へ向けた新規 1 分子測定法の開発	寺田 尚史	57
XX-047	磁性体材料への超短パルスレーザー照射に関する研究	中嶋 聖介	57
XX-049	遷移金属酸化物中に導入されたナノ不均一構造の機能開拓-抵抗メモリ素子への応用	藤原 宏平	59
XX-050	カーボンナノチューブ量子ドットを用いた超高感度テラヘルツ検出	森本 崇宏	60
XX-051	クローン分解法を用いた陽子過剰核の磁氣的遷移強度の決定	梅野 泰宏	61
XX-053	マンガン酸化物における巨大電気・磁気熱量効果	酒井 英明	62
XX-054	分子性導体に於ける光誘起現象の研究	田久保 直子	63
XX-055	微生物資源からの新奇バイオプローブ探索	二村 友史	64
XX-056	ショウジョウバエ成虫肢の関節をモデルとした、細胞外マトリックスの形態形成の分子機構の解析	柿原(田尻)怜子	65
XX-057	神経幹細胞が自己増殖から神経産生モードへ遷移する機構の解明	今野 大治郎	66
XX-058	二光子励起蛍光顕微鏡用いたリンパ節転移癌と免疫システムの相互作用の解析	北野 正寛	67
XX-059	紫外近接場顕微鏡の開発	田口 敦清	67

◆ 平成21年度採用

〈 符号 〉	〈 研究課題 〉	〈 研究者氏名 〉	〈 頁 〉
XXI-001	複雑な時系列処理を支える局所神経回路におけるネットワークダイナミクスの解明	西川 淳	71
XXI-002	IP3 受容体をモデルとしたリガンド結合型チャネルの開口制御機構	山崎 美佳	72
XXI-003	哺乳類の脳の左右差の生理的・形態的解析	篠原 良章	73

〈 符号 〉	〈 研究課題 〉	〈 研究者氏名 〉	〈 頁 〉
XXI-004	MIR ファミリーによる免疫受容体認識の分子機構の解明	梶川 瑞穂	73
XXI-005	マイクロデバイスを用いた選択的単一細胞遺伝子発現計測システムの開発とその免疫研究における応用	白崎 善隆	74
XXI-006	器官構築における細胞の位置情報の形成と維持に関与するエピジェネティクス機構の解明	薬師寺(上夏井)那由他..	75
XXI-007	M 細胞分化制御因子の探索と M 細胞分化機構の解明	金谷 高史	76
XXI-008	金属錯体を用いた新規分子性物質の開発及び構造、物性の研究	崔 亨波	76
XXI-009	導電性共有結合ネットワークを持つ新規超伝導体の探索	桂 ゆかり	77
XXI-010	走査プローブ顕微鏡による表面構造および局所電子状態の解析	清水 智子.....	78
XXI-011	自己組織化機構を利用した金ナノロッドのデザイン	武仲 能子	79
XXI-012	配列させた分子を用いた光イオン化における時間分解光電子分光測定	水野 智也	80
XXI-013	窒化物半導体を用いた発光素子の研究	藤川 紗千恵	81
XXI-014	ナノ細線中のアンドレーエフ束縛状態の観測とコヒーレント操作	西尾 隆宏	82
XXI-015	ナノポアによる 1 分子糖鎖センサーの開発	武政 誠	83
XXI-016	マイクロファブリケーションを利用したバイオインターフェース制御技術の確立とそれによる生体・医療材料への応用	水谷 正義	83
XXI-017	脳型システムの制御・同期現象を利用した大容量情報処理技術の構築及び開発	安東 弘泰	86
XXI-018	光環境ストレス応答機構における葉緑体チラコイド膜構造のダイナミクス	岩井 優和	87
XXI-019	コンデンシンによる染色体機能制御	山下 大輔	88
XXI-020	光合成集光システムにおける環境応答機構の探索と機能解明	近藤(小山内)久益子..	89
XXI-021	ケミカルジェネティクスによる植物細胞の管状要素分化に伴う二次細胞壁パターン形成機構の解析	米田 新	90
XXI-022	細胞増殖と細胞成長の協調的制御を担う分子機構の解析	石田 喬志	91
XXI-023	植物細胞の分化全能性獲得の分子メカニズム	岩瀬 哲	92
XXI-024	動植物共通に必要な免疫レセプター制御機構の解明	門田 康弘	93
XXI-026	量子ビームエネルギー依存型プラントミューター誘発機構の研究	風間 裕介	94
XXI-027	次世代スーパーコンピュータ用超並列多体問題計算コード	似鳥 啓吾	95
XXI-028	磁気リコネクションにともなう磁気拡散機構に関する理論的研究	藤本 桂三	96
XXI-029	超高頻度原子核反応からの電子対測定によるハドロン質量起源の解明	青木 和也	97
XXI-030	SCRIT (自己閉じ込め型不安定核標的)による不安定核の電子散乱実験	宮下 裕次	98
XXI-031	Mg 同位体の励起状態の磁気モーメント測定による核構造研究	市川 雄一	99
XXI-032	モジュライ行列法を用いたソリトン解析とその応用の研究	衛藤 稔	101
XXI-033	不安定中重核におけるクラスターの相関と低エネルギー核反応	谷口 億宇	102
XXI-034	原子核の大振幅変形共存ダイナミクスの微視的研究	日野原 伸生	103
XXI-036	荷電交換反応を用いた中性子過剰核のスピン軌道ポテンシャルの研究	坂口 聡志	104

〈 符号 〉	〈 研究課題 〉	〈 研究者氏名 〉	〈 頁 〉
XXI-037	高空間分解能半導体コンプトンカメラの「複数核種同時」3D分子イメージングへの応用	武田 伸一郎	106
XXI-038	フラストレート磁性体を中心とする量子多体系における新奇物性の探索及び基礎理論の構築	佐藤 正寛	107
XXI-039	冷却フェルミ原子気体における渦糸格子の研究	渡辺 元太郎	108
XXI-040	プロテアソームによる蛋白質分解における Unstructured 領域の役割	伊野部 智由	109

◆ 平成22年度採用

〈 符号 〉	〈 研究課題 〉	〈 研究者氏名 〉	〈 頁 〉
XXII-001	不安定核における集団励起モードの発現機構と系統的計算	稲倉 恒法	113
XXII-002	偏極陽子・陽子衝突を用いた W ボソン生成非対称度の測定による核子スピン構造の研究	庄司 幸平	114
XXII-003	多層膜冷中性子干渉計による Aharonov-Casher 効果の精密測定	關 義親	114
XXII-004	ミュオン粒子異常磁気モーメント測定のためのミュオンニウム分布測定	上野 一樹	115
XXII-005	格子理論を用いた超対称ゲージ理論の非摂動的性質の解明	加堂 大輔	116
XXII-006	超弦理論における双対性に基いたゲージ / 重力対応の研究	三輪 光嗣	117
XXII-007	Stimuli-Responsive and Regenerable Conductive Biointerface for Neuron Bioengineering	朱 波	117
XXII-008	三次元磁気流体シミュレーションで探る太陽コロナ加熱機構・フレア開始機構の研究	塩田 大幸	119
XXII-009	光格子中における強相関ボース気体の動力学	段下 一平	120
XXII-010	超大型並列算機を用いた強相関格子系の解析と新奇量子状態探索	奥村 雅彦	121
XXII-011	グルタチオントランスフェラーゼを標的とした分子イメージング創薬	柴田 綾	122
XXII-012	非対称ビスジチオレンおよびモノジチオレン錯体の合成開発と伝導性	野村 光城	123
XXII-013	微量熱容量測定による分子性固体における量子スピン液体と周辺相の系統的理解	山下 智史	125
XXII-014	人工原子クラスターを用いた強相関電子系の研究	天羽 真一	126
XXII-015	超伝導位相スリップナノワイヤを用いた量子ビットに関する研究	布施 智子	127
XXII-016	π 電子数制御を指向したヘミポルフィラジン類の合成と電子構造解析	村中 厚哉	127
XXII-017	革新的な酸化還元反応触媒:核酸アプタマーを用いた光励起電子移動反応の制御	鶴澤 尊規	128
XXII-018	高濃度アミノ基含有ポリマーブラシの調製と新規トランスフェクションアレイへの応用	水谷 文	129
XXII-019	微弱 X 線源を用いる極微量元素分析のための X 線光学素子および平滑試料台の開発	国村 伸祐	130
XXII-020	プラズモニク・フォトリックハイブリッドデバイスを用いた分散制御とスローライト生成への応用	石川 篤	132
XXII-021	原始紅藻シゾンにおける染色体とオルガネラ分裂の連携機構:コンデンシンを中心として	藤原 崇之	133

〈 符号 〉	〈 研究課題 〉	〈 研究者氏名 〉	〈 頁 〉
XXII-022	難培養性細菌を含む環境細菌における可動性遺伝因子の挙動解析	新谷 政己	134
XXII-023	脂質シグナルのシナプス間のクロストークへの関与	上田 善文	135
XXII-024	新規グルコース応答受容体によるグルコース / エネルギー代謝制御機構の解明	石橋 洋平	135
XXII-025	発達期における神経可塑性の数理モデル：分子生物学的要素の相互作用と発達段階における可塑性の差異	豊泉 太郎	136
XXII-026	ゼブラフィッシュ終脳における強化学習による神経アンサンブルの形成機構の研究	青木 田鶴	137
XXII-027	植物の分化、生長に関わるプラスチドシグナルの解明	小林 康一	138
XXII-028	リン酸化を介した植物の光環境適応機構の解明	岡 義人	139
XXII-029	PIP5K を介した細胞の極性伸長と核内倍加の制御機構	草野 博彰	140
XXII-030	代謝動態情報を活用した分子生態学 ーシステム生物学的手法による腸内環境評価ー	伊達 康博	141
XXII-031	植物葉緑体の窒素センサー機能と核への情報伝達機構の解明	小山内 崇	142
XXII-032	高次クロマチン構造を制御するユビキチン修飾系の解析	白井 温子	143
XXII-033	1 細胞における時空間的遺伝子発現解析の技術開発	笹川 洋平	143
XXII-034	羊膜類の肋骨パターンに関する進化発生学的研究	平沢 達矢	144
XXII-035	マウス多能性幹細胞からの卵子作出技術の確立	的場 章悟	145
XXII-036	世代を超えて保存される染色体構造変化の分子解析	吉田 圭介	146
XXII-037	X線自由電子レーザーを用いた生体分子系単粒子イメージングの実現に向けた理論研究	徳久 淳師	147

基礎科学特別研究員
平成 19 年度採用者

**細胞内酵素活性測定用マイクロシステムの開発と
癌細胞診断への適用検討**
**Development of Micro System for Signal Measurement in Cell and
Application Examination to Cancer Cell Diagnosis**

研究者氏名：韓 愛善 Han, Aishan

受入研究室：基幹研究所

前田バイオ工学研究室

(所属長 前田 瑞夫)

細胞内シグナル伝達経路は数多くのタンパク質が関与する化学反応カスケードにより構成されている。これらのタンパクの機能制御に異常が生じると、このシステムに狂いが生じて疾患の原因となる。このシグナル伝達系において、最も重要であるのがプロテインキナーゼ類によるタンパク質リン酸化反応である。本研究ではプロテインキナーゼ活性をマイクロチップで測定した。マイクロチップは必要サンプルの低減、反応時間の短縮、測定の自動化、及び低コストなどの利点から、生物化学、分子生物学、バイオテクノロジーのみならず次世代医療になくてはならない基盤技術となっている。

これまで、Phos-Tag というリン酸基特異的な分子をアクリルアミドと共重合し、Phos-Tag グラフトポリマー溶液及びサンプルは当研究室で開発した自律

駆動型送液法によりチャンネル内に充填した。その後、リン酸基特異的なアフィニティー電気泳動 (μ PAE)を行うことにより、リン酸化ペプチドと非リン酸化ペプチドを分離することに成功した。本年度においては、 μ PAEをさらに、セリン/スレオニンキナーゼ CK2 及び脱リン酸化酵素 LAR の酵素活性測定に成功した。また、細胞死などに関わっているカスパーゼ3の活性測定に適用した。

●口頭発表 Presentations

(国内学会など)

韓愛善, 細川和生, 前田瑞夫: “マイクロチップ・リン酸基アフィニティー電気泳動によるキナーゼ/フォスファターゼ活性の測定”, 日本化学第91春季年会, 横浜, 3月 (2011)

基礎科学特別研究員
平成 20 年度採用者

K 中間子ヘリウム 3 原子 X 線の精密測定 Precise Measurement of Kaonic Helium-3 X-rays

研究者氏名 : 飯尾 雅実 Iio, Masami
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
岩崎先端中間子研究室
(所属長 岩崎 雅彦)

K 中間子原子の最終軌道のエネルギー準位は、電磁相互作用のみで計算された値からずれることが知られている。そのずれ(シフト)は、K 中間子-核子間の強い相互作用により生じるもので、K 中間子の脱励起による X 線を精密測定することで、その強い相互作用の知見を得ることができる。本研究では、高分解能シリコンドリフト X 線検出 (SDD) を用いて K 中間子ヘリウム 3 原子 X 線を測定することで、その最終準位 (2p) のシフトを数 eV の精度で決定する。

本研究は J-PARC のハドロン実験施設内の K1.8BR ビームラインにおいて行われるが、夏に、KEK において開発されていた液体ヘリウム 3 標的と X 線検出システムを K1.8BR 実験エリアに移設し再組み立てを行った。X 線検出器は、KEK で最後にテストした時と同様に、8 台全て問題なく動作し約 150 eV の高分解能を再現した。液体ヘリウム 3 標的は、まだ原因が特定できていない 18% の熱負荷の増加の問題を残しているが、400 L ヘリウム 3 ガスを全て液化し、約 1.3 K の温度で標的容器内に安定に保持することに成功した。

秋に 2 回、合計約 10 日間割り当てられたビームタイムでは、ビームラインチューニング、円筒型崩壊粒子検出装置の校正、X 線検出器の校正を行った。本年度から新たにハドロンホール内で、我々のビームラインと共通の生成標的を持つ別のビームラインが稼働し、上流のマグネットの同士の磁場が干渉する問題が発覚した。そこで、ビームラインチューニングではその干渉の詳細を調べ、パラメータの最適化を行った。その結果、K-中間子の収量と純度(バックグラウンドとなる粒子のとの比率)をコントロールが可能となった。また、入射粒子の運動量を正確に決定するための飛行時間測定も行い、現在解析中である。円筒型粒子崩壊検出器の校正では、約 3 日間データを取得し現在解析中である。ビームテストに置いても 8 台導入した X 線検出器は全て問題なく動き、全ての SDD のエネルギー分解能は

約 150 eV と良い性能が得られている。また、ビームの強度を変えて照射データの比較により SDD のレート依存性がほとんどないことが確認された。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Iio M, " Experimental study of kaonic atoms and kaonic nuclei" Progress of Theoretical Physics Supplement Vol. 186, pp357-362 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Iio M, "Kaonic atoms and kaonic nuclei, experiments" New Frontiers in QCD 2010 Kyoto Japan 2010 1-3

(国内学会)

飯尾雅実, 板橋健太, 岩崎雅彦, 應田治彦, 大西宏明, 佐久間史典, 友野大, 塚田暁, 山崎敏光, 榎本瞬, 石橋直哉, 井上謙太郎, 阪口篤志, 吉田幸太郎, 味村周平, 野海博之, 石元茂, 岩井正明, 鈴木祥仁, 関本美知子, 豊田晃久, 石川隆, 佐藤将春, 鈴木隆敏, 施赫將, 竜野秀行, 橋本直, 早野龍五, 藤原裕也, 松田恭幸, 康寛史, 徳田真, 佐田優太, 永江知文, 平岩聡彦, 藤岡宏之, 福田共和, 溝井浩, Faso D., Morra O., Bragadireanu M., Curceanu C., Guaraldo C., Iliescu M., 岡田信二, Pietreanu D., Sirghi D., Sirghi F., Buehler P., Cargnelli M., 石渡智一, Marton J., 鈴木謙, Widmann E., Zmeskal J., Bhang H., Choi S., Yim H., Kienle P., Busso L., Beer G. "Λ (1405) 精密分光のための重水素標的の開発 (1)" 日本物理学会 2010 年秋季大会, 九州工業大学, 9 月 (2008)

**重イオン衝突直後の早期熱平衡化と
クォーク・グルーオン・プラズマ形成に関する研究**
The Study of Early Thermalization in the Heavy Ion
Collisions and of Quark-gluon Plasma Formation

研究者氏名 : 古城 徹 Kojo, Toru
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
理論研究グループ
(所属長 McLerran, Larry)

核物質領域と高密度近似が破綻し始める領域の間にある、中間密度領域のクォーク物質の理解は難しい問題として残されている。近年、クォークがバリオンから解放されて Fermi sea を構成し始めるという意味での非閉じ込めが起こる密度とは、(少なくとも概念的な意味では) 異なることが、 $1/N_c$ 展開による一般的な議論により指摘された。Quark Fermi sea が構成されているにも関わらず素励起が閉じ込められている系を、通常の quark matter と区別して Quarkyonic matter と呼ぶ。

物質の相を特徴付けるために、我々はさらに QCD のカイラル対称性が閉じ込められた素励起と関連してどのように実現されているかを検討した。我々は閉じ込めタイプの現象論的グルーオンプロパゲータを用いて解析を行い、バリオン密度はほぼ一定であるにも関わらずカイラル・スパイラルが生じてカイラル対称性およびパリティが局所的な意味で破られること、フェルミ面付近以外ではカイラル対称性は回復していることなどを指摘した。さらに、複数のカイラル密度波を同時に起こった場合に対する定性的議論を構築した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Kojo T., Pisarski R. D., Tselik A. M.: "Covering the Fermi Surface with Patches of Quarkyonic Chiral Spirals", *Phy. Rev. D* 82 : 074015 (2010)*

Toru K., Hidaka Y., McLerran L., Pisarski R. D.: "Quarkyonic Chiral Spirals", *Nucl. Phys. A* 843 : 37 (2010)*

Hidaka Y., Kojo T., McLerran L., Pisarski R. D.: arXiv: 1004.2261 [hep-ph] (submitted to *Nucl. Phys. A.*)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Kojo T., "Quarkyonic Matter and Chiral Spirals", Quark Confinement and the Hadron Spectrum IX, Madrid, Spain, Aug. (2010)

Kojo T., "Quarkyonic Matter", Dense QCD Phases in Heavy-Ion Collisions, Dubna, Russia, Aug. (2010)

Kojo T., "Quarkyonic Chiral Spirals", Critical Point and Onset of Deconfinement, Dubna, Russia, Aug. (2010)

Kojo T., "Quarkyonic Chiral Spirals", Chiral Symmetry and Confinement in Cold, Dense Quark Matter, Tronto, Italy, Jul. (2010)

Kojo T., "Quarkyonic Chiral Spirals", Hot Quarks 2010, French Riviera, France, Jun. (2010)

Kojo T., "Quarkyonic Matter and the Dichotomous Nucleons", From dense quark matter to compact stars, Pohang, Korea, Jun. (2010)

Kojo T., "Quarkyonic Chiral Spirals", P- and CP-Odd Effects in Hot and Dense Matter, New York, USA, Apr. (2010)

Kojo T., "Quarkyonic Chiral Spirals", QCD in Extreme Conditions, Trondheim, Norway, Feb. (2010)

Kojo T., "Quarkyonic Chiral Spirals", Strongly Interacting Matter under Extreme Conditions, Kleinwalsertal, Austria, Jan. (2010)

XX-004

RIBF-SLOWRI 計画のための
大強度 RI ビーム用ガスキャッチャーシステムの開発
The Development of New Gas Catcher System for a High Intensity
RI-beam at RIBF-SLOWRI Facility

研究者氏名 : 園田 哲 Sonoda, Tetsu
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
低速 RI ビーム生成装置開発チーム
(所属長 和田 道治)

本年度は、当研究目的を実現させるための基礎開発研究を大きく前進させることができた。具体的には、

(1) 共鳴イオン化用レーザーシステムの整備

約 8 年間倉庫に眠っていたレーザーを本開発用に再整備し立ち上げることに成功した。

このレーザーシステムは、高繰り返し高出力エキシマレーザーおよび色素レーザー、第二高調波発生器からなり現在、波長約 215~800nm の範囲で発振可能である。

(2) レーザー共鳴イオン化基礎実験

復活させたレーザーを使用して、安定 Ni 元素の真空中における共鳴イオン化実験に成功した。実験は、ニッケルフィラメントから蒸発した原子に向けて共鳴励起波長および自動イオン化励起波長を持つ 2 つのレーザーを照射して行った。共鳴励起波長をスキャンしながらイオンカウントすることでイオン化を確認した。またイオン化に必要なレーザーのエネルギー閾値、イオン化断面積を評価した。

(3) プロトタイプ型ガスキャッチャーシステムの製作およびオフライン実験

本研究目的であるパラサイト型大強度 RI ビーム用ガスキャッチャーシステムの試作器を設計・製作した。これまで当装置を使って、安定 Ni、Cu のガスセル内共鳴イオン化引き出しに成功した。実験は、安定ニッケルまたは銅フィラメントをガスセル内に装着して蒸発生成した原子群をガス流によってガスセル出口孔まで輸送し、出口付近に共鳴イオン化レーザーを照射してイオン化を行った。イオン化されガスセル出口孔から引き出されたイオンビームを六重極イオンビームガイドによって差動排気室内を輸送させることに成功した。イオン強度の測定は、イオン電流を測ることで確認した。今年度後半に質量分離機構を完成させ、来年度は、実際の高速度 RI ビームを当試作器に導入しシステムの効率測

定を計画している。さらに本手法で可能なレーザー核分光法を試し、不安定核の核磁気モーメント導出を実現させる。これはルーバン大学にて行った陽子過剰 57, 58, 59Cu 同位体核磁気モーメント測定をさらに広げ中性子過剰不安定核にも適用するものである。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Cocolios T. Andrei A., Beyhan B., Bree N., Buscher J., Elseviers J., Gentens J., Huyse M., Kudryavtsev Y., Pauwels D., Sonoda T., Bergh P. and Duppen P.: "Magnetic dipole moments of 57, 58, 59Cu" Physical Review C Vol. 81 014314 (2010).

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Sonoda T.: "Overview of PALIS project for BigRIPS", International Expert Meeting on In-Flight Separators and Related Issues, Challenges and Solutions of the Present & Future Facilities, GSI, December 14-17 (2010)

(国内学会等)

園田 哲: "理研 SLOWRI 共鳴イオン化用新レーザーシステムの開発", 停止・低速不安定核ビームを用いた核分光研究会, 東京工業大学, 1 月 (2010)

園田 哲: "理研における共鳴イオン化レーザーイオン源の開発", 日本物理学会秋季大会, 九州工業大学, 9 月 (2010)

園田 哲: "ガスセル内レーザー共鳴イオン化法の開発とレーザー核分光への応用", 日本物理学会年次大会, 新潟大学, 3 月 (2011)

**X線スペクトルの時間変動で探る
ブラックホール時空構造と一般相対論的降着円盤**
Exploring Black Hole Spacetime and General Relativistic
Accretion Disk Through Time Variability of X-ray Spectrum

研究者氏名 : 高橋 勇太 Takahashi, Rohta
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
玉川高エネルギー宇宙物理研究室
(所属長 玉川 徹)

前世紀からの精力的な観測的及び理論的な研究により、宇宙遠方から近傍までの広い時空にわたり、ブラックホール候補天体が数多く発見されてきた。今世紀のブラックホール天文学・宇宙物理学の目標として、ブラックホールの実存性を突き詰めること(ブラックホール候補天体は本当にブラックホールなのか?)、強重力下での重力理論(一般相対性理論など)の検証、強重力場でのプラズマ物理(ブラックホールからのエネルギー引き抜き過程など)の解明、及びブラックホール天体の宇宙進化における役割を解明すること、が挙げられる。本研究では、現在及び将来に精度の良いデータを得ることが可能なX線および電波・サブミリ波観測に関連した研究に焦点を絞り、将来及び現在の観測データに密接に関連した理論的研究を行った。これらの目標に迫るために、今年度新たに以下の数値計算コードを開発した:

- (1) 任意の定常時空での降着円盤 X 線スペクトル計算コード
- (2) 任意の定常時空上での一般相対論的流体数値シミュレーション・コード
- (3) (1)のコードをMPIによる並列計算に対応させたコード
- (4) (1)のコードをGPUによる並列計算に対応させたコード

まず、(1)のコードを元に、任意の角運動量をもつ Kerr 時空中に存在する標準降着円盤のスペクトルを計算した。この時空が記述する天体には、カー・ブラックホール及び高速回転するスーパー・スピナーが含まれている。一般相対論が正しければ、物質が重力崩壊した後に残る天体はカー・ブラックホールになり、天体が持ちうる角運動量に上限があるはずである。この上限を超えた天体であるスーパー・スピナー天体からの X 線スペクトルがもしブラックホールと大きく異なるものであり、それが実際に観測されれば一般相対論の適用限界を示すも

のとなり重要である。研究の結果、スーパー・スピナーからの X 線スペクトルには複数のタイプがあり、ブラックホールでは再現できないものも存在することがわかった。特に驚くべき発見は、ブラックホールの X 線スペクトルと極めて類似する X 線スペクトルを作り出すスーパー・スピナーが必ず存在することである。これは、現在観測されているブラックホール“候補”天体からの X 線の熱的スペクトルだけでは、その天体がブラックホールであると断定できないことを意味する (Takahashi & Harada 2010)。また、(2)のコードを用い、楕円銀河 M87 中心ブラックホール降着流を計算し、次世代スペース VLBI 衛星での観測可能性を調べた (Takahashi & Mineshige 2010 ApJ submitted)。 (3)のコードを用いて、我々の銀河中心 Sgr A* で過去に起こっていた可能性があるブラックホールを通過する流体ショック現象を数値シミュレーションした。計算結果、及び示唆されるサイエンスは国際会議および国内学会などで口頭発表し、現在論文投稿準備中である。同じ計算をこれから (4)のコードで行う予定である。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

- H. Nagakura, R. Takahashi, “Direct Time Radio Variability Induced by Non-Axisymmetric Standing Accretion Shock Instability: Implications for M87”, *The Astrophysical Journal*, Volume 711, Issue 1, pp. 222-227 (2010)
- Y. Kato, M. Miyoshi, R. Takahashi, H. Negoro, R. Matsumoto, “Measuring spin of a supermassive black hole at the Galactic centre - implications for a unique spin”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Volume 403, Issue 1, pp. L74-L78 (2010)
- R. Takahashi, M. Takahashi, “Anisotropic radiation field and trapped photons around the Kerr black hole”, *Astronomy and Astrophysics*, Volume 513, id. A77 (2010)

- R. Takahashi, T. Harada, "Observational testability of a Kerr bound in the x-ray spectrum of black hole candidates", *Classical and Quantum Gravity*, Volume 27, Issue 7, pp. 075003 (2010)
- M. Takahashi, R. Takahashi, "Black Hole Aurora Powered by a Rotating Black Hole", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 714, Issue 1, pp. L176-L180 (2010)
- C. Bambi, T. Harada, R. Takahashi, N. Yoshida, "Outflows from accreting super-spinars", *Physical Review D*, vol. 81, Issue 10, id. 104004 (2010)
- R. Takahashi, S. Mineshige, "Constraining the size of the dark region around the M87 black hole by space-VLBI observations", *The Astrophysical Journal* 投稿中

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

- Rohta Takahashi "Exploring the past activity of the Galactic Center black hole Sgr A* by numerical simulations of shocks passing through a black hole", *The Fourth East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2010)*, ASIAA, Taipei, Taiwan, 2010年11月2日
(国内学会等)
- 高橋 芳太 "Apparent Images of a black hole in Chern-Simons modified gravity", *日本物理学会秋季年会*, 九州工業大学, 北九州, 2010年9月11日
- 高橋 芳太 "ブラックホールを通過する流体衝撃波シミュレーション", *日本天文学会秋季年会*, 金沢大学, 金沢, 2010年9月23日
- 高橋 芳太 "観測による一般相対論の検証", *松山ブラックホールワークショップ*, 愛媛大学, 松山, 2010年12月9日

雷活動からの X 線や核 γ 線観測による電場での粒子加速の検証

XX-006

Study of Particle Acceleration in Electric Fields

by Measuring X Rays and Nuclear Gamma Rays from Thunder Activity

研究者氏名 : 土屋 晴文 Tsuchiya, Harufumi

受入研究室 : 仁科加速器研究センター

玉川高エネルギー宇宙物理研究室

(所属長 玉川 徹)

近年、地球内の雷や雷雲から、これまでの常識では考えられなかった X 線やガンマ線が見つかった。こうした高エネルギーの光子は、雷や雷雲がもつ強い電場で電子が相対論的なエネルギーに加速され、発していると考えられている。ゆえに、こうした X 線やガンマ線を詳細に測定すれば、電場による粒子の加速メカニズムを知ることができる。実は、こうした電場加速は宇宙でも起こっていると考えられているが、遠方であるがゆえに電場を推定することが難しく、これまで観測的にはほとんど議論されてこなかった。本研究は、雷や雷雲中という身近な自然現象の中での電場による電子の加速を調べることで、宇宙での電場加速をも論じるという新しい考えを持っている。

2006年12月から日本海側の柏崎刈羽原子力発電所、そして2008年夏からは、乗鞍宇宙線観測所で、雷活動からの X 線やガンマ線の観測を行っている。これまでのところ、雷放電に同期して一秒より短い継続時間をもつガンマ線を5例、雷放電にはまったく同期せ

ず数十秒から数分にわたるガンマ線を8例捉えることができた。とくに後者のすべてのガンマ線のエネルギーは、10 MeV に達する、あるいはそれを超えるものもあった。このことにより、雷雲のもつ電場で、電子が10 MeV を超えて加速されているというまったく新しい知見をもたらした。

今年度は、2007年と2008年に柏崎刈羽原子力発電所の冬季観測で得られた2例の継続時間の長いイベントを詳細に解析した。この結果、ガンマ線の発生高度が、数百 m (@90% 信頼域) とわかり、これは、別グループによる光の観測から予測される日本海側の雷雲の雲底高度 200 m - 800 m とよく一致した。また、ガンマ線の放射に関わる相対論的な電子の数を求めると、 $10^9 - 10^{11}$ となった。これは、雷雲のなかで宇宙線をきっかきにこうしたガンマ線の放射が起こるとするモデルから予測される数 $10^{10} - 10^{11}$ とよく合う。また、他のイベントでもこうした数に一致する結果が得られており、継続時間の長いガンマ線は宇宙線を種として生成

されているかもしれないことが明らかになった。

上記のような日本での観測に加えて、今年度、チベットにおいても雷雲に由来する放射線が観測されていることが明らかになってきた。これは、理研がチベットに設置した中性子モニタと呼ばれる宇宙線観測装置に加え、その他の宇宙線観測装置で同時になされた成果である。特徴的なことは、これまで日本で見つかったガンマ線や電子の観測とともに、中性子が検出されているかもしれないことである。現在、東大宇宙線研を中心とするチベットグループのメンバーとともに解析を行っている。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Tsuchiya H., Enoto T., S. Yamada, T. Yuasa, K. Nakazawa, T. Kitaguchi, M. Kawaharada, M. Kokubun, H. Kato, M. Okano, and K. Makishima: "Long-duration gamma-ray emissions from 2007 and 2008 winter thunderstorms", J. Geophys. Res. submitted

(その他)

雷放電シミュレーション技術報告の現状とモデル間の相互比較調査専門委員会(松本聡, 清水雅仁, 三木恵, 明石治朗, 石井勝, 牛尾知雄, 岡部成光, 加藤正平, 加藤進, 川崎善一郎, 岸本泰明, 熊田亜紀子, 河野照哉, 小島宗次, 新藤孝敏, 菅原広剛, 杉本仁志, 高木浩一, 高木伸之, 土屋晴文, 西嶋喜

代人, 馬場吉弘, 阪田正, 高橋幸弘): "地球規模で見た雷放電現象 雷遮へいモデルから高層放電現象まで" 第 1204 号電気学会技術報告 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Electron Acceleration Induced by Cosmic Rays in Terrestrial Thunderstorms

H. Tsuchiya, T. Enoto, T. Torii, H. Kato, M. Okano, K. Makishima

AOGS (Asia Oceania Geoscience Society) 2010, Hyderabad, India (2010)

(国内学会等)

雷や雷雲からの X 線・ γ 線を利用したの電場による粒子加速の検証 土屋晴文, 榎戸輝揚, 鳥居建男, 岡野真治, 加藤博

平成 22 年度 ICRR 共同利用研究成果発表会, 柏, 12 月 (2010 年)

地球大気内の雷や雷雲による粒子加速

土屋晴文, 榎戸輝揚, 鳥居建男, 加藤博, 岡野真治, 牧島一夫, 2010 年度日本地球惑星連合大会 3 学会合同プラズマ宇宙物理セッション, 幕張メッセ, 5 月 (2010)

Particle acceleration in terrestrial thunderstorms

土屋晴文, 「プラズマ生成・電離過程に関わる突発性と構造形成」研究会, 京都大学, 3 月 (2010 年)

XX-007

マグネターを手掛かりにした強磁場中性子星の高エネルギー現象の解明

Study on High Energy Phenomena around Strongly Magnetized Neutron Star Using Magnetars

研究者氏名: 中川友進 Nakagawa, Yujin

受入研究室: 仁科加速器研究センター

玉川高エネルギー宇宙物理研究室

(所属長 玉川 徹)

マグネターは $\sim 10^{14}$ G もの超強磁場を持つ中性子星であり、磁気エネルギーの解放により輝くと考えられている。X 線・ γ 線で輝くマグネターは現象論的に明確に定義されており、Soft Gamma Repeater (SGR)、Anomalous X-ray Pulsar (AXP) が知られている。これらは X 線定常放射 (光度は $\sim 10^{34}$ erg s^{-1}) を示し、一部は典型的に ~ 100 ms の間に強烈に X 線・

γ 線を放射するバースト ($\sim 10^{38}$ erg s^{-1}) を繰り返して起こす。本研究は、陽子のサイクロトロン共鳴散乱による吸収線の検出による、世界初の直接的な磁場測定を目的としている。さらに昨年度までの研究成果に基づき、X 線定常放射は微小バーストで構成されるという私の仮説を証明し、放射機構に迫る事を目的としている。

昨年度までの HETE-2 衛星や「すざく」衛星などを用いた研究により、SGR と AXP の広帯域エネルギースペクトルはバーストと X 線定常放射によらず、二温度黒体放射 + 硬 X 線成分という良く似た形状を持ち、二温度の間に相関がある事を見出した。さらにバーストも X 線定常放射も含め、二温度黒体放射の光度、硬 X 線成分の光度を比較したところ、両成分は 5 桁以上にわたり相関する事を解明した。これはバースト放射と X 線定常放射が基本的に同じ機構で生成される事を示しており、私の微小バースト仮説を支持する。本年度は、SGR 0501+4516 のバーストのスペクトルに発見した硬 X 線成分に関する成果を投稿論文にまとめた（投稿済）。また、前述の光度相関の精密化を進めている。私の微小バースト仮説が正しければ、光度相関は途切れなく繋がるはずである。「すざく」衛星が捉えた AXP 1E 1547. 0-5408 の 19 個のバーストを解析したところ、吸収線は見られなかったが、SGR 0501+4516 と同様な硬 X 線成分を発見した。「すざく」衛星で、他に 4 天体の活動期（X 線定常放射の増光、活発なバースト活動を示す）、6 天体の静穏期を観測しており、これらのバーストの解析を行う予定である。また、新しく発見された SGR 1833-0832 の緊急観測を「すざく」衛星を用いて行った。

系統的な研究のために、「すざく」衛星の第 6 期公募において、SGR と AXP が活動期に入った際に行う緊急観測の事前提案を行い、最高評価 A で採択された。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Isobe N., Sugimori K., Kawai N., Ueda Y., Negoro H., Sugizaki M., Matsuoka M., Daikyujii A., Eguchi S., Hiroi K., Ishikawa M., Ishiwata R., Kawasaki K., Kimura M., Kohama M., Mihara T., Miyoshi S., Morii M., Nakagawa Y. E., Nakahira S., Nakajima M., Ozawa H., Sootome T., Suzuki M., Tomida H., Tsunemi H., Ueno S., Yamamoto T., Yamaoka K., Yoshida A. and the MAXI team: “Bright X-ray Flares from the BL Lac Object Markarian 421, detected with MAXI in 2010 January and February:”, Publication of the Astronomical Society of Japan. 62 L55-L60(2011)*

Nakahira S., Yamaoka K., Sugizaki M., Ueda Y., Negoro H., Ebisawa K., Kawai N., Matsuoka M., Tsunemi H.,

Daikyujii A., Eguchi S., Hiroi K., Ishikawa M., Ishiwata R., Isobe N., Kawasaki K., Kimura M., Kohama M., Mihara T., Miyoshi S., Morii M., Nakagawa Y. E., Nakajima M., Ozawa H., Sootome T., Sugimori K., Suzuki M., Tomida H., Ueno S., Yamamoto T. and Yoshida A.: “MAXI GSC Observations of a Spectral State Transition in the Black Hole Candidate XTE J1752-223”, Publication of the Astronomical Society of Japan, 62 27-32(2010)*

Onda K., Tashiro M. S., Nakagawa Y. E., Yamaoka K., Terada Y., Ohno M., Sugita S., Sakamoto T., Toma K., Gandhi P., Kodaka N., Iwakiri W., Urata Y., Yamauchi M. and Fukazawa Y.: “Time-Resolved Spectral Variability of the Prompt Emission from GRB 070125 Observed with Suzaku / WAM”, Publication of the Astronomical Society of Japan, 62 547-556(2010)*

Enoto T., Nakazawa K., Makishima K., Nakagawa Y. E., Sakamoto T., Ohno M., Takahashi T., Terada Y., Yamaoka K., Murakami T. and Takahashi H.: “Suzaku Discovery of a Hard X-Ray Tail in the Persistent Spectra from the Magnetar 1E 1547. 0-5408 during its 2009 Activity”, Publication of the Astronomical Society of Japan, 62 475-485(2010)*

Enoto T., Rea N., Nakagawa Y. E., Makishima K., Sakamoto T., Esposito P., Gotz D., Hurley K., Israel G. L., Kokubun M., Mereghetti S., Murakami H., Nakazawa K., Stella L., Tiengo A., Turolla R., Yamada S., Yamaoka K., Yoshida A. and Zane S.: “Wide-Band Suzaku Analysis of the Persistent Emission from SGR 0501+4516 During the 2008 Outburst”, The Astrophysical Journal, 715 665-670(2010)*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Nakagawa Y. E., Enoto T., Makishima K., Nakazawa K., Sakamoto T., Yoshida A., Yamaoka K., Hurley K. and Rea N.: “Wide-Band Spectra of Magnetar Emission”, 8th INTEGRAL Workshop-The Restless Gamma-Ray Universe, Dublin, Ireland, Sep. (2010)

Nakagawa Y. E., Mihara T., Sugizaki M., Kohama M., Yamamoto T., Suzuki M., Matsuoka M., Kawai N., Morii M., Sugimori K., Yoshida A., Yamaoka K., Nakahira S., Negoro H., Nakajima M., Isobe N. and MAXI Team: “The First Results of Monitoring Galactic

Magnetar Activities with MAXI/GSC”, COSPAR 2010, Bremen, Germany, Jul. (2010)

Nakagawa Y. E., Enoto T., Makishima K., Yoshida A., Yamaoka K., Sakamoto T., Rea N., Hurley K., Suzaku SGR 0501+4516 Team and HETE-2 Team: “Suzaku Detection of Hard X-ray Emission in SGR 0501+4516 Short Burst Spectrum”, ICREA Workshop on The

High-Energy Emission from Pulsars and their Systems, Barcelona, Spain, Apr. (2010)

(国内学会等)

中川友進, 榎戸輝揚, 牧島一夫, 中澤知洋, 坂本貴紀, 吉田篤正, 山岡和貴: “マグネターのバースト / X線定常放射の広帯域スペクトルの研究”, 日本天文学会秋季年会, 金沢, 9月 (2010)

XX-011 X線撮像分光観測による超新星残骸の元素組成とその空間分布の測定 Measurement of the Elemental Composition and Distribution in Supernova Remnants by X-ray Imaging Spectroscopy

研究者氏名 : 山口弘悦 Yamaguchi, Hiroya

受入研究室 : 仁科加速器研究センター

玉川高エネルギー宇宙物理研究室

(所属長 玉川 徹)

前年度の研究において、超新星残骸 IC443 から通常の星の進化・爆発機構からは形成が予想されない「再結合プラズマ」を発見し、超新星残骸の研究に大きなブレークスルーを与えた。今年度は銀河系内の超新星残骸を系統的に観測し、4つの超新星残骸 W49B, G359.1-0.5, W28, W44 から、IC443 と同様の再結合プラズマを検出した。超新星残骸中での再結合プラズマは IC443 における発見以前には30年近くその存在が知られていなかったため、これら一連の発見はこれまでの常識を大きく覆したことになる。各超新星残骸においてプラズマ温度や重元素量の空間分布を詳しく調べたところ、爆発前の星が合成した重元素によって構成されるガスも極端な再結合状態にあることが判明した。このことから、再結合プラズマの形成過程として、爆発前の星自身が放出した星周ガスと爆発噴出物の相互作用が考えられる。本研究に関連する成果は、これまでに5件の国際会議において口頭にて発表を行っている(うち2件は招待講演)。

また、超新星残骸 G344.7-0.1からは、世界で初めてアルミニウムの輝線を検出した。アルミニウムなどの中性子過剰元素は、近傍の星間物質中に含まれる重元素が多いほど生成されやすいという性質を持つ。G344.7-0.1におけるアルミニウムの組成量からは、周辺環境が太陽系に極めて近い(炭素や酸素などの重元素が豊富に存在する)ことが明らかになった。このような手法で星間物質中の化学組成

の特定に成功した例は過去に存在しない。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Hayato Asami, Yamaguchi Hiroya, Tamagawa Toru, Katsuda Satoru, Hwang Una, Hughes John P., Ozawa Midori, Bamba Aya, Kinugasa Kenzo, Furuzawa Akihiro, Kunieda Hideyo, Makishima Kazuo, "Expansion Velocity of Ejecta in Tycho's Supernova Remnant Measured by Doppler Broadened X-ray Line Emission" *Astrophysical Journal* Vol. 725 pp894-903 (2010)

Yamaguchi Hiroya, Ezoe Yuichiro, Ishikawa Kumi, and the ASTRO-H/SXS team, "Developments of Porous Plug Phase Separator and Superfluid Film Flow Suppression System for Soft X-ray Spectrometer (SXS) on Board ASTRO-H" *The ICEC23 ICMC 2010 Proceedings* in press (2010)

Yamaguchi Hiroya, Sawada Makoto, Bamba Aya, "Searching for Diffuse Nonthermal X-Rays from the Superbubbles N11 and N51D in the Large Magellanic Cloud" *Astrophysical Journal* Vol. 715 pp412-420 (2010)

Katsuda Satoru, Petre Robert, Hughes John P., Hwang Una, Yamaguchi Hiroya, Hayato Asami, Mori Koji, Tsunemi Hiroshi, "X-Ray Measured Dynamics of Tycho's Supernova Remnant" *Astrophysical Journal*

Vol. 709 1 pp1387-1395 (2010)

(総説)

Yamaguchi Hiroya, Koyama Katsuji, "Suzaku view of supernova remnants", *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, Vol. 81, pp382-387 (2010)

小澤碧, 山口弘悦, "すざくが暴く激動の過去" 天文月報 Vol. 104 2 in press (2011)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Yamaguchi Hiroya, *New Insight into SNR Evolution Revealed by the Discovery of Recombination X-rays*, 38th COSPAR Scientific Assembly, Bremen, Germany, 2010 7

Yamaguchi Hiroya, *Developments of Porous Plug Phase Separator and Superfluid Film Flow Suppression System for Soft X-ray Spectrometer (SXS) on Board ASTRO-H*, International Cryogenic Engineering Conference 23, Wroclaw, Poland, 2010 7

XX-012

原子核密度汎関数法に基づいた不安定原子核における 集団運動の微視的記述

Microscopic Description of Collective Modes in Unstable Nuclei Based on Nuclear Density Functional Theory

研究者氏名 : 吉田賢市 Yoshida, Kenichi

受入研究室 : 仁科加速器研究センター

中務原子核理論研究室

(所属長 中務 孝)

これまでに開発した「Skyrme 型密度汎関数を用いた変形準粒子 RPA 法」を質量数の大きな原子核を含む、系統的な計算に適用すべく、計算コードの並列化を行った。理研 RICC を用い、次の 2 つの研究を行った。これらの研究により、理研 RIBF に代表される新世代の RI ビーム実験施設の本格的な稼働によって研究可能となる、質量数の比較的大きな中性子過剰核における集団現象を理解するための理論構築において大きな発展をもたらした。

1. 球形—変形相転移を示す希土類原子核における光吸収断面積の系統的計算

魔法数 $N=82$ をもつネオジウムやサマリウムは球形であり、中性子数を増やすと四重極変形することが、低励起 2^+ 状態の系統性から知られている。更に、光吸収断面積にも中性子数の関数として変形が発達する様子が観測されている。そこで、密度汎関数法が、この複雑な核子多体ダイナミクスをどの程度記述できるのか調べた。観測された光吸収断面積と比較するためには、RPA の記述限界を越える spreading width をパラメータとして導入する必要があるが、これを定数であると近似しても、形状相転移に特徴的な振る舞いが良く再現されることが分かった。ピークエネルギーの位置や断面積の絶対値もほ

ぼ観測値を再現している。今後の不安定核を含む広範な領域にある原子核に対する系統的な計算が、定量的に議論できるものであることを示唆している。

2. 巨大単極子共鳴状態における変形と余剰中性子の役割

巨大単極子共鳴 (GMR) は、核物質の非圧縮率を決めるなど重要な集団運動モードの一つである。中性子過剰核や変形した原子核において、GMR がどのような性質をもつのかを、密度汎関数法に基づく自己無撞着な計算によって調べた。 ^{90}Zr は、陽子・中性子ともに魔法数をもつ球形な原子核であり、中重核の代表として GMR の精密な測定が数多く行われてきた。ジルコニウムは安定核から中性子を 10 個程度増やすと変形することが理論的に、また RIBF の最近の実験によって分かっており、余剰中性子と変形の効果を同時に研究できる原子核である。そこで、 ^{90}Zr を含む、安定線近傍から中性子ドリップ線近傍にある Zr 同位体に対する系統的な計算を遂行した。変形の効果で、角運動量 2 をもつ巨大四重極子共鳴 (GQR) と結合し、GMR より低いエネルギーに新たな共鳴状態が得られた。さらに中性子を増加すると、このピークの遷移強度が大きくなり、それは中性子が主に励起しているからであることが分

かった。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Ebata S., Nakatsukasa T., Inakura T., Yoshida K., Hashimoto Y. and Yabana K.: “Canonical-basis time-dependent Hartree-Fock-Bogoliubov theory and linear-response calculations”, *Physical Review C* 82 3 034306(1)-034306(13) (2010)*

Yoshida K.: “Roles of deformation and neutron excess on the giant monopole resonance in neutron-rich Zr isotopes”, *Physical Review C* 82 3 034324(1)-034324(6) (2010)*

Yoshida K., Nakatsukasa T.: “Dipole responses in Nd and Sm isotopes with shape transitions”, *Physical Review C* 83 2 021304R(1)-021304R(5) (2011)*

(総説)

吉田賢市: “スキルム型密度汎関数を用いた変形中性子過剰核における集団励起モード”, *原子核研究* 55 1 23-32 (2010)

(その他)

Yoshida K.: “Collective modes of excitation in deformed neutron-rich Mg isotopes” *Modern Physics Letters A* 25 21-23 1783-1786 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Yoshida K.: “Pygmy resonance and giant resonance in deformed nuclei”, 2nd EMMI-EFES Workshop on Neutron-Rich Nuclei, Wako, Japan, Jun. (2010)

Yoshida K.: “Exotic modes of excitation in deformed

neutron-rich nuclei”, *Nuclear Structure 2010*, Berkeley, USA, Aug. (2010)

Yoshida K.: “Skyrme energy-density functional approach to collective excitations in medium-mass to heavy nuclei”, JAPAN-ITALY EFES Workshop on Correlations in Reactions and Continuum, Torino, Italy, Sep. (2010)

Yoshida K.: “Skyrme-QRPA approach to collective modes of excitation in deformed nuclei”, University of Aizu-JUSTIPEN-EFES Symposium “Cutting-Edge Physics of Unstable Nuclei” Aizu-Wakamatsu, Japan, Nov. (2010)

Yoshida K.: “Nuclear density-functional theory for collective dynamics”, International Symposium “From Quarks to Supernovae”, Higashi-Izu, Japan, Nov. (2010)

(国内学会等)

吉田賢市: “Pygmy dipole mode in deformed neutron-rich Mg isotopes close to the drip line”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 北九州, 日本, 9 月 (2010)

吉田賢市: “Skyrme energy-density functional approach to collective excitations in medium-mass to heavy nuclei”, 京都大学基礎物理学研究所セミナー, 京都, 日本, 10 月 (2010)

吉田賢市: “Skyrme energy-density functional approach to nuclear collective dynamics”, 基研研究会「大振幅集団運動の微視的理論」, 京都, 日本, 10 月 (2010)

吉田賢市: “Density functional theory for collective modes of excitation in exotic nuclei”, 新潟大学物理学教室セミナー, 新潟, 日本, 12 月 (2010)

XX-013 ミュオンスピン緩和法による量子臨界点近傍における磁性研究 Muon Spin Relaxation Study of Magnetism around a Quantum Critical Point

研究者氏名 : 大石 一城 Ohishi, Kazuki
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
岩崎先端中間子研究室
(所属長 岩崎 雅彦)

鉄ヒ素系超伝導体 $\text{LaFeAs}(\text{O}, \text{F})$ における超伝導現象が発見されて以来、鉄ヒ素系超伝導現象のメカニズムの解明に向けて数々の実験及び理論研究が爆発的に進行している。 $\text{LaFeAs}(\text{O}, \text{F})$ の関連物質であ

る $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ は、反強磁性体の母物質 BaFe_2As_2 の Ba を K で 40% 置換することにより、反強磁性が消失して超伝導転移温度 $T_c = 38 \text{ K}$ の超伝導が発現する。これらの新規超伝導体の超伝導発現機構

解明には、超伝導ギャップの対称性を知ることが極めて重要である。Ba_{0.6}K_{0.4}Fe₂As₂における角度分解光電子分光法及びミュオンスピン回転法 (μ SR) からは複数のフルギャップ (s 波対称性) 構造が観測された。また、核磁気共鳴法 (NMR) からはマルチギャップ s_{\pm} 波対称性 (2つのバンドが大きさの異なるフルギャップを持ち、それらの秩序変数が +, - の逆符号を持つ) ことが示唆され、Ba_{1-x}K_xFe₂As₂ はマルチギャップ s_{\pm} 波対称性であることが実験及び理論的に提唱された。一方、この系は K で全置換した KFe₂As₂ でも $T_c = 3.5$ K の超伝導を示す。KFe₂As₂ における比熱及び NMR/核四重極共鳴測定 (NQR) から、極端に大きさの異なる超伝導ギャップを持つマルチギャップ超伝導体であること、大きな超伝導ギャップが線状のノードを持つ可能性があることが指摘され、Ba_{1-x}K_xFe₂As₂ では K 濃度により超伝導ギャップ構造が変化する可能性が提案された。

KFe₂As₂ における超伝導ギャップ構造を調べるため、単結晶試料を用いて μ SR 実験により磁場侵入長 λ の温度依存性を $20 \text{ mK} \leq T \leq 5 \text{ K}$ 、磁場 $H \parallel c$ 軸及び $H \perp c$ 軸の条件で観測した。その結果、 $H \parallel c$ の条件ですべての温度領域において磁束格子は三角格子を形成することを観測した。これは、磁束間の相関が等方的であることを示唆する。 $H \parallel c$ での $1/\lambda^2$ (\propto 超伝導電流密度) の温度依存性は、K を 40% 置換した試料と同様、二つのフルギャップを仮定することで実験結果をよく再現した。一方、 $H \perp c$ では $T < T_c/2$ で T -linear な振る舞いを観測した。この結果は、線状ノードギャップの存在を示している。以上より、 $H \parallel c$ 及び $H \perp c$ で得られた結果は、一見、矛盾するように考えられる。しかしながら、水平線状ノード (ab 面内での線状ノード) を考慮することにより、これらの実験結果を矛盾なく説明できる。すなわち、線状ノードの方向 (ℓ) と磁場方向の関係により、 $1/\lambda^2$ の温度依存性は、 $\ell \perp H$ では $\sim T^3$ に、 $\ell \parallel H$ では T -linear になることが理論的に示されている。実際に、線状ノードを有する UPt₃ では ℓ と H の方向により、異なる $1/\lambda^2$ の温度依存性が観測されている。面内に水平線状ノードが存在することにより磁束間の相関が等方的となっていると考え、 $H \parallel c$ で磁束が三角格子を形成することもうまく説明できる。今回得られた結果は、比熱及び NMR/NQR の結果をも矛盾なく説明するとともに、KFe₂As₂ において実験的に初めて水平線ノード

の存在を示すことに成功した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

- Ohishi K., Ishii Y., Miyazawa K., Fukazawa H., Watanabe I., Kohori Y., Shirage P. M., Kito H., Iyo A. and Eisaki H.: "Fast spin fluctuation viewed by muon spin relaxation in optimally doped and overdoped iron-based oxypnictide superconductors LaFeAsO_{1-x}F_x", J. Phys. Soc. Jpn., in print*
- Ito T. U., Higemoto W., Ohishi K., Satoh K., Aoki Y., Toda S., Kikuchi D., Sato H. and Baines C.: "Microscopic study of antiferromagnetic ground state and possible high-field ordered state in CeOs₄Sb₁₂ using muon spin rotation and relaxation", Phys. Rev. B, 82 014420-1-014420-8 (2010)*.
- Ohishi K., Ito T. U., Higemoto W., Yamazaki T., Uehara A., Kozawa K., Kimishima Y. and Uehara M.: "Quasiparticle excitations in newly discovered antiperovskite superconductor ZnNNi₃", Physica C, 470 5705-5706 (2010)*.
- Ohishi K., Suzuki T., Heffner R. H., Ito T. U., Higemoto W. and Bauer E.: "Magnetism in Ce₂Rh(In, Sn)₈ heavy-fermion compound", J. Phys.: Conference Series, 225 012042-1-012042-4 (2010)*.
- Ito T. U., Higemoto W., Ohishi K., Nishida N., Heffner R. H., Aoki Y., Suzuki H. S., Onimaru T., Tanida H. and Takagi S.: " μ^+ diffusion in cubic f -electron compounds observed by high transverse field μ^+ SR", J. Phys.: Conference Series, 225 012021-1-012021-6 (2010)*.
- Higemoto W., Koda A., Kadono R., Ohishi K., Haga Y., Shishido H., Settai R. and Onuki Y., "Muon Knight shift measurements in CeCoIn₅ below 17 kOe", J. Phys.: Conference Series, 225 012013-1-012013-5 (2010)*.
- Heffner R. H., Goko T., Andreica D., Ohishi K., Higemoto W., Ito T. U., Amato A., Spethling J., Klauss H. -H., Bauer E. D., Thompson J. D. and Uemura Y. J.: " μ SR study of CeRhIn₅ under applied pressure", J. Phys.: Conference Series, 225 012011-1-012011-6 (2010)*.
- Shimomura K., Bakule P., Pratt F. L., Ohishi K., Ishida K., Watanabe I., Matsuda Y., Nishiyama K., Torikai E. and Nagamine K.: "Pilot experiment for muonium photo

ionization in GaAs”, J. Phys.: Conference Series, 225 012004-1-012004-4 (2010)*.

Suzuki T., Watanabe I., Yamada F., Ishii I., Ohishi K., Risdiana, Goto T. and Tanaka H.: “Pressure effect on magnetic ground states in $\text{TiCu}_{1-x}\text{Mg}_x\text{Cl}_3$ with $x = 0.015$ probed by muon-spin-rotation”, J. Phys.: Conference Series, 200 022061-1-022061-4 (2010)*.

Ohishi K., Yamada I., Koda A., Saha S. R., Kadono R., Higemoto W., Kojima K. M., Azuma M. and Takano M.: “Field-induced magnetism in high- T_c superconductor $\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$ with flat CuO_2 planes”, submitted to Phys. Rev. B

Nakajima S., Suzuki T., Ishii Y., Ohishi K., Watanabe I., Goto T., Pratt F. L., Yoneyama N., Kobayashi N. and Sasaki T.: “Microscopic phase separation in triangular-lattice quantum spin magnet κ -(BEDT-TTF) $_2\text{Cu}_2(\text{CN})_3$ probed by muon spin relaxation”, submitted to Phys. Rev. B

Hiroi M., Hisamatsu T., Suzuki T., Ohishi K., Ishii Y. and Watanabe I.: “Muon spin relaxation study of spin-glass transition in the Heusler compound $\text{Ru}_{1-y}\text{Fe}_{0.1}\text{CrSi}$ ”, submitted to Phys. Rev. B

Ohishi K., Ishii Y., Fukazawa H., Saito T., Watanabe I., Kohori Y., Suzuki T., Kihou K., Lee C. H., Miyazawa K., Shirage P. M., Kito H., Iyo A. and Eisaki H.: “Evidence for horizontal line node in KFe_2As_2 ”, in preparation.

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Ohishi K., Ishii Y., Watanabe I., Saito T., Fukazawa H., Kohori Y., Kihou K., Lee C. H., Miyazawa K., Shirage P. M., Kito H., Iyo A. and Eisaki H.: “ μ SR studies in the flux-line lattice state of iron-based pnictide superconductors”, The 3rd Workshop for Functional Magnetic Materials, Padjadjaran University, Bandung, Indonesia, April (2010)

Ohishi K., Ishii Y., Watanabe I., Saito T., Fukazawa H., Kohori Y., Kihou K., Lee C. H., Miyazawa K., Iyo A. and Eisaki H.: “ μ SR on FeAs-based superconductor $(\text{Ba}, \text{K})\text{Fe}_2\text{As}_2$ at TRIUMF and RIKEN-RAL”, Joint ISIS/RIKEN Muon Facility Development Symposium, Abingdon, UK, June (2010)

Ohishi K., Ishii Y., Watanabe I., Saito T., Fukazawa

H., Kohori Y., Kihou K., Lee C. H., Miyazawa K., Shirage P. M., Kito H., Iyo A. and Eisaki H.: “ μ SR studies in the flux-line lattice state of iron-based pnictide superconductor $(\text{Ba}, \text{K})\text{Fe}_2\text{As}_2$ ”, Muon Science Seminar, Zhejiang University, Hangzhou, China, September (2010)

Ohishi K., Ishii Y., Watanabe I., Saito T., Fukazawa H., Kohori Y., Kihou K., Lee C. H., Miyazawa K., Shirage P. M., Kito H., Iyo A. and Eisaki H.: “Magnetism and superconductivity in FeAs-based superconductor $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ probed by muon spin rotation”, 7th International Conference on Inorganic Materials (Inorganic Materials Conference 2010), Biarritz, France, September (2010)

(国内学会等)

大石一城, 石井康之, 渡邊功雄, 齊藤拓, 深澤英人, 小堀洋, 宮沢喜一, 木方邦宏, Lee C. H., 伊豫彰, 永崎洋: “ μ SR による鉄砒素系超伝導体 KFe_2As_2 の磁束状態の研究”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 大阪, 9 月 (2010)

広井政彦, 中嶋慎吾, 久松徹, 伊藤昌和, 鈴木榮男, 大石一城, 石井康之, 渡邊功雄: “ホイスラー化合物 $\text{Ru}_{2-x}\text{Fe}_x\text{CrSi}$ におけるスピングラス状態”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 大阪, 9 月 (2010)

髙本亘, 伊藤孝, 佐藤一彦, 大石一城, 山本悦嗣, 芳賀芳範, 大貫惇睦, 後神達郎: “圧力下 μ SR による Ce 系反強磁性体に対する圧力効果の研究”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 大阪, 9 月 (2010)

横山幸司, 永嶺謙忠, 下村浩一郎, Harry Tom, Roland Kawakami, Pavel Bakule, 松田恭行, 石田勝彦, 大石一城, Francis Pratt, 白木一郎, 鳥養映子: “スピン偏極ミュオンを用いた n 型 GaAs 中伝導電子スピンの直接的観測”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 大阪, 9 月 (2010)

大石一城, 石井康之, 渡邊功雄, 齊藤拓, 深澤英人, 小堀洋, 木方邦宏, Lee C. H., Shirage P. M., 鬼頭聖, 伊豫彰, 永崎洋: “ μ SR による鉄砒素系超伝導体 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ ($x = 0.6, 0.7$) の磁束状態の研究”, 日本物理学会 第 66 回年次大会, 新潟大学, 新潟, 3 月 (2011)

研究者氏名：進藤 龍一 Shindou, Ryuichi

受入研究室：基幹研究所

古崎物性理論研究室

(所属長 古崎 昭)

(A)2次元トポロジカル超伝導の界面における量子不純物スピン問題

Sr₂RuO₄ で実現されていると考えられているカイラル p 波の超伝導状態や、液体 ³He で実現している超流動 B 相などは、その界面に、マヨラナ粒子的なアンドレーフ束縛状態(界面に束縛された、ギャップレスなボゴリウボフ粒子励起)を持った、'新しい'タイプのトポロジカル超伝導体・超流動体である。私は、これらの非従来型のトポロジカル超伝導体・超流動体の特徴的な物性を、その界面マヨラナ粒子に付随した物性に見出した。具体的には、(i)2次元 p 波のトポロジカル超伝導体の界面アンドレーフ束縛状態には、そのマヨラナ粒子性の為に、Ising スピンの自由度しか無いこと、また、この Ising スピンの向きが、bulk の d-vector の向きによって決まっていることを示した。そして、この束縛状態のプローブとして、それと結合した量子不純物スピンの問題を考え、(ii) 界面マヨラナ粒子による特徴的な量子散逸の為に、この不純物スピンの量子ダイナミクスが '近藤効果的な' 挙動を示すことを見出した。更に、この知見に立脚して、(iii) この不純物スピンの示す電子スピン共鳴 (ESR) から、界面マヨラナ粒子の持つ Ising スピンの向きが、如いては、bulk の d-vector の向きが、どのように決定できるかを、理論的に提案した。

(B)フラストレート強磁性体における混合価電子共鳴状態の探索

強磁性な交換相互作用を持つフラストレートした量子ハイゼンベルグ模型で、新奇な量子磁性状態が実現する可能性を SU(2) スレーブボゾン平均場描像の立場から調べた。すなわち、反強磁性なボンドとは異なり、強磁性なボンド上では、スピノンの triplet-pairing が導入される。その結果、triplet の価電子ボンド (valence bond) と singlet の価電子ボンドが混合して共鳴したようなスピン「液晶」的な状態 ('混合価電子共鳴状態': mixed RVB state) が実現されると予想される。この予想に基づいて、正方

格子上的 J_1 - J_2 模型 (最近接 J_1 は強磁性的、次近接 J_2 は反強磁性的) の中間結合領域 ($J_1: J_2=1: 0.4 \sim 1: 0.6$) で平均場の解析から実現が期待されていた Balian-Werthamer (BW) 状態 chiral p-wave (ABM) 状態に対して、対応する projected BCS 波動関数 (多体の波動関数) を構成し、それらのエネルギー最適化計算を変分モンテカルロ法に基づいて行った。その結果、projected BW 状態が中間結合領域でもっとも安定な量子磁性状態であることを見出した。又、上記の projected BCS 波動関数が、total S が偶数の sub-space にのみ weight を持った多体の波動関数になっており、厳密対角化から示唆されているボンド型多極子秩序状態としての性質を持っていることを確認した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Shindou R, Furusaki A, Nagaosa N.: "quantum impurity spin in Majorana edge fermions", arxiv04.0750

Shindou R, Nakai R and Murakami S. "Disordered topological quantum critical points in three dimensional Systems", New Journal of Physics, {bf12}, 065008, (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議・海外研究機関からの招待・依頼講演)

Shindou R. and Balents L.: "Gradient Expansion approach to multiple band Fermi liquids" Asia Pacific Center of Theoretical Physics, (Pohang, Korea, April 2010)

Shindou R, Murakami S, Furusaki A and Nagaosa N.: "disorder and impurity effects in topological systems" Asia Pacific Center of Theoretical Physics, (Pohang, Korea, April 2010)

Shindou R. and Murakami S.: "non-magnetic disorder effect on 3-d quantum spin Hall systems" Korean Physical Society April Meeting (invited), (Daejeon, Korea, April 2010)

Shindou R, Momoi T, Furusaki A and Nagaosa N.: “Physical Characterization of new quantum state of matters” Department of Physics and Astronomy, Seoul National University (Seoul, Korea, July, 2010)

(国内会議の一般講演)

進藤龍一, 古崎昭, 永長直人: “マヨラナエッジフェルミオンを ESR でどう「見る」か?”

物性研究所短期研究会, 「外部場の時間操作と実時間物理現象」6月(2010)

進藤龍一, 古崎昭, 永長直人: “How to see Majorana

edge fermions in terms of electron spin resonances” 河野低温物理研究室, 理研セミナー, 9月(2010)

進藤龍一, 古崎昭, 永長直人: “マヨラナ界面束縛状態における磁性不純物の効果” 日本物理学会秋季大会, 大阪中百舌鳥, 9月(2010)

進藤龍一, 柚木誠司, 桃井勉: “変分モンテカルロ法による $S=1/2$ 量子フラストレート強磁性体の磁場中相図の決定” 日本物理学会秋季大会, 大阪中百舌鳥, 9月(2010)

XX-015 量子スピンホール系のエッジ状態における電子相関効果と輸送特性

Electron Correlations and Transport Properties in Edge States of Quantum Spin Hall Systems

研究者氏名: 田中 洋一 Tanaka, Yoichi

受入研究室: 基幹研究所

古崎物性理論研究室

(所属長 古崎 昭)

近年発見された量子スピンホール系はトポロジカル絶縁体の一種であり、新しい物質状態として、物性物理の分野を中心に盛んに研究が行われている。トポロジカル絶縁体とは、バルク(物質内部)は絶縁体であるが、系の境界にギャップレスのエッジ状態が存在する物質であり、このエッジ状態がトポロジで定義される量で特徴づけられる。二次元の量子スピンホール系では、系の境界に一次元のエッジ状態が形成されるが、このエッジ状態には互いに反対向きのスピンをもった電子は反対向きに伝導するというヘリカルな性質がある。また、この系が時間反転対称性を有するため、エッジ状態において非磁性不純物による後方散乱は受けない。しかしながら、磁性不純物による後方散乱(近藤効果による散乱)は起こりうる。

私たちは、この磁性不純物による後方散乱がエッジ状態の輸送特性に与える影響を調べるため、直流(DC)電場に対するコンダクタンスを求めた。その結果、磁性不純物によって近藤効果は生じるものの、エッジ状態のDCコンダクタンスは変化しないことが分かった。一方、交流(AC)電場に対する応答を調べてみると、エッジ状態のACコンダクタンスは近藤効果による散乱の影響を受けて変化し、その変化量は交流電場の周波数や温度に依存することが分かった。さらに、電極に温度差を加えることによ

て生じる熱コンダクタンスも求めた。その結果、磁性不純物による散乱を反映して、熱コンダクタンスの温度依存性には極小値をもつような非単調な振る舞いが生じることが分かった。

以上の研究と並行して、2つの常伝導リードと1つの超伝導リードをY字型に接続した量子ドット系の輸送特性を調べた。この系における2つの常伝導リードの間では、通常の電子の同時トンネリングに加え、非局所的なアンドレーエフ反射(交差アンドレーエフ反射)によるトンネリングが生じる。この二つのトンネリングのうち、どちらのトンネリングが支配的かによってコンダクタンスの正負が異なる。本研究では、摂動論および数値繰り込み群を用いて、この系のコンダクタンスを求めた。その結果、量子ドット内のエネルギー準位やクーロン相互作用の大きさを変えることで、コンダクタンスの正負が入れ替わることを明らかにした。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Tanaka Y., Kawakami N., Oguri A., “Correlated electron transport through double quantum dots coupled to normal and superconducting leads” Phys. Rev. B 81, 075404 1-11 (2010)

Deacon R., Tanaka Y., Oiwa A., Sakano R., Yoshida K.,

Shibata K., Hirakawa K., Tarucha S., "Tunneling Spectroscopy of Andreev Energy Levels in a Quantum Dot Coupled to a Superconductor" Phys. Rev. Lett. 104, 076805 1-4 (2010)

Yamada Y., Tanaka Y., Kawakami N., "Enhanced Andreev Tunneling via the Kondo Resonance in a Quantum Dot at Finite Bias" J. Phys. Soc. Jpn. 79, 043705 1-4 (2010)

Deacon R., Tanaka Y., Oiwa A., Sakano R., Yoshida K., Shibata K., Hirakawa K., Tarucha S., "Kondo-enhanced Andreev transport in single self-assembled InAs quantum dots contacted with normal and superconducting leads" Phys. Rev. B 81, 121308 1-4 (2010)

Onoda S. and Tanaka Y., "Quantum Melting of Spin Ice: Emergent Cooperative Quadrupole and Chirality" Phys. Rev. Lett. 105, 047201 1-4 (2010)

●口頭発表 Presentation

(国際会議)

Tanaka Y., Furusaki A. and Matveev K., "Conductance of a helical edge liquid coupled to a magnetic impurity", 2011 APS March Meeting, Dallas, Texas, USA 2011 3

Oguri A. and Tanaka Y., "Josephson effect and Andreev scattering in a three-terminal quantum dot in the Kondo

regime", 2011 APS March Meeting, Dallas, Texas, USA 2011 3

(国内学会等)

田中洋一, 古崎昭, K. A. Matveev: "量子スピンホール系のエッジ状態における近藤効果と交流電場応答", 日本物理学会 2010 年秋季大会 大阪 日本 2010 9

山田康博, 田中洋一, 川上則雄, 小栗章: "超伝導相関のある量子ドットを介した常伝導リード間の非局所輸送特性 - 数値繰り込み群による解析 -" 日本物理学会 2010 年秋季大会 大阪 日本 2010 9

小栗章, 田中洋一: "3 端子に接続された量子ドット系の Josephson 電流と Andreev-Kondo 共鳴" 日本物理学会 2010 年秋季大会 大阪 日本 2010 9

田中洋一, 古崎昭, K. A. Matveev: "量子スピンホール系のエッジ状態における近藤効果", 文部科学省科学研究補助金新学術領域研究「対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象」第 1 回領域研究会, 京都, 12 月 (2010)

田中洋一, 古崎昭, K. A. Matveev: "量子スピンホール系のエッジ状態における近藤効果と熱コンダクタンス", 日本物理学会 2011 年春季大会 新潟 日本 2011 3

XX-016

大自由度集団現象の理論的解明

: 情報处理的な視点に立った新しいアプローチ

An Information Theoretical Approach to Collective Dynamics of Nonlinear Systems

研究者氏名: 寺前 順之介 Teramae, Jun-nosuke

受入研究室: 脳科学総合研究センター

脳回路機能理論研究チーム

(所属長 深井 朋樹)

自励的な振動現象は、物理学、化学、生物、工学、神経科学といった幅広い分野に普遍的に現れる非線形現象であり、その振る舞いはリミットサイクル振動子として理論的に定式化できる。この定式化は多様な自励振動に統一的な基盤を与え、内在する普遍性を解明する事を可能にして来た。リミットサイクル振動子が示す多様な性質の内、特に注目をされるのが、リミットサイクル振動子のノイズに対する応答である。例えば、複数のリミットサイクル振動子に共通のノイズを与えると、振動子間に全く相互作用が無くても、振動子間での位相同期を達成で

きる事が知られている (共通ノイズ誘起同期現象、Noise-induced synchronization)。この現象が特に重要なのは、振動子による情報表現を考える際、情報表現の信頼性 (情報の再現性) が共通入力に対する位相同期と対応するからである。近年、神経系を始め、生物情報処理が非線形振動を積極的に利用しているとの示唆が数多くなされており、ノイズ同期はその理論基盤の 1 つを与えていると言える。しかし脳や生体内で振動子が独立に働く事は無い。振動子は相互作用する素子集団として機能する。そこで振動子集団での情報処理理論の基盤を確立するため、ノイ

ズ同期を孤立振動子から振動子集団へと拡張する必要がある。本研究では確率微分方程式の理論と非線形振動子の縮約理論を用いてこの課題にアプローチし、集団の結合強度の変化と共に、位相同期、情報表現の信頼性がどう変化するかを記述する理論を構築した。さらに、神経情報処理における揺らぎの役割を解明するため、揺らぎの生成調整機構に関する理論研究を行った。従来、神経細胞間での興奮性シナプス結合は、単一のシナプス入力で神経発火活動を誘発するには弱いと考えられてきたが、本研究では、極めて稀に、非常に強いシナプス結合が存在すると仮定する事で、中枢神経系で観測される揺らぎの諸性質を一挙に説明できる事を明らかにした。この仮説を用いる事で、これまで十分な説明がなされていなかった中枢神経系の諸性質を統一的に説明できる事も明らかにした。興味深い事に、この仮説の元では、神経細胞間のスパイク発火による情報伝達率が、揺らぎに伴って発生する膜電位の自然な上昇によって最大化されている事も示し、現在仮説を検

証するための実験も準備中である。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Teramae J, "A long-tailed EPSP distribution accounts for the up-state, low-rate asynchronous firings, and precise firing sequences in cortical networks" NIPS International Workshop on Fresh Perspectives of Computation in Neuronal Systems Okazaki Japan 2010 6

Teramae J, Gilson M, Fukai T, "Synaptic mechanism of information transmissions in low-frequency asynchronous firing of cortical networks" 4th International neural Microcircuitry Conference on Signal Processing Mechanisms of Cortical Neurons Okinawa Japan 2010 6

(国内学会等)

寺前 順之介, 深井 朋樹, "大脳皮質強結合回路の数値解析と機能" 第29回日本シミュレーション学会大会 米沢 日本 2010 6

XX-018

芳香族化合物の C-H 結合の直接的官能基化をめざした 新規触媒系の開発

Development of New Catalyst System for Direct Functionalization of Aromatic C-H Bond

研究者氏名 : 小山田 重蔵 Oyamada, Juzo

受入研究室 : 基幹研究所

侯有機金属化学研究室

(所属長 侯 召民)

有機化合物の炭素 - 水素 (C-H) 結合に直接、新たな官能基を導入する方法は、原子効率がよく直接的な有機化合物の変換法である。これまで、触媒的な C-H 結合の官能基化は主に後周期遷移金属錯体を用いることで達成されている。これに対して前周期遷移金属を触媒に用いた例は少ない。そこで、前周期遷移金属である希土類錯体を用いて、これまでの触媒反応と異なる反応性をもつ、C-H 結合官能基化の新しい触媒系の開発を行った。

昨年度、スカンジウムベンジル錯体 ($C_5Me_4SiMe_2N^iBu$)Sc($CH_2C_6H_4NMe_2$) を触媒に用いるとフェニルシランによりアニソールのオルト位の C-H 結合が選択的にシリル化され、オルトシリルアニソールを与えることを見いだした。本反応は、アニソールのオルト選択的に反応するというこれまでの後周期

遷移金属触媒にない特長を持つ。本年度は、この反応の詳細について検討した。このシリル化反応はハロゲンや、窒素、硫黄などの置換基をもつアニソールに適用でき、フェニルシランのほかにもベンジルシランやオクチルシランなどのヒドロシランに適用できた。スカンジウム錯体との量論反応によりアニシル錯体及びヒドリド錯体を単離、構造決定した。このことから、ヒドリド錯体によるアニソールの C-H 結合の活性化及びこれにより生成するアニシル錯体とヒドロシランとの反応によるヒドリド錯体の再生とシリルアニソールの生成という触媒サイクルが明らかになった。

ヒドロシランの代わりにノルボルネンを用いるとアニソールのオルト位のアルキル化が進行した。この場合、イットリウム錯体 ($C_5Me_4SiMe_2NMe_3$)

$Y(CH_2C_6H_4NMe_2)(THF)$ が高い活性を示した。しかし、このような中性希土類錯体ではオレフィンの挿入が困難であり、ノルボルネン以外のオレフィンには適用できなかった。一方、重合触媒でありオレフィンの挿入に高い活性をもつカチオン性希土類錯体を触媒に用いても、アニソールのオルト選択的アルキル化反応が効率的に起こることを見いだした。この場合、スチレンや1-オクテンなどのオレフィンにも適用でき、より一般性の高い反応であることがわかった。

XX-019 軸性不斉を完全制御した光電子機能性オリゴナフタレン類の創製 Synthesis of Optical Functional Oligonaphthalenes Controlled All Axial Chiralities

研究者氏名：高石 和人 Takaishi, Kazuto
受入研究室：基幹研究所
超分子科学研究室
(所属長 緑川 克美)

新たなワイヤー型分子の創製を目指し、全ての隣接するナフタレン環同士をメチレンジオキシ基によって架橋した光学活性ナフタレン (*R*)-二量体、(*R,S,R*)-四量体、(*R,S,R,S,R,S,R*)-八量体およびそれらのエピマーを合成した。以前に合成していた架橋を持たないオリゴナフタレン類は、ナフタレン環同士が成す二面角が約 90° であったが、架橋型オリゴナフタレンはより小さい二面角に固定されている。そのため、共役が骨格全体に広がり吸収帯、発光帯ともに、重合度の増加に伴って長波長シフトした。またこれら架橋型オリゴナフタレン類は固体状態においても蛍光を示す ($\Phi_f \sim 0.21$) ことが確認された。赤方偏移、固体蛍光性は架橋を持たないものでは見られなかった性質である。今後不斉を有するねじれた π 共役分子としての発展が見込まれる。

一方でアゾベンゼン骨格は分子マシンや分子スイッチの光駆動部位としてよく使用されるパーツであるが、その骨格そのものが持つ不斉についてはほとんど報告例がない。シスアゾベンゼンは2つのベンゼン環が互いの立体障害によってねじれているため、その方向の違いによりヘリシティーを持ちうる。そこで各種光学活性ピナフチルおよびオリゴナフチル連結アゾベンゼンを合成し、軸性不斉からヘリシティーへの分子内不斉誘導を検討した。その結果、シスアゾベンゼン部位は (*P*)-体または (*M*)-体

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

小山田重蔵, 侯召民: “スカンジウム触媒によるアニソール類のオルト選択的 C-H 結合のシリル化”, 第 57 回有機金属化学討論会, 東京, 9 月 (2010)

小山田重蔵, 西浦正芳, 侯召民: “希土類触媒によるアニソール類の位置選択的 C-H 結合の官能基化”, 日本化学会第 91 春季年会, 神奈川, 3 月 (2011)

に偏っていることを実験的および計算科学的に見出した。そのヘリシティーはピナフチルを 2,2'-位で連結した化合物と 7,7'-位で連結した化合物では反対になるという系統立てられた結果が得られ、またその他の置換基の位置や種類には影響されないことが確認された。さらにこれらの化合物群は旋光性、円二色性の光スイッチとしての機能を有することが示された。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Takaishi K., Kawamoto M., Tsubaki K., Furuyama T., Muranaka A. and Uchiyama M.: “Helical chirality of azobenzenes induced by an intramolecular chiral axis and potential as chiroptical switches”, Chem. Eur. J., in print *

Kawamoto M., Shiga N., Takaishi K. and Yamashita T.: “Non-destructive erasable molecular switches and memory using light-driven twisting motions”, Chem. Commun., 46 8344-8346 (2010) *

Takaishi K., Kawamoto M. and Tsubaki K.: “Multibridged chiral naphthalene oligomers with continuous extreme-cisoid conformation”, Org. Lett., 12 1832-1835 (2010) *

●口頭発表 Presentation

(国内学会等)

高石和人, 川本益揮, 椿一典: “極端なシソイド構造

が連続した光学活性ナフタレンオリゴマーの合成と光物性”, 日本化学会第4回関東支部大会, つくば, 8月(2010)

XX-020

ホスファターゼ阻害剤をプローブとした
ホスファターゼ網羅的解析法の開発

Development of a New Methodology for the Comprehensive
Analysis of Protein Phosphatases Using Low-molecular Inhibitors

研究者氏名: 久米田(土屋)綾子

Kumeda (Tsuchiya), Ayako

受入研究室: 基幹研究所

袖岡有機合成化学研究室

(所属長 袖岡 幹子)

タンパク質の脱リン酸化反応を触媒するプロテインホスファターゼは、タンパク質のリン酸化レベルを功名に調節し、様々な外部刺激に対応した細胞応答を制御している。しかし、分子レベルでのホスファターゼ活性制御機構や個々のホスファターゼの役割についての解明は未だ十分なされていない。本研究では、ホスファターゼの活性に依存してその活性中心と特異的に共有結合するホスファターゼ阻害剤をプローブとして、様々な生理的条件下におけるホスファターゼ活性をモニタリングするための新しい手法の開発を目的とした。これまでに、ホスファターゼ網羅的解析法に使用するプローブとして Cdc25 ホスファターゼに対する不可逆的阻害剤 RE20 を開発した。さらに、クリックケミストリーの手法および化学選択的に切断可能なリンカーを用いることによりホスファターゼ網羅的解析法の開発を行い、RE20 の HL-60 細胞内における標的タンパク質の検出に成功している。

一方これまでに、有機合成化学研究室が開発したホスファターゼ阻害剤ライブラリーに含まれる化合物が転移・浸潤能が高い HT1080 細胞の浸潤・遊走に及ぼす影響についても検討してきた。その結果、同じ母核を持ちながらわずかな構造の違いで癌細胞の浸潤・遊走に対する阻害活性が大きく異なる RE 誘導体を見出した。これらの化合物の阻害活性の差異は各化合物の細胞内標的ホスファターゼの違いによるものと考えられる。さらに、浸潤・遊走には、接着、基底膜・細胞外マトリックスの加水分解、細胞移動などの複数のステップが必要であり、各ス

テップにおいてホスファターゼが重要な役割を担っていることから、同定されるタンパク質は、浸潤・遊走を制御するホスファターゼであると期待できる。そこで、前年度までに確立したホスファターゼ網羅的解析法を用いて、阻害活性の違いの原因となるタンパク質の同定を行った。すなわち、アルキン部を導入した各 RE 誘導体を HT1080 細胞に添加し標的タンパク質と共有結合を形成した後、細胞を破碎し、クリックケミストリーの手法により切断可能なビオチンリンカーを連結した。その後、アビジンビーズによる精製・濃縮を行い、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ によりリンカーを切断し溶出した標的タンパク質を二次元電気泳動で分離・検出した。現在、Differential 解析を行い、泳動パターンの異なるスポットに含まれるタンパク質を同定している。

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

土屋綾子, 大沼可奈, 小山佑介, 平井剛, 長田裕之, 袖岡幹子: “酵素選択的ホスファターゼ阻害剤の開発と活性評価”, 日本ケミカルバイオロジー学会第5回年会, 横浜, 日本, 5月(2010)

土屋綾子, 大沼可奈, 平井剛, 袖岡幹子: “中性構造を有する VHR 選択的阻害剤 RE12 の開発と活性評価”, 日本薬学会第131年会, 静岡, 日本, 3月(2011)

XX-022

赤外分光及び蛍光顕微鏡による
肺サーファクタントの構造と機能についての研究
Spectroscopy of Lung Surfactants

研究者氏名：盛田 伸一 Morita, Shin-ichi

受入研究室：基幹研究所

佐甲細胞情報研究室

(所属長 佐甲 靖志)

ヒトの肺胞上のⅡ型細胞から、肺サーファクタントと呼ばれる分子集合系が分泌する。その主成分はリン脂質で、他に SP-B、SP-C と略記されるタンパク質等を微量含む。肺サーファクタントは、肺胞上の薄い水の層（約 140nm）の表面に、分子のレベルの厚み（約 5nm）で浮遊し、界面活性剤として、水の表面張力を大幅に低下させる機能を持つ。この機能は、生命を維持するために非常に重要である。実際、人工の肺サーファクタントが投与できるようになるまで、肺サーファクタントを分泌しない未熟児は、肺が膨らまず、死に至ることが多かった。医薬としての肺サーファクタントの開発以来、肺サーファクタント集合系の役割が、分子のレベルで解明されてきた。しかし、依然として、その分子集合系が、呼吸運動とともにどのように構造変化し相互作用するのか不透明な部分も多く、解決の望まれる問題が多数存在する。本研究の目的は、肺胞のミミック系の呼吸運動を先端的赤外分光システムで計測し、その機構について分子のレベルで明らかにすることにある。本研究では、気水界面に人工的に肺サーファクタント系を構築し、仕切り板を移動することで、肺胞の呼吸運動を再現した。その運動を主に先端的赤外分光システムで計測し、その機構について分子のレベルで調べた。着任 3 年目として、構築した赤外分光システムを用いて、リン脂質を主とする水面

上の薄膜の構造について研究した。対応する蛍光顕微鏡像を取得した。また、機能性ペプチドを含有する肺サーファクタント模擬系の偏光変調赤外スペクトルに、位相角表示二次元相関解析を適用し、機能性ペプチドの役割について議論した。本研究で開発した外部反射赤外計測システムは、水面近傍（恐らく界面の下に数十 nm 程）のみ活性でかつ非接触なオプティカルツールであることが分かった。

●誌上発表 Publication(s)

(原著論文)

高根沢, 盛田, 丸山, 村上, 川島, 遠藤, 飯島, 朝倉, 下瀬川, 佐藤: "Two-Dimensional Correlation Raman Analysis of Diseased Esophagus of a Rat", Applied Physics Express, 3 077001 (2010)*

●口頭発表 Presentation(s)

(国際会議)

盛田: "Non-Invasive and Non-Labeling Raman Analysis of Single Cell Dynamics", Toin International Symposium on Biomedical Engineering, 横浜, 2010 年 11 月

(国内会議)

盛田, 高根沢, 廣島, 三井, 佐甲: "Non-Invasive and Non-Labeling Raman Analysis of Single Cell Dynamics", 第 48 回日本生物物理学会年会, 仙台, 2010 年 10 月

XX-023

哺乳類卵母細胞に特有な核小体成分の同定と解析
Identification and Characterization of Oocyte Specific Nucleolus Materials.

研究者氏名：大串 素雅子 Ogushi, Sugako

受入研究室：発生・再生科学総合研究センター

生殖系列研究チーム

(所属長 中村 輝)

我々は、哺乳類受精卵を構築し、初期胚発生を進行するために卵母細胞の核小体が必須であることを

2008 年に報告した。しかしこの核小体の初期胚発生進行の詳細な作用点や、この構造を構成している

成分は明らかにされていない。本研究は卵母細胞の核小体成分を同定し、その機能を明らかにすることを目的とした。

卵母細胞核小体に局在するヌクレオプラスミン2 (Npm2) と相互作用する因子をマウス卵巣 cDNA ライブラリーを用いて Yeast two hybrid 法で同定した。しかし、これらの候補因子は卵母細胞核小体に局在せず、発現も ubiquitous で卵母細胞核小体の機能との関連性を見いだせなかった。そこで、もう一度基本に戻り核小体のない卵母細胞の異常を詳細に解析した。すると以下のことが判明した。

(1) 核小体のない卵母細胞を受精させると精子脱凝縮-雄性前核形成の遅延が認められた。その遅延は核小体に存在する Npm2 が関与することが判明し、哺乳類ではじめて精子脱凝縮-雄性前核形成に関与する因子が判明した。

(2) 核小体のない卵母細胞を受精もしくは単為的に活性化させると第一分割で細胞周期進行が遅れ、染色体分離に異常が生じた。それらの現象を Live cell imaging により詳細に観察したところ機能的なセントロメア構築に異常があることが判明した。

(3) 哺乳類卵母細胞は卵巣で十分に発育したもののみが減数分裂進行能力を獲得し受精・発生できるようになる。減数分裂進行能力のない発育過程の卵母細胞の核小体の機能を調べると減数分裂進行抑制因子が含まれていることが明らかになった。

これまでの結果より、卵母細胞において核小体は発育過程では減数分裂抑制因子、発育完了後には受精後の前核形成・第一分割進行に必須の因子を含むことがわかった。卵母細胞核小体は非常に緊密な構造を取っていることから、これらの因子を外部環境から隔離し、必要な時期に利用するためのカプセルとして機能しているのではないかと考えている。この核小体のカプセ

ルのような構造を作り出す因子の同定ができなかった。本研究の一番の心残りと思っている。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Ogushi S., Saitou M.: "The nucleolus in the mouse oocyte is required for the early step of both female and male pronucleus organization", *J. Reprod. Dev.*, 56, 495-501 (2010)*

Inoue A., Ogushi S., Saitou M., Suzuki MG. and Aoki F.: "Involvement of murine nucleoplasmin 2 in the decondensation of sperm chromatin after fertilization", Submitted*

Kyogoku H., Ogushi S., Miyano T., Fulka J Jr.: "Nucleoli from Growing Oocytes Inhibit the Maturation of Enucleolated Full-grown Oocytes in the Pig", Submitted*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Ogushi S., Kato Y., Nakamura A., Saitou M.: "The maternal nucleolus function in early embryonic development", 43rd Annual Meeting for the Japanese Society of Developmental Biologists, Kyoto, Japan, Jun. (2010)

Ogushi S., Kato Y., Nakamura A., Saitou M.: "Functional analysis of maternal nucleolus in mouse oocytes", Czech-Japan Joint Symposium for Animal Reproduction, FROM GAMETES TO STEM CELLS, Liblice, Czech Rep. Sep. (2010)

Ogushi S., Yamanaka K., Itoi F., Yamagata K., Wakayama T., Saitou M.: "Oocyte Nucleolus Requirement for the Higher Chromatin Organization in Zygotes", International Symposium on the Physicochemical Field for Genetic Activities, Awaji island, Japan Jan. (2011)

XX-026 光架橋技術を用いた分泌タンパク質の濃度勾配モデルの構築

Reconstitution of Secreted Protein Gradient by Using Photo-Immobilization Method

研究者氏名 : 櫻木 誠 Sakuragi, Makoto

受入研究室 : 基幹研究所

伊藤ナノ医工学研究室

(所属長 伊藤 嘉浩)

iPS 細胞、胚性幹細胞 (ES 細胞) や各種の体性幹細胞は、多分化能を持つことから、再生医療の細胞

のリソースとして着目され、有用細胞への分化の誘導や制御の研究が報告されている。これまでに、さ

まざまな細胞を分化誘導する方法が開発・報告されている。それらは、分化方向を決定する各種増殖因子を逐次的に添加し、経験則や発生中の個体を模倣することによって目的の細胞の比率を高める培養方法である。

しかし、これまでは得られた細胞は配置に生体組織のような規則性はなく、不規則な細胞塊として形成されるだけであった。そこで本研究では、分化決定を行う増殖因子を固定化し局所的に細胞に作用するような組織工学材料の開発とそれを利用した培養方法の確立を行っている。細胞に生体と相似の配置を持たせ、複数の細胞種による組織を形成するような発生現象の再現モデルを目指す。培養基材上で増殖因子をその機能を保持したまま、局在させ、細胞の接触面においてモルフォゲンとして機能する技術を開発している。

本年度は増殖因子の局在に資する新たなキメラ増殖因子タンパク質の作出と機能評価を行った。無機材料に結合して機能するキメラ型と BMP-4 タンパク質である。接着性を持たせるために、非標準アミノ酸を組みこんだ。作製方法としては、非標準アミノ酸を含有させた短い化学合成ペプチドと大腸菌によるリコンビナントタンパク質を酵素的に結合させた。得られたキメラ型タンパク質は非標準アミノ酸の機能を発揮し、天然型の増殖因子と比し基質への

結合性が高まっていた。また、無機材料に結合させた状態で間葉系幹細胞の株化細胞に作用させたところ、天然型と比し BMP-4 の活性による骨分化誘導能も高まっていた。この新たなキメラタンパク質は増殖因子の局在化と無機材料の医療応用に資するとい考えられる。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Makoto Sakuragi, Takashi Kitajima, Teruyuki Nagamune, Yoshihiro Ito “Recombinant hBMP4 incorporated with non-canonical amino acid for binding to hydroxyapatite.” *Biotechnology Letters* 2011 33(9): 1885-90

Tae Il Son, Makoto Sakuragi, Sawa Takahashi, Sei Obuse, Jeonghw Kang, Masako Fujishiro, Haruhiko Matsushita, Jiansheng Gong, Shigeru Shimizu, Yusuke Tajima, Yasuhiro Yoshida, Kazuomi Suzuki, Toshio Yamamoto, Mariko Nakamura and Yoshihiro Ito.: “Visible light-induced cross-linkable gelatin” *Acta Biomaterialia* 2010 6(10): 4005-10

(単行本)

Makoto Sakuragi, Yoshihiro Ito.: “Biomaterials for *In Vitro* Expansion of Embryonic Stem Cells” *Embryonic stem cells* INTECH p. 75-95 (2011)

XX-027

共生微生物が賦与する昆虫の寄主植物適応機構の解明 Elucidation of the Mechanisms for Host Plant Adaptation of the Insect Governed by Facultative Endosymbiont

研究者氏名 : 土田 努 Tsuchida, Tsutomu

受入研究室 : 基幹研究所

松本分子昆虫学研究室

(所属長 松本 正吾)

本研究課題では、エンドウヒゲナガアブラムシの寄主植物適応が内部共生細菌 *Regiella* の感染によって変化するという現象を対象として、分子生物学や生態学、組織学、栄養生理学といった様々な手法を駆使し、本現象に関与する物質の実体やその機構を明らかにすることを目的としている。

今年度は、昨年度に引き続き、植物適応が共生細菌のどのような体内動態によって生じるのかを定量 PCR によって確認した。その結果、*Regiella* に

感染すると、カラスノエンドウを餌にしたとき必須の共生細菌 *Buchnera* の存在量が著しく減少するのに対し、シロツメクサを餌にした場合はほとんど減少しないという結果が観察された。この結果は、*Regiella* 感染による植物適応は、*Regiella* 単体の機能によって賦与されているわけではなく、共存する必須の共生細菌 *Buchnera* との複雑な相互作用によって生じていることを示唆する。この可能性を検証するために、植物適応の際に、現在 *Regiella*,

Buchnera, そして宿主エンドウヒゲナガアブラムシで発現する遺伝子とそのネットワークを網羅的に調べる解析を行っている。

さらに、上記課題とは別に、今年度は別種の共生細菌の機能解析について格段の進捗があった。我々はエンドウヒゲナガアブラムシから新規に *Rickettsiella* 属の共生細菌を発見した。*Rickettsiella* は、アブラムシに感染することで、体色を赤から緑に大きく変化させることが明らかになった。感染によって変化する色素を種々の機器分析によって解析したところ、多環式キノン配糖体と推定される緑色物質の量が、感染個体で3倍以上に増えていることが明らかになった。本緑色色素は赤色の非感染個体にも含まれるため、*Rickettsiella* は宿主の色素生産をなんらかのかたちで増加させることによって、体色の緑色化を引き起していることが推定された。また、*Rickettsiella* がアブラムシの体色を変えることによって、自然集団中におけるアブラムシの捕食-被食関係にも大きな影響が生じる可能性が示唆された。

これらの研究成果や関連した研究成果については、下記の学会や研究集会で発表を行い、高い評価を得ることができた。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Tsuchida T., Koga R., Horikawa M., Tsunoda T., Maoka T., Matsumoto S., Simon J. and Fukatsu T.: "Symbiotic bacterium modifies aphid body color". *Science* 330: 1102-1104. (2010).

Tsuchida T., Koga R., Matsumoto S., Fukatsu T.: "Interspecific symbiont transfection confers a novel ecological trait to the recipient insect." , *Biology Letters* in press. (2010)

(著書)

土田努, 古賀 隆一: "昆虫細胞内共生細菌 その機能と応用", *難培養性微生物研究の最新技術 II-ゲノム解析を中心とした最前線と将来展望* (大熊盛也, 工藤俊章 監修) pp. 220-230. (2010)

(その他)

土田努: "共生細菌が昆虫の体色を変える", *ライフサイエンス 新着論文レビュー*, (<http://first.lifesciencedb.jp/archives/1597>) (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Tsuchida T.: "Symbiotic bacterium modifies aphid body color.", Memorial Symposium for the 26th International Prize for Biology" *Biology of Symbiosis*, Tsukuba, Japan (2010)

Tsuchida T., Koga R., Simon J., Matsumoto, S. and Fukatsu T.: "Discovery of a Novel Secondary Endosymbiont of the Pea Aphid: Prevalence in Natural populations, Microbiological Characterization and Phenotypic Effect on the Host Insect." Budapest, Hungary, (2010)

(国内学会等)

土田努: "アブラムシ共生微生物が物質循環に果たす多彩な役割" 有機農業研究者会議 2010, つくば市, (2010)

土田努, 古賀隆一, Simon, J., 堀川美津代, 角田鉄人, 眞岡孝志, 松本正吾, 深津武馬: "感染性体色変化!", 新学術研究領域「複合適応形質進化の遺伝子基盤解明」, 東京大学農学部 (2010)

土田努, 古賀隆一, Simon, J., 堀川美津代, 角田鉄人, 眞岡孝志, 松本正吾, 深津武馬: "感染性体色変化!" 第12回 日本進化学会大会, 東京工業大学, (2010)

XX-029

線虫の初期胚細胞分裂における微小管制御機構の解析

Control of Microtubules in Mitotic Spindle Formation in *C. elegans* Embryos

研究者氏名: 戸谷美夏 Toya, Mika

受入研究室: 発生・再生科学総合研究センター

発生ゲノミクス研究チーム

(所属長 杉本 亜砂子)

微小管は、細胞内で細胞周期にしたがって整然と再編成され、分裂期には、染色体の分配装置となる

紡錘体が迅速に形成される。γ-チューブリンは、微小管の形成起点となることが知られているが、線

虫 *C. elegans* 初期胚の細胞分裂では、 γ -チューブリン (TBG-1) とは別に、オーロラキナーゼ A (AIR-1) が関与する微小管形成機構が存在し、機能的な紡錘体を形成するためには、それら 2 つの独立した微小管形成経路が必要であることが示されている。本研究では、未だ多くのことが明らかにされていない、オーロラキナーゼ A の紡錘体形成への役割に着目し、線虫 AIR-1 が関与する紡錘体微小管制御の分子機構を明らかにすることから、微小管が細胞内で時間的・空間的に制御されるしくみの理解を深めることを目指した。

これまでの研究から、AIR-1 キナーゼ活性に加えて、キナーゼ不活性型 AIR-1 が紡錘体形成に役割をもつことを示唆する以下の結果を得た。

(1) キナーゼ活性型 AIR-1 を認識する抗リン酸化 AIR-1 抗体は、中心体に局在する AIR-1 のみを認識し、微小管上に局在する AIR-1 を認識しなかった。

(2) キナーゼ不活性型 AIR-1 は、微小管上に局在した。

(3) キナーゼ不活性型 AIR-1 を発現する線虫株では、中心体の分離が起こらなかった。

(4) キナーゼ不活性型 AIR-1 を発現する線虫株では、TBG-1 に依存することなく形成される分裂期染色体由来の微小管が形成された。また、形成された微小管上には、キナーゼ不活性型 AIR-1 が局在したが、抗リン酸化 AIR-1 抗体のシグナルは観察されなかった。

(5) キナーゼ不活性型 AIR-1 を発現する線虫株では、RNAi で AIR-1 を欠損させた場合に比べて、より多くの微小管が細胞表層に到達し、微小管上にはキナーゼ不活性型 AIR-1 が局在した。

以上の結果から、線虫初期胚における紡錘体形成において、TBG-1、および、AIR-1 キナーゼ活性に加えて、キナーゼ不活性型 AIR-1 が、協調して働くことが示唆された。AIR-1 キナーゼ活性は中心体に局在して紡錘体の二極性を保ち、キナーゼ不活性型 AIR-1 は、凝縮した染色体と微小管上に局在して、染色体由来の微小管形成、および、微小管の安定化に寄与していることが示唆された。

●誌上发表 Publication

(原著論文)

Terasawa M., Toya M., Motegi F., Mana M., Nakamura K. and Sugimoto A.: “*Caenorhabditis elegans* ortholog of the p24/p22 subunit, DNC-3, is essential for the formation of the dynactin complex by bringing DNC-1/p150(Glued) and DNC-2/dynamitin”, *Genes Cells* Vol. 15 1145-1157 (2010) *

Toya M., Terasawa M., Nagata K., Iida Y. and Sugimoto A.: “A kinase-independent role for Aurora A in the assembly of mitotic spindle microtubules in *C.elegans* embryos”, submitted

(単行本)

Toya M., Iida Y. and Sugimoto A.: “Imaging of mitotic spindle dynamics in *Caenorhabditis elegans* embryos”, *Methods Cell Biol.* Vol. 97 359-372 (2010) *

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Toya M., Sugimoto A.: “Coordination of two microtubule assembly mechanisms in the formation of mitotic spindles in *C.elegans* embryos”, EMBO Conference Series Microtubules, Heidelberg, Germany, June (2010)

Toya M., Terasawa M. and Sugimoto A.: “Coordination of two microtubule assembly mechanisms in the formation of mitotic spindles in *C.elegans* embryos”, 4th East Asia *C.elegans* Meeting, Tokyo, Japan, July (2010)

(国内学会等)

戸谷美夏, 杉本亜砂子: “Coordination of two microtubule assembly mechanisms in the formation of mitotic spindles in *C.elegans* embryos”, 第 62 回日本細胞生物学会大会, 大阪, 5 月 (2010)

戸谷美夏, 杉本亜砂子: “Contribution of the kinase-inactive-form of Aurora A kinase to the assembly of mitotic spindles in *C.elegans* embryos”, BMB2010 第 33 回日本分子生物学会年会, 神戸, 12 月 (2010)

研究者氏名：中道 範人 Nakamichi, Norihito

受入研究室：植物科学研究センター

生産機能研究グループ

(所属長 榊原 均)

植物における生物時計は、日内あるいは季節の変化に応答した高次生命現象の制御に必要である。だが生物時計の幅広い生命現象の制御様式は、一部を除いて、分子レベルではよく理解されていない。*PSEUDO-RESPONSE REGULATOR (PRR)* 遺伝子群は生物時計に関わっていることが知られていたが、そのコードするタンパク質の生化学的な機能は分かっていない。

本年度、私は PRR9, PRR7, PRR5 タンパク質の解析を行い、これらは *CCA1* と *LHY* 遺伝子への転写抑制因子として機能する事を見いだした。グルココルチコイドで機能誘導される PRR5-GR は直接的に *CARADIAN CLOCK ASSOCIATED 1 (CCA1)* と *LATE ELONGATED HYPOCOTYL (LHY)* の発現を抑制した。次にシロイヌナズナの一過的遺伝子発現系によって、PRR9, PRR7, PRR5 の *CCA1* と *LHY* のプロモーター活性に対する抑制効果を見いだした。さらにその抑制機能を担う新規なモチーフが PRR9, PRR7, PRR5 に存在することも分かった。このモチーフは様々な植物に存在しているため、PRR9, PRR7, PRR5 の転写抑制能は植物に普遍的な機能であると考えられる。またクロマチン免疫沈降法によって、PRR9, PRR7, PRR5 タンパク質が植物体内で *CCA1* と *LHY* のプロモーター上に存在していることが分かった。これら PRR が *CCA1* と *LHY* プロモーターに存在している時間帯と、*CCA1* と *LHY* の転写抑制が見られる時間帯は一致（午前から夜半）していた。これら一連の解析により、PRR は *CCA1* と

LHY の転写抑制を担う主要な因子であることが示唆された。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Nakamichi N., Fukushima A., Kusano M., Sakakibara H., Saito K. and Takeshi M.: "PSEUDO-RESPONSE REGULATOR 9, 7 and 5 are transcriptional repressors in the Arabidopsis circadian clock" *The Plant Cell* Vol. 22 pp594-605 (2010)

(海外雑誌記事)

Nakamichi N.: "The proteins that helps plants keep time" *Asia Research News* 2010, pp6, (2010)

●口頭発表 Presentation

(国際会議)

Nakamichi N., Kiba T., Henriques R., Mizuno T., Chua NH. and Sakakibara H.: "PSEUDO-RESPONSE REGULATORS 9 (PRR9), PRR7 and PRR5 are Transcriptional Repressors in the Arabidopsis Circadian Clock" *Society for Research on Biological Rhythms*, Sandestin, FL, USA, May, 2010

(国内学会等)

中道 範人, 木羽 隆敏, Rossana Henriques, 水野 猛, Nam-Hai Chua, 榊原 均: "シロイヌナズナの疑似レスポンスレギュレーターは生物時計で機能する転写抑制因子である" 第 51 回日本植物生理学会年会 熊本, 3 月, 2010 年

植物の低温ストレス応答に関与する 新規 RNA マスキング機構探索と機能解明

Identification and Characterization of Novel RNA Masking System in Plant Cold Stress Response

研究者氏名：中南 健太郎 Nakaminami, Kentaro

受入研究室：植物科学研究センター

植物ゲノム発現研究チーム

(所属長 関 原明)

越冬性の植物は秋季の低温に曝されることにより耐凍性を高め、越冬に備える。この機構は低温馴化と呼ばれ、この過程では低温耐性獲得のために様々な遺伝子・タンパク質の発現が変動する。低温馴化機構の理解には、遺伝子・タンパク質の発現制御機構の解明が重要である。遺伝子・タンパク質レベルは転写や翻訳による合成だけではなく、mRNAの分解や安定化による転写後制御によっても調節される。そこで、植物の低温ストレス応答における転写後調節機構である RNA 制御に着目し、1) mRNA 安定化機構、及び 2) mRNA 分解機構の 2 つについて研究を行った。

1) mRNA 安定化機構

これまでの研究で、マイクロアレイによる mRNA 発現解析と蛍光 2 次元電気泳動によるタンパク質発現解析の比較により、低温馴化中に mRNA の転写が起こるが翻訳されず、脱馴化過程に翻訳が開始されるといった翻訳制御を受ける遺伝子を幾つか見出した。これら候補遺伝子の遺伝子・タンパク質発現制御を確認するために、RT-PCR による遺伝子発現解析及び、ショットガン法を用いたプロテオミクス解析を行った。その結果、これらのタンパク質は脱馴化特異的に発現するものの、遺伝子は前段階の低温馴化過程で準備されていることが解り、低温ストレス応答における新規な翻訳制御機構が存在することが明らかとなった。現在、これら翻訳制御を受ける遺伝子の変異体を用いて、低温ストレス応答における表現型を解析中である。さらに、低温ストレス応答時のポリソームプロファイルを調べた結果、低

温馴化中にポリソーム様複合体が蓄積し、続く脱馴化過程で翻訳を再開するパターンを示した。標的遺伝子の翻訳状況については解析中である。

2) mRNA 分解機構

凍結試験を用いた耐凍性の評価を行った結果、リボヌクレアーゼ欠損変異体が高い耐凍性を示すことを見出した。より詳細な耐凍性試験を行ったところ、低温馴化前と脱馴化後は高い耐性を示すものの、低温馴化中は野生型と同程度の耐性を示した。また、電解質漏出テストからも同様の結果が得られた。このリボヌクレアーゼ遺伝子の発現解析を行ったところ、低温処理によりその発現が減少することが明らかとなった。これらの結果から、リボヌクレアーゼにより分解されるターゲットが低温ストレス耐性に重要であり、植物の低温ストレス応答に RNA 分解制御が深く関与することが明らかとなった。現在、トランスクリプトーム、及びプロテオーム解析により、分解されるターゲットを探索中である。

これら RNA 制御機構の解明は、植物の低温ストレス応答機構を理解し、それを応用することで低温耐性作物の作出に貢献されると考える。

●口頭発表 Presentations

(国内会議)

中南健太郎, 南杏鶴, 中神弘史, 田中真帆, 諸澤妙子, 石田順子, 篠崎一雄, 白須賢, 上村松生, 関原明, “シロイヌナズナの低温脱馴化過程に関与する RNA マスキング制御の研究” 第 51 回日本植物生理学会年会 熊本 日本 2010 3

XX-032 ニワトリ原腸陥入時の上皮-間充織転換における Dystroglycan の役割 Involvement of Dystroglycan in Epithelial-Mesenchymal Transition During Chick Gastrulation

研究者氏名 : 仲矢 由紀子 Nakaya, Yukiko
受入研究室 : 発生・再生科学総合研究センター
初期発生研究チーム
(所属長 Sheng Guojun)

細胞がその形態を上皮から間充織へと変化させる現象は、上皮-間充織転換 (EMT) と呼ばれており、胚発生時の器官形成や癌浸潤等の病理学的な側面で重要であると認識されている。本研究では、EMT の典型的な例として知られているニワトリ胚原腸陥入に着目し、生体内における EMT 制御機構の解明を試みた。Dystroglycan(Dg) は、上皮細胞のベール面に発現し、外側にある基底膜 (Basement membrane, BM) と細胞内骨格タンパク質をつなぐ役割があると考えられている。ニワトリ胚の原腸陥入では、側方にあるエピプラスト (上皮細胞) が primitive streak まで移動し、ここから内部に陥入して EMT が起こり、間充織形態の中胚葉細胞が形成される。これまでの研究において、EMT には BM の分解が重要で、これには微小管の動的制御が関わることを明らかにしており、この過程における Dg の機能は興味深い。そこでまず、ニワトリ初期胚における Dg と BM 構成タンパク質ラミニンの詳細な発現解析を行った。正常胚において、EMT 前のエピプラストではラミニンがベール側に、 β -Dg は、ベール面とラテラル面の両方に発現している。一方、primitive streak で EMT が起こる時、ラミニンは分解され、 β -Dg はベール面において発現が消失した。興味深いことに、微小管の重合が阻害された胚では、側方のエピプラストにおいて、 β -Dg のベール面での発現低下と、ラミニンの異所的な分解が認められた。これらの結果より、微小管の安定性と Dg のベール面における発現が関連していることが示唆された。次に、側方のエピプラストにおいて、Morpholino antisense oligo により Dg の翻訳

を阻害した結果、ラミニンの異所的な分解が認められ、Dg が BM の維持に関与していることが考えられた。Dg は 1 つの遺伝子でコードされており、翻訳後に α と β の 2 つのサブユニットに切断される。 α -Dg はさらに糖鎖修飾を受け、それが分子機能や膜へのトランスポートに影響することが知られている。この切断が起こらない変異体の過剰発現系、あるいは α -Dg の糖鎖修飾阻害によって Dg の機能を一部欠失させた場合、本来分解されるラミニンが残存し、EMT が阻害された。同時に、これらの細胞では、 β -Dg の発現がベール面で優先的に認められ、ラテラル面の発現は低下していた。従って、 β -Dg のラテラルとベール面での動的な発現バランスが、正常なラミニン分解、ひいては EMT の進行に重要であることが示唆された。今後、 β -Dg 発現の動的バランスを保つ機構に微小管がどのように関わっているかについて、その分子機構について検討を加える予定である。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Nagai H, Mak S-S, Weng W, Nakaya Y, Ladher R, and Sheng G "Embryonic development of the emu, *Dromaius novaehollandiae*" Dev Dyn, 240, 162-175(2011) *

Nakaya Y, W. Sukowati E, Alev C, Nakazawa F, and Sheng G: "Involvement of Dystroglycan in epithelial-mesenchymal transition during chick gastrulation", Cells Tissues Organs. 193, 1-2, 64-73 (2011)*

XX-033

概日時計と器官サイズの制御機構に関する研究

Control of Organ Size by Circadian Clock

研究者氏名：新沼 協 Niinuma, Kanae

受入研究室：植物科学研究センター

細胞機能研究ユニット

(所属長 杉本 慶子)

植物は、自らの生息する環境に適応するために自身の器官サイズを変えろという、ほかの生物にはない能力を持つ。光合成を行う植物にとって特に重要な光への応答や、昼夜などの周期的変化を予測するための概日時計は、それぞれの機構に関して古くから研究が行われている。さらに、多くの関連因子欠損変異体が器官サイズ異常を示す事が報告されている。一方、器官サイズは細胞の数と各細胞の大きさによって決まる。さらに、高等植物の細胞の大きさは、核内倍加による細胞質の増加とその後の膨圧変化等による細胞体積の増加により制御されるというモデルが示されている。

本研究は、光および概日時計を含む外的環境の変化が、細胞レベルでの複雑な経路を介してどのように植物の器官サイズを制御するかを明らかにすることを目的とし、研究を行っている

所属研究室の先行研究により、シロイヌナズナのトライヘリックス型の転写因子である *GT-2-LIKE1* (*GTL1*) 遺伝子が、トライコームの細胞成長を抑制することが明らかになっている。GTL1 の機能を低下させた植物体ではトライコームが2倍以上大きくなるとともに、核相の劇的な増加が観察された。

これら遺伝子の発現は明暗条件下で発現が変動し、暗期で発現が上昇した。これら単独および二重

機能欠損変異体を恒明条件下および短日条件下で生育したところ、各単独機能欠損変異体では野生型に比べて器官サイズに明らかな差はなかったが、*gtl1* およびその相同性遺伝子の二重機能欠損変異体は恒明条件下で矮化し、短日条件下ではこの矮化がさらに促進された。また、恒明条件下では野生型と比べて各単独・二重機能欠損これら変異体では核相に差は見られなかったが、短日条件下では *gtl1* 単独および相同性遺伝子との二重機能欠損変異体は高い核相を示した。また細胞生物学的な観点からの解析をふまえ、異なる光周期における GTL1 およびその相同性遺伝子の器官サイズ制御における役割を調べた。

●口頭発表 Presentation

(国内学会等)

新沼協, Christian Breuer, 河村綾子, 杉本慶子: “概日時計関連因子多重機能欠損変異体を示す器官サイズ異常の解析”, 第52回日本植物生理学会年会, 仙台, 3月 (2011)

(国際学会等)

Niinuma K., Breuer C., Kawamura A. and Sugimoto K.: “Analysis of new Arabidopsis mutants with altered organ size” 21st International Conference on Arabidopsis Research, Yokohama, Japan, June (2010).

XX-034

MEMS に基づく定量的な摂動・測定による生命システムの解析

Analysis of Biological Systems by Quantitative Perturbations and Measurements with MEMS Technology

研究者氏名：山田 陸裕 Yamada, Rikuhiro

受入研究室：発生・再生科学総合研究センター

システムバイオロジー研究プロジェクト

(所属長 上田 泰己)

生命システムは複雑に変化する環境刺激に適切に対応するための仕組みを備えている。これを解き明かすためには、培養細胞及び組織片に対して定量的

かつ動的な摂動を与え応答を測定する技術の開発が必要である。そのための柔軟な基盤技術として MEMS 技術や微細流路技術に着目し、生物学的応

用を目指した灌流培養系の開発を進めている。

任期1年目までにフォトリソグラフィ技術を用いて中央部に直径1mm、深さ50 μ mの円形のチャンバーを持ったPDMS (Polydimethylsiloxane)製の試験用流路を作成し、哺乳類培養細胞を1週間程度培養することに成功した。2年目までに流路全体を適切な温度と湿度に保つ方法、培地交換の頻度、流路内に注入する細胞密度調整法、気泡侵入を防ぐ工夫などの知見を蓄積し、ホタルルシフェラーゼ遺伝子をレポータ遺伝子として組み込んだ培養細胞を微細流路内で培養することにも成功した。3年目は、微細流路における細胞培養技術を活用して、通常スケール(~数mL程度の培地容量)における培養細胞の長期灌流培養系の構築を試み、10日間の培養とその間の刺激物質の添加、及び概日時計振動の観察に成功した。また、所属研究室の共同プロジェクトにおいて、哺乳類体内時計の中核として知られる脳神経核である視交叉上核組織に対して化学物質を用いた摂動を与え、体内時計の位相がどのように変化するか観察する測定系・データ解析法を開発した。この成果に、これまでに得られた微細流路にお

ける知見を組み合わせることで、時間的・定量的に制御された刺激を視交叉上核組織に与える実験系を構築することができれば、様々な刺激に対する応答を解析することが可能となり、哺乳類体内時計システムの理解を大きく前進させることができると期待が膨らむ。さらに、これらの培養技術を応用することで、ETHZ (スイス連邦工科大学) A. Hierlemann研究室の高密度多電極アレイを用いた共同研究においても、視交叉上核を高密度多電極アレイ上で培養することが近い将来に可能になると期待される。また、哺乳類体内時計システムの重要な遺伝子である*Cry1*の転写に遅れを生じる制御機構について共同第一著者として論文の執筆を行った。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

[†]Ukai-Tadenuma M., [†]Yamada RG., Xu H., Ripperger JA, Liu AC. and Ueda HR.: "Delay in feedback repression by *cryptochrome 1* is required for circadian clock function" *Cell*, 2011 Jan 21;144(2): 268-81.

[†]These authors equally contributed

XX-035

死細胞貪食に伴う免疫寛容誘導メカニズムの解明

Mechanism of Tolerance Induction Toward Dead Cell- Associated Antigen

研究者氏名：浅野 謙一 Asano, Kenichi
受入研究室：免疫・アレルギー科学総合研究センター
自然免疫研究チーム
(所属長 田中 正人)

死細胞を貪食した食細胞は、死細胞付随抗原に対して免疫寛容を誘導、あるいは免疫を活性化する。この相反する免疫応答は、細胞死の誘導方法や死細胞の貪食方法によって決定づけられると考えられている。たとえば、組織の natural turn over の結果としてアポトーシスを起こした自己死細胞は、通常自己に対する免疫寛容を誘導すると考えられている。

一方、腫瘍細胞にガンマ線照射して細胞死を誘導しこれをマウスに皮下投与すると、腫瘍細胞に対する免疫が活性化され腫瘍を拒絶できるようになる。この現象は実験的な「腫瘍ワクチン」として利用されているが、その具体的な作用機序はよく分かっていない。本研究では、腫瘍死細胞を貪食、抗原提示する食細胞を同定し、抗腫瘍免疫活性化における当

該細胞の役割を解析した。

前年度までの研究で、リンパ節に常在するCD169陽性マクロファージが腫瘍死細胞を貪食し、腫瘍抗原をCD8T細胞にクロスプレゼンテーションすることを証明した。CD169陽性マクロファージ欠損状態では腫瘍特異的CD8T細胞が活性化されず、また腫瘍を拒絶できないことから、同マクロファージは腫瘍細胞死に伴うがん免疫の賦活化に中心的な役割を担うことが示された。

平成22年度は、*ex vivo*で死を誘導し皮下投与した死細胞ではなく、*in vivo*における固形腫瘍崩壊に伴う免疫応答の変化についてさらに解析を進めた。

がん患者に全身化学療法や放射線治療を施すと、末梢組織において一時的に大量の腫瘍死細胞が生じると考えられる。このように生じた腫瘍死細胞が

ん免疫に及ぼす影響を担癌マウスモデルで解析した。

EG7 担癌マウスに抗癌剤（オキサリプラチン）を投与すると、腫瘍が退縮し、同時に所属リンパ節における腫瘍特異的 CD8T 細胞が活性化することが知られている。CD169 陽性マクロファージ非存在下ではこの CD8T 細胞の活性化が抑制されたことから生体内における腫瘍細胞死に伴う抗腫瘍免疫活性化においても同マクロファージが重要な役割を担うことが示された。

以上3年間の研究を通じ、リンパ節に常在する CD169 陽性マクロファージは腫瘍細胞死に伴う抗腫瘍免疫の活性化に必須の細胞であることが証明できた。同マクロファージをターゲットとし、効率よく抗腫瘍免疫を活性化し得る治療法の開発を進めたい。

●誌上发表 Publications

Asano K., Nabeyama A., Miyake Y., Qiu C, H., Kurita A.,

Tomura M., Kanagawa Os., Fujii S. and Tanaka M.: “CD169-positive Macrophages Dominate Antitumor Immunity by Crosspresenting Dead Cell-associated Antigens.”, *Immunity* 34. 85-95(2011)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Asano K., Tanaka M.: “Role of CD169-positive Macrophages in the Crosspresentation of Cell-associated Antigens”, 1st World Congress of Immunodiseases and Therapy, Beijing, China, May, (2010).

Asano K., Tanaka M.: “CD169-positive Macrophages Crosspresent Dead Cell-associated Antigens to Induce Anti-tumor Immunity.” 14th International Congress of Immunology, Kobe, Japan, Aug., (2010)

XX-036

破骨細胞分化誘導時のカルシウム動態制御機構の解明

The Clarification of the Regulatory Mechanism of Calcium Dynamics During Osteoclastogenesis

研究者氏名：黒田有希子 Kuroda, Yukiko

受入研究室：脳科学総合研究センター

発生神経生物研究チーム

(所属長 御子柴 克彦)

現代社会の高齢化に伴う骨疾患患者の増加は大きな社会問題となっており、早期の骨疾患の原因究明が望まれている。近年、骨吸収活性を持つ破骨細胞の分化や活性化に細胞内カルシウム動態が深く関わっていることが明らかとなってきた。しかし、その制御機構や生体内における役割については未だ不明な点が多い。そこで本研究では、細胞内のカルシウム貯蔵庫である小胞体に局在するカルシウムチャンネル、イノシトール3リン酸受容体 (IP₃R) の結合タンパク質による IP₃R の活性制御機構に重点をおき、破骨細胞分化時のカルシウム動態制御メカニズムの解明を目的とした。

本年度は IP₃R 結合タンパク質の一つである IRBIT のノックアウトマウスを用いた解析を中心に研究を進めてきた。IRBIT ノックアウトマウス由来の細胞を用いた解析により、IRBIT をノックアウトすると「細胞融合」のステップが亢進し、結果として多核の破骨細胞形成が亢進することが明らかとなった。そ

こで現在までに破骨細胞の細胞融合に重要であることが報告されている分子の発現を調べたところ、野生型マウスと IRBIT ノックアウトマウス由来の破骨細胞間で差は見られなかった。しかしながら、破骨細胞分化誘導時に観察されるカルシウムシグナルは IRBIT ノックアウト細胞で明らかに亢進していることから、IP₃R を介したカルシウムシグナルが細胞融合を亢進する働きを担っていること、そのカルシウムシグナルは IRBIT によって負に制御されていることが明らかとなった。さらに、IRBIT ノックアウト細胞では細胞遊走や接着において重要なポドソーム形成が亢進していることから、今後は細胞骨格とカルシウムシグナルの関係を明らかにしていきたいと考えている。また、IRBIT ノックアウトマウスは IP₃R ノックアウトマウス同様、成体マウスにおける骨密度に異常がない。今後は生体内における IP₃R を介したカルシウムシグナルの役割を明らかにすることが最重要課題であると考えている。

研究者氏名：米谷 耕平 Kometani, Kohei
 受入研究室：免疫・アレルギー科学総合研究センター
 分化制御研究グループ
 （所属長 黒崎 知博）

免疫系は生体が病原体や異物から個体を守るために獲得した機構である。この中で「免疫記憶」と呼ばれる現象は、生体が一度感作された抗原に再び暴露された際に1度目より迅速にまたより強力に応答し、効率良く異物を排除する現象である。免疫記憶は様々な細胞により維持されているが、その中でもメモリー B 細胞（記憶 B 細胞）は、長期間にわたる抗体産生を担う細胞であると考えられている。しかしながら、メモリー B 細胞は一次免疫応答において反応の主役となるナイーブ B 細胞とは異なった性質を持つと考えられているものの、その分化機構、長期維持機構をはじめとした基礎的知識については未だに不明な点が多い。そこで、メモリー B 細胞の特徴を実験的に明確に示し、その分子基盤を明らかにする事を目的として本研究を遂行した。

まず、メモリー B 細胞の特徴の一つとして考えられている迅速反応性、強固な応答性の *in vivo* での検証を試みた。単離したメモリー B 細胞とナイーブ B 細胞を CD4 T 細胞と共に、他のリンパ球が存在しない Rag1 KO マウスに養子移植した。その後抗原を投与し、抗体産生細胞（Antibody-forming cell: AFC）への分化能力について検討した。その結果、メモリー B 細胞はナイーブ B 細胞と比較して AFC へ分化するまでの時間が短く、また分化する細胞の割合が高いことが分かった。また、AFC 分化に必要な遺伝子発現を定量的 PCR を用いて解析したところ、メモリー B 細胞は定常状態において、AFC 分化の際には発現低下が必要な分子群の発現が既に低下していることが分かった。これらの結果から、メモリー B 細胞が二次免疫応答において迅速に反応する事が *in vivo* において示され、また、強力な抗体産生能はメモリー B 細胞がナイーブ B 細胞よりも遺伝子発現のレベルで AFC に近いことがその原因の一つとして示唆された。

さらに、メモリー B 細胞が胚中心と呼ばれる構造に近接して存在していることや、二次応答には CD4 T 細胞との直接的な相互作用が必要なことも明らかになった。このことはメモリー B 細胞の迅

速反応性がメモリー B 細胞依存的要因のみならず、環境要因によってももたらされていることを示唆する結果となった。

以上の研究によって得られた成果、解析手法は今後、メモリー B 細胞における遺伝子発現制御の解明を進めていく上で重要な知見を与えると考えられる。

●誌上発表 Publications

（原著論文）

Aiba Y., Kometani K., Hamadate M., Moriyama S., Sakaue-sawano A., Tomura M., Luche H., Fehling H. J., Casellas R., Kanagawa O., Miyawaki A. and Kuroski T.: "Preferential localization of IgG memory B cells adjacent to contracted germinal centers", Proc Natl Acad Sci USA, vol. 107 no. 27 p12192-12197 (2010) *

Kometani K., Yamada T., Sasaki Y., Yokosuka T., Saito T., Rajewsky K., Ishiai M., Hikida M. and Kuroski T.: "CIN85 regulates the canonical NF- κ B pathway and subsequent B cell responses", J Exp Med, vol. 208(7) p. 1447-1457(2011)

Yoshida T*, Kometani K*, Takahashi N., Imai Y., Aiba Y., Kuroski T., "ERKs Induce Expression of the transcriptional Repressor Blimp-1 and Subsequent Plasma Cell Differentiation", Sci Signaling , 4(169) ra25(2011)* equally contributed

（総説）

Kuroski T., Aiba Y., Kometani K., Moriyama S. and Takahashi Y.: "Unique properties of memory B cells of different isotypes", Immunol Rev., vol. 237 p104-116 (2010) *

●口頭発表 Presentations

（国際会議）

Kometani K., Yamada T., Hikida M. and Kuroski T.: "The role of CIN85 in B cell function", Fourth International Conference on "B cells and Autoimmunity", Nara Japan, August (2010)

Kometani K., Yamada T., Hikida M. and Kuroski T.:

“The role of CIN85 in B cell function”, 14th International Congress of Immunology, Hyogo Japan, August (2010) (国内学会等)

米谷耕平, 黒崎知博: “メモリー B 細胞の活性化機構”, 第 2 回シグナルネットワーク研究会, 大阪, 5 月 (2010)

米谷耕平, 黒崎知博: “CIN85 の B 細胞におけるシグ

ナル伝達機能解析”, 平成 22 年度生理研研究会「シグナル伝達の動的理解を目指す新戦略」, 愛知, 9 月 (2010)

Kometani K.: “Plasma cells differentiation from memory B cells”, The 5th Chiba University Global COE Symposium Development and Maintenance of Immune Memory, 東京, 12 月 (2010)

XX-039

減数分裂期におけるクロマチン因子の常染色体 / 性染色体領域間移動の分子メカニズムの解明

Functional Analysis of Mechanism of Chromatin Factor

Transfer Between Autosomes and Sex Chromosomes During Meiotic Prophase

研究者氏名: 堀澤 (高田) 幸

Horisawa-Takada, Yuki

受入研究室: 免疫・アレルギー科学総合研究センター
免疫器官形成研究グループ
(所属長 古関 明彦)

減数分裂における染色体の相同的遺伝子組換えは、遺伝情報の多様性を生み出すために非常に重要である。その際、常染色体はお互いの相同性を認識して対を形成し (対合)、この対合は精子形成過程が正常に進行するのに必要なイベントである。

ヘテロクロマチンタンパク質 HP1 γ は、ヒストン H3 の 9 番目のリジン (H3K9) のメチル化を認識してクロマチンに結合し、高次のクロマチン構造変換に関わる分子である。当初我々は、HP1 γ 遺伝子欠損マウスの雄の表現型の解析から、HP1 γ は常染色体対合完了に伴いリン酸化ヒストン H2AX と複合体を形成して常染色体から解離し、性染色体領域に移動することで雄特有の核内構造である XY 体の形成のトリガーになると考えていた。しかし、HP1 γ 遺伝子欠損マウスは XY 体を持たない雌も不妊であり、雌雄ともに常染色体の対合障害が起こっていることが明らかとなった。そこで、対合が起こる減数分裂前期に焦点を当て、HP1 γ 遺伝子欠損マウスの表現型の詳細な解析を行った。その結果、対合の際、染色体の相同性認識を正確に行うためにはセントロメアがクラスターを作ることが重要であり、そのクラスタリングに HP1 γ が必要であることが分かった。また、Suv39h1/2 遺伝子欠損マウスや G9a 遺伝子欠損マウスを用いたジェネティックな解析から、セントロメアのクラスタリングに

は、Suv39h1/2 によってもたらされたトリメチル化 H3K9 (H3K9me3) を HP1 γ が認識し、そこへ G9a をリクルートすることでジメチル化 H3K9 (H3K9me2) を入れる、という、Suv39h1/2 \rightarrow H3K9me3 \rightarrow HP1 γ \rightarrow G9a \rightarrow H3K9me2 のカスケードが必要であることが示唆された。また、減数分裂期後期に起こる染色体分離の過程でも異常が観察され、HP1 γ という分子は雌雄問わず減数分裂期における複数の重要なプロセスに関与していることが明らかとなった。今後は、HP1 γ 遺伝子欠損マウスの表現型を詳細に解析するとともに、HP1 γ が関与するセントロメアのクラスタリングのメカニズムを追求して行きたい。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Oka A., Mita A., Takada Y., Koseki H. and Shiroishi T.: “Reproductive isolation in hybrid mice due to spermatogenesis defects at three meiotic stages”, Genetics, 186 339-351 (2010)*

Takada Y., Naruse C., Costa Y., Shirakawa T., Tachibana M., Sharif J., Kezuka-Shiotani F., Kakiuchi D., Masumoto H., Shinkai Y., Ohbo K., Peters A., Turner J., Asano M. and Koseki H.: “HP1 γ links histone methylation marks to meiotic synapsis by regulating centromere dynamics”, Development, (submitted)*

高精度な集団スパイク時系列を用いた皮質局所回路の解析
Spatiotemporal Analysis of Firing Patterns in Cortical Local Circuit using
Multi-Unit Recordings with Accurate Spike Sorting

研究者氏名：竹川 高志 Takekawa, Takashi
 受入研究室：脳科学総合研究センター
 脳回路機能理論研究チーム
 （所属長 深井 朋樹）

様々な運動や近くに対して、個々の神経細胞がどのように反応するか、あるいはどのような部位の活動が上昇するかなど脳の活動のミクロおよびマクロな性質は詳細に研究されている。一方、脳内では多数の神経細胞の集団活動によって情報処理が行われているにもかかわらず、数 100 個レベルの集団発火時系列がどのように情報を表現しているかは未だに明らかにされていない。集団発火時系列の解析の困難さは、観測技術と解析技術の 2 つの要因がある。

そこでまずは精度の高いデータを得るために、複数細胞の活動電位時系列を同時に測定する多点電極による細胞外記録から、複数の神経細胞の時系列を正しく推定する新たなスパイクソーティング手法を提案し、改良を重ねた。本年度は、開発したスパイクソーティング手法を用いて課題遂行中のラットから記録された細胞外記録データから集団発火時系列データを推定し解析を開始した。

集団活動電位時系列の解析としては、これまで発火率の変化や特定の発火パターンが繰り返し現れる現象や同期発火現象など個々の現象に注目されそれぞれ研究が進められてきたが、今後さらに研究を推し進めるためには、集団発火時系列の性質一般を大域的に解析する普遍的な手法が必要となる。そこで、発火パターン同士の類似度を定義することにより各時刻の発火パターンを 1 つの状態として扱うことができるカーネル法と呼ばれる手法により、ラットの運動をスパイク時系列から予測することを試みた。このようなカーネル法を用いた教師あり学習解析はこれまでも行われてきたが、提案する手法では発火時刻を厳密に扱い、個々の神経細胞の発火率を適切に補正することにより高い予測精度を実現した。

現在、カーネル法を用いた教師なし学習により集団発火時系列のみを観測することにより、どのような復号化をすれば多くの情報が得られるのか、また得られる情報とはどのようなものであるかを課題遂行中のラットから得られた大脳皮質の各層のデータを用いて解析中である。予備的な結果として、運動野では大脳皮質の浅層と深層で情報処理様式が大きく異なっている可能性が示唆されている。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Takekawa T., Isomura Y. and Fukai T.: “Accurate spike-sorting for multiunit recordings”, *European Journal of Neuroscience*, 31: 263-272 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Takekawa T., Isomura Y. and Fukai T.: “Parallelized robust variational Bayesian based spike-sorting system tested on large multiunit recording data”, *Janelia Workchop: Challenges in Extracellular Electrophysiology: Data Extraction*, Howard Hughes Medical Institute Janelia Farm Research Campus, May 2010

(国内学会等)

竹川高志, 磯村宜和, 深井朋樹: “Information context analysis of multi-neuron spike trains in superficial and deep layer of rat motor cortex”, *Neuro2010* (第 33 回日本神経科学学会大会・第 53 回日本神経化学学会大会・第 20 回日本神経回路学会大会 合同大会), 神戸, 2010 年 9 月

XX-041 哺乳類の脳発達における REM 睡眠の生理的意義の遺伝学的解析
Genetic Analysis of the Function of REM Sleep in Mammalian Brain Development

研究者氏名：林悠 Hayashi, Yu
受入研究室：脳科学総合研究センター
行動遺伝学技術開発チーム
(所属長 糸原 重美)

夢を見ることで知られる REM (急速眼球運動)睡眠は、高等脊椎動物に固有の現象であり、脳の何らかの高次機能に関わると考えられる。REM 睡眠中の脳では、他の睡眠段階あるいは覚醒時と比べても神経活動が活発であることから、REM 睡眠の生理的意義は単なる休息とは考えにくい。本研究では REM 睡眠の生理的意義を調べるに当たり、REM 睡眠が生誕前後に最も頻繁に見られるという知見に着目し、脳発達に関わる可能性を検証する。胎児や新生児には従来の睡眠阻害方法である覚醒強制や手術を適用することは困難であることから、これまで REM 睡眠の脳発達における役割はほとんど調べられて来なかった。本研究では、マウスを用いた遺伝学的な手法により、非侵襲的に REM 睡眠を阻害することを試みる。具体的には、マウス脳において REM 睡眠の中核部位を同定し、そこに選択的な遺伝子プロモーターを用いて神経発火抑制遺伝子を発現させる。これにより一定期間 REM 睡眠を低下させ、脳発達への影響を評価することを目指す。

これまでに私は、REM 睡眠中枢の候補領域とされる脳幹の複数の神経核に選択的に発現する遺伝子を同定することに世界で初めて成功した。これらの遺伝子には、サイトカイン受容体や細胞外マトリクス、細胞間接着因子などをコードするものが含まれた。本年は、こうした遺伝子のプロモーターと、私が以前に確立した遺伝学的に神経発火を抑制するシステムを組み合わせたトランスジェニックマウスを作製した。現在表現型を解析中であり、REM 睡眠の阻害が確認できれば、発達期における REM 睡眠の生理的意義の理解に非常に有用なモデルとなることが期待される。

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

林悠, 齊藤芳和, 糸原重美, “マウス遺伝学的手法による REM 睡眠中枢ニューロンの解析” 日本睡眠学会 名古屋 日本 7 月 (2010)

XX-042 鳥類の歌学習におけるカドヘリン分子群の役割
Role of Cadherins in Avian Vocal Learning

研究者氏名：松永 英治 Matsunaga, Eiji
受入研究室：脳科学総合研究センター
象徴概念発達研究チーム
(所属長 入来 篤史)

鳥類の中でも鳴禽類に属する鳥は、幼鳥期に親鳥を真似て発声を学習することから、優れたヒトの言語学習モデルとされる。本研究は、シナプス近傍に局在し、特異的な神経回路の形成や、シナプス構造の維持や機能発現に関わることが予想されるカドヘリン分子を中心に、鳥の歌学習期の神経可塑性を支える分子基盤を探ることを目的としている。

これまでに、歌鳥のジュウシマツの脳内では、親の歌を聴いて覚え自ら真似て練習し歌を習得する過

程で、RA 核において発現する type-II カドヘリンのサブタイプが *cadherin-7* から *cadherin-6B* へと変化すること、さらに、レンチウイルスベクターを用いた強制発現実験と音声解析により、カドヘリンの発現変化が、鳥の歌学習期の可塑性をコントロールしていることを行動レベルで明らかにしてきた。今年度は、実験手法の確立されたラットの海馬初代培養系の利点を生かし、発現するカドヘリン分子のサブタイプの違いが学習期の可塑性に与える影響につい

て、電気生理学・細胞生物学的解析を行った。

胎生 19 日のラット胚の脳組織から、海馬由来の神経細胞の初代培養実験を行い、培養開始 7 日目に、GFP を融合した cadherin-6、-7 (Cad6, 7) の発現ベクターをリポフェクション法により導入した後、培養 3 週間後の海馬由来の神経細胞を用いて、GFP の蛍光を指標として、whole-cell パッチクランプ法により、それぞれ cadherin を発現させた細胞から、興奮性微小シナプス後電流 (mEPSC) と、抑制性微小シナプス後電流 (mIPSC) の記録を行った。その結果、Cad6 を発現させた細胞では、Cad7 を発現させた細胞と比べ、mEPSC の発生頻度が高くなるとの結果を得た。さらに、樹状突起上のスパイン数を調べたところ、Cad6 を発現させた細胞ではスパインの数が増大し、逆に Cad7 を発現させた細胞では減少することが明らかとなった。

以上のことから、発現する cadherin のサブタイプの違いが、シナプス部位数をコントロールして、電気的な活動に違いをつくることにより、鳥の歌の学習可塑性をコントロールしているものと考えられた。これらの成果は、国際学会で発表するとともに、現在、原著論文を投稿中である。

またこの他にも、鳥類だけでなく、ハダカデバネズミやマーモセットでの遺伝子発現解析を行った。これらの研究内容の一部は、国内学会で発表し、現在、論文を投稿中である (うち、原著論文 1 報は、受理済み)。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Matsunaga E., Nambu S., Iriki A. and Okanoya K.: "Expression pattern of cadherins in Naked mole rat (*Heterocephalus glaber*) suggests innate cortical diversification of the cerebrum." *Journal of Comparative Neurology*, 519 1736-1747(2011)*

Matsunaga E., Suzuki K., Kato S., Kurotani T., Kobayashi K. and Okanoya K.: "Dynamic expression of cadherins regulates vocal development in a songbird." *PLoS ONE*, 6(9)e25272(2011)*

Matsunaga E., Okanoya K.: "Diverse cadherin expression patterns in the Bengalese finch, budgerigar and quail have implications for the vocal system evolution in the avian brain." *Frontiers in Neuroanatomy*, 5 28(2011)*

Nakagawa R., Matsunaga E., Okanoya K. and Matsushima

Y.: "Vocalizations in a Japanese wild-derived laboratory mouse KOR1: development, behavioral contexts and sound characteristics" *Acoustical Science and Technology*, in press. (2012)*

●口頭発表 Presentations

(国際会議等)

Matsunaga E., Suzuki K. and Okanoya K.: "ROLE OF CADHERINS IN AVIAN VOCAL LEARNING", 6th European Conference on Comparative Neurobiology (ECCN6) Adaptive Function and Brain Evolution Valencia (Spain), 22 April (2010)

(国内会議等)

松永英治, 鈴木研太, 岡ノ谷一夫: "歌鳥の発声学習における cadherin 分子群の役割", Neuro 2010, 神戸, 9月3日 (2010)

松永英治: "鳥類の発声システムにおける進化と多様性獲得の分子基盤", 第3回 Evo-Devo 青年の会「器官形成の進化的理解に向けて」東京慈恵会医科大学, 11月27日 (2010)

(原著論文)

Matsunaga E., Suzuki K., Kobayashi T. and Okanoya K. "Comparative analysis of mineralocorticoid receptor expression among vocal learners (Bengalese finch and budgerigar) and non-vocal learners (quail and ring dove) has implication for the evolution of the avian vocal learning." *Development Growth & Differentiation*, in press. (2011)*

Suzuki K., Matsunaga E., Kobayashi T. and Okanoya K. "Expression patterns of mineralocorticoid and glucocorticoid receptors in Bengalese finch (*Lonchura striata* var. *domestica*) brain suggest a relationship between stress hormone and the song system development." *Neuroscience*, 194 72-83 (2011)*

Matsunaga E., Kurotani T., Suzuki K. and Okanoya K.: "Type-II cadherins modulate neuronal activity in rat hippocampal culture neurons." *NeuroReport*, 22 629-632 (2011)*

(総説)

松永英治: "言語の分子機構", Brain Medical, メディカルレビュー社, 印刷中. (2011)

XX-044

視覚ノイズに反映される皮質内ダイナミクスに関する研究

Mutual Interaction Between Noise and Signal in Brain

研究者氏名：脇坂 崇平 Wakisaka, Sohei

受入研究室：脳科学総合研究センター

創発知能ダイナミクス研究チーム

(所属長 山口 陽子)

脳内において、刺激によらず進行している自発的活動あるいはノイズと、刺激により生起される活動の相互作用について調べることを目的とした。初期視覚野における現象、およびより高次の視覚機能を含んだ現象を構成し、その発生機構について考察をおこなった。

(1) 独自に発見した錯視現象 (Diagonal Mesh Pattern: DMP) についてのモデルを整理し、論文投稿をおこなった。(Submitted)

(2) BSI 適応知性研究チームと共同で、変化盲 (change blindness) [Rensink, et. al., 1997] 及び選択盲 (choice blindness) [Johansson, et. al, 2005] の拡張版となる現実盲 (Reality Blindness) という知覚認知現象に関するアイデア、それを実現する Virtual Reality 装置、及び実験パラダイムを提唱し、関連研究を推進した。その装置とは、Virtual Reality を体験していると被験者に気づかれることなく (すなわち Live Reality 今・ここ の Reality を体験しているという信念を保持したまま)、実際には Virtual Reality を体験させる (Substitutional Reality) ものである (具体的装置構成については、誌上発表前につき控える)。この装置は、Reality に関する (トップダウンの) 信念がいかにか (ボトムアップ的な) 知覚及び認知機能を

を Modulate するかについて調べる手段を提供する。本年度はこの装置を用いて、通常稀にしか起きない認知知覚現象を実験室内にて再現することを試みた。装置及び実験パラダイムの適用範囲は広く、時間・空間知覚認知に関わる各種実験、メディア・アート等が構成できる。さらには心理的なセラピーへの応用について、内外から注目されつつある。

(3) 生理学会若手の会主催にて、本年度研究成果の一般向け展示・デモンストレーション及び対談を2月に実施 (予定)

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

脇坂崇平, 鈴木啓介, 藤井直敬 “代替現実プラットフォームの提案”, Interaction 2011, 東京, 2月 (2011) (予定)

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Wakisaka S., Ohta H., Kitajo K. and Gunji, Y: “A visual illusion to “see” interactions between stimulus-driven activity and noise in the visual system”, Nat. Neurosci. (Submitted)

XX-045

誘導パラメトリック発光顕微分光法の研究

Stimulated Parametric Emission Microspectroscopy

研究者氏名：磯部 圭佑 Isobe, Keisuke

受入研究室：基幹研究所

緑川レーザー物理工学研究室

(所属長 緑川 克美)

光学顕微鏡は電子顕微鏡に比べると空間分解能は劣るが、生物試料に大きな損傷を与えることなく生きのままの状態でのイメージングが可能であるという利点があるため、生命現象を解明するための重要な技術となっている。特に非線形光学顕微鏡は低浸襲

であり、3次元イメージングや深部イメージングが可能であることから最近注目を集めている。本研究では、細胞内分子を識別するための分子の分光情報を一括取得可能な非線形光学 (誘導パラメトリック発光、コヒーレント反ストークスラマン散乱、2光

子蛍光など)顕微分光法を開発してきた。分光情報に基づき光源のスペクトル位相を制御することにより、状況に合わせて像コントラストを瞬時に切り替えることが可能な非線形光学顕微鏡も開発し、実用的な顕微鏡であることを実証してきた。

本年度は非線形光学顕微鏡における観察可能な深さを向上させるための技術を研究した。従来の手法では、集光点以外から発生する背景光が問題となり、観察可能な深さを制限していた。本手法では、2波長の励起パルスが空間的、時間的に重なったときにのみ発生する信号光を用い、2波長の励起パルスが集光点近傍でのみ空間的に重なるようにする。集光点以外では2波長パルスが空間的に重ならないため、背景光を抑制することが可能である。本手法と従来手法を理論的に解析することにより有用性を確認した。数値解析により従来手法に対して背景光を100桁以上抑制可能であることがわかった。また、2波長励起の新しい超解像イメージング技術の研究も行った。2波長の光励起により分子が蛍光を発する状態Aと蛍光を発しない状態Bの状態間を光スイッチングにより繰り返し光遷移可能な蛍光たんぱく分子(Dronpa)を用いた。本手法では、状態Aから状態Bに光スイッチングさせるためのビームの中心の光強度が0のドーナツ型のポンプ光、蛍光を発生させるためのプローブ光、状態Bから状態Aに戻すリバース光を順番に照射する。ドーナツ型のポンプ光を照射した後、蛍光を発する状態Aとして残っているのはドーナツビームの中心近傍のみであり、その領域はドーナツ型のポンプ光強度を増加させることにより小さくできる。そのため、プローブ光により蛍光が発生する領域はプローブ光のビームサイズより小さくなり空間分解能を向上できる。実験的において本手法の有用性を確認した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Isobe K., Suda A., Hashimoto H., Kannari F., Kawano H., Mizuno H., Miyawaki A. and Midorikawa K.: "High-resolution fluorescence microscopy based on a cyclic sequential multiphoton process", Biomed. Opt. Express, 1 791-797 (2010)*

Isobe K., Hashimoto H., Suda A., Kannari F., Kawano H., Mizuno H., Miyawaki A. and Midorikawa K.: "Measurement of two-photon excitation spectrum

used to photoconvert a fluorescent protein (Kaede) by nonlinear Fourier-transform spectroscopy", Biomed. Opt. Express, 1 687-693 (2010)*

Isobe K., Suda A., Tanaka M., Hashimoto H., Kannari F., Kawano H., Mizuno H., Miyawaki A. and Midorikawa K.: "Nonlinear optical microscopy and spectroscopy employing octave spanning pulses", IEEE J. Sel. Top. Quant. Electron., 16 767-780 (2010)*

Hashimoto H., Isobe K., Suda A., Kannari F., Kawano H., Mizuno H., Miyawaki A. and Midorikawa K.: "Measurement of two-photon excitation spectra of fluorescent proteins with nonlinear Fourier-transform spectroscopy", Appl. Opt., 49 3323-3329 (2010)*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Isobe K., Suda A., Hashimoto H., Kannari F., Kawano H., Mizuno H., Miyawaki A. and Midorikawa K.: "High-resolution fluorescence microscopy employing a cyclic sequential multiphoton excitation", Conference on Lasers and Electro-Optics/International Quantum Electronics Conference (CLEO-QELS 2010), San Jose California USA, May (2010)

Isobe K., Suda A., Hashimoto H., Kannari F., Kawano H., Mizuno H., Miyawaki A. and Midorikawa K.: "High-resolution microscopy based on cyclic sequential multiphoton excitation", The 2nd STAR Symposium on UCLS, Xiamen China, May (2010)

(国内会議)

磯部圭佑, 橋本博, 須田亮, 神成文彦, 河野弘幸, 水野秀昭, 宮脇敦史, 緑川克美: "非線形フーリエ変換分光法による光変換型蛍光タンパク質の2光子誘起光変換スペクトル測定", 理研シンポジウム「第11回理研・分子研合同シンポジウム: エクストリームフォトリクス研究」, 和光, 10月 (2010)

磯部圭佑: "非線形光学顕微鏡の基礎と最新技術", 第8回先端光量子科学アライアンスセミナー, 和光, 10月 (2010)

磯部圭佑, 須田亮, 熊谷安希子, 河野弘幸, 宮脇敦史, 岡田峰陽, 緑川克美: "2波長パルスの時空間集光を用いた2光子蛍光顕微鏡", レーザー学会学術講演会第31回年次大会, 東京, 1月 (2011)

XX-046

アミロイド β 毒性多量体の生成メカニズムの解明へ向けた 新規 1 分子測定法の開発

Development of New Single Molecule Methods to Analyze the Mechanism of
Toxic Amyloid Beta Oligomer Formation.

研究者氏名：寺田 尚史 Terada, Naofumi

受入研究室：基幹研究所

前田バイオ工学研究室

(所属長 前田 瑞夫)

アミロイド β ($A\beta$) は 4 kDa のペプチドでアルツハイマー病の原因物質と考えられている。これまで重合した $A\beta$ 繊維が病気の原因と考えられていたが、近年可溶性 $A\beta$ 多量体のほうが高毒性であることが判明した。この多量体の形成過程の詳細は明らかになっていない。明らかになると、アルツハイマー病の発症メカニズムの解明や創薬などに貢献する。形成過程を調べるには、各会合数の多量体が生成する過程を時間と共に調べる必要がある。しかし、溶液中には様々な会合数の多量体が共存しており、溶液全体の値から各多量体の濃度変化を捉えることは困難である。このため、1 分子レベルの測定法を用いる必要がある。本研究ではフォトンカウンティングヒストグラム法 (PCH) をベースとした新規 1 分子測定法の開発を行っている。PCH は共焦点光学系を用いたナノテクノロジーで、数百 nm オーダーの領域を拡散する分子の蛍光のヒストグラムを解析し、会合数と濃度を求めることが出来る。しかし、現状では解析に非常に時間がかかるため、時間変化測定部分は新規開発する必要がある。本年度は蛍光 $A\beta$ 多量体形成過程の PCH での観察及び

時間変化測定部分の検討を行った。

(1) PCH で蛍光 $A\beta$ 多量体の形成過程を観察した。単量体の蛍光 $A\beta$ から 2-3 量体の多量体が形成される過程が PCH で解析された。また、さらに大きな多量体が生成される条件についても検討を行った。

(2) PCH の実験系の検討を行った。時間変化解析に対応するための高速化について引き続き検討を行った。全反射蛍光顕微鏡 (TIRF) との組み合わせにより、解析を高速化する方法について検討した。TIRF で求められる会合数と蛍光強度の関係は精度が高い。TIRF を用いて会合数と蛍光強度の関係を明らかにし、PCH と組み合わせることで、解析がより高速化されることが考えられる。

これらにより $A\beta$ の多量体化過程の研究への道が開けつつあると考えられる。

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

Terada N., Zako T., Sakono M. and Maeda M.: "Amyloid beta oligomer studied by photon counting histogram", 第 48 回 日本生物物理学会年会, 宮城, 9 月 (2010)

XX-047

磁性体材料への超短パルスレーザー照射に関する研究

Study on Ultrashort Pulse Laser Irradiation of Magnetic Materials

研究者氏名：中嶋 聖介 Nakashima, Seisuke

受入研究室：基幹研究所

緑川レーザー物理工学研究室

(所属長 緑川 克美)

エレクトロニクス分野における超短パルスレーザープロセスの応用として、基板上または材料内部に様々な機能性物質を形成させる試みや、それらの機能性材料を微細且つ複雑に加工可能な技術の開発が注目されている。

(1) $70\text{SiO}_2\text{-}20\text{Na}_2\text{O-}10\text{CaO}$ の組成のガラスに磁気モーメントを有する遷移金属イオンである Fe^{3+} をドープした透明ガラス試料を熔融法により作製した。この試料内部に高強度超短パルス光であるフェムト秒レーザーを $20 \mu\text{J}$, 1 kHz の条件で照射および走査したと

ころ、レーザー照射部のみが灰色に着色した。これに低温 (450°C) の熱処理を行うと、着色部分は透明に変化し、レーザー照射前とほぼ同じ透過スペクトルを示した。ところが、超伝導量子干渉計 (SQUID) を用いて室温における磁気特性の変化を調べたところ、レーザー照射前、照射後、熱処理後で比較した場合、照射後に熱処理をした試料の磁化がもっとも高くなった。つまり、フェムト秒レーザーを照射することにより局所的に強磁性ナノ微粒子の析出が誘起されたと推測される。ガラス中に分布した Fe^{3+} は高強度レーザーにより還元され、部分的に Fe^{2+} へと還元されると考えられる。同時に、照射領域において生じる熱勾配のためにそれらのイオンが周辺へと拡散される。その場合、焦点部分の周囲において局所的に Fe イオンが高濃度となり、熱処理を施すことで結晶化が起こり、ナノ結晶が形成された可能性が高い。類似組成の試料における透過電子顕微鏡観察では照射部近傍に Fe_3O_4 (Magnetite) と考えられるフェリ磁性スピネル型フェライト構造のナノ結晶の析出を観測した。今後、同組成において詳細な微構造解析を行うとともに、磁気光学特性を評価するなど機能面における検討も取り組んでいく予定である。

(2) 超短パルスレーザープロセス技術を用いた半導体材料の微細加工に関する研究に取り組んだ。現在、窒化ガリウム (GaN) を基礎材料とした青色あるいは紫外発光デバイスにおいて、光取出効率向上が大きな課題であり、そのためにはデバイス表面における2次元フォトリソグラフィ結晶など表面ナノ構造を形成することが有効であると考えられている。様々な要件を満たす新しい加工技術として、本研究では化学溶液支援フェムト秒レーザーアブレーション法とマルチスキャン照射法を組み合わせる手法を提案した。本手法では、フェムト秒レーザーによる直接的なアブレーション反応を酸溶液中で実現することで高い解像度を有する微細孔を GaN 表面に形成させることができる。さらに多重走査を行うことでバブル生成による低効率化を防ぎつつ、高い加工アスペクト比を達成することができた。このような高いアスペクト比は、溶液などの高屈折率の媒質中では焦点深度が増大することが原因と考えられ、マルチスキャン照射を行った場合にのみ実現される。

●誌上発表 Publications (原著論文)

Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Improvement of resolution in nano-fabrication of GaN by wet-chemical-assisted femtosecond laser ablation", *Journal of Laser Micro/Nanoengineering*, 5, 21 (2010).

Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Enhancement of resolution and quality of nano-hole structure on GaN substrates using the second-harmonic beam of near-infrared femtosecond laser", *Applied Physics A*, 101, 475 (2010).

Nakashima S., Sugioka K., Ito T., Takai H. and Midorikawa K.: "Fabrication of high-aspect-ratio nanohole arrays on GaN surface by using wet-chemical-assisted femtosecond laser ablation", *Journal of Laser Micro/Nanoengineering*, accepted (2010).

Nakashima S., Sugioka K., Ito T., Takai H. and Midorikawa K.: "Fabrication of periodic nano-hole array on GaN surface by femtosecond laser for improvement of extraction efficiency in blue LED", *Physics Procedia: proceedings of LANE2010*, 5, 203-211 (2010). (INVITED)

Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Nanofabrication of GaN surfaces by ultrashort laser pulses", *Proceedings of FLAMN10*, in press (2010). (INVITED)

Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Space-selective modification of magnetic properties in Fe^{3+} -doped transparent glass by irradiation with femtosecond laser", *Applied Physics A*, in press.

●口頭発表 Presentations (国際会議)

Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Fabrication of 2D periodic nanoholes on GaN surface using wet-chemical-assisted femtosecond laser ablation", 10th International Symposium on Laser Precision Microfabrication, Stuttgart, Germany, June (2010)

Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Nanofabrication of GaN by ultrafast laser", International Conference FLAMN-10 (Fundamentals of Laser Assisted Micro- & Nanotechnologies), Sankt-Peterburg, Russia, July (2010) (Invited)

Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Precipitation of ferromagnetic nanoparticles inside transparent glass by femtosecond laser", 7th International Conference on Photo-Excited Processes

and Applications, Copenhagen, Denmark, August (2010)
Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Fabrication of periodic nano-hole array on GaN surface by femtosecond laser for improvement of extraction efficiency in blue LED", 6th International Conference on Laser Assisted Net Shape Engineering (LANE2010), Erlangen, Germany, September (2010) (Invited)
Nakashima S., Sugioka K. and Midorikawa K.: "Magnetic properties of nanoparticles locally precipitated inside transparent silicate glass using femtosecond laser", 3rd International Conference on Ceramics (ICC3), Osaka, Japan, November (2010)
(国内学会等)

中嶋聖介, 杉岡幸次, 緑川克美, 伊藤卓真, 高井裕司: "超短パルスレーザーアブレーションを用いた GaN 基板上への高密度ナノ周期構造形成", ナノ学会・第 8 回大会, 岡崎市, 5 月 (2010)
中嶋聖介, 杉岡幸次, 緑川克美: "フェムト秒レーザー照射による透明材料内部への強磁性ナノ微粒子析出", 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎市, 9 月 (2010)
中嶋聖介, 杉岡幸次, 緑川克美: "磁性イオン含有ガラスの磁氣的性質におけるフェムト秒レーザー照射効果", 第 11 回エクストリームフォトリソグラフィシンポジウム, 和光市, 10 月 (2010)

XX-049 遷移金属酸化物中に導入されたナノ不均一構造の機能開拓 - 抵抗メモリ素子への応用

Development of Novel Device Functions via Nanoscale Chemical Inhomogeneity Formed in Transition Metal Oxides - Application to Resistive Memory Device

研究者氏名: 藤原宏平 Fujiwara, Kohei
受入研究室: 基幹研究所
高木磁性研究室
(所属長 高木 英典)

次世代エレクトロニクスを牽引する高機能デバイスの実現を酸化物材料に求める流れは、酸化物エレクトロニクスという新分野を創出し、急速な発展を遂げている。酸化物のデバイス応用を真摯に考える上で、それら材料のナノ構造化は避けて通れない。また、酸化物が内包するナノスケール化学/電子不均一を理解・制御し、機能発現に積極活用することも重要となる。これらを背景に本課題では、次世代メモリ動作原理として期待されている酸化物絶縁体における抵抗スイッチング現象を採り上げ、微視的メカニズムの解明とそれに基づいた高機能素子の開発を目標に研究を進めてきた。本年度は、最終段階として抵抗スイッチング現象における酸素拡散過程の検出、および新テーマとして酸化物における巨大スピンホール効果の探索に取り組んだ。以下にその概略を示す。

(1) 抵抗スイッチング現象における酸素拡散過程の検出: 初期絶縁破壊プロセスにおける酸素拡散を評価するため、ビームアプリケーションチーム、連携支援チームの支援の下、同位体酸素をトレーサーと

してイオン注入した CuO 素子を作製し、二次イオン質量分析を行った。絶縁破壊箇所 (フィラメント領域) において、CuO の還元に加えて、酸素イオンの陽極方向への拡散を直接検出することに成功した。一連の成果に基づき、ナノスケールで誘起される局所電気化学相変化 (酸化還元) を抵抗変化の微視的起源として提唱した。

(2) 5d 電子系酸化物におけるスピンホール効果の観測: Pt などの原子番号の大きい非磁性金属では、スピン・軌道相互作用により電子が強いスピン依存散乱を受け、電流 (スピン流) 垂直方向にスピン流 (電流) が誘起される。この現象はスピンホール効果 (逆スピンホール効果) と呼ばれ、特異な輸送現象としてだけでなく、散逸を伴わないスピンドバイスの技術原理として注目を集めている。報告者は、強いスピン・軌道相互作用を持つ 5d 電子系酸化物に着目し、巨大スピンホール効果の実現を目指している。本年度は、IrO₂ に対して 100 nm 級の微細加工を施し、逆スピンホール効果測定を行い、IrO₂ が金属材料より大きなスピンホール効果を示すことを実証した。

●紙上発表 Publications

(原著論文)

Yajima T., Fujiwara K., Nakao A., Kobayashi T., Tanaka T., Sunouchi K., Suzuki Y., Takeda M., Kojima K., Nakamura Y., Taniguchi K. and Takagi H.: “Spatial redistribution of oxygen ions in oxide resistance switching device after forming process”, Jpn. J. Appl. Phys., 49, 060215 (2010)*

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

藤原宏平：“Resistance switching and formation of a

conductive bridge in metal/binary oxide/metal structure for memory devices”, 第71回応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 9月(2010)

藤原宏平, 福岡康裕, 松野丈夫, 栗山博道, 井土宏, 大谷義近, 高木英典：“IrO₂ 細線のスピホール効果”, 第71回応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 9月(2010)

藤原宏平：“遷移金属酸化物抵抗変化メモリーにおける局所相変化機構”, 日本放射光学会第二回若手研究会「顕微分光のフロンティア」, 東京大学, 8月(2010)

XX-050 カーボンナノチューブ量子ドットを用いた超高感度テラヘルツ検出

Development of the High Sensitive Terahertz Detector with Carbon Nanotube Quantum Dot

研究者氏名：森本崇宏 Morimoto, Takahiro

受入研究室：基幹研究所

石橋極微デバイス工学研究室

(所属長 石橋 幸治)

本研究課題は、近年、未探索周波数領域として注目されている、テラヘルツ波の高精度検出素子を、カーボンナノチューブ量子ドットを用いて実現を目指す物である。現在、テラヘルツ波の検出においては、高精度かつ高温動作可能な検出器の実現が強く求められているが、種々提案されている素子・機構で、これら条件を満たすものは残念ながら無いのが現状である。そこで本研究課題では、その極限に小さな構造から他の物質による量子ドットに比べて、大きな各種エネルギースケールを持つカーボンナノチューブを母材とし、そこへ幾つかの工夫を行うことで、高精度・高温動作の同時実現を目指す物である。

従来、カーボンナノチューブを用いた量子ドットで実現されてきたテラヘルツ波検出機構は、量子ドット内に存在する電子が、照射されたテラヘルツ光子を直接吸収・励起され、電極金属へとトンネルする、光子アシストトンネリング (PAT) を用いる物であった。これは、高精度・高速応答・周波数検波・強度検出が可能であるなど、検出器として重要な特徴を幾つか備えている。しかし、単一の量子ドットを用いた検出器では、電極金属電子状態の温度上昇による熱的なボケにより、PAT は急速に消失してしまう。

そこで、本研究課題ではテラヘルツ波検出器の高

温動作を実現する上で、主に二つのアプローチから研究を行っている。一つは、単一のカーボンナノチューブを何らかの方法により二つの領域に分け2重量子ドットとし、テラヘルツ照射下の伝導を、ドット・電極間では無くドット・ドット間へと変更する事である。量子ドット内のエネルギー準位は、温度ではなく電子のドット内での滞在時間の関数となる事から、極低温下に動作が限られていた単一ドットに比べて高温条件下での動作が可能であると考えられる。現在、実際作製した二重量子ドットテラヘルツ検出器の低温での測定・動作実験中である。

もう一つのアプローチとして、カーボンナノチューブ量子ドットと焦電体基板のハイブリット構造をもつテラヘルツ検出器を作製・測定している。これは、量子ドットを高感度の電荷センサーとして用い、テラヘルツ照射により焦電体表面に現れる局所電荷を有効ゲート電界として検出する物である。この手法の大きな利点として、動作温度が原理的に極低温に限られることなく、量子ドットが単電子トランジスターとして動作する範囲であれば、テラヘルツ波を検出可能であると考えられる点である。現在、酸化ケイ素基板上にスパッタにより PZT を製膜し、その直上に単一のカーボンナノチューブ量子

ドットを作製、低温での基本的な動作確認を行っており、圧電・焦電体特有の素子動作を確認しており、解析・測定を継続しているところである。

●口頭発表 Presentation

(国際会議)

Morimoto T., Yajima S., Mori T., Omura K., Maeda N., Uchida K., Yajima H. and Ishibashi K. "Double-walled carbon nanotube FET based highly sensitive biosensor", The 37th International Symposium on Compound Semiconductors, Kagawa Japan, May (2010).

(国内会議等)

森本崇宏, 河野行雄, 森貴洋, 鶴岡泰広, 阿知波洋次, 石橋幸治: "アンテナ結合型単層カーボンナノチューブ量子ドットを用いたテラヘルツ検出", 2010年春 応用物理学関連連合講演会, 東海大学湘南キャンパス, 3月 (2010)

森本崇宏, 矢嶋翔太, 久野晃弘, 森貴洋, 内田勝美, 土屋好司, 矢島博文, 石橋幸治: "二層カーボンナノチューブFETを用いた高感度バイオセンシング", 2010年秋 応用物理学学会学術講演会, 長崎大学文教キャンパス, 9月 (2010)

XX-051 クーロン分解法を用いた陽子過剰核の磁氣的遷移強度の決定 Determination of Magnetic Transition Strength for Proton-Rich Nuclei Via Coulomb Dissociation

研究者氏名: 梶野 泰宏 Togano, Yasuhiro

受入研究室: 仁科加速器研究センター

原子核研究部門 櫻井 RI 物理研究室

(所属長 櫻井 博儀)

本年度はSAMURAIスペクトロメータを用いた陽子過剰核のクーロン分解反応測定実験に必要なシリコン半導体検出器システムの開発を行った。まずクーロン分解反応の反応生成物である陽子と重イオンの開き角測定の為に、シリコン半導体検出器から読みだすストリップ電極間の距離を $760\mu\text{m}$ と決定した。これは反応標的内における陽子と重イオンの多重散乱による角度広がり分解能がほぼ同程度になるような値である。この読み出し電極間距離を用いれば相対エネルギー 1MeV において 150keV の分解能が得られることが期待できる。これは今まで行ってきた実験に比べ、約2倍分解能が向上することに相当する。さらにこのシリコン半導体検出器を搭載するための基盤の設計と制作を行った。重イオンの信号は最大で2500倍陽子に比べて大きいので、信号干渉によって陽子の信号は重イオンの信号によってかき消されてしまう。そこで基板上での信号干渉を最小化するために基板の配線パターンの最短化とパターン間のグランド配線を行った。またケーブルでの信号干渉も最小化するため、極細同軸ケーブルを採用することとした。この基板へのシリコン検出器の取付が現在進行中である。

また ^{31}Cl の磁氣的遷移強度測定実験のデータ解析も行った。 ^{31}Cl のクーロン分解反応により生成され

た ^{30}S と陽子の重心を再構成することにより、 ^{31}Cl の散乱角度分布を得た。 ^{31}Cl 基底状態($3/2^+$)から第1励起状態($1/2^+$)に励起された場合はE2遷移(電氣的四重極遷移)とM1遷移(磁氣的二重極遷移)の二つが混ざる。第1励起状態の散乱角度分布を歪曲波ボルン近似計算で解析した結果、E2遷移のみで角度分布が再現でき、M1遷移成分の分離は不可能であった。一方第2励起状態($5/2^+$)の散乱角度分布ではM1遷移成分の分離は可能であった。第2励起状態のM1遷移強度の解析は現在継続中である。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

P. Doornenbal, H. Scheit, N. Kobayashi, N. Aoi, S. Takeuchi, K. Li, E. Takeshita, Y. Togano, H. Wang, S. Deguchi, Y. Kawada, Y. Kondo, T. Motobayashi, T. Nakamura, Y. Satou, K. N. Tanaka and H. Sakurai: "Exploring the "island of inversion" by in-beam γ -ray spectroscopy of the neutron-rich sodium isotopes $^{31,32,33}\text{Na}$ ", Phys. Rev. C 81, 041305 (2010)

●口頭発表 Presentation

(国際会議)

Y. Togano, T. Motobayashi, N. Aoi, H. Baba, S. Bishop,

X. Cai, P. Doornenbal, D. Fang T. Furukawa, K. Ieki, N. Iwasa, T. Kawabata, S. Kanno, N. Kobayashi, Y. Kondo, T. Kuboki, N. Kume, K. Kurita, M. Kurokawa, Y. G. Ma, Y. Matsuo, H. Murakami, M. Matsushita, T. Nakamura, K. Okada, S. Ota, Y. Satou, S. Shimoura, R. Shioda, K. N. Tanaka, S. Takeuchi, W. Tian, H.

Wang, J. Wang, K. Yamada, Y. Yamada and K. Yoneda, "Experimental Investigation of the Stellar Reaction $^{30}\text{S}(p, \gamma)^{31}\text{Cl}$ via Coulomb Dissociation", International Nuclear Physics Conference 2010, Vancouver, Canada July (2010)

XX-053

マンガン酸化物における巨大電気・磁気熱量効果 Giant Electro and Magnetocaloric Effects in Manganites

研究者氏名 : 酒井 英明 Sakai, Hideaki
受入研究室 : 基幹研究所
交差相関物質研究チーム
(所属長 田口 康二郎)

磁気熱量効果は磁性体に磁場印加した際のエントロピー変化や断熱温度変化であり、近年、この効果を利用した磁気冷凍技術が大きな注目を集めている。本研究では、強い電子間相互作用により多彩な強磁性転移を示すマンガン酸化物に注目し、その磁気熱量効果の解明と巨大化を目指す。昨年度は電荷起動整列相関との競合により誘起される、鋭い強磁性一次転移を対象としたが、今年度は二重交換系における強磁性転移に注目した。

二重交換系とは、局在スピンの反強磁性的に結合する絶縁体中に少数のキャリアをドーブした系であり、古くより強磁性を説明する理論モデルとして知られてきた。しかし、その基底状態は未だ理論的には解明されていない。実際、キャリアの運動エネルギー利得によりキャント型反強磁性金属が安定になるか、強磁性金属と反強磁性絶縁体のそう分離状態になるか、など諸説が提案されている。一方、実験的には、もっとも理想的な二重交換系の母物質である立法晶 SrMnO_3 の単結晶が不可能であったため、これまで詳細な研究はなされてこなかった。しかし、最近、我々は高圧合成を用いることにより、 SrMnO_3 の単結晶を世界で初めて合成し、さらにその電子ドーブにも成功した。そこで一連の単結晶をもとに、二重交換系の電子・格子相図を実験的に完全解明することを目指した。

SrMnO_3 にキャリアをわずか 1% ドーブすると、全温度領域で金属状態となる。比熱や熱電係数などの測定から、有効質量がバンド計算による値よりも約 20 倍も重いことがわかった。キャリアが少数で

あることを考慮すると、強い電子-格子相互作用によりポーラロン状態を形成していると推察される。さらにキャリアをドーブし 4% に達すると、基底状態は絶縁体へ移転する。同時に c 軸が伸長することが観測され、 $3z^2-r^2$ 軌道が秩序していることがわかった。これはヤーン・テラー効果のエネルギー利得により、ポーラロン金属が自己組織化したと解釈できる。このように実際の軌道縮退した二重交換系では、非常に低キャリア濃度領域において、ポーラロンの遍歴と組織化の競合状態が形成されていることが明らかとなった。

上記金属相では、スピンキャントより強磁性成分が現れるが、傾き角は約 2 度であり小さい。このため、磁性熱量物質としてはあまり有望でない。しかし 4% 以下のキャリア濃度で、金属-絶縁体、強磁性-反強磁性転移を制御できるため、新規磁性半導体として大変興味深い。まだ SrMnO_3 の誘電率は 100 以上と非常に高く、 SrTiO_3 のような熱電材料としても有望と予想される。今後も本物質を中心にマンガン酸化物の物質開拓を進めていく予定である。

●誌上发表 Publication

(原著論文)

Sakai H., Ishiwata S., Okuyama D., Naoko H., Nakao A., Murakami Y., Taguchi Y. and Tokura Y.: "Electron doping in the cubic perovskite SrMnO_3 : Isotropic metal versus chainlike ordering of Jahn-Teller polarons" Phys. Rev. B 82 180409(R) (2010)*

●口頭発表 Presentation

(国際会議)

Sakai H.: "Critical-state Jahn-Teller polarons in electron-doped cubic SrMnO₃: isotropic metal versus chainlike ordering", Workshop on Emergent Quantum States in Complex Correlated Matter, MPIPKS Dresden, Germany, August (2010)

Sakai H.: Ishiwata S., Okuyama D., Nakao H., Nakao A., Taguchi Y. and Tokura Y.: "Self-organization and metallic conduction of Jahn-Teller polarons in electron-doped cubic SrMnO₃ crystals", Opening Symposium of QS²C Theory Forum, Wako, Saitama, Japan, September (2010)

Sakai H., Okuyama D., Nakao H., Murakami Y., Sugimoto K., Arima T., Taguchi Y. and Tokura Y.: "Charge modulation in a one-dimensional orbital chain in

electron-doped cubic SrMnO₃", IMSS Symposium 2010, Tsukuba, Japan December (2010)

Sakai H., Fujioka J., Fukuda T., Baron A. Q. R., Baharamy M. S., Arita R., Lee J. S., Okuyama D., Hashizume D., Nakao H., Murakami Y., Taguchi Y., Arima T. and Tokura Y.: "Forrelectricity with Mn⁴⁺ displacement in antiferromagnetic Mott insulator Sr_{1-x}Ba_xMnO₃", The 3rd APCTP workshop on multiferroics, Tokyo, Japan, January (2011)

(国内学会等)

酒井英明, 藤岡淳, 福田竜生, A. Q. R. Baron, M. S. Baharamy, 有田亮太郎, 賀川史敬, 奥山大輔, 橋爪大輔, 中尾裕則, 村上洋一, 有馬孝尚, 田口康二郎, 十倉好紀: "反強磁性モット絶縁体 Sr_{1-x}Ba_xMnO₃における量子常誘電 - 強誘電転移" 日本物理学会第66回年次大会新潟, 日本, 3月 (2011)

XX-054

分子性導体における光誘起現象の解明

Photo-induced Effect in Molecular Conductors

研究者氏名: 田久保直子 Takubo, Naoko

受入研究室: 基幹研究所

加藤分子物性研究室

(所属長 加藤 礼三)

本研究の目的は、分子性導体における興味深い光誘起現象の発現とそのメカニズムの解明である。光誘起相転移や光キャリア注入などの光誘起現象は、微弱な光照射により高速で巨大な物性変化が誘起され、固体物性の基礎的理解や太陽電池など光デバイスへの応用的側面において大変注目されている。ただし、光誘起現象を示す物質の報告は限られている。また、統一的な発現メカニズムなどは明らかではない。本研究では、多様な物性を示し微弱な外場刺激により物性が劇的な変化を示す分子性導体を対象とし、その物性を光照射により制御することを試みる。特に、光誘起相転移の方法を用いて、巨大な相転移や未知なる状態の発現を目指す。また、化学修飾や圧力印加により連続的な物性制御が可能であるという分子性導体の特徴を活かし、光応答を系統的に調べることで、光誘起現象の発現メカニズムを調べる。

本年度は、昨年度に引き続き、電荷秩序状態を示す BEDT-TTF (BEDT-TTF = bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene) 塩における光誘起絶縁体 - 金属転移の研究

を行った。二次元伝導体 BEDT-TTF 塩は、分子配列や置換器などの違いにより、超伝導状態など様々な物性を示す系として盛んに研究がなされている。本研究では、その電荷秩序状態に着目し、光励起による電荷秩序の融解という観点から光誘起相転移現象の研究を行った。昨年までに、 α -(BEDT-TTF)₂I₃, θ -(BEDT-TTF)₂RbZn(CNS)₄, β "-(BEDT-TTF)₃(ClO₄)₂, (BEDTTTF)₅Te₂I₆ の4つの物質の電荷秩序状態において、ナノ秒パルスレーザー照射による光電流を観測した。この光電流は、数桁の伝導度の増加を伴い、1マイクロ秒程度の寿命を持つ。本年度は、これらの光電流の発現メカニズムを調べた。具体的には、同じ分子配列を示し電荷秩序転移における格子歪みの有無が異なる β "-(BEDT-TTF)₃(ClO₄)₂ と β "-(BEDT-TTF)₃(ReO₄)₂ において光電流を計測し、電荷秩序系 BEDT-TTF 塩における光電流の発現に対する格子歪みの係わり方を調べた。手法として、光電流計測に加え、光誘起状態の電子状態を調べるために透過率の同時測定を行った。その結果、両物質に

において、数桁の伝導度の増加を伴う光電流を観測した。これは、光誘起絶縁体 - 金属転移であると考えられる。また、電荷秩序転移に格子歪みを有する β'' - (BEDT-TTF)₃(ReO₄)₂ における光電流は、同歪みが無い (β'' -BEDT-TTF)₃(ClO₄)₂ よりも 1 桁以上寿命が長いことを確認した。以上の結果と昨年度までの結果から考察を行い、電荷秩序系 BEDT-TTF 塩の光誘起絶縁体 - 金属転移において、電子 - 格子相互作用は転移の発現を阻害するが、転移後は光誘起金属状態を保つように作用することが明らかになった。

光誘起相転移においては電子 - 格子相互作用の重要性が指摘されているが、本研究のように電子 - 格子相互作用の大きさのことなる物質群で系統的に転移を調べた例は初めてであり、本研究の結果は光誘起相

転移のメカニズム解明の指針となると考えられる。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Takubo N, Tajima N and Kato R, : “Photo-Induced Insulator to Metal Transition Caused by Nanosecond Pulse Laser Irradiation in Charge-Ordered BEDT-TTF Salts”, PIPT4, Wroclaw, Poland, Jun (2011)

(国内学会等)

田久保直子, 田嶋尚也, 加藤礼三, : “電荷秩序状態を示す (BEDT-TTF)₃(ClO₄)₂ における光誘起絶縁体 - 金属転移” 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山, 日本, 9 月 (2011)

XX-055

微生物資源からの新奇バイオプローブ探索

Bioprobe Discovery Through Chemical-Genetic Screens from Microbial Origin

研究者氏名 : 二村友史 Futamura, Yushi

受入研究室 : 基幹研究所

長田抗生物質研究室

(所属長 長田 裕之)

化学の力を利用して生命現象を理解する「ケミカルバイオロジー」は、従来の分子生物学では困難な生命機能解析を可能にするだけでなく、がんをはじめ多くの難治疾患に対するゲノム創薬研究へも大きく貢献し得ることからもポストゲノムの重要な研究領域としてその発展が期待されている。オリジナリティーあるケミカルバイオロジー研究を展開するには、その性質上、興味深い生理活性を有する小分子化合物 (バイオプローブ) の開発が不可欠である。本研究では細胞形態変化を指標としたハイコンテントスクリーニングを実施し、微生物代謝産物や天然化合物ライブラリー NPDepo から新奇バイオプローブを発見することを目的とした。

細胞は与えられた化合物の作用機作に応じて様々な形態を示すことから、その形態変化を注意深く観察するだけで細胞内イベントに対する多大な情報が得られる。私は昨年度までに標的分子が明確な標準化合物が誘導する細胞形態変化を系統的に分類したデータベース「モルフォローム (morpholome; morphology-ome の造語)」を構築した。本年度は、微生物代謝産物や天然物化合物ライブラリー

NPDepo を探索源とし、モルフォロームを基盤としたハイコンテントスクリーニングを実施した。データベースに未登録の興味深い形態変化を誘導する化合物を探索し、微生物代謝産物から 31 種の活性物質を見出した。また天然物化合物ライブラリー NP-Depo からは特異な細胞空胞化を誘導するステロイド化合物や細胞周期を分裂期後期で停止させるオイデスマン化合物を見出し、これらを用いたケミカルバイオロジー研究に着手した。さらに分裂期キネシン Eg5 阻害剤と類似の形態変化を誘導したカルボリン化合物の作用メカニズムを解析し、分裂期キネシン Kid がその標的分子である可能性を示唆した。

●ポスター発表 Poster Presentation

(国際会議)

Futamura Y., Osada H.: “Identification of NPD3483 as a unique cell division inhibitor via the cell morphology-based screen”, 22nd EORTC-NCI-AACR Symposium on Molecular Targets and Cancer Therapeutics, Berlin, Germany, November, 2010

(国内学会等)

二村友史, 長田裕之: “細胞形態変化を指標としたがん分子標的治療薬の探索研究”, 第14回日本がん分子標的治療学会学術集会, 東京, 7月, 2010

二村友史, 長田裕之: “The cell morphology-based screen revealed NPD3483 to be a unique type of cell division inhibitor”, 第69回日本癌学会学術総会, 大阪, 9月, 2010

XX-056

ショウジョウバエ成虫肢の関節をモデルとした、
細胞外マトリックスの形態形成の分子機構の解析
Study on Molecular Mechanisms for Extracellular Matrix
Morphogenesis in the Model *Drosophila* Leg Joints

研究者氏名: 田尻 怜子 Tajiri, Reiko
受入研究室: 発生・再生科学総合研究センター
形態形成シグナル研究グループ
(所属長 林 茂生)

骨格を構成する ECM の形態は特に関節において厳密に制御される。発生過程におけるその制御機構の解明を目指し、ショウジョウバエ成虫肢の付節間の球関節をモデルとした解析を進めてきた。球関節では、球形クチクラ (以下、球) を受け皿形クチクラ (以下、皿) が包みこむ球-皿構造をとる。その形成過程について昨年度までに、以下のような細胞レベルの機序を明らかにした。1) 球と皿は、表皮細胞層中の別々の細胞群から分泌される。2) 皿を分泌する細胞群は、先に形成された球の上を這いながらクチクラを分泌し、球を覆うように皿を作り上げる。これによって、球がいわば「鋳型」となり、皿はそれと相補的な形状を獲得する。1), 2) の2つの機序の組み合わせが、球と皿がぴったりとはまり合う球関節構造を実現せしめる、と言える。

今年度はまず、これらの機序を制御する遺伝子レベルの機構の解明に取り組んだ。上記1), 2) が起こる蛹期において Notch の機能を阻害したところ、球と皿の区別が失われて一様な単層のクチクラが表皮細胞を覆う関節構造が見られた。即ち、球を分泌する細胞群と皿を分泌する細胞群の区別 (1) が失われたと考えられた。その形成過程を遡って観察した結果、野生型で見られる細胞の動き (2) も失われていることが示唆された。即ち、1), 2) の両方の過程が Notch の制御下にあると考えられる。

また、2つの機序の巧い組み合わせが進化過程でどのように獲得されたかに興味を持ち、様々な種の昆虫の付節間関節の構造を観察、比較した。“原始的な”昆虫の仲間であるイシノミ、カゲロウ、トン

ボでは、一様な単層クチクラから成る構造や、二片の硬いクチクラがはまり合わずに隣り合うだけの構造が見られた。前者は上記のハエ Notch 機能阻害体の表現型と類似しており、1), 2) の両方の過程が起こらなかったと推測される。後者では2) の過程が起こらなかったと推測される。これらの種の付節間関節では、球と皿がはまり合う球関節構造は見られなかった。以上の結果から、球関節の形成に必要な2つの機序の組み合わせ、特に、クチクラを分泌しながらの細胞の動き (2) は、新しい昆虫の仲間ですら新たに獲得された機序だと考えられる。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Tajiri R., Misaki K., Yonemura S. and Hayashi S.: “Dynamic shape changes of ECM-producing cells drive morphogenesis of ball-and-socket joints in the fly leg”, *Development*, 137 (12), 2055-2063 (2010)

(その他)

田尻 怜子, 林 茂生: “体に模様を描き込む仕組み: 昆虫における斑紋形成の進化と分子機構”, *生物の科学 遺伝*, 1月号 (2011)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Tajiri R., Misaki K., Yonemura S. and Hayashi S.: “Ball-and-socket Joints in the Insect Leg: Development and Evolution”, 20th CDB Meeting “Molecular Bases for Evolution of Complex Traits”, 2011 (2月)

(国内学会等)

田尻怜子, 林茂生, “関節で向かい合う骨格の2面がぴったりと挟まり合う仕組み: 昆虫の肢の関節の発生学と比較形態学” 第12回日本進化学会大会 東京 日本 2010(8月)

田尻怜子, 林茂生, “ECM 産生細胞の形状変化が司

る骨格の形態形成: ハエ成虫肢の Ball-and-socket 型関節” 日本発生生物学会夏季シンポジウム 2010 東京 日本 2010(8月)

田尻怜子, 林茂生, “昆虫の肢の球関節の形態形成: 向かい合う二面がぴったりと嵌まり合う仕組み” 日本動物学会第81回大会 東京 日本 2010(9月)

XX-057 神経幹細胞が自己増殖から神経産生モードへ遷移する機構の解明 Molecular Mechanisms of Characteristic Changes in Neural Stem Cells

研究者氏名: 今野 大治郎 Konno, Daijiro
受入研究室: 発生・再生科学総合研究センター
非対称細胞分裂研究グループ
(所属長 松崎 文雄)

同種の二つの細胞が生み出される対称分裂から、異なる二つの娘細胞を生じる非対称細胞分裂への性質変化は、細胞分裂を繰り返しながら多様な細胞が生み出される個体発生にとって重要かつ最も基本的なプロセスである。哺乳類の脳形成においても、神経幹細胞は典型的な対称分裂を行う細胞へとその性質を変化させる。この性質変化を制御するメカニズムは、脳の形態形成において重要な役割を担っているだけでなく、脳の進化プロセスにおいても非常に重要な意味を持つ。しかしながらその分子実体は未だほとんど明らかになっていない。そこで本研究では、この性質変化前後の神経幹細胞において異なった発現パターンを示す転写因子群の機能解析を足掛かりとして、神経幹細胞が如何にして異なる二つの細胞を生み出すのかという非対称細胞分裂の実体を明らかにすることを目的とする。さらにそれら分子メカニズムの比較形態学的解析により、高等哺乳類における大脳皮質の肥大化が如何にしておこったのかという謎を、幹細胞遷移機構の観点から見つめ直し、脳の進化メカニズムという究極の問いの解明に挑戦する。

本年度は、これまでの遺伝子発現プロファイリング及び組織学的手法を用いた解析から、マウス大脳発生期において時期・領域特異的な発現パターンを示すことが明らかとなった遺伝子である *Dmrt3* 及び *DmrtA2* の機能に着目して解析を行った。*Dmrt3* 及び *DmrtA2* は共に *Dmrt* ファミリー遺伝子群に属しており、その翻訳産物は DM ドメインと呼ばれる DNA 結合能力を持つ Zinc finger ドメインを有し

ているが、その神経発生における役割は明らかでない。そこで siRNA を用いたノックダウン法とエレクトロポレーション法の組み合わせにより、*In vivo* における *Dmrt3* 及び *DmrtA2* の機能阻害が神経前駆細胞に及ぼす影響を解析した。その結果、対照群ではエレクトロポレーションされた細胞の6割強が未分化神経前駆細胞のマーカーである Sox2 を発現する細胞として維持されていたが、*Dmrt3* 及び *DmrtA2* の siRNA を導入した細胞における Sox2 陽性細胞の割合は2割程度であり、残りの大部分は神経細胞へと分化していたことが明らかとなった。これらの結果から、*Dmrt3* 及び *DmrtA2* が大脳神経前駆細胞における未分化維持機構に重要な役割を担っている事が明らかとなった。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Shitamukai A., Konno D. and Matsuzaki F. “Oblique radial glial divisions in the developing mouse neocortex induce self-renewing progenitors outside the germinal zone that resemble primate outer-subventricular zone progenitors.” *Submitted*.

XX-058

二光子励起蛍光顕微鏡を用いたリンパ節転移癌と
免疫システムの相互作用の解析
Multiphoton Analysis of the Lymph Node Metastasis and
its Interaction with the Immune System

研究者氏名：北野 正寛 Kitano, Masahiro
受入研究室：免疫・アレルギー科学総合研究センター
免疫細胞動態研究ユニット
(所属長 岡田 峰陽)

癌抗原特異的な細胞障害性 T 細胞(CTL)を活性化し、エフェクター細胞へと分化させることは、癌に対する免疫応答を確立する上で必須である。近年の二光子励起蛍光イメージング技術の進歩によってリンパ節における CTL 活性化のメカニズムが明らかになりつつあるが、その一方で本来自己反応性である癌抗原特異的 CTL の詳細な活性化メカニズムは未だほとんどわかっていない。さらに転移性の癌は高い確率で近隣のリンパ節に転移することが知られているが、このリンパ節転移癌が免疫応答に及ぼす影響を調べた報告はほとんどない。本研究では、マウスの生体内二光子イメージングによって、癌抗原特異的 CTL がリンパ節にて免疫応答を確立する過程における一連の細胞間相互作用動態を特徴づけ、癌免疫応答を誘導する上で克服すべき点を細胞間相互作用動態の観点から見いだす。

昨年度までの結果から、腫瘍関連抗原 gp100 の T 細胞受容体 (TCR) トランスジェニック (Tg) マウス Pmel-1 由来 CTL は、癌抗原ワクチンの投与によりマウスの生体内リンパ節において抗原提示細胞と免疫シナプスを形成し細胞増殖を誘導されるものの、リンパ節転移癌に対して免疫寛容である可能性が示唆された。本年度は、上記免疫操作により活性化した Pmel-1 CTL が、マウスの生体内でエフェクター機能を有しているか評価するため、癌抗原ペプチドでラベルしたマウス脾臓細胞を静脈内投与し、それらの細胞に対する Pmel-

1 CTL の in vivo cytotoxicity assay を行った。その結果、ワクチン投与後の Pmel-1 CTL が癌抗原特異的な細胞障害性を有していることが確認された。しかしながらその一方で、同様の免疫操作を施したマウスの皮下に悪性黒色腫株 B16F10 細胞を移植したところ、Pmel-1 CTL による癌の増殖抑制効果は観察されなかった。次に、モデル外来抗原 OVA を遺伝子導入した B16F10/OVA と、OVA 特異的 TCR Tg マウス OT-I を入手し、OVA 抗原免疫後における OT-I CTL の B16F10/OVA に対する抗癌効果を観察したところ、B16F10/OVA の増殖は著しく抑制された。また、癌組織への CTL の侵入効率は Pmel-1 CTL に比べ OT-I CTL にて顕著に高く、さらに癌組織内において OT-I CTL が B16F10/OVA 細胞と相互作用している様子がマウスの生体内二光子イメージングにより観察された。OT-I CTL と Pmel-1 CTL のワクチン投与後の細胞表面抗原の発現をフローサイトメトリーにより比較したところ、Pmel-1 CTL において免疫抑制に関わる受容体である PD-1 の発現が高いことがわかった。これより本来自己反応性である Pmel-1 CTL において、ワクチン投与による活性化に伴い PD-1 の発現が亢進されることが、Pmel-1 CTL が癌に対し十分な細胞障害性を発揮できない原因となっている可能性が考えられ、現在遮断抗体等を用いた実験によりこの経路の関与を調べている。

XX-059

紫外近接場顕微鏡の開発
Development of UV Near-Field Microscopy

研究者氏名：田口 敦清 Taguchi, Atsushi
受入研究室：基幹研究所
河田ナノフォトニクス研究室
(所属長 河田 聡)

紫外光のフォトンエネルギーは、固体や分子の電子遷移エネルギー準位に相当する。そのため、紫外

光は吸収分光や共鳴ラマン分光等の分析技術にはじまり材料の加工・改質まで、幅広く応用されてきた。しかし、紫外光のナノフォトニクス、すなわち、紫外光子をナノスケールの微小空間に閉じ込め、操り、光子と物質の相互作用を可視化あるいは利用する技術は、紫外線領域における光学材料の制約等から、未だ十分に確立されているとは言えない。本研究は、紫外ナノフォトニクスを開拓し、紫外でナノを観る顕微鏡を実現することを目的とする。

光をナノ空間に閉じ込め増強するためには、光を金属でできたナノチップに照射してやればよい。光が金属チップ中の自由電子の集団的振動を励起し（局在プラズモン）、金属チップ近傍に強い局在電場が生じる。このプラズモン増強電場を観たいサンプル上で2次元走査し、各点で励起されたラマン散乱スペクトルや蛍光強度をマッピングすることで、近接場光学顕微鏡を構築する。ただし、金や銀といったプラズモン活性の高い金属は、紫外領域では単なる誘電体として振る舞うので、金や銀を金属チップの材料として使うことはできない。そこで、深紫外まで金属として振る舞うアルミニウムをプローブとして用い、近接場光学顕微鏡システムの構築を行っている。

(1) アルミプローブの作製プロセスの最適化を行った。アルミプローブはアルミワイヤの先端を電界研磨して先端径数 100nm 程度までは細くすることができるが、酸性電解液では、アルミのイオン化傾向が水素よりも高いため、アルミ先端から水素気泡が発生し、それが振動源となり先端径が数ミクロン以下にならない。またアルカリ性電解液では、アルミ表面に不動態が形成され、反応が止まる。そこで、酸性電解液による電解研磨に引き続いて、集束イオンビーム (FIB) 加工による先鋭化を行い、先端径数 nm のアルミプローブを作製する技術を確認した。

(2) チップ サンプル間距離をナノオーダーで制御するための原子間力フィードバック機構を構築し

た。プローブをマウントしたチューニングフォークを振幅数 nm から数 10nm で共振させ、サンプル表面とチップが近づいた際にチップが感じる原子間力を共振周波数のシフトとして検出して、チップ サンプル間距離を制御する。原子間引力および斥力でのオペレーションが可能で、大気中で数 10pN から数 100pN の原子間引力を検出できることを確認した。引力圏での制御は、非接触モードになるため、柔らかいアルミチップのプローブ走査時の摩擦を低減することができる。パフォーマンステストとしてマイカ上の DNA ネットワークやガラス基板上のカーボンナノチューブのトポグラフィ像を測定し、サブナノメートルのチップサンプル間距離制御能力を有することを確認した。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Taguchi A., Hayazawa N. and Kawata S.: “Metallic tip enhancement of DUV resonance Raman scattering using aluminum probe”, The 18th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Atagawa, Japan, Dec. (2010)

Taguchi A., Hayazawa N. and Kawata S.: “DUV tip-enhancement in resonance Raman scattering using aluminum probes”, ICORS, Boston, USA, Aug. (2010).

Taguchi A.: “Metallic tip amplification of DUV resonance Raman scattering using aluminum probe”, Gordon Research Conference, Biddeford, USA, Aug. (2010).

(国内学会等)

田口敦清, 早澤紀彦, 河田聡: “深紫外近接場ラマン散乱測定にむけた AFM 開発の現状”, 第 11 回エクストリームフォトニクス研究, 和光, 10 月 (2010)

基礎科学特別研究員
平成 21 年度採用者

**複雑な時系列処理を支える局所神経回路における
ネットワークダイナミクスの解明**
Analysis of Network Dynamics in Neural Microcircuit Responsible for
Complex Sequential Processing

研究者氏名：西川 淳 Nishikawa, Jun
受入研究室：脳科学総合研究センター
生物言語研究チーム
(所属長 岡ノ谷 一夫)

ジュウシマツという小鳥が持つ複雑な時系列規則に従うさえずりは、ヒト言語の良い動物モデルとして盛んに研究されている。ジュウシマツはさえずり学習に特化した神経核群を持っているが、先行研究により複数の神経核間の相互作用などが明らかにされる一方、単一の神経核内における多数のニューロン間相互作用については、重要であるにも関わらずほとんど明らかにされていなかった。

そこで本研究では、時系列処理を主に担っていると考えられている神経核 HVC から、高密度シリコン電極を用いて多数のニューロン活動を同時記録することにより、複雑な時系列処理を支える局所神経回路メカニズムの解明を試みている。これまでに、HVC から多数のニューロン活動を安定的に同時記録するための測定系を構築し、相互相関解析を通じて局所回路内の機能的ネットワークを抽出し、聴覚刺激の種類に応じて異なるネットワークへと遷移することなどを示してきた。

本年度は、同様の実験の回数を重ねることにより、機能的結合と機能的ネットワークのデータ数を大幅に増やし、様々な解析を行った。その結果、記録点間の距離が近ければ近いほど強い機能的結合を持つこと、聴覚応答の特性が似ていれば似ているほど強い機能的結合を持つことが明らかになった。さらに、自分のさえずり音声の逆再生に比べて順再生の方が、機能的ネットワークの枝（リンク）が疎になることが分かった。これは、通常の状態では局所回路全体が同期的に活動するのに対し、生物学的に意味のある音刺激に対して脱同期することを示唆し

ている。

さらに、長い履歴を持つ時系列音声の神経情報表現を明らかにするため、切り出した音要素のランダム系列刺激を呈示した際の HVC ニューロン集団の神経活動を記録した。それぞれの系列履歴ごとに平均発火率変動を調べた結果、2~3 個前の音要素に依存するニューロンが多数見つかった。これは、HVC において音要素の時系列情報が、理論家から提案されているカントールコーディングとして表現されていることを示唆している。

こうした神経表象はさえずり学習の進展に伴い、どのようにして獲得されるのか？この疑問に答えるため、現在、シナプスの可塑性を直接検討できる *in vitro* の実験を行っている。さえずり学習中の幼鳥において、HVC を含む急性スライス切片で細胞内記録を行い、電気刺激により特定のシナプスを活性化させるとともに記録ニューロンを脱分極させるペアリング手続きを行うと、EPSP の長期抑制 (LTD) が生じることが分かってきた。こうしたシナプス可塑性の発達段階に伴う制御が、HVC における時系列表象の形成を支えていると考えられる。

●誌上发表 Publication

(原著論文)

Katahira K., Nishikawa J., Okanoya K. and Okada M.:
“Extracting state transition dynamics from multiple spike trains using hidden Markov models with correlated Poisson distribution”, *Neural Computation*, Vol. 22, No. 9, pp. 2369-2389, (2010). *

XXI-002 IP₃ 受容体をモデルとしたリガンド結合型チャネルの開口制御機構 Gating Mechanism of the IP₃ Receptor

研究者氏名 : 山崎 美佳 Yamazaki, Haruka
受入研究室 : 脳科学総合研究センター
発生神経生物研究チーム
(所属長 御子柴 克彦)

本研究は受精や分泌、神経可塑性など様々な細胞機能に重要な Ca²⁺ シグナルの発生装置であるイノシトール 1, 4, 5-三リン酸 (IP₃) 受容体をモデルとして用い、リガンド結合型チャネルの開口メカニズムの解明を目的としている。細胞内セカンドメッセンジャー IP₃ の結合により開口する Ca²⁺ 放出チャネル、IP₃ 受容体 (2749 アミノ酸残基) は、IP₃ 結合領域 (226-576 残基) とチャネル孔を形成する膜貫通領域 (2276-2589 残基) が約 2000 アミノ酸残基離れており、チャネル開口にはアミノ (N) 末端領域 (1-225 残基) が必須であることがわかってきた。N 末端領域は IP₃ 結合を抑制するサブプレッサー領域として知られるが、昨年度の解析の結果、サブプレッサー機能に必須なアミノ酸残基群 (Leu-32、Leu-32、Val-33、Asp-34、Lys-127) を点変異させても Ca²⁺ 放出活性は保持され、IP₃ 結合抑制とチャネル開口は独立した制御機構であることが明らかとなった。従って本年度はまず、N 末端領域においてチャネル開口に必須なアミノ酸残基の同定を目指した。26 種に及ぶ点変異チャネルを作成し IP₃ 誘導性 Ca²⁺ 放出活性を測定した結果、Tyr-167 のアラニン置換体 (Y167A) のみ Ca²⁺ 放出活性を失った。チャネル開口における Tyr-167 の役割を明らかにするため、トリプシン限定分解により IP₃ 受容体のドメイン構造やドメイン間相互作用を野生型と Y167A で比較した。その結果、Y167A はリガンドの有無にかかわらずカルボキシル (C) 末端領域のトリプシン感受性が亢進しており、チャネル活性を欠失した他の変異体もこの領域がトリプシン高感受性であることが

わかった。さらに野生型 IP₃ 受容体では、チャネル開口に至適なりガンド条件ではトリプシン低感受性であったが、チャネル活性が阻害される高濃度 Ca²⁺ 存在下では高感受性を示し、低感受性と高感受性 2 つの構造を取り得ることが明らかになった。従って、Tyr-167 は C 末端領域をトリプシンが接近しにくい構造に保ち、この構造がチャネル開口に重要であることが示唆された。また共同研究により、膜貫通領域をつなぐリンカーの 1 つ、M4 - M5 リンカーと Tyr-167 が直接結合することを明らかにした。以上の結果から、N 末端領域の Tyr-167 は C 末端側の膜貫通領域近傍に位置して M4 - M5 リンカーと相互作用し、C 末端領域の構造をチャネル開口可能な状態に保っており、N 末端領域がリガンド結合とチャネル開口をカップリングさせる仕組みの一端が明らかになった。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

- Yamazaki H., Chan J., Ikura M., Michikawa T. and Mikoshiba K.: "Tyr-167/Trp-168 in type1/3 inositol 1, 4, 5-trisphosphate receptor mediates functional coupling between ligand binding and channel opening", *J. Biol. Chem.* 285(46) 36081-36091 (2010)*
- Chan J., Yamazaki H., Ishiyama N., Seo M., Mal T., Michikawa T., Mikoshiba K. and Ikura M.: "Structural studies of inositol 1, 4, 5-trisphosphate receptor: coupling ligand binding to channel gating", *J. Biol. Chem.* 285(46) 36092-36099 (2010)*

XXI-003

哺乳類の脳の左右差の生理的・形態的解析
Investigation of Left-Right Asymmetry of the Mammalian Brain

研究者氏名：篠原良章 Shinohara, Yoshiaki
受入研究室：脳科学総合研究センター
平瀬研究ユニット
(所属長 平瀬 肇)

fMRIのように、イメージングの手法で脳機能に左右差があることを示している実験は数多くあるが、分子レベルから脳機能の左右差に迫る研究は数少ない。当該研究員はこれまで、マウスの海馬で、1、グルタミン酸受容体の分布に脳の左右で差があること、2、シナプスの大きさも左右で差があることを示してきた。そして、グルタミン酸受容体の分布量とシナプスの大きさには強い相関があり、シナプスの大きさと受容体の数との関係から、グルタミン酸受容体は3つに分類できることを示した (Shinohara et al., Proceeding National Academy of Science., 2008)。

今年度は、マウスに空間学習課題を課し、マウスでも海馬機能にはヒトと同様に左右差があることを示唆する論文を学術誌に報告している (Shinohara et al., Hippocampus in press)。このように、当研究者はマウスの海馬にはさまざまな点から左右差があることを示してきたが、シナプス形態・受容体分子数の左右差から脳機能 (空間認知能力) の左右差を理解するまでは遠い距離がある。当研究では、このギャッ

ブを埋めたいと考えている。

そこで現在、マウスやラットの両側の海馬に多点電極記録が可能なシリコンプローブを挿入して、in vivo の状態で脳波の測定を行っている。動物は意識・行動状態によってさまざまに異なる脳波活動を起こすが、マウスやラットで左右脳の脳波の違いを詳細に記述した報告はほとんどない。そこで、左右で脳波活動に差が出るのは動物がどのような状態にある場合であるかを解析中である。さらに、海馬依存性の行動によって脳波発動の左右差がどのように変化していくのか、も解析したい。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Shinohara Y, Hosoya A, Yamasaki N, Ahmed H, Hattori S, Eguchi M, Yamaguchi S, Miyakawa T, Hirase H, and Shigemoto R "Right-hemispheric dominance of spatial memory in split-brain mice" Hippocampus in press

XXI-004

MIR ファミリーによる免疫受容体認識の分子機構の解明
Molecular Basis for Immunoreceptors Recognition of MIR Family

研究者氏名：梶川瑞穂 Kajikawa, Mizuho
受入研究室：免疫・アレルギー科学総合研究センター
感染免疫応答研究チーム
(所属長 石戸 聡)

カポジ肉腫関連ヘルペスウイルス (KSHV) は、宿主の免疫力の著しい低下時に腫瘍を引き起こすことで知られている。KSHV にコードされる初期遺伝子産物 MIR (Modulator of Immune Recognition) は膜型 E3 ユビキチンリガーゼであり、宿主の免疫受容体をユビキチン化しリソソーム分解経路へと誘導する、宿主免疫回避分子として機能する。通常のウイルス感染細胞では免疫受容体の発現が亢進し、感染に対処する免疫系細胞の活性化を促すが、KSHV の

MIR による免疫受容体のユビキチン化によるリソソーム分解は細胞表面上での免疫受容体を減少させるため、免疫系細胞の活性化が阻害される。すなわち MIR による免疫受容体のユビキチン化を制御することは KSHV 感染による腫瘍の感染予防や治療への応用が期待できるが、その基盤となる MIR による免疫受容体認識の分子機構は不明である。先行研究による細胞生物学的・生化学的解析から、MIR は膜貫通領域を有する持つ膜タンパク質であり、免

疫受容体の認識は主に膜貫通領域によることが明らかになっている。しかしながら、MIRの膜貫通ヘリックスを構成するアミノ酸の一次配列からは、既知の膜貫通領域結合に見られる特徴（相補的な荷電アミノ酸やGXXXGモチーフなど）は見出すことができず、おそらく未知の結合様式であると考えられる。そこで本研究はMIRによる免疫受容体認識の分子基盤を蛋白質科学的に明らかにすることで、それを基にした効果的な結合阻害剤の設計によるKSHV感染制御への応用を目指すものである。

本年度は昨年度に引き続き複合体のX線結晶構造解析を推進するとともに、脂質二重膜中におけるMIRタンパク質の動態を明らかにするためのNMR解析にも着手し、解析に用いるサンプルの作製法の開発を行った。また、MIR構造研究を推進するためにはより詳細な機能情報が必要であることから、MIRの生化学的性状解析を行い、MIRが膜貫通領域システインのアシル化による制御を受けることを明らかにした。

XXI-005 マイクロデバイスを用いた選択的単一細胞遺伝子発現計測システムの開発とその免疫研究における応用

Development of Microfluidic Platforms for Single-Cell Based Gene Expression Analysis of the Immune System

研究者氏名：白崎 善隆 Shirasaki, Yoshitaka
受入研究室：免疫・アレルギー科学総合研究センター
免疫ゲノミクス研究グループ
(所属長 小原 収)

免疫系の有する高いロバスト性がシステムのどのように実現されているかを解明することは、単に基礎生物学としてだけでなく、数多くの免疫系の破綻に由来する疾患の克服のためにも重要な意味をもつ。しかし、その解明には、免疫系を構築する細胞の集団に対して単一細胞レベルでのたんぱく質やmRNA発現の定量を行い、細胞の集団としての振る舞いを詳細に検討する必要がある。

これまでに、微細加工技術に作製したシリコーン樹脂製のマイクロウェルアレイまたはUV感光性樹脂であるSU-8製のマイクロウェルアレイを用いて単一細胞を閉じ込め、細胞からのサイトカインをサンドイッチ免疫アッセイによって定量測定する方法を開発した。この方法では、補足抗体をあらかじめマイクロウェル底面に固相化し、蛍光量子ドットを標識した検出抗体を培養液に共存させ、サイトカイン-抗体を介してマイクロウェル底面に吸着した蛍光量子ドットのみを全反射照明法によって光らせることでリアルタイムにサイトカイン分泌活性を測定できる。本年度は、マイクロウェルアレイの材質を水と同等の屈折率を有するアモルファスフルオロカーボン樹脂CYTOPに変更することで、マイクロウェル壁面からの励起光の漏れ込みを無くした。さ

らに、この樹脂を利用することにより、観察平面上の屈折率の空間的不均一によって正常に動作しなかった自動焦点調整システムの利用を可能とし、結果として数百個のマイクロウェルに対する全反射照明観察の自動化を実現した。本システムの評価として、肥満細胞株であるMC9細胞のリボ多糖による炎症反応の観測を行った。炎症性サイトカインであるTNF- α 及びIL-6サイトカイン分泌を数時間にわたり経時観察することに成功した。

また、マイクロウェルの形状を上部開口型とし、オイルによって細胞を各ウェルに隔離することで、任意のタイミングにマイクロマニピュレータによって細胞を回収できるように改良した。現在、サイトカイン分泌観測後に各ウェルの細胞を回収し、単一細胞定量PCRやシーケンシングを行い、サイトカイン分泌と転写レベルでの遺伝子発現の相関解析を進めている。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Nakahara A., Shirasaki Y., Kawai K., Ohara O., Mizuno J. and Shoji S.: "Fabrication of high-aspect-ratio amorphous perfluorinated polymer structure for total

internal reflection fluorescence microscopy”, 36th International Conference on Micro & Nano Engineering (MNE2010), Genoa (Italy), September (2010)

Sugino H., Ozaki K., Shirasaki Y., Aoki T., Arakawa T., Yoon D., Shoji S. and Funatsu T.: “Ultimate hydrogel thermal-transition based flow control system for user-friendly particle and cell sorting”, The 14th international conference on miniaturized systems for chemistry and life sciences (μ TAS2010), Groningen (The Netherlands), October (2010)

Shirasaki Y., Goto M., Sugino H., Arakawa T., Yoon D., Mizuno J., Shoji S., Funatsu T. and Ohara O.: “A microfluidic mammalian cell sorter with thermal gelation

polymer solution”, The 14th international conference on miniaturized systems for chemistry and life sciences (μ TAS2010), Groningen (The Netherlands), October (2010)

(国内学会等)

白崎善隆, 山岸舞, 中原旭, 貴家康尋, 鈴木信勇, 志村七子, 川合健太郎, 水野潤, 庄子習一, 原田慶恵, 小原收: “単一細胞分泌タンパク質のリアルタイム定量法の開発”, 第48回日本生物物理学会年会, 仙台, 9月(2010)

山岸舞, 白崎善隆, 志村七子, 小原收: “単一細胞における遺伝子発現定量測定系を用いたマクロファージ様細胞 LPS 活性化の動的解析”, 第48回日本生物物理学会年会, 仙台, 9月(2010)

XXI-006

器官構築における細胞の位置情報の形成と維持に関する エピジェネティクス機構の解明

Analysis of Epigenetic Mechanisms Involved in the Formation and Maintenance of Positional Information During Organogenesis

研究者氏名: 薬師寺(上夏井)那由他

Yakushiji-Kaminatsui, Nayuta

受入研究室: 免疫・アレルギー科学総合研究センター

免疫器官形成研究グループ

(所属長 古関明彦)

本研究は肢をモデル器官として、その発生過程に着目し、エピジェネティクス機構が肢細胞の位置情報の形成と維持に果たす役割を解明することを最終目標としている。

エピジェネティクス因子の一つであるポリコーム群タンパク質の Ring1B をノックアウトすると胎生致死となり、他のポリコーム群タンパク質のノックアウトマウスの phenotype よりも深刻であることから、Ring1B が発生初期において重要なインパクトを与えることが示されている。本研究では Ring1B およびそのホモログである Ring1A に着目し、肢発生過程における Ring1A/B の機能を解明するため、これらの遺伝子を肢芽特異的に欠失するようなコンディショナル KO (cKO) マウスを作製した。前年度までに得られた Ring1B cKO マウスは肢の踵脚部が著しく短縮しており、本年度は (1) この形態変化の原因解明と (2) Ring1A/B ダブル cKO マウスを作製し、その phenotype の解析に着手した。

(1) 踵脚部の短縮の原因として、Hox 遺伝子群の発現

制御の不全が考えられた。そこでまず Hox が Ring1B の標的遺伝子群かどうかを調べ、次に Ring1B cKO マウスの肢芽での Hox の発現パターンを解析した。その結果、肢芽細胞において Hox 遺伝子群は Ring1B の標的であるにも関わらず、Ring1B cKO マウスの肢芽では Hox の発現は脱抑制されることもなく、正常な発現パターンを示していることがわかった。これらのことから肢短縮の原因は Hox 発現の制御不全によるものではないことが明らかとなり、別の可能性として Ring1B 欠失によって直接的もしくは間接的にもたらされる細胞死が考えられる。

(2) Ring1A/B ダブル cKO マウスは出生前または直後に致死となり、その phenotype は Ring1B cKO のものよりも深刻で、前肢の骨格はほとんど形成されていなかった。ダブル cKO マウスの肢芽の成長遅延が激しいことから、Ring1A/B は標的遺伝子群の発現制御を通して、肢芽の細胞増殖あるいは細胞生存に必要であることが示唆された。

●誌上発表 Publications

(総説)

薬師寺(上夏井)那由他, 古関明彦: “ポリコーン群タンパク質複合体が関与する遺伝子発現抑制”, 実

験医学増刊, 28(15) 40-45 (2010).

薬師寺(上夏井)那由他, 古関明彦: “エビジェネティクス”, モデル動物利用マニュアル(生物機能モデルと新しいリソース・リサーチツール), 69-86(2011).

XXI-007

M細胞分化制御因子の探索とM細胞分化機構の解明

The Study of Intestinal M Cell Differentiation

研究者氏名: 金谷 高史 Kanaya, Takashi

受入研究室: 免疫・アレルギー科学総合研究センター
免疫系構築研究チーム
(所属長 大野 博司)

初年度の研究成果により、M細胞分化を制御する転写因子の候補を選抜することに成功した。本年度は選抜した転写因子欠損マウスにおけるM細胞形成を解析し、選抜した転写因子のM細胞分化に及ぼす影響を評価した。前年度のマイクロアレイ解析の結果、M細胞特異的に発現する転写因子を2個(A、Bとする)同定することに成功している。A、Bともに欠損マウスを入手し、M細胞形成を解析した。その結果、転写因子A欠損マウスにおいてGP2陽性のM細胞が完全に欠損することが明らかとなった。しかしながら転写因子B欠損マウスにおいてM細胞の減少は確認されなかったため、転写因子BはM細胞分化に大きな影響を及ぼさないことが推測された。よって以降の研究は転写因子A欠損マウスを用いた解析を進めた。

初年度の成果により、M細胞は分化段階によって発現するマーカー分子が異なることを明らかにした。Marcksl1は分化初期のマーカー、CCL9は分化中期、そしてGP2は分化後期に位置づけられる。こ

れらの知見をもとに転写因子A欠損マウスにおけるM細胞マーカーの発現を解析したところ、GP2およびCCL9陽性のM細胞が完全に欠損することが明らかとなった。一方でMarcksl1の発現は維持されていたことから、転写因子AはM細胞の初期分化ではなく成熟に重要な役割を果たすことが示唆された。

次に転写因子Aの役割を解明するため、欠損マウスに存在するMarcksl1+M細胞の性質を解析した。電子顕微鏡観察の結果、Marcksl1+M細胞はM細胞の特徴であるmicrofold構造およびポケット構造を形成していなかった。そのためこれらの細胞はM細胞としての機能が欠損すると仮定し、M細胞特有機能であるトランスサイトシスを測定した。その結果、Marcksl1+M細胞は高分子のトランスサイトシスを行うことができなかった。これらのことから転写因子AはM細胞の機能的成熟を制御する因子であることが明らかとなり、またGP2およびCCL9はM細胞の機能的マーカーとなることが示唆された。

XXI-008 金属錯体を用いた新規分子性物質の開発および構造、物性の研究

Development and Physical Properties Study of
Molecular Conductors Based on Metal-Dithiolene Complexes

研究者氏名: 崔 亨波 Cui, Hengbo

受入研究室: 基幹研究所
加藤分子物性研究室
(所属長 加藤 礼三)

準三角格子を持つ金属錯体Pd(dmit)₂のアニオンラジカル塩は、カチオンの嵩高さと外部圧力によ

る物性制御が可能である。最近では、スピン液体状態やValence bond solid状態などの新しい物性が

数多く発見されてきた。提出者はこれまでに、 β' - $\text{Me}_4\text{P}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ について、ダイヤモンドアンビルを用いた超高圧下での電気抵抗測定を 20.2 万気圧まで行い、新しいサンプリング方法を用いて高い性水圧力下での測定を実現し、10 万気圧で新しい電子状態に由来する金属状態に移行することを実験的に証明した。本年度は、

(1) $\text{Pd}(\text{dmit})_2$ 系で、ダイヤモンドアンビルセルを用いて、 $\text{Et}_2\text{Me}_2\text{P}$ 塩の超高圧下での電気的性質を 15.8 万気圧まで系統的に調べた。この物質は Me_4P 塩と同じ結晶構造を持ち、伝導バンドが狭いため、もっとも高い圧力下で、新しい金属状態に移行すると考えられる。 Me_4P 塩と異なり、この塩は低い圧力(約 1 万気圧)で一旦超伝導転移を示し、圧力印加を続けると低温部に非金属領域が現れる。さらに高い圧力(~11 万気圧)では全ての温度領域において半導体的振る舞いをする。また、さらに高い圧力(13.6 万気圧)では HOMO と LUMO の重なりによると考えられる金属状態が現れる。

また、結晶内に二種類の $\text{Pd}(\text{dmit})_2$ 分子配列を有する α - Me_4N 塩は常圧・110K 付近で電荷分離に由来する非金属状態を示すが、これは 8.3 万気圧の圧力を印加すると完全に抑えられて金属となることを発見した。

(2) 金属錯体系分子性導体の基礎物質である中性 $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ の単結晶の 10 万気圧以上の高い圧力までの四端子法電気抵抗測定を行った。この物質は常

圧では絶縁体であるが、8 万気圧まで圧力をかけると室温抵抗率が千分の一ほど小さくなり、金属的に振る舞うことを発見した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

E. Steven, H. B. Cui, A. Kismarahardja, J. S. Brooks, D. Graf and H. Kobayashi “Role of anion size, magnetic moment, and disorder on the properties of the organic conductor k -(BETS) $_2\text{Ga}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Cl}_{4-y}\text{Br}_y$ ” *Physica B: Condensed Matter* 405 S295-S298 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Hengbo Cui, Naoya Tajima and Reizo Kato “Electrical properties of $\text{Pd}(\text{dmit})_2$ salts up to 20 GPa by using a diamond anvil cell” International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM) USA, Dec. (2010)

(国内学会等)

崔亨波, 田嶋尚也, 加藤礼三: “ダイヤモンドアンビルを用いた超高圧下での β' - $\text{Me}_4\text{P}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の電気的性質”, 日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 3 月 (2010)
崔亨波, 田嶋陽子, 大島勇吾, 加藤礼三: “ α - $\text{Me}_4\text{N}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の低温構造及び高圧下での電気的性質”, 第 4 回分子科学討論会, 大阪, 9 月 (2010)

XXI-009 導電性共有結合ネットワークにおける新規機能材料の探索 Search for Novel Functional Materials in Conductive Covalent Networks

研究者氏名: 桂 ゆかり Katsura, Yukari

受入研究室: 基幹研究所

高木磁性研究室

(所属長 高木 英典)

低温で電気抵抗がゼロとなり、さまざまな量子現象を示す超伝導材料は、次世代コンピュータ、医療機器、強力電磁石、核融合炉など多様な応用が期待されており、新規超伝導体の発見によるブレークスルーが強く望まれている。また、熱と電気を相互に変換できることから次世代の冷却・発電素子として期待される熱電変換材料も、変換効率の低さや環境負荷、高い生産コストなど多くの問題を抱えており、これらの克服には新規熱電変換材料の発見が望ましい。

本研究は、これら新規機能材料探索の対象物質として、導電性を備えた共有結合性物質に着目した。共有結合では、狭い空間領域に電子が局在していることから、強い電子-フォノン相互作用が期待できる。これは、BCS 超伝導体における電子対形成の駆動力であるとともに、熱電変換材料に欠かせないフォノン散乱の起源でもある。

そこで本研究では、共有結合を形成しやすい元素を含む物質群に着目し、新規超伝導材料および新規

熱電変換材料の探索を行った。まず、第一原理電子状態計算を用いてアルカリ土類や希土類と鉄族遷移元素を含む2-3元系ケイ化物、ゲルマニウム化物の電子状態を体系的に調べた。その中から、新規超伝導体の候補として非磁性で金属的伝導を示す物質や、鉄砒化物超伝導体に類似した電子構造を備えた物質、新規熱電変換材料の候補としてフェルミ準位近傍に急峻な状態密度の勾配を備えた半導体を探索した。

さらに、高温における熱電特性を正確に評価するため、熱起電力と電気抵抗率の測定システムの開発を行った。熱起電力測定では通常、試料に与える温度差を変化させて発生する起電力を測定する。しかし従来の測定法では、性能の評価に必要な熱起電力、電気抵抗率、熱伝導率の3つの物理量を同じ温度で測定することが困難であった。また、与える温度差が変化すると試料の平均温度も変化してしまうとい

う問題があった。そこで独自に測定プログラムを開発し、2種類のヒーターの独立制御により、試料の平均温度を任意の値に固定したまま熱起電力と電気抵抗率を測定することに成功した。さらに、大気中で不安定な試料でも、一度も大気にさらすことなく測定できるプローブの開発に成功した。今後はこの測定システムを活用し、熱電変換材料候補物質の性能評価を行う予定である。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Katsura Yukari, Yamamoto Ayako, Ogino Hiraku, Horii Shigeru, Shinoyama Jun-ichi, Kishio Kohji, Takagi Hidenori, "On the possibility of MgB₂-like superconductivity in potassium hexaboride" Physica C Vol. 470 pp. S633-S634 (2010)

XXI-010 走査プローブ顕微鏡による表面構造および局所電子状態の解析

Investigation of Surface Structure and Local Electronic States by Scanning Probe Microscopy

研究者氏名：清水 智子 Shimizu, Tomoko

受入研究室：基幹研究所

Kim 表面界面科学研究室

(所属長 金有洙)

物質と物質が接触する表面や界面ではバルク中では起こり得ない現象が多く存在する。本研究では、低温超高真空下で動作する走査トンネル顕微鏡 (STM) と非接触原子間力顕微鏡 (NCAFM) を駆使し、単原子・単分子スケールで物質表面とそこに吸着した分子の構造と電子状態を観測・解析し、表面物性を明らかにすることを目的としている。

今年度は新たに二つのテーマに取り組んだ。ひとつは、有機単分子膜と金電極の界面における構造と電子状態についての研究である。アクセプター分子と呼ばれる電子を引き付けやすい性質をもつフッ化フラーレンを Au (111) 表面に蒸着させた場合、分子が様々な配向で吸着した不均一単分子膜とともに、全ての分子が同一の3回対称性をもつ構造になる均一単分子膜が形成されることが STM イメージングから判明した。均一膜については分子軌道計算結果との比較から個々の分子の向きと超構造の詳細が明らかとなり、分子間にはフッ素原子とフェニル環による弱い相互作用が働いていることが示唆され

た。ファンデルワールス力や水素結合により形成される単分子膜は現在までも多くの系で報告されているが、C-F・・・ π 相互作用によっても二次元超構造が形成できるのは興味深い結果である。トンネル分光による電子状態解析からは、フェルミ準位的位置が LUMO (最低被占有分子軌道) と HOMO (最高占有分子軌道) の中心から LUMO 側へ大きくシフトする様子が分かり、金基板から分子膜へ電荷移動している様子を確認できた。フラーレン単分子膜に比べ、フッ化によってフェルミ準位近傍にある π 軌道由来の状態が減少したことからバンドギャップが大きくなり、HOMO が深い位置へと大きく変化している。このことはフッ化フラーレン分子膜を挿入すれば、有機薄膜デバイスにおいて電子注入障壁が大きく下げられることを示唆している。

もうひとつのテーマは、STM-NCAFM 複合装置を用いて絶縁薄膜上と金属上に吸着した分子の比較をすることである。装置の立ち上げ作業は順調に進み、STM と NCAFM 両手法で原子解像度の像を得

ることに成功した。現在金属上に吸着したフォトクロミック分子の観察を進めている。来年度は絶縁薄膜上での振る舞いを観測し、表面におけるフォトクロミズムの解明を試みる予定である。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Shimizu T. K., Jung J., Kim Y. and Kawai M.:
“Termination and Verwey transition of the magnetite (111) surface studied by scanning tunneling microscopy and first principle calculations”, Phys. Rev. B, 81 234329(2010)*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Shimizu T. K., Jung J., Kim Y. and Kawai M.: “Verwey

transition on the magnetite (111) surface studied by scanning tunneling microscopy”; 18th International Vacuum Congress, Beijing, China, Aug. (2010)

(国内学会等)

清水智子, 鄭載勲, 金有洙, 川合眞紀: “走査トンネル顕微鏡による磁鉄鉱 (111) 表面の構造と Verwey 転移の検証”; 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪, 9 月 (2010)

大谷徹也, 清水智子, 金有洙, 川合眞紀: “フッ化フラーレン単分子膜の金属界面での電子特性”; 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪, 9 月 (2010)

大谷徹也, 清水智子, 金有洙, 川合眞紀: “フッ化フラーレン $C_{60}F_{36}$ の Au (111) 上での電子特性”; 表面界面スペクトロスコーピー 2010, つくば, 12 月 (2010)

XXI-011

自己組織化機構を利用した金ナノロッドのデザイン Design of Gold Nanorods through Self-Organization

研究者氏名 : 武仲能子 Takenaka, Yoshiko

受入研究室 : 基幹研究所

揺律機能研究チーム

(所属長 原正彦)

金ナノロッドとは一次元状の金結晶を指し、(短軸)数十 nm × (長軸)数百 nm 程度のサイズを持つ。金ナノロッドは可視～近赤外領域にプラズモン吸収を持ち、工学・医療分野への応用が期待されているが、プラズモンの吸収波長は金ナノロッドの形状とアスペクト比に依存するため、金ナノロッドの形状及びサイズの制御が不可欠である。

近年我々は、ゲル化する界面活性剤中で、アスペクト比 50 を超える金ナノロッドを高収率で生成できることを報告しており、ゲル化が金ナノロッド成長に与える影響を明らかにすることが成長メカニズム解明の急務であった。昨年度我々は、金ナノロッドの成長初期における界面活性剤分子の自己集合構造形成が、金ナノロッドの短軸長に強い影響を与えることを明らかにした。そこで今年度は、ゲル化のミクロな描像と、金ナノロッド成長に与える影響について分子レベルで明らかにした。詳細は以下である。

金ナノロッド短軸成長後の界面活性剤水溶液を、小角中性子散乱で観察した結果、界面活性剤水溶液

がゲル化していない場合は溶液中にミセル構造が分散しており、ゲル化している場合には interdigitation したラメラ構造が形成されていた。この事は、界面活性剤のゲル化に伴う界面活性剤分子の実効的な形状の変化を表している。つまり、ミセル構造をとる場合に比べて、ラメラ構造をとる場合には、界面活性剤分子の疎水部分が相対的に大きくなっていることを示している。先行研究により金ナノロッドは成長溶液中で界面活性剤の二重膜に覆われていることが知られており、このうち内膜は金表面と強く相互作用し、外膜は自発曲率によって内膜を囲っているとされている。そのため、今回の散乱実験の結果は、界面活性剤水溶液のゲル化に伴って金ナノロッドを囲んでいる二重膜の外膜の自発曲率が低下することを示しており、この自発曲率低下により金ナノロッドの短軸成長が促されたことが明らかになった。更に、ゲル化後のラメラ構造が interdigitation しているため、膜の曲げ定数が増加することが考えられ、この効果も短軸成長を加速させていると考えられる。

以上、今年度は金ナノロッドの短軸長決定のメカニズムを明らかにした。今後は、長軸長決定のメカニズムを明らかにし、最終的に金ナノロッドの形状デザインへと繋げたい。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Takenaka Y., Kitahata H., Yamada L. N., Seto H. and Hara M.: "Growth of gold nanorods in gelled surfactant solutions", J. Colloid Interface Sci., in print*

Takenaka Y., Kitahata H., Yamada L. N., Seto H. and Hara M.: "Gelation effect on the synthesis of high-aspect-ratio gold nanorods", J. Nanosci. Nanotechnol., in print*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Takenaka Y., Kitahata H., Yamada L. N., Seto H. and Hara M.: "High-aspect-ratio gold nanorods can grow in a gelled surfactant solution", 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), Hawaii, USA, Dec. (2010)

Takenaka Y., Kitahata H. and Hara M.: "Growth process of gold nanorods", 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), Hawaii, USA, Dec. (2010)

(国内学会等)

武仲能子: "構造転移をおこす界面活性剤水溶液中での金ナノロッド成長", 理研シンポジウム, 和光, 8月 (2010)

XXI-012

配列させた分子を用いた光イオン化における 時間分解光電子分光測定

Photoionization Dynamics of Aligned Molecules Studied by Time-Resolved Photoelectron Imaging

研究者氏名: 水野智也 Mizuno, Tomoya

受入研究室: 基幹研究所

鈴木化学反応研究室

(所属長 鈴木俊法)

本年度は気相分子を標的にした三次元光電子イメージングを実現するために時間分解能と位置分解能を有する delay line detector (DLD) を用いて He(I) 光源による真空紫外光電子イメージング分光を行った。その結果、Ar の 3p 軌道の光電子イメージングを得る事が出来たがフォスファースクリーン付きの MCP と CCD カメラを用いて光電子イメージングを行う場合と比べてバックグラウンドが大きい事が分った。この理由は MCP に掛ける印加電圧が DLD を用いる場合の方が大きいことに由来すると思われる。よって真空紫外光を用いた研究よりも多光子共鳴イオン化などを用いた研究で三次元光電子イメージングを行う事が現実的であると言える。

それと平行して共同研究を行っている京都大学理学研究科の飛行時間型光電子分光装置の立ち上げに参加した。今まで光電子分光は気体標的、固体標的に限られてきたが液体を標的にした光電子分光を実現するために二段の差動排気を備えた光電子分光装

置の開発を行った。液体標的導入時の真空度の悪化と実験装置の磁場遮蔽、光電子引き出し電極形状の検討などを行い動作確認を行った。液体中の電子状態を探る新たな手法であり生体高分子の機能発現などの問題に新たな切り口で迫れると期待される。

●口頭発表 Presentation

(国内学会等)

Liu Suet Yi, 水野智也, 鈴木俊法, "He(I) 光源を用いた真空紫外光電子イメージング分光" 第4回分子科学討論会 2010 大阪 日本 (2010) 9月

窒化物半導体を用いた発光素子の研究 Study of Light Emitting Diode on Nitride Semiconductor

研究者氏名：藤川 紗千恵 Fujikawa, Sachie
受入研究室：基幹研究所
テラヘルツ量子素子研究チーム
(所属長 平山 秀樹)

波長 250-350nm 帯の深紫外高輝度 LED・深紫外半導体レーザー (LD) は、医療、殺菌・浄水、生化学産業、高演色 LED 照明、高密度光記録、ダイオキシンや PCB、NO_x ガスなど公害物質の高速分解処理、バイオ工学、各種情報センシング等の大変幅広い分野での応用が期待されている。Si 基板は、サファイア基板に比べて安価・ウエットエッチング可能・大面積可能・導電性がある等多数の特長があり、低価格の紫外線光源を実現できる可能性がある。しかし、波長 350nm より短い Si 基板上の深紫外 LED の報告例はない。InAlGa₄N₄ 元混晶は、In を含む混晶の物性的特長から、転位密度の増加に伴う発光効率の低下が緩やかな為、高効率紫外 LED の実現に有利であると考えられる。これまでに我々は、サファイア基板上に発光波長 282nm の InAlGa₄N₄ 元混晶 LED の 10mW 以上の室温連続動作を報告している。本年度は、低コストの深紫外線光源実現の為、減圧有機金属気相成長法 (LP-MOCVD) を用いて、Si(111) 基板上に 280nm 帯 InAlGa₄N₄ 量子井戸深紫外 LED の作製を行った。

試料構造は、Si(111) 基板上にアンモニアパルス供給多段 AlN 成長法を用いて、クラックフリーな AlN バッファ層を作製し、その上に n 型 AlGa₄N₄ 層、InAlGa₄N₄/InAlGa₄N₄: Si₂ 重量子井戸層、p 型 InAlGa₄N₄ 電子ブロック層、p 型 InAlGa₄N₄ 層、p 型 InGa₄N₄ コンタクト層を作製した。n 型と p 型の電極には、簡易に加工するため各々 In と Ni/Au を用いた。

試料を室温連続動作において、EL 発光スペクトルの測定を行った。その結果、室温連続動作において、波長 284nm から 300nm 帯のシングルピークを観測した。今回 Si 基板上の 280nm 帯 InAlGa₄N₄ 深紫外 LED の実現に初めて成功し、殺菌用途波長において、Si 基板を用いた安価な深紫外 LED が実現可能であることを初めて示すことに成功した。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Fujikawa S, Hirayama H: "First Achievement of Deep-

UV LED on Si substrate", 2010 IEEE International Semiconductor Laser Conference, Kyoto, September (2010)

Fujikawa S, Hirayama H: "Realization of InAlGa₄N₄-based deep UV LEDs on Si (111) substrates" International Workshop on Nitride semiconductors (IWN2010), Tampa, Florida, U. S. A., September (2010)

Fujikawa S, Hirayama H: "280nm-band InAlGa₄N₄ deep-UV LED on Silicon (111) substrate", Third International Symposium on Growth of III-Nitrides (ISGN-3), Montpellier, France, July (2010)
(国内学会等)

藤川 紗千恵, 平山 秀樹, 前田 哲利: "a 軸方向傾斜 c 面サファイア上に作製した高効率深紫外 LED", 2011 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大, 3 月 (2011)

藤川 紗千恵, 平山 秀樹: "InAlGa₄N₄ 元混晶を用いた 280nm 帯殺菌用途深紫外 LED の進展", 「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」研究領域 光・光量子科学技術の進展開 第 3 回公開シンポジウム, 日本科学未来館, 11 月 (2010)

藤川 紗千恵, 平山 秀樹: "Si 基板上 280nm 帯 InAlGa₄N₄ 深紫外 LED", 窒化物ナノ・エレクトロニクス材料研究センター講演会, 東北大, 11 月 (2010)

藤川 紗千恵, 平山 秀樹: "Si 基板上 280nm 帯 InAlGa₄N₄ 深紫外 LED" 2010 年秋季第 71 回応用物理学学会学術講演会, 長崎大, 9 月 (2010)

藤川 紗千恵, 平山 秀樹: "Si 基板上 280nm 帯 InAlGa₄N₄ 深紫外 LED の実現", 第 2 回 窒化物半導体結晶成長講演会「窒化物半導体結晶成長の新しい流れ」, 三重大, 5 月 (2010)

藤川 紗千恵: "InAlGa₄N₄ 元混晶を用いた高出力深紫外 LED の実現", 日本学術会議主催 公開シンポジウム 先端フォトリソグラフィの展望, 東京, 4 月 (2010)

XXI-014 ナノ細線中のアンドレーエフ束縛状態の観測とコヒーレント操作 Detection and Coherent Manipulation of Andreev Bound States in Nanowires

研究者氏名：西尾隆宏 Nishio, Takahiro
受入研究室：基幹研究所
石橋極微デバイス工学研究室
(所属長 石橋 幸治)

量子コンピューティングに向けて超伝導体を用いた量子コヒーレント操作の研究が盛んに行われている。私は超伝導-常伝導-超伝導 (SNS) 接合に形成されるアンドレーエフ束縛状態のミクロな量子重ね合わせ状態に着目し、独自のアイデアとしてその常伝導部分をナノ細線で置き換えた超伝導量子デバイスの作製を目指している。これはナノ細線では少数チャンネルのみ許されることから散逸のパスが限定され、長時間のコヒーレンス保持が期待できるためである。本研究では高い移動度を有するインジウム砒素 (InAs) ナノ細線を用いてサイズがよく制御された一次元 SNS 接合系超伝導量子デバイスを作製し、トンネル分光測定とマイクロ波を用いた測定の二つの手法によりナノ細線内のアンドレーエフ束縛状態の観測を行う。そして、この束縛状態でのミクロな量子重ね合わせ状態を用いて量子コヒーレント操作を実験的に行えるか検証することを目的としている。

本年度は昨年度の教訓を生かし、プロセスにアルゴンスパッタを取り入れた電界効果型 InAs ナノ細線超伝導トランジスタの作製を行った。ナノ細線表面を覆っている酸化膜を真空チャンバー内で除去し、その場で超伝導材料を蒸着することで接触抵抗を低減させることができ、低抵抗なデバイス (1 kohm 程度) を歩留まり良く作製できることを確かめた。

次に、作製したデバイスを超低温下で測定し、超伝導特性について評価した。20 mK において、ゲート電圧に依存する超伝導電流と 5 次までの多重 Andreev 反射によるコヒーレントなピークを観測した。さらに、デバイスにマイクロ波を照射し、ジョセフソン接合で観測される Shapiro ステップが現れることの確認も行っている。

磁場を印加することで電極を常伝導にし、ナノ細線のコンダクタンスを測定した。その結果、ピンチオフ近傍では、強磁場下で e^2/h を単位としたコンダクタンスの量子化を観測し、弱い磁場では超伝導電流のゲート電圧依存性と相関のある普遍的なコンダクタンスゆらぎを観測した。これらのことから、ナ

ノワイヤと金属電極はオーミックな接合が実現しており、ナノ細線中の拡散的な伝導を介して超伝導電流が流れていることが分かった。また、電極間隔の異なったデバイスで臨界電流 (I_c) を測定し、長さに依存して I_c が抑制されていること、 I_c の温度依存性の実験結果は拡散的な 1 次元 SNS モデルの計算結果と定性的に良く一致していることを確かめた。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Nishio T., Lin S. Z., An T., Eguchi T. and Hasegawa Y.:
“Tip-induced excitation of a single vortex in nanosize superconductors using scanning tunneling microscopy”,
Nanotechnology 21 465704 (2010). *

T. Nishio, T. Kozakai, S. Amaha, M. Larsson, H. Ni Isson, H. Q. XU, G. Q. Zhang, K. Tateno, H. Takayanagi, and K. Ishiba sh i, “Supercurrent through 1nA s nanowires with highly transparent superconducting contacts”, Nanotechnology 22, 445701(2011), selected as a featured article

XXI-015

ナノポアによる 1 分子糖鎖シーケンサーの開発
Development of Single Molecule Polysaccharide Sequencer Using a Nanopore

研究者氏名：武政 誠 Takemasa, Makoto
受入研究室：基幹研究所
前田バイオ工学研究室
(所属長 前田瑞夫)

薄膜に開けた直径数 nm の穴、「ナノポア」をコールターカウンターで利用することで、高速な 1 分子検出が可能となり、直鎖状高分子の断面積を精密に評価可能であることが見出されて以来、新世代の分析手法として注目が集まっている。特に、超高速 1 分子 DNA シーケンサーの開発に向けた技術開発競争が近年世界各国で展開されている。コールターカウンターの原理で分子の断面積を評価するためには、分子のサイズと同程度の穴を用意するだけでなく実現が困難な様々な条件が必要となり、DNA シーケンサーの完成には至っておらず、ブレークスルーが必要であると言われている。

本研究では、DNA 用に開発されてきたナノポア関連技術を、糖鎖に応用すれば現状の技術でも DNA よりも容易に構造解析が可能になると考えて、1 分子糖鎖シーケンサーを開発するべく取り組んでいる。本年度は、ナノポアを利用したコールターカウンター式 1 分子計測系の各部位の改良による精度向上を実現した。主な改良点として、より小口径のナノポアの作成を安定して行い、マイクロ流路を利用したセル作製により、ナノポアを通過するイオン電流測定の、より長時間にわたって安定性の向上、かつ精度の向上を可能にした。複数種類の多糖類に対して得た結果を解析した結果、糖鎖高分子に対し

ても、分子特性の評価が可能であることを示した。

数千個のパルス状電流を観測して解析すると、統計的に高分子の分子特性が得られる事が分かった。直鎖分子の場合では、分子の全長に応じて分子のナノポア滞在時間が長くなることが分かった。分子の太さに応じて、パルスの振幅、つまり遮断電流が増加することが明らかとなった。

単分散の DNA や多糖類を用いた場合でも、ナノポア通過に要する時間は数十倍変動することが分かった。これは、ナノポアに分子の一部が入った後でも、分子の残りの部位が絡まる効果や、分子のコンフォメーションによってはスムーズに通過できないためであると考えられる。今後、1 分子の内部構造をより精密に解析するためには、分子の通過速度を一定に、かつ低速化することが必須であると考えられる。

●口頭発表 Presentations

武政誠：“AFM による 1 分子操作と 2 分子間相互作用力計測”，食品ハイドロコロイドセミナー 2010，東京，5 (2010)

武政誠，藤田雅弘，前田瑞夫：“固体ナノポアを用いた糖鎖高分子の 1 分子計測”，第 59 回高分子討論会，北海道大学，9 (2010)

XXI-016

マイクロファブリケーションを利用した
バイointerフェース制御技術の確立とそれによる生体・医療材料への応用
Development and Application of Bio-Interface Control
Technology by Using Micro-Fabrication in a Field of Biomedical Materials

研究者氏名：水谷 正義 Mizutani, Masayoshi
受入研究室：基幹研究所
大森素形材工学研究室
(所属長 大森 整)

バイオインプラントの素材として幅広く利用されている純チタン材に対して、レーザーファブリケー

ションを行った。その際、細胞単体の大きさである 10mm 程度を基準とし、凹凸の形状、ピッチとその

深さなどを考慮した幾何学的形状を系統的に変化させたサンプルの作製を行った。

その結果、ビーム強度を 1.0, 1.5, 4.5W と変化させるにつれて、加工される凹凸のピッチおよび深さが大きくなっていることが確認された。また、ビーム強度を 7W とした場合には、加工部で基材の蒸発および飛散が認められ、マイクロスケールの微細構造を有する表面が確認された。

上記のように作製したサンプルの表面に骨芽細胞を播種し、その細胞の接着挙動を観察することによって加工部の細胞適合性の評価を行った。その結果、いずれのシリーズにおいても基材上に細胞が接着し、進展している様子が確認された。

また、細胞の接着部位について詳細に観察すると、1.0, 1.5, 4.5W で加工を行ったサンプルでは、加工部分と未加工部分の間に細胞密度の有意な差を確認することはできず、細胞はサンプル全体に一樣に増殖・進展している様子が認められた。

一方、7.0W のビーム強度で加工を行ったサンプルは、加工部分において細胞が集中して存在している様子が確認された。さらに細胞の接着している部分を詳細に観察すると、その表面には直径数 mm ほどの顆粒状の微細構造が形成されている様子が確認できた。このことは、レーザーファブ리케이션により加工面に形成されたマイクロオーダーの微細構造が、骨芽細胞の接着・増殖および進展を促すことを示唆するものであるといえる。

以上の結果から得られた結論を下記に示す。

本年度は純チタンに対するレーザーファブ리케이션と、それが細胞適合性に及ぼす効果について検討を加えた。レーザーの出力を変化させることで、基材の蒸発がない酸化被膜表面や基材が蒸発・飛散したマイクロオーダーの微細構造を有する表面を作製することが可能となった。また、微細構造を有する表面では、骨芽細胞の接着が促進され、細胞適合性の向上が認められた。

現在は細胞培養用のガラス基板に対しても上記と同様の形状を有する表面を作製したサンプルの作製を行っており、今後は上述の細胞の接着メカニズムの解明を行う予定である。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

水谷正義, 菊池将一, 廣田遥, 小茂鳥潤, 大森整, 片平和俊: “表面改質加工 (EG-X) 法による Ni-Ti

形状記憶合金の高品位表面仕上げとその改質効果の検討”, 日本機械学会論文集 (A 編), 76, 764, (2010), 419-421.

Katahira K., Ohmori H., Komotori J., Dornfeld D., Akahane Y., Kotani H. and Mizutani M.: “Modification of surface properties on a nitride based coating films through mirror-quality finish grinding”, Annals of the CIRP, 59, 1, (2010), 593-596.

Katahira K., Ohmori H., Mizutani M. and Komotori J.: “Investigation on High-Temperature Oxidization of Mirror-Quality Ground Stainless Steel”, International Journal of Modern Physics B, Vol. 24, Nos. 15 & 16, (2010), 3005-3010.

片平和俊, 齋藤智之, 小谷拓嗣, 小茂鳥潤, 成瀬哲也, 水谷正義, 大森整, “放電プラズマ焼結 (SPS) 法を用いて作製した Ti ボンド砥石による表面改質加工”, 砥粒加工学会誌, 54, 6, (2010), 378-383.

片平和俊, 赤羽陽平, 水谷正義, 小茂鳥潤, 大森整, “表面改質加工を施した成形金型材料の濡れ性評価”, 砥粒加工学会誌, 54, 6, (2010), 373-377.

(総説)

Komotori J. and Mizutani M.: “Corrosion resistance and biocompatibility of Ti-Ni alloy modified by isothermal oxidation”, 2nd Joint Workshop 2010 on Non-impact Fabrication Technologies for Printed Electronics, (2010), 13-17.

Ohmori H., Lin W., Mizutani M., Uehara Y., Naruse T., Ito N., Kasuga H., Mitsuishi N., Matsuzawa T., Hachisu Y., Kameyama Y., Wada S. and Sasaki C.: “ELID-technologies in Japan -Invention, History, Variations, and Applications of ELID-Grinding-”, 1st Korea-Japan Interactive Workshop on Ultraprecision Machining Process and Application Technology, (2010), 3-27.

大森整, 片平和俊, 水谷正義, 小茂鳥潤: “ELID 研削による Ti の発色加工”, 砥粒加工学会誌, 54, 9, (2010), 14-17.

大森整, 上原嘉宏, 成瀬哲也, 片平和俊, 水谷正義: “イオンショットドレッシングを適用した 1mm マイクロツールの研削加工”, 型技術, 23, 10, (2008), 67-69.

大森整, 片平和俊, 水谷正義, 小茂鳥潤: “人工関節材料の鏡面研削加工”, 先端加工技術, 81, (2010), 6-8.

水谷正義, 赤羽陽平, 小茂鳥潤, 片平和俊, 大森整: “金型材料の濡れ性制御を目的とした表面改質面

の創製”, 成形加工, 22, 5, (2010), 237-240.

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Mizutani M., Hisamori N., Atsuta S., Mizuno T. and Ohmori H.: “Investigation on the corrosion behavior of Co-Cr alloys worn by the different scratching rate”, The M&M International Symposium for Young Researcher, California, U. S. A, March, (2010).

Ohmori H., Uehara Y., Hachisu Y., Mizutani M., Nemoto A., Kasuga H., Wada Y., Umezu S., Lin W., Naruse T., Katahira K., Sasaki C., Ito N., Hirai S., Matsuzawa T. and Mitsuishi N.: “Nanoprecision Micro-mechanical Fabrication based on ELID-technologies”, Nanoprecision Micro-mechanical Fabrication Conference, Taipei, Taiwan, September, (2010).

Ohmori H., Uehara Y., Hachisu Y., Mizutani M., Nemoto A., Kasuga H., Wada Y., Umezu S., Lin W., Naruse T., Katahira K., Tone N., Sasaki C., Ito N., Hirai S., Matsuzawa T. and Mitsuishi N.: “Ultra-fabrication Technologies for Sustainable Manufacturing”, 2010 International Joint Workshop on Advanced Micro Fabrication (2010 IJWAMF), Gaoxiong, Taiwan, September, (2010).

Mizutani M. “Critical components fabrication for optical and biological applications”, A RIKEN/UPS2 International Workshop on Ultra-Precision Processes and systems, Cranfield, U. K., November, (2010).

Ohmori H., Hachisu Y., Uehara Y., Tone N., Maekawa K., Takizawa Y., Takahashi Y., Young R., Mizutani M., Kato T., Kasuga H., Sasaki C. and Kim Y.: “Nanoprecision Ultra Fabrication Technologies for Micro-Structural Optics and On-Demand Fabrication System”, 2nd Seminar on Nano-Mirror Ultraprecision Machining Technology, Gwangju, Korea, November, (2010).

(国内会議)

水谷正義, 松村有希子, 小茂鳥潤: “高温酸化処理を施した Ni-Ti 形状記憶合金表面の細胞増殖性に及ぼす皮膜損傷の影響”, 第 1 回日本複合材料合同会議 (JCCM-1), 京都, 3 月 (2010).

濱田美星, 小谷拓嗣, 小茂鳥潤, 水谷正義, 片平和俊, 大森整: “ELID 研削による Co-Cr 合金の表面改質加工 (細胞適合性に及ぼす研削砥粒の影響)”, 第

1 回日本複合材料合同会議 (JCCM-1), 京都, 3 月 (2010).

水谷正義, 熱田翔, 久森紀之, 大森整: “ELID 研削を施した Co-Cr 合金の Metal-on-metal 摺動時におけるアノード分極挙動”, 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会, 埼玉, 3 月 (2010).

大森整, 水谷正義, 亀山雄高, 八須洋輔, 春日博, 加藤照子, 根本昭彦, 上原嘉宏, 片平和俊, 林偉民, 伊藤伸英, 長谷川勇治, 小茂鳥潤, 梅津信二郎, 松澤隆: “時代とともに発展する ELID 研削技術”, 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会, 埼玉, 3 月 (2010).

濱田美星, 小谷拓嗣, 小茂鳥潤, 水谷正義, 片平和俊, 大森整: “ELID 研削における被加工物への砥粒拡散挙動の検討”, 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会, 埼玉, 3 月 (2010).

小谷拓嗣, 水谷正義, 小茂鳥潤, 成瀬哲也, 片平和俊, 大森整, 和佐宗樹, 住谷健二: “球芯振り ELID 研削法による半球凹面の仕上げ加工”, 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会, 埼玉, 3 月 (2010).

亀山雄高, 高橋豊, 越澤讓, 常木優克, 水谷正義, 八須洋輔, 春日博, 大森整: “難削材の高効率ナノ精度加工のための条件探索システムの構築と Fe-31Ni-5Co 低熱膨張合金のナノプレジジョン加工への適用”, 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会, 埼玉, 3 月 (2010).

大森整, 水谷正義, 梅津信二郎, 和田智之, 片平和俊, 稲田明弘, 亀山雄高, 小野照子, 春日博, 八須洋輔, 林偉民, 佐々木道子, 佐々木慶子: “細胞・組織マイクロ加工のためのツーリング”, 第 5 回バイオ医学 (バイオものづくり) シンポジウム, 埼玉, 3 月 (2010).

小島浩樹, 長谷川勇治, 伊藤伸英, 大森整, 加藤照子, 水谷正義, 松澤隆, 根本昭彦: “電解還元水を用いた導電性ポーラスラバー砥石による Ti 合金の加工特性”, 2010 年度砥粒加工学会先進テクノフェア卒業研究発表会, 東京, 3 月 (2010).

水谷正義, 熱田翔, 久森紀之, 大森整: “Metal-on-metal 摺動時における Co-Cr 合金の腐食特性評価”, 第 59 期日本材料学会学術講演会, 北海道, 5 月 (2010).

水谷正義, 久森紀之, 水野隆文, 大森整: “ELID 研削を施した Co-Cr 合金のポリエチレン摺動時における腐食特性”, 砥粒加工学会学術講演会

(ABTEC2010), 岡山, 8月(2010).

金澤雄史, 伊藤伸英, 根本昭彦, 大森整, 加藤照子, 水谷正義, 長谷川勇治, 松澤隆, 小西英夫: “電解還元水を用いた ELID 研削の試み”, 砥粒加工学会学術講演会 (ABTEC2010), 岡山, 8月(2010).

水谷正義, 河野篤嗣, 熱田翔, 久森紀之, 大森整: “ELID 研削による表面改質加工が Co-Cr 合金の金属対金属摺動時における腐食特性に及ぼす影響”, 2010 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 愛知, 9月(2010).

伊藤伸英, 大森整, 春日博, 水谷正義, 八須洋輔, 国村伸祐, 加藤照子, 林偉民, 長谷川勇治, 松澤隆, 梅津信二郎: “ELID 研削技術の動向”, 2010 年度精

密工学会秋季大会学術講演会, 愛知, 9月(2010).

井手上敬, 伊藤伸英, 金澤雄史, 大森整, 根本昭彦, 加藤照子, 水谷正義, 松澤隆, 長谷川勇治: “電解還元水を用いた ELID 研削 第2報: 成分を調整した電解還元水の利用”, 2010 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 愛知, 9月(2010).

久森紀之, 萩原行人, 水谷正義, 大森整, 片平和俊: “コバルトクロム合金の摩耗損傷が耐食性に与える影響”, 日本金属学会 2010 年秋季大会, 北海道, 9月(2010).

XXI-017

脳型システムの制御・同期現象を利用した 大容量情報処理技術の構築及び開発

A Study on Large-Volume Information Processing Technology by Applying Control Mechanism and Synchronization Phenomena in the Brain System

研究者氏名: 安東弘泰 Ando, Hiroyasu

受入研究室: 脳科学総合研究センター

脳数理研究チーム

(所属長 甘利 俊一)

昨今のインターネットやスマートフォンの普及に伴い、情報技術は飛躍的に進歩しており、これをうけて、社会的需要が高い新たな問題が生じている。たとえば、大規模コミュニケーションに伴う通信容量・速度の増加に対する大容量情報処理問題である。しかし、こういった問題は、現行のコンピュータのノイマン型逐次計算方式では、その処理が原理的に困難になってきている。そこで、このような問題に対応すべく原理的に新しい大容量情報処理技術の構築を、脳の大規模非線形システムとしての観点から、その制御・同期現象などを応用した形で目指してきた。本研究では以下の項目に関して、その基礎理論を構築した。

(1) 2次元遺伝子ネットワークモデルによる並列論理ゲートの構成: 1次元系での確率共振を利用した論理ゲートの理論を、遺伝子ネットワークモデル、さらには一般の2次元力学系に拡張した。これにより、これまでの1次元系では不可能だった XOR ゲートの実現と、AND ゲートとの並列出力による半加算器の構成をともに成功させた。

今後は、ニューラルネットワークなどの高次元系への拡張と大規模並列論理演算理論へ発展させることが見込まれる。

(2) カオス同期現象による計算理論の構築: 従来の確率的ゆらぎによるトークンベース計算理論の基本素子を、ニューロンの不規則発火の一要因として考えられている決定論的カオスによるゆらぎを利用した同期・非同期遷移システムにより構成した。そして、この遷移システムを組み合わせることで、トークン伝達を小規模ネットワーク上でシミュレーションすることに成功した。今後はさらに、その基本ネットワークを結合させて論理演算・メモリなどの機能を実現できる大規模回路網の理論構築を目指している。

(3) 脳型システムにおける多重モード同期現象の解析: 神経膜応答のモデルにおいて観測される多重モードカオス振動に関して、位相同期現象の検出とその解析を詳細に行った。これにより、従来の単一モードのカオスシステムではみられなかった新たな現象を発見した。今後はこの多

重モードカオス系での同期現象を応用した並列処理方式を検討予定である。

(4)ニューラルネットワークのダイナミクスとそのエネルギー効率に関する考察：興奮性と抑制性のニューロンからなる大規模なネットワークに関して、シミュレーションによりそのダイナミクス解析を行った。また、このシステムのダイナミクスを、各ニューロン活動におけるエネルギー消費の観点から解析し、不規則かつ非同期的活動時にエネルギー効率が上がるという結果がえられた。今後はこの結果を裏付ける理論の構築を検討する。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Ando H., Sinha S., Storni R. and Aihara K.: "Synthetic gene networks as flexible parallel logic gates" (submitted)

Ando H., Suetani H., Kurths J. and Aihara K.: "Chaotic phase synchronization in neural bursting systems driven by weak periodic force" (submitted)

Ando H., Karthik K. and Chakravarthy V. S.: "Studying the Economy of Energy Expenditure in a Large Balanced Spiking Neuron Network", Proceedings of WCCI 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence, Barcelona/Spain, July, pp. 3847-3851 (2010)

(単行本)

安東弘泰, S. Sinha, R. Storni, 合原一幸, "遺伝子ト

グルスイッチによる並列論理ゲート" 信学技法 110(122), pp. 43-45 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Ando H., Aihara K.: "A Coding Method using Adaptive Chaos Control", The Third International Conference on Dynamics, Vibration and Control, Hangzhou China, May 2010

Ando H., Peper F. and Aihara K.: "Chaos-driven Computing Structure on a Token-based Architecture", 1st International Workshop on Computing with Spatio-Temporal Dynamics 2010, Tokyo Japan, June, 2010

Ando H., Karthik K. and Chakravarthy S. V.: "Studying the Economy of Energy Expenditure in a Large Balanced Spiking Neuron Network" International Joint Conference on Neural Networks 2010, Barcelona Spain, July, 2010

Ando H., Sinha S., Storni R., Aihara K.: "Flexible Parallel Logic Gates by Synthetic Genetic Network" Dynamics Days Europe 2010, Bristol U. K., September 2010

(国内会議)

安東弘泰, Sinha S., Storni R., 合原一幸, "遺伝子トグルスイッチによる並列論理ゲート" IEICE 非線形問題研究会 金沢 7月 2010

XXI-018

光環境ストレス応答機構における 葉緑体チラコイド膜構造のダイナミクス

Visualization of Thylakoid Membrane Dynamics During Photoacclimation

研究者氏名：岩井 優和 Iwai, Masakazu

受入研究室：基幹研究所

ライブセル分子イメージング研究チーム
(所属長 中野 明彦)

植物が様々な光環境ストレスに応答する際、タンパク質複合体間での相互作用が、葉緑体チラコイド膜で起きていると考えられている。我々はこれまでに、単細胞緑藻クラミドモナスを用いて、チラコイド膜局在タンパク質複合体を様々な光環境に応答した葉緑体から精製することにより、光化学系タンパク質複合体、集光アンテナタンパク質、そして、そ

れらを補助する複数のタンパク質が、実際に相互作用していることを明らかにしてきた。

前年度から、光化学系タンパク質複合体によるタンパク質間相互作用を生きた細胞で可視化するために、コケ植物ヒメツリガネゴケの原糸体細胞を用いたイメージング技術の開発に取り組んでいる。ヒメツリガネゴケは、相同組換えによる核遺伝子改変が

できる唯一の植物種で、通常では困難である核遺伝子のノックインやノックアウトが可能である。そのため、内在性の目的のタンパク質に直接、GFPなどの蛍光タンパク質を導入することが可能である。また、ヒメツリガネゴケは、アンピシリンを含む培地で育成させることで巨大葉緑体を形成することから、葉緑体内のチラコイド膜構造や膜局在タンパク質を可視化するには最適なモデル植物である。

本年度は、ヒメツリガネゴケのチラコイド膜構造を可視化するための形質転換体作成を行った。そして、巨大葉緑体の内腔（ストロマ）領域に GFP を強制発現させることで、チラコイド膜自体が放出するクロロフィル蛍光（～680nm）とストロマ領域で放出される GFP 蛍光（～505nm）を分離し、生きた細胞内のチラコイド膜構造を明確に可視化することに成功した。現在、チラコイド膜に局在する光化学系タンパク質や集光アンテナタンパク質に別の蛍光タンパク質（CFP）を導入した変異体の作成中である。また、これらのタンパク質をノックアウトした変異

体も作成している。今後は、野生型とこれらの変異体を用いて、チラコイド膜構造のダイナミクスをリアルタイムで可視化することを目指す。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Iwai, M., Yokono, M., Inada, N. and Minagawa, J.: "Live-cell imaging of photosystem II antenna dissociation during state transitions", Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 107 2337-2342 (2010)*

Iwai, M., Takizawa, K., Tokutsu, R., Okamuro, A., Takahashi, Y. and Minagawa, J.: "Isolation of the elusive supercomplex that drives cyclic electron flow in photosynthesis", Nature, 464 1210-1213 (2010)*

Swingle, D. W., Iwai, M., Chen, Y., Ozawa, S., Takizawa, K., Takahashi, Y. and Minagawa, J.: "Characterization of photosystem I antenna proteins in the prasinophyte *Ostreococcus tauri*", Biochim. Biophys. Acta, 1797 1458-1464 (2010)*

XXI-019

コンデンシンによる染色体機能制御

Regulation of Chromosomal Functions by Condensins

研究者氏名：山下大輔 Yamashita, Daisuke

受入研究室：基幹研究所

平野染色体ダイナミクス研究室

(所属長 平野 達也)

小頭症は、大脳および頭蓋の発達不全を伴う疾患である。その発症には遺伝的要因が大きな比重を占めており、これまでに7つの原因遺伝子が同定されている。このうち、MCPH1 遺伝子に変異を持つ患者由来の細胞では、分裂期に先立つ G2 期において時期尚早な染色体凝縮が観察されることが知られていた。siRNA を用いた発現抑制実験により、この現象はコンデンシン II 複合体の制御異常に起因することが見いだされ、MCPH1 がコンデンシン II の抑制因子として働いている可能性が示されていた。

本年度において、私は、カエル卵抽出液を利用して、MCPH1 によるコンデンシン II の制御機構を解析するための無細胞系を確立することに成功した。ヒト MCPH1 を添加することで、分裂期抽出液中に存在するコンデンシン II の染色体結合が顕著に阻害されることを見いだした。一方で、他の染色

体結合因子の動態に変化は見られなかったことから、MCPH1 はコンデンシン II を特異的に阻害する活性を持つことが示された。欠失変異体を用いることにより、阻害活性を担うのは N 末端領域であることがわかった。興味深いことに、この N 末端領域に小頭症の病因となるミスセンス変異を導入すると、コンデンシン II の阻害活性は大きく損なわれた。これらの結果が MCPH1 の細胞内機能をどのように反映しているかを調べる目的で、患者細胞を用いた相補実験を行った。その結果、患者細胞で観察される G2 期の染色体凝縮異常は MCPH1 の N 末端領域の発現により回復した。この結果から、MCPH1 はコンデンシン II の活性を直接的に制御することにより、G2 期における時期尚早な染色体凝縮を抑制していることが示された。さらに中期染色体の形態異常を回復させるためには、N 末端領域に

加えて、コンデンシン II と強固に相互作用する中央領域を発現させることが必要であった。すなわち、MCPH1 は、2つの独立の機能を通じてコンデンシン II を精巧に制御することにより、中期の染色体形成に貢献していることが明らかになった。

●口頭発表 Oral Presentations

(国内学会等)

山下大輔：“染色体凝縮因子コンデンシン II の制御

機構”，第4回バイオアーキテクト合同ミーティング，熱海，2月（2010）

山下大輔，新富圭史，小野教夫，平野達也：“小頭症の原因タンパク質 MCPH1 によるコンデンシン II の制御”，BMB2010，神戸，12月（2010）

XXI-020 光合成集光システムにおける環境応答機構の探索と機能解明

Comprehensive Analysis of Environmental Responses in Photosynthetic Light-Harvesting System

研究者氏名：近藤（小山内）久益子

Kondo-Osanai, Kumiko

受入研究室：植物科学研究センター

機能開発研究グループ

(所属長 篠崎 一雄)

温暖化や食糧問題などの切迫した地球環境問題を解決するためには植物生産性の向上が解決策の一つである。本研究では太陽光エネルギー変換の前段階である光合成集光装置に着目し、光合成機能および環境耐性の向上により植物生産性の向上に貢献することを目指している。これまでにシロイヌナズナの核コード葉緑体タンパク質にトランスポゾンまたは T-DNA が挿入されたタグラインである約 1000 ラインのホモラインコレクションを用いて二次元クロロフィル蛍光解析を行い、光合成の熱放散機構 NPQ に焦点を当てスクリーニングを行ってきた。NPQ は余剰な光エネルギーを熱として放散する機構であり、植物が常に変動する光環境に順応して光合成効率を低下させないための重要な手段である。これまでに光化学系 II 複合体の外側に存在する PsbS や集光装置などに結合するカロテノイドの変換が NPQ の働きには必要であることなどが分かっている。

今年度はまず昨年度から継続して二次元クロロフィル蛍光解析を行った。その結果約 30 ラインの候補変異型植物体が抽出された。二次スクリーニングまでは光出し後 10 日前後の植物体をプレート培地上で測定していたが測定した NPQ 値の変動が激しいので、三次スクリーニングでは光出し後約一ヶ月経過した植物体の本葉を切り出し水に浮かべクロロフィル蛍光を測定した。これによって比較的再

現性良く NPQ の時間変化を計測することが可能となった。

スクリーニングの結果得られた変異型植物体ライン 11-4508-1 は NPQ が野生型植物体よりも大きくなることが分かった。原因遺伝子 At1g51170 は AGC 型 Ser/Thr タンパク質リン酸化酵素 AGC2-3 をコードしていた。複数のアレルを収集し同様に解析したところほぼ全てのラインで当該ラインと同様の結果が得られた。ホモログである At3g20830 (AGC2-4) についても同様に解析したところ野生株と顕著な差は得られなかった。現在他のアレルについても解析を進めている。また、AGC2-3 や AGC2-4 は全てではないが *Selaginellamoellendorffii* や *Populustrichocarpa* など広く植物に保存されていることが分かった。現在二重変異体の作製やリン酸化ターゲットの同定に向けた準備を進めている。

XXI-021 ケミカルジェネティクスによる植物細胞の管状要素分化に伴う
二次細胞壁パターン形成機構の解析

Analysis of Secondary Cell Wall Pattern Formation Mechanism During Tracheary Element
Differentiation in Plant Cells by Chemical Genetics

研究者氏名：米田新 Yoneda, Arata
受入研究室：バイオマス工学研究プログラム
セルロース生産研究チーム
(所属長 出村 拓)

ケミカルジェネティクスは、遺伝学的突然変異を誘発する代わりに、化合物ライブラリを添加して目的の表現形質を示す化合物を選抜し、生命現象の解明を目指す、新しい手法である。従来の遺伝学的手法では細胞壁パターン形成に関する突然変異体はあまり報告されていないが、これは細胞壁パターン形成が植物にとって重要な現象だからこそ、機能重複により一遺伝子変異では表現型を示さないか、突然変異体が致死になるかが原因だと考えられる。このような重要な現象を担う因子の探索において、優性に効きかつ濃度や添加時期をコントロール出来るケミカルジェネティクスは有効だと言える。

植物の細胞壁は、一次細胞壁と二次細胞壁に大別される。私はこれまでにケミカルジェネティクスの手法により、一次細胞壁中のセルロース微繊維の配向を乱す新規阻害剤「コプトリン」を発見し報告してきた。本年度は、まずこのコプトリンの作用機序の解析を行った。過去の治験からコプトリンはペクチン関連因子に作用すると考えられたが、ペクチン主鎖には結合しないことから、コプトリンはペクチンの側鎖に作用すると推測される。そこで、ペクチンRG-Iの主な構成成分であるアラビナンを培地中に添加したところ、コプトリンによる細胞肥大の表現型が抑制された。さらに、この抑制効果にはアラビナンの分枝構造が重要であることが示された。以上の結果から、コプトリンはペクチンRG-I側鎖の分枝型アラビナンに作用し、アラビナンがセルロース微繊維に結合するのを阻害することが示唆された。このことから、一次細胞壁のパターン形成においては、ペクチン側鎖アラビナンがセルロース微繊維間を架橋しその配向性を形成・維持するのに重要であるということが明らかになって来た。

一方、二次細胞壁パターン形成に関しては、転写因子VDN6ないしVND7をDEX添加により機能誘導することで培養細胞を高頻度かつ同調的に管状要

素分化を引き起こすことが出来る誘導系を利用し解析を行なっている。本年度は、その誘導効率を90%近くまで高めたラインの選抜と、熱分解GC-MSを用いた二次細胞壁成分分析の基盤の確立を行った。今後はこれらの実験系を利用して二次細胞壁パターン形成に影響を及ぼす新規阻害剤のスクリーニングを行っていく予定である。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

- Yoneda A., Ito T., Higaki T., Kutsuna N., Saito T., Ishimizu T., Osada H., Hasezawa S., Matsui M. and Demura T.: "Cobtorin target analysis reveals that pectin functions in the deposition of cellulose microfibrils in parallel with cortical microtubules", *Plant J.*, 64 657-667 (2010)*
- Hayashi T., Yoneda A., Kutsuna N. and Hasezawa S.: "Comparison of the anaphase spindle dynamics of *Nicotiana tabacum*, *Arabidopsis thaliana* and *Physcomitrella patens*", *Planta*, submitted*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

- Yoneda A., Ito T., Higaki T., Kutsuna N., Saito T., Ishimizu T., Osada H., Hasezawa S., Matsui M. and Demura T.: "Function of pectin on cellulose microfibril deposition revealed from cobtorin target analysis", 21st International conference on Arabidopsis research, Yokohama, Japan, June (2010)

(国内学会等)

- 米田新, 伊藤卓也, 桧垣匠, 朽名夏磨, 斉藤臣雄, 石水毅, 長田裕之, 馳澤盛一郎, 松井南, 出村拓: "コプトリンの標的因子探索によって明らかになったペクチンのセルロース微繊維沈着における役割", 日本植物学会, 名古屋, 9月(2010)
- 米田新: "コプトリンの標的因子解析により明らかに

なったペクチンの役割”, 植物細胞壁研究者ネットワーク定例会, 京都, 11 月 (2010)

米田新, 伊藤卓也, 斉藤臣雄, 長田裕之, 出村拓: “コブトリンの作用に対するペクチン側鎖アラビナ

ンの分枝構造の影響”, 日本植物生理学会, 仙台, 3 月 (2011)

XXI-022 細胞増殖と細胞成長の協調的制御を担う分子機構の解析 Analysis of Molecular Mechanisms Regulating Cell Proliferation and Cell Expansion

研究者氏名: 石田 喬志 Ishida, Takashi
受入研究室: 植物科学研究センター
細胞機能研究ユニット
(所属長 杉本 慶子)

多細胞生物の器官形成において、幹細胞の分裂による細胞増殖と分化した細胞の成長は厳密な制御のもとに行われる過程であると考えられている。幹細胞では DNA の複製と細胞分裂が交互に起きる細胞分裂周期 (mitotic cell cycle) が繰り返され細胞が増殖するが、その分子機構は未知の部分が多い。また、分化した一部の細胞では DNA 複製後に細胞分裂を起こさず核内の DNA 量を増大させ細胞の成長を導く核内倍加周期 (endoreduplication cycle) が起こるが、この特殊な細胞周期を制御する分子機構もまた未知である。多細胞生物の発生過程において細胞分裂、核内倍加が時間的、空間的に正しく進行することは器官の形成や生長に非常に重要である。本研究はシロイナズナの細胞増殖を担う器官であるメリステムをモデルシステムとして用い、多細胞システムにおいて細胞分裂周期を促進し、核内倍加周期を抑制する分子機構の解明を目指す。

これまでの研究から、細胞分裂周期から核内倍加周期への移行を制御する新規因子として同定された *HPY2* は SUMO E3 ligase をコードしている。SUMO は真核生物に広く保存された翻訳語修飾機構を担う低分子タンパク質であり、他のタンパク質に結合することでその性質を変化させることが知られている。このことから、*HPY2* は何らかのタンパク質、もしくはタンパク質群に対する SUMO 化を通じて細胞周期の活性制御を行っている可能性が高い。実際、*hpy2* 変異は *HPY2* 遺伝子を外部から導入することで相補することができるが、*HPY2* の E3 ligase 機能を担う活性中心である SP-RING ドメインを欠いた変異型 *HPY2*^{CHSA} では、変異形質が残ったままである。

またシロイナズナゲノム上には 7 つの SUMO

がコードされているが、そのうち主要な機能を担う *SUMO1* と *SUMO2* の機能を低下させた *sum1-2 amiR-SUMO2* 株では *hpy2* 同様の形態異常を示すことが明らかとなっている。これらの結果から、植物の発生過程において、SUMO による翻訳語修飾機構を通じた細胞周期制御機構が重要な役割を持つことが明らかとなった。

●誌上发表 Publications

(総説)

Breuer C*, Ishida T* and Sugimoto K. (*equal contribution), “Developmental control of endocycles and cell growth in plants” *Current Opinion in Plant Biology* Vol. 13 Issue 6 pp 654-660 (2010)

●口頭発表 Presentation

(国際会議)

Ishida T., Fujiwara S., Miura K., Stacey N., Yoshimura M., Schneider K., Adachi S., Minamisawa K., Umeda M. and Sugimoto K. “SUMO E3 Ligase HIGH PLOIDY2 Regulates Endocycle Onset and Meristem Maintenance in *Arabidopsis*” 21st International Conference on Arabidopsis Research, Yokohama, 2010 6

(国内学会等)

石田喬志, 安達澄子, 吉村美香, 清水皓平, 梅田正明, 杉本慶子, “オーキシン依存的な細胞分裂周期と核内倍加周期の切り替えによる細胞分化制御” 日本植物学会第 74 回大会 春日井市 日本 2010 9

石田喬志, “SUMO in plant development” RIKEN PSC retreat 横浜市 日本 2010 10

石田喬志, “SUMO in plant development” 植物科学若

手研究会 2010 神戸市 日本 2010 10
石田喬志, “SUMO in plant development” 第 8 回 SUMO
研究会 つくば市 日本 2010 11

石田喬志, 吉村美香, 杉本慶子 “新規 SUMO E3 ligase
HIGH PLOIDY 2 の分裂組織における機能の解析”
第 52 回日本植物生理学会年会 仙台市 日本 2011 3

XXI-023

植物細胞の分化全能性獲得の分子メカニズム Molecular Mechanism of Totipotency in Plant Cells

研究者氏名 : 岩瀬 哲 Iwase, Akira
受入研究室 : 植物科学研究センター
細胞機能研究ユニット
(所属長 杉本 慶子)

細胞の脱分化は、一度分化した体細胞がより低い分化状態に変化し、再び細胞増殖を再開する過程である。この現象は多細胞生物で広く観られるが、その多くは傷害が引き金となっている。植物細胞の脱分化と再分化を制御する技術は基礎科学および応用科学分野で広く用いられて来たにもかかわらず、この過程の分子レベルでの解析はあまり進んでいない。私はシロイヌナズナを用いたこれまでの研究から、傷害によって発現が誘導され、植物細胞の脱分化（カルス形成）に関与する転写因子 WOUND-INDUCED DEDIFFERENTIATION 1 (WIND1) を見出した。本研究の目的は、WIND1 の上流及び下流因子の探索及びその機能解析を通して、植物細胞の脱分化と分化全能性の再獲得機構の一端を分子レベルで具体的に明らかにしていくことである。

上流因子を探索するために Yeast One Hybrid(Y1H) システムを用いた解析を進めている。初年度の研究から、WIND1 開始コドンの上流 2000bp から 1750bp の間に cis element(s) が存在する事を明らかにした。この 250bp の領域を 3 つタンデムに繋いだ配列を bait とし、シロイヌナズナ転写因子をほぼ網羅するライブラリーを prey として解析を行った。植物培養細胞による一過的遺伝子発現解析系を用いて Y1H で選抜された候補因子の二次、三次スクリーニングを行った。結果として、2 つの転写活性化候補因子と、6 つの転写抑制化候補因子を得ることに成功した。現在これらの因子と細胞の脱分化との関連について解析を行っている。

下流因子探索には 2 つのアプローチを用いている。一つは、デキサメタゾン (DEX) による WIND1 誘導系 - マイクロアレイを用いた手法であり、他方は ChIP-seq 法である。前者ではシクロヘキシミド処理条件下

で DEX 処理区と未処理区を準備し、両者の転写産物を網羅比較することにより、WIND1 の直接下流候補因子をリストアップする事に成功した。この中には、植物幹細胞維持に関わると考えられる転写因子も含まれており大変興味深い。後者では、WIND1-GFP 融合タンパク質を用いた実験系により、近日中に次世代シーケンサーを用いた解析を行う予定である。この際、マイクロアレイ解析で得られた知見を用いて候補因子の絞り込みを行う予定である。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Iwase A., Mitsuda N., Koyama K., Hiratsu K., Kojima M., Arai T., Inoue Y., Seki M., Sakakibara H., Sugimoto K. and Ohme-Takagi M.: “The AP2/ERF transcription factor WIND1 controls cell dedifferentiation in *Arabidopsis*”

Iwase A., Ohme-Takagi M. and Sugimoto K.: “WIND1: A key molecular switch for plant cell dedifferentiation” *Plant Signal Behav.* 6 in press. (2011) *Current Biology*, 21 508-514(2011)

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

岩瀬哲: “Stress and dedifferentiation”, 新学術領域「大地環境変動に対する植物の生存・成長突破力の分子的综合解析」第 22 回若手の会, ホテルウエルシーズン浜名湖, 静岡, 11 月 (2011)

岩瀬哲, 杉本慶子, 高木優: “転写因子 WIND1 は植物細胞の脱分化を制御する” 第 52 回日本植物生理学会年会シンポジウム「オーキシン研究の新展開」, 東北大学, 仙台, (2011)

研究者氏名：門田康弘 Kadota, Yasuhiro

受入研究室：植物科学研究センター

植物免疫研究グループ

(所属長 白須賢)

植物は病原菌の認識に働く免疫レセプターをどのように暴走することなく不活性化状態で保持し、病原菌を認識した時のみ活性化させているのだろうか？ RAR1、SGT1 及び HSP90 を含むシャペロン複合体は免疫レセプターの安定化に重要な役割を担う。この複合体が機能を失うと様々な免疫レセプターが不安定化し、植物は病気に弱くなる。興味深いことに、動物の自然免疫でも同様の免疫レセプターとシャペロン複合体が重要な役割を担うことが報告された。そこで本研究では、動植物共通の免疫レセプター制御機構を分子レベルでの解明を目指す。英国 The Institute of Cancer Research のグループと共同で RAR1-SGT1-HSP90 複合体の X 線結晶解析を行ったところ、RAR1、SGT1 及び HSP90 を含む複合体の立体構造解明に成功した (Mol Cell 誌に発表)。立体構造情報をもとに生化学、分子生物学的解析を行ったところ、RAR1 は SGT1、HSP90 及び免疫レセプターの複合体形成を促進するとともに、HSP90 の ATP 分解活性を促進することで複合体の機能を増強することが分かった。

免疫レセプターの制御に働く新規因子を単離するため、共免疫沈降法により RAR1 及び SGT1 と複合体を形成する因子を探索した。これにより、FKBP52 のホモログである ROF1 (ROTAMASE FKBP 1) が単離された。動物の FKBP52 は HSP90 と結合して動物のホルモン受容体の成熟化に関与することが報告されている。そこで、本年度は ROF1 が病害抵抗性や免疫レセプターに及ぼす影響を調べた。ROF1 の発現を抑制したタバコ植物はタバコモザイクウイルスに対する抵抗性が低下すると共に、ポテトウイルス X を認識する免疫レセプター (Rx) の量が減少していることが分かった。このことから、ROF1 は RAR1、SGT1 および HSP90 と同様に免疫レセプターの安定化に関与することが示唆された。さらに、アラビドプシスの ROF1 欠損株は植物病原細菌に対する抵抗性が低下しており、ROF1 は植物の様々な免疫レセプターの機能及び抵抗性に必要であ

ることが示唆された。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Zhang M. #, Kadota Y. #, Prodromou C., Shirasu K. +, and Pearl LH. +: "Structural basis for assembly of Hsp90-Sgt1-CHORD protein complexes: implications for chaperoning of NLR innate immunity receptors", Mol Cell., 39 269-281 (2010) # These authors contribute equally to this work. + co-corresponding authors. *

Kurusu T., Hamada H., Sugiyama Y., Yagala T., Kadota Y., Furuichi T., Hayashi T., Umemura K., Komatsu S., Miyao A., Hirochika H. and Kuchitsu K.: "Negative feedback regulation of microbe-associated molecular pattern-induced cytosolic Ca(2+) transients by protein phosphorylation.", J Plant Res. in press. *

(総説)

Kadota Y., Shirasu K. and Guerois R.: "NLR sensors meet at the SGT1-HSP90 crossroad", Trends Biochem Sci., 35 199-207 (2010)

門田康弘, 白須賢: "動植物共通の免疫センサーの制御に働く蛋白質複合体", 化学と生物, 学会出版, 印刷中

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

門田康弘, Zhang M, 竹林有理佳, Prodromou C, Guerois R, Pearl LH, 白須賢: "動植物共通の免疫レセプターの安定化に必須な RAR1-SGT1-HSP90 複合体の立体構造及び機能解析" 日本植物生理学会 2009 年度大会, 熊本大学, 3 月 (2010)

門田康弘, Zhang M, 竹林有理佳, Prodromou C, Guerois R, Pearl LH, 白須賢: "抵抗性蛋白質の安定化に必須な RAR1-SGT1-HSP90 複合体の立体構造及び機能解析", 日本植物病理学会 2009 年度大会, 国立京都国際会館, 4 月 (2010)

XXI-026 量子ビームエネルギー依存型プラントミュテーター誘発機構の研究 Study of Quantum Beam Energy Dependent Plant Mutator Mechanism

研究者氏名：風間 裕介 Kazama, Yusuke
受入研究室：仁科加速器研究センター
生物照射チーム
(所属長 阿部 知子)

重イオンビームは γ 線やX線よりも高い線エネルギー付与(LET)をもち、局所的な領域に大きなエネルギーを付与する。理研RIBFでは、LETを22.5から4000 keV/ μ mまで変動させ照射することができる。これまでに、シロイヌナズナの乾燥種子照射で変異効果が最大となるLET(LETmax)が存在することを発見した。LETmaxでは、M₂世代のアルビノ変異体の出現率が3.2%であり、これはX線や γ 線よりも3倍高い。LETmaxはイネの吸水種子照射にも存在することから、植物に共通の現象だと考えられる。突然変異は照射で生じたDNA二重鎖切断を植物が修復した結果生じるため、LETmaxはビームの物理的特性だけでは説明できない。そこで、植物にLETmaxに反応する遺伝子が存在し、それが変異率の上昇に影響を与えるのではないかと考えた。

LETmax 反応遺伝子を探索するため、22.5 keV/ μ m、30 keV/ μ m (LETmax)、61.5 keV/ μ mのビームをそれぞれ照射した種子について吸水後4時間でRNAを精製して発現アレイに供試した。その結果、LETmaxで特異的な発現パターンを示す10個のLETmax 反応遺伝子を同定した。

LETmax 反応遺伝子の欠損変異体における突然変異率を迅速に調べるため、照射当代での検定法を導入した。アルビノ変異の原因遺伝子にT-DNAがヘテロに挿入された系統の種子に重イオンビームを照射した。1対のアルビノ原因遺伝子のうち、1方はT-DNAが挿入され機能欠損している。照射でもう一方の遺伝子に変異が生じると当代で葉にアルビノのセクターとして観察される。セクターが生じた個体の率を変異率とした。野生型バックグラウンドで行ったパイロット実験では30 keV/ μ mで変異率が最大値を示し、本実験系でLETmaxが再現できることを確認した。現在、LETmax 反応遺伝子に加えDNA修復遺伝子の欠損変異体群とアルビノ変異体とを交配し、各変異体バックグラウンドにおける変異率を調査している。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Nishiyama, R., Ishii, K., Kifune, E., Kazama, Y., Nishihara, K., Matsunaga, S., Shinozaki, K. and Kawano, S.: "Sex chromosome evolution revealed by physical mapping of *SIAP3X/Y* in the dioecious plant *Silene latifolia*" *Cytologia*, 75 3: 319-325 (2010)

Koizumi, A., Yamanaka, K., Nishihara, K., Kazama, Y., Abe, T. and Kawano, S.: "Two separate pathways including *SICLV1*, *SISTM* and *SICUC* that control carpel development in a bisexual mutant of *Silene latifolia*" *Plant Cell Physiology* 51 2 282-293 (2010)

Ishii, K., Amanai, Y., Kazama, Y., Ikeda, M., Kamada, H. and Kawano, S.: "Analysis of BAC clones containing homologous sequences on the end of the Xq arm and on chromosome 7 in the dioecious plant *Silene latifolia*" *Genome* 53 4 311-320 (2010)

(原著論文)

Fujiwara, M., Hashimoto, H., Kazama, Y., Hirano, T., Yoshioka, Y., Aoki, S., Sato, N., Itoh, R., Abe, T., : "Dynamic morphologies of pollen plastids visualised by vegetative-specific FtsZ1-GFP in *Arabidopsis thaliana*" *Protoplasma* 242 1-4: 19-33(2010)

(総説)

Kazama, Y. and Matsunaga, S.: "The role of repetitive sequences in the evolution of plant sex chromosomes" In: *New Insights on Plant Sex Chromosomes*. Rafael Navajas-Pérez (ed), Nova Science Publishers, Hauppauge, New York, U. S. A. *in print*.

阿部知子, 風間裕介, 平野智也, "重イオンビーム育種技術の実用化10年" *植物の生長調節* 45 58-63 (2010)

(単行本)

風間裕介, 河野重行, 阿部知子, "マルチ蛍光標識プローブを用いた植物巨大Y染色体の構造解析" 第3回智のシンポジウム: 文明・文化と科学技術 論文集 東京 日本 2010 11「智のシンポジウム」組織委員会 日本 東京 39-42 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Kazama, Y., Ishii, K., Nishihara, K., Torii, C., Aonuma, W., Kawano, S. and Abe, T.: "Molecular Aspects of Sexual Flower Differentiation in the Dioecious Plant *Silene latifolia*" Molecular aspects of plant development 2010 Vienna Austria 2010 2

Kazama, Y., Hirano, T., Ohbu, S., Liu, Y., Hayashi, Y. and Abe, T. "Arabidopsis deletion mutant collection produced by heavy-ion beam irradiation" 21st International Conference on Arabidopsis Research (ICAR 2010) Yokohama Japan 2010 6

(国内学会等)

風間裕介, 石井公太郎, 鳥居千尋, 藤田尚子, 河野重

行, 阿部知子, "重イオンビーム照射で作出した無性花変異体を用いて明らかにする Y 染色体雄性決定領域" 日本植物学会第 74 回大会 春日井 日本 2010 9

風間裕介, 平野智也, 西原潔, 大部澄江, 白川侑希, 林祐子, 阿部知子, "重イオンビーム LETmax の検証とシロイヌナズナ形態変異体ラインの作出" 日本植物形態学会第 22 回総会・大会 春日井 日本 2010 9

風間裕介, 河野重行, 阿部知子, "マルチ蛍光プローブを用いた植物巨大 Y 染色体の構造解析" 第 3 回智のシンポジウム: 文明・文化と科学技術 東京 日本 2010 11

XXI-027 次世代スーパーコンピュータ用超並列多体問題計算コード A Massively Parallel Calculation Code for Many-body Problem for the Next Generation Supercomputer

研究者氏名: 似鳥啓吾 Nitadori, Keigo

受入研究室: 計算科学研究機構

計算分子設計研究グループ

(所属長 泰地 真弘人)

GPU (Graphics Processing Unit) クラスタ上での、並列 Barnes-Hut ツリーコードの高速化に関する研究を行った。既に 2009 年 11 月に同様の研究で ACM ゴードン・ベル賞の価格性能比部門を受賞しているが、本年度は主にノード間通信ネットワークを強化し電力性能比の改善を目指した。その結果、本年度は Honorable Mention (佳作) ではあるが同賞の連続受賞という好成績を収めた。

効率改善のカギとなったのは、主にネットワークをギガビット・イーサネットから SDR インフィニバンドへと換装したことである。このことで前年の 192 ノードから 144 ノードへとノード数が減少したにも関わらず、実効性能とシステムのコストはほぼ変わらなかった。結果電力等の運用コストは削減できたことになる。これだけではただの「お買い物」に聞えるかもしれないが、6 台あるスイッチ間を流れる通信量をできるだけ小さくするようなソフトウェア面での工夫を行いケーブル等のコストを最小限にとどめた点が重要である。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Hamada T. and Nitadori K.: "190 TFlops Astrophysical N-body Simulation on a Cluster of GPUs", SC 2010, 1-9(2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Nitadori K.: "Building a GPU Cluster", GPUTOAST2010, Daejeon, Korea, Dec. (2010)

(国内学会等)

Nitadori K.: "Dancing with NBODY6: The development of a GPU module for NBODY6", CPS Workshop The Use of Computers in Astronomy and Planetary Science, Kobe, Dec. (2010)

XXI-028 磁気リコネクションにともなう磁気拡散機構に関する理論的研究 Theoretical Study of the Dissipation Mechanism in Magnetic Reconnection

研究者氏名：藤本 桂三 Fujimoto, Keizo
受入研究室：基幹研究所
戎崎計算宇宙物理研究室
(所属長 戎崎 俊一)

磁気リコネクションは、プラズマ中で磁力線がつながりかわることによって、磁気エネルギーをプラズマの運動エネルギーに開放する現象であり、地球磁気圏プラズマから、太陽プラズマ、高エネルギー天体プラズマにいたるまで、あらゆる磁化プラズマ中に共通の現象である。磁気リコネクションそのものは、プラズマ中のごく一部の領域で起きる局所的な現象であるにもかかわらず、しばしばグローバルな磁場構造を変えてしまうため、その物理素過程の解明は大規模なエネルギー輸送・プラズマ加速過程を考える上で非常に重要である。しかしながら、高速磁気リコネクションを維持するための磁気拡散機構(電気抵抗生成機構)は未だに解明されておらず、大規模現象をモデル化する上で大きな障壁となっている。本研究では、適合細分化格子(Adaptive Mesh Refinement: AMR)を用いることによってマクロ構造とミクロ構造を同時に扱うことができるプラズマ粒子コードを開発し、ミクロな領域で起きる磁気拡散機構を解明するとともに、それがマクロ構造へ与える影響を調べることを目的としている。

今年度は、前年度に引き続き、MPI(Message Passing Interface)による超並列化を実施した。分散メモリ型の計算機において並列化効率を上げるためには、①プロセス間の通信量および通信回数を減らし、かつ、②プロセス間の負荷バランスを維持する必要がある。まず、通信量(通信回数)を極力減らすために、局所演算のみで構成される差分方程式系を導入した。通常、このスキームは数値ノイズレベルが高いためAMRの適用が困難である。そこで、本研究では、安定な数値粘性スキームを開発しそれを適用することによってこの困難を克服した。次に、プラズマ粒子コードでは、時間発展とともに計算粒子の空間分布が大きく変動するため、一般的に負荷バランスを維持することが困難である。それに対し、本研究では、計算の進行にあわせて各プロセスが分担する計算領域を動的に変化させ、プロセス当たりの粒子数を制御する手法(適合ブロック法)を開発

することでこの問題を解決した。以上の改善により、AMRを用いた高性能超並列粒子コードの開発に成功し、磁気リコネクションのテストシミュレーションに対して並列化率99.8%を達成した。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Fujimoto K.: "Dissipation mechanism in 3D collisionless magnetic reconnection", Journal of Physics: Conference Series, in press*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Fujimoto K.: "Dissipation mechanism in 3D magnetic reconnection", West Lake International Symposium on Space Plasma Physics, Hangzhou, China, Apr. (2010)

Fujimoto K.: "Dissipation mechanism in 3D collisionless magnetic reconnection", International Congress on Plasma Physics, Santiago, Chile, Aug. (2010)

Fujimoto K.: "Dissipation mechanism in 3D magnetic reconnection", US-Japan Workshop on Magnetic Reconnection, Nara, Japan, Dec. (2010)

(国内学会等)

藤本 桂三: "Massively parallel computing of electromagnetic particle-in-cell model using adaptive mesh and adaptive block: Part 1", 第128回地球電磁気・地球惑星圏学会, 沖縄県那覇市, 11月(2010)

XXI-029 超高頻度原子核反応からの電子対測定によるハドロン質量起源の解明

Study on the Origin of Hadron Mass through Measurements of Electron Pairs from Ultra-High-Frequency Nuclear Interactions.

研究者氏名 : 青木 和也 Aoki, Kazuya

受入研究室 : 仁科加速器研究センター
延興放射線研究室
(所属長 延興 秀人)

原子核という高密度環境における ϕ 中間子の質量変化を測定することで、ハドロン質量起源を解明する。J-PARCの1次陽子ビームを原子核ターゲットに照射し、生成した ϕ 中間子を電子陽電子対崩壊を用いてとらえる。ターゲット中で崩壊した確率の高い、遅い ϕ 中間子をとらえるための大立体角スペクトロメータを建設する。(J-PARC E16 実験)。

私は前年に引き続き、E16 実験の電子識別の要となる新型チェレンコフ検出器、ハドロン・ブラインド検出器(HBD)の開発に取り組んでいる。HBDは、 CF_4 ガスを「チェレンコフ放射体」兼「電子増幅ガス」として用い、CsI蒸着GEMを「光電面」兼「電子増幅装置」として用いる。GEMは2段とし、多段電子増幅を行う。前年度までにチェレンコフ検出器としての動作させることには成功しているが、観測された光電子数が5~6個と十分でなく、目標の~22個に及ばなかった。この原因としては光電面感度の不足とガス純度の不足があげられる。真空紫外成分を検出できる事が重要であるが、酸素や水分はその紫外光を吸収してしまう為に、ガスの純度も重要になる。

前年度に用意した、外注による光電面は感度が十分でなかった。そこで自ら使用現場である実験室で蒸着を行い、蒸着速度や厚み・蒸着後の取り扱いをコントロールすることで、実験室で測定可能な範囲においては、より高い感度を持つ光電面を得る事に成功した。しかしながら、光電面の感度について実験室で測定できる波長領域は限られており、最終的な性能評価の為には電子ビームによるテストが必要である。今年度末にテストを予定している。

ガス純度の不足に対する対処法としては、チェンバーの構造を見直し、気密性を高める構造に設計変更した。製作済みチェンバーの漏れを、超高真空装置の漏れ検出にも使用されるヘリウムガスリーク検出器を使用して調べ、対策箇所を特定、新設計でまず読み出し面部を再製作し、漏れの軽減に成功した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Aoki K., et al.: "A development of HBD for the J-PARC E16 experiment", Nucl. Instrum. Meth. A, doi: 10.1016/j.nima.2010.06.340 (2010), in press*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Aoki K., et al.: (Poster) "A development of HBD for the J-PARC E16 experiment", Vienna, Austria, Feb 2010.

(国内学会等)

青木和也: "J-PARC E16 実験の為の、ハドロン・ブラインド検出器の開発", 日本物理学会秋季大会, 九州工業大学, 9月(2010)

Aoki, K.: "J-PARC E16 experiment", Hadron Square, Ibaraki, Japan, Jun. 2010.

SCRIT (自己閉じ込め型不安定核標的) による 不安定核電子散乱実験

Electron scattering experiment for unstable nuclei using the SCRIT

研究者氏名 : 宮下 裕次 Miyashita, Yuji
 受入研究室 : 仁科加速器研究センター
 RI・電子散乱装置開発チーム
 (所属長 若杉 昌徳)

電子散乱実験は原子核の荷電分布や大きさ、形状の情報を与え原子核構造を精密に議論する事が出来る。この実験を不安定核に適用することは、不安定核の核構造を明らかにするために大変重要である。しかしながら、通常の電子散乱実験において標的に必要な原子核数は 10^{20} 個以上と膨大な量であり、核反応で生成される不安定核ではあまりに生成量が少なく不安定核の電子散乱実験はこれまでに全く行われていない。そこで、理研・実験装置開発室では SCRIT(自己閉じ込め型不安定核標的)法と呼ばれる新しい実験手法を開発した。この手法は、電子散乱のための電子ビーム自身が作る空間電荷効果の影響を利用し、標的になる不安定核イオンを電子ビームの周回軌道上に捕獲する事を原理とする。これを用いる事で生成量の少ない不安定核においても電子散乱実験を可能にする。

現在は、不安定核の電子散乱実験のための電子蓄積リング及び SCRIT 装置のコミッショニングが進められている。2010 年夏の段階では電子ビームの蓄積電流値は 400mA を達成し、電子散乱実験に必要な電子加速器の準備は整いつつある。SCRIT 装置は電子蓄積リング直線部に導入され、現在安定核イオンを用いた SCRIT 装置へのイオンビーム輸送試験や SCRIT 装置の運転試験が行われている。SCRIT 装置では電子散乱実験のために供給するイオンの他に蓄積リング内の残留ガスをイオン化し捕獲してしまう。この捕獲されたイオンの質量分析をするために、ExB 型の質量分離装置と 44 台のチャンネルトロンを用いた小型の質量分離装置を製作、導入した。

また 2010 年には、SCRIT 装置及びイオン輸送装置の全ての静電電極用電源の制御、磁石用電源の制御、真空モニター、電流モニター等を、に対して PXI バスを用いた制御システムを構築した。また、装置のパルス制御にあたるタイミング回路を、FPGA を用いて構築した。300 を超える制御点は、

装置とは別に置かれた制御室上の PC から遠隔操作で制御され、また全ての制御点のデータは 1 分毎にログとして HDD 上へ記録するように設計した。これらのシステムは既にイオンの輸送試験に使われている。

2011 年からは、電子散乱のための不安定核供給装置である ISOL(同位体分離装置)の導入が始まる。電子蓄積リングの入射加速器であるマイクロトロンからの電子ビームを ISOL のウラン標的へ照射する事で光核分裂反応を引き起こし、不安定核を生成する装置である。FEBIAD 型のイオン源を導入し ^{132}Sn に対し 3×10^9 ion/sec の生成収量を得る。

これらの開発を進め、不安定核を標的とした電子散乱実験による荷電分布測定を行い、中性子過剰不安定核の核構造の議論を行う。

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

Miyashita Y., "Construction Status of the RIKEN Electron Accelerators(SR2) and SCRIT equipments", International Workshop on "Physics with Stopped and Slow Radioisotope Beams (SSRI)", 東京, 2010 3]

XXI-031 **Mg 同位体の励起状態の磁気モーメント測定による核構造研究**
Study of Nuclear Structure for Mg Isotopes via Measurement of Magnetic
Moment in Excited States

研究者氏名 : 市川 雄一 Ichikawa, Yuichi
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
実験装置開発室
偏極 RI ビーム生成装置開発チーム
(所属長 上野 秀樹)

本研究では、短寿命の不安定偶々核の第一 2^+ 励起状態に対して Transient-Field 法 (TF 法) を適用し、核磁気モーメントの測定を行う。そして核磁気モーメントの値から中性子過剰領域における「Island of Inversion」と呼ばれる異常核構造の発現機構を明らかにすることを目的とする。

本年度は、「Island of Inversion」近傍核 ^{32}Al を対象として、寿命が 200ns と比較的長いアイソマー励起状態の磁気モーメント測定実験を行った。本実験には前年度に開発した時間微分摂動角分布法 (TDPAD 法) のためのガンマ線測定装置を使用した。本実験の意義は主に二つ挙げられる。高いスピンの整列度の RI ビームを生成するための新手法 (分散整合二回散乱法) を開発すること、そしてその高スピン整列 ^{32}Al 核に対して TDPAD 法によりアイソマー励起状態の磁気モーメントを測定すること、である。

本実験における分散整合二回散乱法では、第一次反応として一次ビーム ^{48}Ca から ^{33}Al を生成した。二次反応では、分散整合焦点面において一核子抜け反応により ^{33}Al から ^{32}Al を生成した。ここで分散整合条件を取ることによってスピン整列度を保持したまま運動量分散の再集約による効率的な収量増加を達成できる。この分散整合二回散乱法により、本実験では ^{32}Al のアイソマー状態に対しておよそ 9% のスピン整列度を得ることに成功した。今回開発した分散整合二回散乱法は、RIBF 施設の BigRIPS ビームラインの特性を最大限に有効利用したものであり、従来の一回散乱による不安定核生成では大きなスピン整列度を得ることができないような核図表のあらゆる領域に対して普遍的に有効な手法である。本手法により、今後 RIBF により発見されていくであろう数多くの新同位体アイソマー励起状態に対して磁気モーメントの測定、そして磁気モーメントを通じた広範な領域の核構造研究が可能になると期待される。

本実験ではさらに、上記の分散整合二回散乱法によって生成したスピン整列 ^{32}Al に対して TDPAD 法を適用し、磁気モーメントを決定した。得られた値と理論値との比較を通じた「Island of Inversion」近傍における核構造の議論は現在進行中である。

本年度行った研究により、前年度開発した TDPAD 装置の有効性は確認することができたので、次年度は本装置を、目的とする偶々核第一励起 2^+ 状態などさらに短寿命の励起状態に対しても適用すべく、実験装置の改良、TF 法の開発を行っていく予定である。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Ichikawa Y., Onishi T. K., Suzuki D., Iwasaki H., Naik V., Kubo T., Chakrabarti A., Aoi N., Brown B. A., Fukuda N., Kubono S., Motobayashi T., Nakabayashi T., Nakao T., Okumura T., Ong H. J., Suzuki H., Suzuki M. K., Teranishi T., Yamada K., Yamaguchi H. and Sakurai H. : "Proton-rich nuclear structure and mirror asymmetry investigated by β -decay spectroscopy of ^{24}Si ", Journal of Physics : Conference Series, 312, 092031, 1-6 (2011)

Ichikawa Y., Onishi T. K., Suzuki D., Iwasaki H., Naik V., Kubo T., Chakrabarti A., Aoi N., Brown B. A., Fukuda N., Kubono S., Motobayashi T., Nakabayashi T., Nakao T., Okumura T., Ong H. J., Suzuki H., Suzuki M. K., Teranishi T., Yamada K., Yamaguchi H. and Sakurai H. : "Mirror asymmetry investigated by β decay of proton-rich ^{24}Si ", Modern Physics Letters A, Vol. 25, Nos. 21-23, 1895-1898 (2010)

Ichikawa Y., Onishi T. K., Suzuki D., Iwasaki H., Naik V., Kubo T., Chakrabarti A., Aoi N., Brown B. A., Fukuda N., Kubono S., Motobayashi T., Nakabayashi T., Nakao T., Okumura T., Ong H. J., Suzuki H., Suzuki M. K.,

Teranishi T., Yamada K., Yamaguchi H. and Sakurai H. : “Mirror asymmetry for B(GT) of ^{24}Si induced by Thomas-Ehrman shift”, AIP Conference Proceedings, 1238, 290-293 (2010)

Ichikawa Y., Onishi T. K., Suzuki D., Iwasaki H., Naik V., Kubo T., Chakrabarti A., Aoi N., Brown B. A., Fukuda N., Kubono S., Motobayashi T., Nakabayashi T., Nakao T., Okumura T., Ong H. J., Suzuki H., Suzuki M. K., Teranishi T., Yamada K., Yamaguchi H. and Sakurai H. : “Gamow-Teller transition of proton-rich nucleus ^{24}Si ”, AIP Conference Proceedings, 1235, 265-269 (2010)

(総説)

市川雄一 : “陽子過剰核 ^{24}Si のベータ崩壊とその鏡映対称性”, 原子核研究, 第55巻, 第1号, 第33-42頁, 2010年9月

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Ichikawa Y., Onishi T. K., Suzuki D., Iwasaki H., Naik V., Kubo T., Chakrabarti A., Aoi N., Brown B. A., Fukuda N., Kubono S., Motobayashi T., Nakabayashi T., Nakao T., Okumura T., Ong H. J., Suzuki H., Suzuki M. K., Teranishi T., Yamada K., Yamaguchi H. and Sakurai, H. : “Proton-rich nuclear structure and mirror asymmetry investigated by β -decay spectroscopy of ^{24}Si ”, The 24th International Nuclear Physics Conference (INPC) 2010, Vancouver, Canada, July 4-9 (2010)

Ichikawa Y., Ueno H., Furukawa T., Ishii Y., Yoshimi A., Kameda D., Watanabe H., Aoi H., Asahi K., Balabanski D. L., Chevrier R., Daugas J. M., Fukuda N., Georgiev G., Hayashi H., Iijima H., Inabe N., Inoue T., Ishihara M., Kubo T., Nanao T., Ohnishi T., Suzuki K., Tsuchiya T., Takeda H. and Rajabali M. M.: “g-factor measurement for isomeric state of ^{32}Al using two-step fragmentation reaction with dispersion matching”, GCOE International Summer School, Hadrons and Nuclei under Extreme Conditions (HANEC2010), Tokyo, Japan, September 16-17 (2010)

Ichikawa Y., Ueno H., Furukawa T., Ishii Y., Yoshimi A., Kameda, D. Watanabe H., Aoi H., Asahi K., Balabanski D. L., Chevrier R., Daugas J. M., Fukuda N., Georgiev G., Hayashi, H., Iijima H., Inabe N., Inoue T., Ishihara

M., Kubo T., Nanao T., Ohnishi T., Suzuki K., Tsuchiya T., Takeda H. and Rajabali M. M.: “Production of spin-aligned RI beam via two-step fragmentation reaction with dispersion matching”, University of Aizu-JUSTIPEN-EFES Symposium on “Cutting-Edge Physics on Unstable Nuclei”, Japan, November 10-13 (2010)

(国内学会等)

市川雄一, 大西健夫, 鈴木大介, 岩崎弘典, 久保敏幸, V. Naik, A. Chakrabarti, 青井考, B. A. Brown, 福田直樹, 久保野茂, 本林透, 中林彩, 中村隆司, 中尾太郎, 奥村俊文, H. J. Ong, 鈴木宏, 鈴木賢, 寺西高, 山田一成, 山口英斉, 櫻井博儀: “陽子過剰核 ^{24}Si のベータ崩壊とその鏡映対称性”, 日本物理学会 2010年秋季大会, 北九州, 2010年9月

市川雄一, 上野秀樹, 古川武, 石井裕司, 吉見彰洋, 亀田大輔, 渡邊寛, 青井考, 旭耕一郎, D. L. Balabanski, R. Chevrier, J. M. Daugas, 福田直樹, G. Georgiev, 林宏憲, 飯島裕章, 稲辺尚人, 井上壮志, 石原正泰, 久保敏幸, 七尾翼, 大西哲哉, 鈴木都文, 土屋真人, 竹田浩之, M. M. Rajabali: “分散散整合二回散乱法による核スピン整列RIビームの生成”, 日本物理学会 2010年秋季大会, 北九州, 2010年9月,

市川雄一, 上野秀樹, 古川武, 石井裕司, 吉見彰洋, 亀田大輔, 渡邊寛, 青井考, 旭耕一郎, D. L. Balabanski, R. Chevrier, J. M. Daugas. 福田直樹, G. Georgiev, 林宏憲, 飯島裕章, 稲辺尚人, 井上壮志, 石原正泰, 久保敏幸, 七尾翼, 大西哲哉, 鈴木都文, 土屋真人, 竹田浩之, M. M. Rajabali: “分散散整合二回散乱法による核スピン型列RIビームの生成II”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟, 2011年3月(震災で大会中止のためオンライン発表)

研究者氏名：衛藤 稔 Eto, Minoru
受入研究室：仁科加速器研究センター
橋本数理物理学研究室
(所属長 橋本 幸士)

自然界には様々な対称性が存在する。物理現象の本質を理解したいと欲するとき、対称性に目を向けその役割を正しく理解することがしばしば重要になる。対称性は系が安定な状態に遷移する過程でしばしば自発的に破られる。これを対称性の自発的破れという。空間的または時間的に異なる点で対称性の破れ方が異なると、そこに位相欠陥（位相的ソリトン）が発生する。このソリトンが様々な役割を果たす。また対称性や対称性の自発的破れという概念はスケールに依存しないので、極微の素粒子から極大の宇宙まで様々な系において本質的な役割を果たす。

今期に私が行った研究はソリトンの中でもボルテックス（渦）に関するものである。第一は超対称性ゲージ理論における BPS クラスに属する non-Abelian ボルテックスのモジュライ空間の解析である。Non-Abelian ボルテックス一個が $SU(N)$ 群の基本表現に属するという性質を発展させ、一般に k 個のボルテックスが集合した特殊な場合を考え、その集団が $SU(N)$ のどの表現に属するかということをやング関などを用いて理解できることを示し、さらにその解に対応するモジュライ空間の部分空間がなすケーラー多様体の計量を導き出す一般公式を求めた。第二は $2+1$ 次元の非可換ゲージ理論における BPS クラスに属するソリトンのモジュライ空間の解析である。特に Chern-Simons 型ゲージ理論の non-Abelian ソリトンのモジュライ空間をモジュライ行列法によって調べ尽くした。Chern-Simons 型ゲージ理論は Yang-Mills 型ゲージ理論とかなり異なり、そこに存在するソリトンも今まで良く調べられているものとはかなり異なる性質を持つことが明らかになり、更なる研究を続けているところである。第三は多成分超伝導に存在する超伝導ボルテックスに関する研究である。多成分超伝導には内在ジョセフソン結合による相互作用項がボルテックス間に興味深い相互作用を誘発する。多成分超伝導状態で 3 個のボルテックスを離しておく、ボルテックス間にド

メインウォールがくっ付き、それが糊となって 3 個のボルテックスが分子となる。そのとき、ドメインウォールが Y 型になるかまたは Δ 型になるかというのが問題になるが、この研究で数値計算により Y 型になることが明らかになった。超伝導はクォークの閉じ込めを理解する上で非常に重要であり、この研究で明らかにしたボルテックス 3 個の分子はバリオンに相当する。超伝導のアイデアを素粒子に応用するのは現在では常套手段となっており、ここで得られた新しい超伝導の性質もクォークの閉じ込め問題を明らかにする鍵となる可能性がある。物性・素粒子の両面から興味を持って研究を続けている。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Journal (in English or non-Japanese) Eto M, Fujimori T, Gudnason S. B, Jiang Y, Konishi K, Nitta M, Ohashi K, "Group theory of non-Abelian vortices" JHEP 1011, 042 (2010)

Journal (in English or non-Japanese) Eto M, Gudnason S. B, "Zero-modes of non-Abelian solitons in three dimensional gauge theories" Journal of Physics A (査読中)

Journal (in English or non-Japanese) Nitta M, Eto M, Fujimori T, Ohashi K, "Baryonic bound state of vortices in multicomponent superconductors" Physical review Letter (査読中)

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

国内会議 高密度 QCD のカラー超伝導ボルテックスの最近の発展について 衛藤 稔 場の理論と超弦理論の最先端 京都 日本 2010 7

国内会議 非可換 Chern-Simons ソリトンのゼロモードについて 衛藤 稔 日本物理学会 九州工業大学 日本 2010 9

XXI-033 不安定中重核におけるクラスターの相関と低エネルギー核反応
Cluster Correlations in Unstable Medium- and Heavy-Weight Nuclei and
Low-Energy Nuclear Reactions

研究者氏名 : 谷口 億宇 Taniguchi, Yasutaka
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
中務原子核理論研究室
(所属長 中務 孝)

^{42}Ca や ^{40}Ar の励起状態の変形やクラスター相関について研究を行った。 ^{42}Ca には低励起状態に3つの変形状態があり、 α - ^{36}Ar クラスター構成成分を含む状態が存在することと、 ^{40}Ar の超変形状態は非軸対称変形をしていることを示した。

原子核は励起により多彩に構造が変化し、低励起状態だけでさえ様々な構造が共存する。それらの構造を統一的に理解し、原子核の性質を明らかにするのが原子核物理学の目的の一つである。p 殻領域ではクラスター相対運動が低励起状態の構造の主要な自由度であるのに対し、重い領域では変形や振動の効果が大きくなるとされている。質量数 40 領域においては、そのどちらの自由度の重要であることが最近分かってきており、クラスター相対運動と変形や振動を統一的に扱うことが重要である。

今年度は、 ^{42}Ca と ^{40}Ar の低励起状態について研究した。

(1) ^{42}Ca の低励起状態の多様な変形状態の共存

^{42}Ca には励起状態に3種類の異なる粒子空孔配位の変形状態が存在することがわかった。2種類の変形状態について、 α - ^{36}Ar クラスター構成成分が多く含まれていることや粒子空孔配位などが実験結果と一致した。もう1種類は未発見の大きく変形した状態であった。それぞれの状態は、陽子と中性子がそれぞれ変形を好む粒子空孔状態の組み合わせで理解できる。これは、陽子と中性子の数の違いが励起状態の多様性を生むことを示している。これまで質量数 40 領域では陽子数と中性子数が等しい核を中心にして変形状態が発見されてきたが、今後は異なる核について重点的に調べる必要がある。

(2) ^{40}Ar の非軸対称超変形状態

最近発見された ^{40}Ar の超変形状態を再現し、その状態は非軸対称変形していることを示した。粒子空孔配位は、陽子が軸対称変形を、中性子が大きな非軸対称変形を好むものであり、全系の非軸対称度

はそれらの競合から決まっていることを示した。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Taniguchi Y., Kanada-En'yo Y, Kimura M, Ikeda K, Horiuchi H, and Ideguchi E: "Triaxial superdeformation in ^{40}Ar ", *Physical Review C*, 82, 011302(R) (2010) *

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Taniguchi Y.: "Various deformed states and clustering in ^{42}Ca ", University of Aizu-JUSTIPEN-EFES Symposium on "Cutting-Edge Physics of Unstable Nuclei", Aizu, Japan, Nov. (2010)

Taniguchi Y., Kimura M., Kanada-En'yo Y. and Horiuchi H.: "Clustering correlations and triaxiality in sd-shell region", 2nd Workshop on "State of the Art in Nuclear Cluster Physics" (SOTANCP2), Bruxelles, Belgium, May (2010)

(国内学会等)

谷口億宇, 延与佳子: "断熱近似核間ポテンシャルと低エネルギー核融合断面積", 大振幅集団運動の微視的理論, 京都市, 10月(2010)

谷口億宇: "Ar 同位体の超変形状態の非軸対称性", 日本物理学会秋季大会, 北九州市, 9月(2010)

谷口億宇: "Cluster correlations and triaxiality", 少数粒子系物理の現状と今後の展望, 福岡市, 8月(2010)

研究者氏名：日野原 伸生 Hinohara, Nobuo

受入研究室：仁科加速器研究センター

中務原子核理論研究室

(所属長 中務 孝)

原子核の低励起集団状態では、四重極変形の自由度が本質的な役割を果たす。この自由度を取り入れたモデルとして、Bohr-Mottelson 型の四重極集団 Hamiltonian がよく知られている。近年密度汎関数によってこの Hamiltonian のポテンシャル項の微視的な計算が進んでいるのに対し、そのダイナミクスを記述する慣性質量は、広くクランキング近似したものが使われている。クランキング近似の範囲では平均場の時間反転に対して符号を変える time-odd 項からの寄与が取り扱われておらず、実際の原子核大振幅集団低励起ダイナミクスにおけるその役割が明らかではなかった。平成 21 年度に定式化した拘束 Hartree-Fock-Bogoliubov 法、局所準粒子 RPA 理論 (CHFB+LQRPA) によって、平均場の time-odd 項からの寄与を含む慣性質量を微視的に計算することが可能となった。本研究ではこの理論を用いて以下の現象における大振幅ダイナミクスの議論を行った。

(1) sd シェルは集団変形が起こる最も軽い質量領域であり、変形魔法数に伴って多様な変形状態が現れることが知られている。 ^{24}Mg , ^{26}Mg , ^{24}Ne , ^{28}Si の軸対称、非軸対称変形の大振幅集団ダイナミクスの分析を行った。プロレート変形した ^{24}Mg やオブレート変形した ^{28}Si の基底回転バンドや β 、 γ 振動をよく再現することができた。 ^{26}Mg や ^{24}Ne は異なった陽子数・中性子数からなり、陽子と中性子の競合により非軸対称変形方向に不安定となるが、集団状態における大振幅非軸対称変形ダイナミクスを議論した。また、四重極遷移行列要素における中性子と陽子の寄与を分析し、非軸対称方向の大振幅集団運動によって陽子の行列要素の抑制が起こっている遷移があることを示した。

(2) 中性子過剰 Mg 同位体は island of inversion と呼ばれる変形の発達を示唆される領域に位置しており、その構造およびダイナミクスの解明が重要な課題である。Skyrme 相互作用に基づき微視的 Hamiltonian を決定した結果、 ^{30}Mg から ^{36}Mg にかけて、実験で

これまでに得られているイラスト状態の性質を非常によく再現することに成功した。中性子数の増加に伴い、球形からプロレート変形への構造変化が見られ、特に中間に位置する ^{32}Mg ではポテンシャル曲面は球形とプロレート変形の変形共存を示し、基底状態で二つの変形状態が混ざり合うことが示された。基底状態の変化に伴い、励起 0^+ 状態においても、変形の混合が β 振動へと変化することが示された。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Hinohara N. and Kanada-En'yo Y.: "Triaxial quadrupole deformation dynamics in sd -shell nuclei around ^{26}Mg ", Phys. Rev. C, submitted*

Hinohara N. and Sato K., Nakatsukasa T., Matsuo M. and Matsuyanagi K.: "Microscopic description of large-amplitude shape-mixing dynamics with inertial functions derived in local quasiparticle random-phase approximation", Phys. Rev. C 82, 064313 (2010)*

(その他)

Hinohara N., Sato K., Nakatsukasa T. and Matsuo M.: "Large-amplitude quadrupole collective dynamics of shape coexistence phenomena in proton-rich Se and Kr isotopes", AIP Conf. Proc. 1238, 286-289 (2010)

Hinohara N., Sato K., Nakatsukasa T. and Matsuo M.: "Microscopic derivation of five-dimensional collective Hamiltonian of large-amplitude quadrupole motion: application to shape coexistence in proton-rich Se isotopes", AIP Conf. Proc. 1235, 96-100 (2010)

Hinohara N., Sato K., Nakatsukasa T. and Matsuo M.: "Microscopic approach to adiabatic large-amplitude quadrupole collective dynamics in Se isotopes", Mod. Phys. Lett. A25, Nos. 21-23, 1796-1799, (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Hinohara N.: "Microscopic description of large-amplitude

shape dynamics in neutron-rich Mg isotopes”, 2nd EMMI-EFES Workshop on Neutron-Rich Nuclei (EENEN 10), Wako, Japan, Jun. (2010)

Hinohara N.: “Local QRPA vibrational and rotational inertial functions for large-amplitude quadrupole collective dynamics”, Zakopane Conference on Nuclear Physics Extremes of the Nuclear Landscape, Zakopane, Poland, Aug. (2010)

Hinohara N.: “Large-amplitude shape mixing dynamics with local QRPA inertial functions”, University of Aizu-JUSTIPEN-EFES Symposium “Cutting-Edge Physics of Unstable Nuclei”, Aizuwakamatsu, Japan, Nov. (2010)

Hinohara N.: “Microscopic description of large-amplitude shape-mixing dynamics with local QRPA inertial functions”, International Symposium New Faces of Atomic Nuclei, Onna, Japan, Nov. (2010)

(国内学会等)

日野原伸生, 佐藤弘一, 中務孝, 松尾正之, 松柳研一: “中性子過剰 Mg 核の大振幅変形ダイナミクスの微視的記述”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 北九州, 9 月 (2010)

日野原伸生: “断熱的自己無撞着集団座標法による集団経路の抜き出し”, 基研研究会「大振幅集団運動の微視的理論」, 京都, 10 月 (2010)

XXI-036

荷電交換反応を用いた中性子過剰核の スピン軌道ポテンシャルの研究

Study of Spin-Orbit Potential in Neutron-rich Nuclei via Charge Exchange Reaction

研究者氏名: 坂口 聡志 Sakaguchi, Satoshi

受入研究室: 仁科加速器研究センター

櫻井 RI 物理研究室

(所属長 櫻井 博儀)

陽子数と中性子数のアンバランスな不安定核の生成技術の進歩に伴い、いくつかの中性子過剰核が異常に大きな物質半径を持つことが見出された。中性子過剰核の表面には、厚い中性子の層（中性子スキン・ハロー）が存在すると推察されている。この中性子スキンの厚さは、中性子過剰な核物質の性質を表わす最も重要な量のひとつと示唆されており、大きな注目を集めている。安定核の中性子スキン厚は、電子散乱及び陽子弾性散乱を用いた陽子分布・中性子分布の測定から決定されてきた。一方、不安定核の中性子スキンの厚さは未だ測定されていない。その原因は、不安定核に対する電子散乱の測定が困難なためである。

そこで本研究では (p, n) 荷電交換反応による荷電類似状態 (IAS 状態) への遷移 (以下では (p, n) IAS 反応) に着目した。アイソスピン対称性の下、IAS 状態は標的核の基底状態と同じ波動関数を持つため、この反応は通常陽子弾性散乱と等価である。(p, n) IAS 反応には光学ポテンシャルのアイソベクトル成分が寄与を果たすため、測定量からその成分を決定することができる。特に、スピン軌道ポテン

シャルのアイソベクトル成分は符号すら未知である。さらに、光学ポテンシャルのアイソベクトル成分は、標的核のアイソベクトル密度分布 (= 陽子分布と中性子分布の差) と強く関係しているため、(p, n) IAS 反応は中性子スキン厚に敏感であると期待される。

本年度は、密度分布や中性子スキン厚の知られた安定核を対象とし、手法の開発を進めた。阪大核物理研究センターにおいて、170 MeV の偏極陽子ビームによる 116, 124Sn (p, n) IAS 反応の微分散乱断面積・偏極分解能を角度領域 0 - 15 度の範囲で測定した。高分解能中性子検出器 NPOL3 を用いることで 350 keV のエネルギー分解能を達成し、従来得ることが困難であった 150 MeV 以上のエネルギーにおける (p, n) IAS 反応のデータを高精度で測定することができた。現在、錫同位体の既知の密度分布を用いて、微分断面積の運動量移行依存性 (勾配) とアイソベクトル密度分布を関係づけるための理論的解析を進めている。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Sakaguchi S., Iseri Y., Uesaka T., Tanifuji M., Aoi N., Hashimoto Y., Hiyama E., Ichikawa M., Ichikawa Y., Ishikawa S., Itoh K., Itoh M., Iwasaki H., Kawabata T., Kawahara T., Kuboki H., Maeda Y., Matsuo R., Nakao T., Okamura H., Sakai H., Sasamoto Y., Sasano M., Sato Y., Sekiguchi K., Shinohara M., Suda K., Suzuki D., Takahashi Y., Tamii A., Wakui T., Yako K., Yamaguchi M. and Yamamoto Y.: “Analyzing power in elastic scattering of 6He from polarized proton target at 71 MeV/nucleon”, *Phys. Rev. C*, 84, 024604 (2011)

Uesaka T., Sakaguchi S., Iseri Y., Amos K., Aoi N., Hashimoto Y., Hiyama E., Ichikawa M., Ichikawa Y., Ishikawa S., Itoh K., Itoh M., Iwasaki H., Karataglidis S., Kawabata T., Kawahara T., Kuboki H., Maeda Y., Matsuo R., Nakao T., Okamura H., Sakai H., Sasamoto Y., Sasano M., Sato Y., Sekiguchi K., Shinohara M., Suda K., Suzuki D., Takahashi Y., Tanifuji M., Tamii A., Wakui T., Yako K., Yamaguchi M. and Yamamoto Y.: “Analyzing power for proton elastic scattering from the neutron-rich 6He nucleus”, *Phys. Rev. C*, 82, 021602(R) (2010) *

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Sakaguchi S., Uesaka T., Wakui T., Kawabata T., Aoi N., Hashimoto Y., Ichikawa Y., Itoh K., Itoh M., Iwasaki H., Kawahara T., Kondo Y., Kuboki H., Maeda Y., Miki K., Nakamura T., Nakao T., Nakayama Y., Noji S., Okamura H., Sakai H., Sasamoto Y., Sasano M., Sato Y., Sekiguchi K., Shinohara M., Suda K., Suzuki D., Takahashi Y., Tamii A., Yako K. and Yamaguchi M. “Elastic Scattering of Neutron-rich Helium Isotopes from Polarized Protons” EFES-Iowa mini workshop on the ab initio Monte Carlo Shell Model, Iowa State University, 2(2010).

Sakaguchi S., Uesaka T., Wakui T., Kawabata T., Aoi N., Hashimoto Y., Ichikawa Y., Itoh K., Itoh M., Iwasaki H., Kawahara T., Kondo Y., Kuboki H., Maeda Y., Miki K., Nakamura T., Nakao T., Nakayama Y., Noji S., Okamura H., Sakai H., Sasamoto Y., Sasano M., Sato Y., Sekiguchi K., Shinohara M., Suda K., Suzuki D., Takahashi Y., Tamii A., Yako K. and Yamaguchi M.

“Elastic Scattering of Neutron-rich Helium Isotopes from Polarized Protons” ICHOR-EFES International Symposium on New Facet of Spin-Isospin Responses (SIR2010), University of Tokyo, 2(2010).

Sakaguchi S., Uesaka T., Wakui T., Kawabata T., Aoi N., Hashimoto Y., Ichikawa Y., Itoh K., Itoh M., Iwasaki H., Kawahara T., Kondo Y., Kuboki H., Maeda Y., Miki K., Nakamura T., Nakao T., Nakayama Y., Noji S., Okamura H., Sakai H., Sasamoto Y., Sasano M., Sato Y., Sekiguchi K., Shinohara M., Suda K., Suzuki D., Takahashi Y., Tamii A., Yako K. and Yamaguchi M. “Elastic Scattering of Neutron-rich Helium Isotopes from Polarized Protons at 71 MeV/A” The 24th International Nuclear Physics Conference (INPC2010), TRIUMF, 7(2010).

Sakaguchi, S., Uesaka, T., Wakui, T., Kawabata, T., Aoi, N., Hashimoto, Y., Ichikawa, Y., Itoh, K., Itoh, M., Iwasaki, H., Kawahara T., Kondo Y., Kuboki H., Maeda Y., Miki K., Nakamura T., Nakao T., Nakayama Y., Noji S., Okamura H., Sakai H., Sasamoto Y., Sasano M., Sato Y., Sekiguchi K., Shinohara M., Suda K., Suzuki D., Takahashi Y., Tamii A., Yako K. and Yamaguchi M.: “Vector analyzing power measurement for proton elastic scattering from neutron-rich helium isotopes” The Symposium of 25th Anniversary of the Discovery of Halo Nuclei (Halo2010), Hayama, Japan, 12(2010).

(国内学会等)

坂口 聡 志 : “Elastic Scattering of Neutron-rich Helium Isotopes from Polarized Protons”, 原子核理論セミナー, 法政大学, 6月 (2010)

坂口聡志: “中性子過剰ヘリウム同位体における陽子弾性散乱の偏極分解能測定”, 不安定核や高運動量移行を用いた核反応機構の研究, 大阪大学核物理研究センター, 8月 (2010)

坂口聡志: “170MeVにおける $116, 120\text{Sn}$ のアイソスピン一般化陽子弾性散乱”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 九州工業大学, 9月 (2010)

**高空間分解能半導体コンプトンカメラの
「複数核種同時」3D分子イメージングへの応用**
Application of Semiconductor Compton Camera to in-vivo Simultaneous
3D Imaging of Multi RI-Labeled Molecular Probes

研究者氏名：武田伸一郎 Takeda, Shin'ichiro
受入研究室：分子イメージング科学研究センター
複数分子イメージング研究チーム
(所属長 榎本 秀一)

平成22年度前期は、これまで理研の所属研究室が開発を進めてきたGe半導体コンプトンカメラ(GREI)を用いた研究を進めた。GREIの臨床応用に向けた研究により得られる知見は、所属研究室のこれからの検出器開発のみならず、申請者らが提案するSi/CdTeコンプトンカメラの臨床デザイン検討に対しても還元できる。具体的には(1)臨床応用を目指した検出器シミュレーション、(2)SPECT核種撮像のためのコーデットマスク法の技術的検討、を行った。(1)では、人体の形状と組成を模擬したファントムを計算機上に構築し、腹部の正常組織によるプローブ取り込みを考慮した一様線源分布領域の中に、がんを模擬した直径20mmの集積部位を設定した。集積部位の集積密度を変えながら、既存の臨床用ガンマカメラと、GREI臨床ベースデザインより得られる画像をシミュレーションにより予測、両者を比較した。その結果、人体深部の集積部位について365keVに対する感度はガンマカメラとGREI臨床モデルでほぼ同等で、それ以上のエネルギーに対してはコンプトンカメラの方が優れることが分かった。また、コンプトンカメラは356keVから1.5MeVの広い帯域にわたって、同等の感度が実現できることが分かった。これは、数100keV以上のガンマ線を放出する、新規RIプローブを用いた複数分子イメージング診断において、コンプトンカメラが優れたモニターとなることを示すものである。今後は、散乱成分混入の影響をより精度よく見積もるために、検出器近傍の支持体や基板などの構造物を組み込んだマスモデルを用いて、システムの最適化に取り組む。(2)に関して。コンプトンカメラを用いた撮像で、^{99m}Tc(140keV)などのSPECT核種の撮像まで可能になれば、適応範囲を格段と広げることができる。しかしながら、低いエネルギー帯域ではドップラーブロードニングの影響により、mmレベルの空間分解能を実現することは難しいことが分かっている。そこで、宇宙硬X線観測で用いられるコーデットマスク法の応用を検討した。コンプトン

カメラの前段にコーデットマスクを配置し、低エネルギーのガンマ線に対してはマスクイメージングをおこない、マスクを通過する高エネルギーのガンマ線に対しては従来通りコンプトンイメージングする。技術的な見通しを得るために、小動物撮像用のプロトタイプマスクを制作し、GREIと組み合わせて実験をおこなった。マルチウェルファントムを用いた予備実験から3.2mmの空間分解能が実現できることを確認し、さらに^{99m}Tc(140keV)と⁵⁴Mn(834keV)を同時投与したマウスの撮像にも成功した。これらは、コンプトンカメラをベースとしたマスクハイブリットシステムが、分子イメージングで有用であることを示唆する結果であるが、臨床への適応を検討することが今後の課題である。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

- Takeda S., Takahashi T., Ishikawa S., Odaka H., Watanabe S., Tajima H., Kawachi N. and Nakano T.
“Simulation study of 3D gamma-ray imager with Si/CdTe semiconductor Compton camera”, IEEE Sensors Application Symposium 2010, pp. 170-174 (2010) *
Takeda S., Fukuchi T., Kanayama Y., Motomura S., Hiromura M., Takahashi T. and Enomoto S.
“Millimeter-order imaging technique from 100 keV to MeV based on germanium Compton camera”, Proc SPIE vol. 7805, pp. 780515, (2010)

●口頭発表 Presentation

(国際会議)

- Takeda S., Fukuchi T., Kanayama Y., Motomura S., Hiromura M., Takahashi T. and Enomoto S.
“Millimeter-order imaging technique from 100 keV to MeV based on germanium Compton camera” SPIE Optics + Photonics 2010, Optical Engineering + Applications, San Diego, USA, Aug (2010)

研究者氏名：佐藤 正寛 Sato, Masahiro

受入研究室：基幹研究所

古崎物性理論研究室

(所属長 古崎 昭)

低次元量子系やフラストレート磁性体では、量子・熱揺らぎやエントロピーの効果が強い為、標準的な系では現れない秩序や無秩序状態が発現し得る。カイラル秩序や磁気多極子秩序、order-by-disorder 機構で現れる磁気秩序などがその例と言える。本研究課題の目的は、これらの新しい状態がどのような現実的系で発現しうるか、またその状態を検出する為の有効な実験手段は何か、に答えることにある。

本年度は、特に以下のテーマについて研究成果を挙げている。

(1) 磁場中スピン 1/2 フラストレート鎖の磁気多極子相における NMR 緩和率の磁場温度依存性：最近、磁場中スピン 1/2 フラストレート J_1 - J_2 鎖において広範なパラメータ領域で磁気多極子液体相 (4, 8, 16 極子) が実現することが理論的に示された。これらの相は、冪減衰を示す多極子演算子及び磁場と平行な縦スピン演算子の相関関数、と指数関数型減衰を示す横スピン相関関数で特徴づけられる。一方 J_1 - J_2 鎖で記述されると考えられる擬 1 次元銅酸化物磁性体 [LiCuVO₄, LiCu₂O₂, Rb₂Cu₂Mo₃O₁₂, PbCuSO₄(OH)₂ など] が近年マルチフェロイクス性を示す系として活発に研究されている。これらの磁性体に磁場を加えると、磁気多極子液体相が発現することが期待できる。しかしながら、一般に磁気多極子秩序はスピン複数個の積で定義される為、実験的に直接観測することは極めて困難である。そこで我々はごく最近、 J_1 - J_2 鎖の多極子液体相における核磁気共鳴 (NMR) 緩和率 $1/T_1$ の温度依存性とスピンド動的構造因子の波数依存性が、標準的な 1 次元磁性体の朝永 Luttinger 液体相におけるそれらと明確に異なる振舞いを示すことを指摘した [Phys. Rev. B79, 060406(R) (2009)]。今回、この研究を発展させ、場の理論の結果と信頼できる DMRG の数値データを組み合わせることで、 J_1 - J_2 鎖の多極子液体相における $1/T_1$ の温度磁場依存性の定量評価を試みた。その結果、上記論文で指摘した $1/T_1$ の温度依存性を

定量的に確認するとともに、磁場依存性にも多極子液体相の特性が現れることを明らかにした：多極子液体相では $1/T_1$ が磁場とともに飽和磁化近傍まで減衰するのに対して、標準的 1 次元磁性体の朝永 Luttinger 液体相の $1/T_1$ は磁場とともに単調増加する。これらの解析結果は、上記 1 次元銅酸化物の実験結果と比較可能であり、多極子液体相の検出に応用できると考えられる。

(2) 空間異方性のある積層三角格子反強磁性体の磁場温度相図：三角格子上の古典ハイゼンベルグ反強磁性体は磁場中において基底状態がマクロな縮退をもち、有限温度ではエントロピーの効果によりマクロな縮退が解けて秩序状態が選択される。低磁場側から Y 字相、up-up-down(uud) 相、V 字相が出現することが知られている。これらの秩序は三角格子において存在する基底状態の縮退に起因して発現している為、模型に微小な摂動が加えられると不安定化することが予想される。そこで我々は、現実的な摂動として三角格子に空間異方性を加え、さらにそれを積層させた 3 次元磁性体模型を提案し、それをモンテカルロシミュレーションで解析した。実際空間異方性を持つ三角格子磁性体は多数存在する [Cs₂CuCl₄, Cs₂CuBr₄, κ-(ET)₂Cu₂(CN)₃ など] 為、我々の解析結果はそれら磁性体を考える上での出発点になると期待できる。解析の結果、空間異方性を加えるとすぐに低磁場側にコーン相、高磁場側にファン相が現れることを示した。また uud 相が空間異方性に対して最も安定であることも明らかにした。各相の構造因子のピーク位置の磁場温度依存性を評価し、ファン相では他の相と異なり、磁場対してピーク位置が大きく変化していくことが判明した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Takayoshi S., Sato M. and Furukawa S.: "Spontaneous population imbalance in two-component Bose and

Fermi gases” Phys. Rev. A Vol. 81, pp053606-1-053606-7 (2010)

Takayoshi S. and Sato M.: “Coefficients of bosonized dimer operators in spin-1/2 XXZ chains and their applications” Phys. Rev. B, vol. 82, pp214420-1-214420-14(2010)

Furukawa S., Sato M. and Onoda S.: “Chiral Order and Electro magnetic Dynamics in One-Dimensional Multiferroic Cuprates” Phys. Rev. Letts. vol. 105, pp257205-1-257205-4(2010)

Sakai T., Sato M., Okamoto K. and Itoi C.: “Quantum spin nano tubes-frustration, competing orders and criticalities” Journal of Physics: coudeused Matter vol. 22, pp403201-1 - 403201-13(2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Sato M., Furukawa S. and Furusaki A.: “Successive transitions between Neel and dimer phases in spin-1/2 ferromagnetic frustrated chain with easy-plane anisotropy” The International Conference on Frustrated Spin Systems, Cold Atoms, Nanomaterials: Satellite Conference of StatPhys24, Hanoi Vietnam, 2010 7

Takayoshi S. and Sato M.: “Determination of coefficients of bosonized dimer operators in spin-1/2 antiferromagnetic chains and their application” The

International Conference on Frustrated Spin Systems, Cold Atoms, Nanomaterials: Satellite Conference of StatPhys24, Hanoi Vietnam, 2010 7

Sato M. and Todoroki N.: “Phase diagram and competing orders of stacked spatially anisotropic triangular Heisenberg antiferromagnets in magnetic field” The International Conference on Frustrated Spin Systems, Cold Atoms, Nanomaterials: Satellite Conference of StatPhys24, Hanoi Vietnam, 2010 7

Sato M. and Todoroki N.: “Stability of collinear and coplanar phases in stacked spatially-anisotropic triangular antiferromagnets under a magnetic field” Highly Frustrated Magnetism 2010, Johns-Hopkins Univ. Baltimore, USA 2010 8

Sato M., Hikihara T., Momoi T. and Furusaki A., “NMR relaxation rate and dynamical structure factors in field-induced magnetic multi-polar phases of spin-1/2 frustrated ferromagnetic chains” Highly Frustrated Magnetism 2010, Johns-Hopkins Univ. Baltimore, USA 2010 8

Sato M., Furukawa S. and Furusaki A.: “Successive Neel and dimer orderings in spin-1/2 ferromagnetic frustrated chain with easy-plane anisotropy” Highly Frustrated Magnetism 2010, Johns-Hopkins Univ. Baltimore, USA 2010 8

XXI-039

冷却フェルミ原子気体における渦糸格子の研究 Study of Vortex Lattices in Cold Fermi Gases

研究者氏名 : 渡辺 元太郎 Watanabe, Gentaro

受入研究室 : 仁科加速器研究センター

中務原子核理論研究室

(所属長 中務 孝)

1995年における冷却原子気体の Bose-Einstein 凝縮 (BEC) の実現は、極めて高い制御性を持つ系において巨視的な量子現象が実現されたということであり、超流動、ひいては量子力学の更なる理解への出発点となるものである。中でも、回転する超流動体の渦度の量子化及び量子渦糸の形成は、超流動性の本質的な現象であり、液体ヘリウムを用いた研究以来連綿と続けられてきたが、冷却 Bose 気体における渦糸の実現によって、量子渦糸の研究は新たな

展開を迎えたと言える。更に近年は Bose 気体のみならず、二成分 Fermi 気体における BCS-BEC クロスオーバー全領域においても渦糸格子が実現され、そこでの超流動性も実験的に確認された。BCS-BEC クロスオーバーとは、二成分 Fermi 原子気体の粒子間相互作用を強くしていくことによって生ずる、Fermi 原子気体の BCS 状態から、二個の Fermi 原子が束縛されて出来た boson の BEC 状態へのクロスオーバーのことである。特に興味深いことに、

ユニタリー領域と呼ばれるクロスオーバーの中間領域は、原子間相互作用を特徴付ける散乱長が極めて大きな値をとるような Fermi 原子が強く相関しあった超流動状態であり、強相関 Fermi 粒子の超流動を理解する上でも有用な系であるといえる。

従って、回転する冷却 Fermi 原子気体、特にユニタリー領域における渦糸格子の研究は、超流動の研究においても極めて重要な意義を持つ。しかしながら、冷却 Fermi 原子気体における渦糸格子の研究は、BEC のそれに比べると極めて未発達であり、現状では一様媒質中における孤立した渦糸の構造の研究や、渦糸の構造を完全に粗視化した巨視的な流体力学的モデルによる研究等があるに過ぎない。そのよ

うな現状を鑑み、本研究では、回転する冷却 Fermi 原子気体、特にユニタリー領域における渦糸格子について、その渦糸構造をも含めて cloud 全体を記述する理論を構築し、この系の理解に資することを旨とする。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Watanabe G, "Ultracold is Hot: ultracold atom gases – a new research arena in physics" Seminar at Physics Department in POSTECH Pohang Korea 2010 4-9

(国内学会等)

XXI-040

プロテアソームによる蛋白質分解における Unstructured 領域の役割

The Role of Unstructured Region in the Proteasomal Degradation

研究者氏名：伊野部 智由 Inobe, Tomonao

受入研究室：脳科学総合研究センター

構造神経病理研究チーム

(所属長 貫名 信行)

蛋白質において定まった立体構造を形成しないフラフラとした領域 (Unstructured 領域) が近年注目されている。Unstructured 領域は高等生物に多くみられる傾向があるが、その役割の詳細はまだわかっていない。しかしながら最近、蛋白質分解装置プロテアソームとの密接な関係を裏付ける報告が相次いでいる。本研究では Unstructured 領域とプロテアソームの関係を分子レベルで解き明かすことを目標としている。本年度は以下の二つのことを行った。

(1) 最近プロテアソームによる効率的な蛋白質分解には、ポリユビキチンタグのほかに Unstructured 領域を基質蛋白質が持つ必要があることがわかった。そこで我々は基質蛋白質のポリユビキチンタグと Unstructured 領域の位置関係を詳細に調べた。その結果 Unstructured 領域がある程度以上の長さを持ち、ユビキチンタグから適度な距離にあるときのみ、効率的な分解が起こることを発見した。ユビキチンタグから近すぎても遠すぎても、Unstructured 領域はプロテアソームにアクセスできず、分解を引き起こせない。この配置依存性はポリユビ

キチン鎖とユビキチン様ドメインの間で異なる。これらの結果は Unstructured 領域の位置や配置は蛋白質の運命を司り、プロテアソームが分解する蛋白質を選ぶにあたり、重要な役割を担っていることを示唆している。

(2) 神経変性疾患を引き起こす凝集性蛋白質などのミスフォールド蛋白質により、プロテアソームによる蛋白質分解が強く阻害されると言われている。多くの凝集性蛋白質は Unstructured 領域をもち、さらにこのような Unstructured 領域はプロテアソームに認識されることが既にわかっている。そこで私は凝集性蛋白質の Unstructured 領域がプロテアソームに作用し、分解活性を阻害すると考えた。まず凝集性蛋白質によるプロテアソームの阻害を見積もるために、ポリグルタミンが異常伸長したハンチンチンエクソン I (htt) と、酵母由来のプロテアソームの関係を調べる実験を行った。この実験よりプロテアソームの凝集体抑制効果と htt によるプロテアソームの阻害効果は、htt がユビキチン化されているときのみ起こることがわかった。しかしながらユビキチン非存在下でもプロテアソーム

は htt の限定分解をして、性質の異なる凝集体形成を促進した。詳細を明らかにするためには、さらなる研究が必要である。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Inobe T., Fishbain S., Prakash S. and Matouschek A.: “Defining the geometry of the two-component proteasome degron”, *Nature Chem. Biol.* 7, 161-167 (2011)*

(総説)

伊野部智由, 貫名信行: “蛋白質分解系活性化による神経変性疾患治療”, *実験医学*, Vol. 28, No. 5 (増

刊): 788-794. (2010)

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

Inobe T., Fishbain S., Prakash S. and Matouschek A.: “Defining the geometry of the two-component proteasome degron”, 48th Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan, Sendai, Sept. (2010)

伊野部智由, Prakash S., Fishbain S. and Matouschek A.: “生体内蛋白質アンフォールディングの分子機構”, 第10回日本蛋白質科学会年会, 札幌, 6月 (2010)

基礎科学特別研究員
平成 22 年度採用者

研究者氏名：稲倉 恒法 Inakura, Tsunenori

受入研究室：仁科加速器研究センター

中務原子核理論研究室

(所属長 中務 孝)

原子核の最も単純な集団励起モードとして電気双極子型 (E1) 励起が挙げられる。最も単純な集団励起モードなので、原子核の様々な基本的な性質に関係していると考えられているが、巨大共鳴まで観測されているのは安定核の一部に過ぎない。また、低励起エネルギー領域に現れる E1 励起はピグミー共鳴状態と呼ばれ、不安定核に特有な集団励起モードの候補とされているが、その発現メカニズムはまだ分かっていない。そこで、広範な原子核を対称に計算できる密度汎関数理論を用い、不安定核も含めた原子核の E1 励起の断面積を質量数 $A=110$ 領域まで計算した。

E1 励起を系統的に計算した結果、軽い不安定核でのピグミー共鳴状態は、フェルミレベル近傍の中性子が連続状態に励起して原子核から飛び出していくモードである事が分かった。遠心力バリアを超える関係から、角運動量の小さい一粒子軌道がフェルミレベル近傍にある事が発現条件の一つになる。また、その軌道の空間的な広がりが断面積に深く関係しているので、不安定核ではフェルミレベル近傍の軌道が弱束縛になり、空間的に広がる事がピグミー共鳴の顕在化の要因となっている。

中重核で現れるピグミー共鳴状態は、軽い不安定核とは対照的に集団励起モードになっており、フェルミレベル近傍から弱束縛軌道や共鳴軌道への粒子正孔励起の重ね合わせで表現される。ここでも一粒子軌道が弱束縛で空間的に広がっている事が大きな断面積に繋がっている。違いは、軽い不安定核では

粒子正孔励起の励起元 (正孔) の軌道が広がっていたのに対して中重核では励起先 (粒子) の軌道が広がっている事である。従って 軽い不安定核と比較して、中重核では安定核の近傍でもピグミー共鳴状態が現れ得る。また、軽い核では粒子正孔励起の組み合わせの数が少ない事が、集団励起モードにならない原因だと思われる。対相関を考慮に入れると組み合わせの数が増えるので集団性を獲得する可能性もあり、今後の課題の一つである。

●口頭発表 Presentation

(国際会議)

Inakura T., Nakatsukasa T. and Yabana K.: "Systematic calculations of electric dipole responses with fully self-consistent Skyrme-HF+RPA", Second EMMI-EFES Workshop on Neutron-rich Exotic Nuclei (EENEN10), RIKEN, June (2010)

Inakura T., Nakatsukasa T. and Yabana K.: "Systematic calculations of electric dipole responses with fully self-consistent Skyrme-RPA", GammaStrength2010, Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, FZD, Dresden, German, Sep. (2010)

Inakura T., Nakatsukasa T. and Yabana K.: "Systematic calculations of electric dipole response with fully self-consistent Skyrme-RPA", University of Aizu-JUSTIPEN-EFES Symposium on "Cutting-Edge Physics of Unstable Nuclei", Univ. of Aizu, Nov. (2010)

XXII-002 偏極陽子・陽子衝突を用いた W ボソン生成非対称度の測定による
核子スピン構造の研究

Study of Nucleon Spin Structure Through Measurements of
Single Spin Asymmetry for W Boson Production in Polarized Proton-Proton Collisions

研究者氏名：庄司 幸平 Shoji, Kohei
受入研究室：仁科加速器研究センター
延與放射線研究室
(所属長 延與 秀人)

先行実験により、クォーク及び反クォークが核子中で担うスピンの量は核子全体の約 10~30% に過ぎないことが知られている。これはナイーブなクォークモデルの予想から乖離した結果である。これまでの測定によると、クォークスピンを核子のアイデンティティを担わないと考えられていた反クォークが打ち消しているという可能性が示唆されており、核子スピン構造の解明のため反クォークのフレーバーを区別した偏極度の測定が期待されている。米国ブルックヘブン国立研究所の RHIC PHENIX グループでは偏極陽子・偏極陽子の衝突実験をおこなっており、重心系エネルギー 500GeV での衝突によって生成される W ボソンの陽子偏極から生じる生成非対称度を測定することによって、クォーク・反クォークのフレーバーを分けた偏極度を測定するための実験が進行中である。今年度は 2009 年に収集されたデータを用いて、アップクォークの偏極度に感度のある mid-rapidity での W^+ ボソンの生成非対称度の解析がおこなわれ、 $-0.86^{+0.30}_{-0.14}$ という大きな非対

称性が観測された。反クォークの偏極度について感度のある測定をおこなうには forward-rapidity において W ボソンの崩壊からくる μ 粒子を検出することが必要である。

今年度は PHENIX 実験において forward-rapidity に感度のある μ 粒子検出器を用いて J/ψ が μ 粒子対に崩壊する際の崩壊角分布測定をおこなった。これは J/ψ 生成時の偏極度の測定であり、核子衝突における重いクォークoniumの生成メカニズムについて実験から新たな情報を与えるものである。この J/ψ 偏極度の測定結果については今年度中に論文投稿をおこなう予定である。 μ 粒子対測定というバックグラウンドの少ない測定をおこなうことで、 μ 粒子に対する検出器の基礎的なパフォーマンスを確認することができた。2011 年初頭から重心系エネルギー 500GeV での偏極陽子・陽子衝突実験が予定されており、W ボソン崩壊からくる高運動量 μ 粒子測定へ向けて、効率的な実験データ収集と検出器のさらなるパフォーマンス改善に取り組んでいきたい。

XXII-003 多層膜冷中性子干渉計による Aharonov-Casher 効果の精密測定
Precision Measurement of Aharonov-Casher Effect with Multilayer
Cold-neutron Interferometer

研究者氏名：關 義親 Seki, Yoshichika
受入研究室：仁科加速器研究センター
延與放射線研究室
(所属長 延與 秀人)

多層膜ミラーを用いた中性子干渉計は、従来のシリコン単結晶干渉計と比較して長波長の冷中性子に適用でき、さらに相互作用距離も長くとれるので、高感度の位相差検出装置となりうる。われわれはエタロンと呼ばれる超高平面度基板と多層膜ミラーを組み合わせた新たなビームスプリッターを開発し、2

経路を中心間距離 330mm で完全分離する Jamin 型多層膜冷中性子干渉計の干渉縞を確認することに世界で初めて成功した。干渉縞のコントラストも 60% 程度と鮮明である。この干渉計によって、経路間に電極の挿入が必要な Aharonov-Casher 効果の精密測定が可能になる。

しかし、2 経路間距離の拡大に伴い、測定環境の外部擾乱や装置自体の剛性に起因する干渉縞の位相ドリフトが顕著に観測されるようになってきた。そのため、干渉縞の測定と並行して位相較正のための測定を行う必要がでてきた。本年度はこの測定方法の解析を進めた。干渉計の位相シフトの基準点での中性子カウントを、同時測定の干渉縞を参照して位相値に変換することができる。この較正方法で求めたドリフト量は、干渉縞から直接得られるドリフト量と ± 0.23 rad の精度で一致した。さらに統計を上げることで、平均 0.6 rad/h 程度位相ドリフトが存在していても、総統計 1.5×10^5 カウントの測定で位相中心値決定精度 0.03 rad を達成できることを示した。また、位相ドリフトの原因についても定量的評価・検証を行い、ビームスプリッタを支持する回転ステージの安定性が不十分であることがわかった。今後は装置の剛性を高めて位相安定化をはかり、実際の物理測定に上記の位相較正方法を利用していく。

多層膜干渉計の開発の他に、3 枚の回折格子を用いた Talbot-Lau 型干渉計による微分位相イメージ

ング実験も行った。日本原子力研究開発機構 JRR-3 の冷中性子ビームライン ULS で新たに開発した吸収回折格子 2 枚を組み合わせてサンプルの前に置き、 ZnS^6LiF シンチレータと CCD カメラを用いた中性子画像検出器で撮影し、吸収画像および微分位相画像を得ることに成功した。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Seki Y., Funahashi H., Kitaguchi M., Hino M., Otake Y., Taketani K. and Shimizu H. M.: "Multilayer Neutron Interferometer with Complete Path Separation", J. Phys. Soc. Jpn., 79 124201-1 - 124201-5 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

關義親, 宇田純郎, 舟橋春彦, 日野正裕, 北口雅暁, 大竹淑恵, 清水裕彦, 竹谷薫: "2 経路を完全分離した多層膜冷中性子干渉計の開発", 日本中性子科学会第 10 回年会, 仙台, 12 月 (2010)

XXII-004 ミュー粒子異常磁気モーメント測定のためのミュオニウム分布測定

Investigation of Muonium Distribution for Measurement of Muon Anomalous Magnetic Moment

研究者氏名: 上野一樹 Ueno, Kazuki

受入研究室: 仁科加速器研究センター
岩崎先端中間子研究室
(所属長 岩崎 雅彦)

近年米国ブルックヘブン国立研究所 (BNL) における複数回の E821 実験で、ミュオン粒子の異常磁気モーメントに関して標準理論による計算とのずれが観測された。この意味するところは、異常磁気モーメントをより精密に実験と理論で比較することで、標準理論を超えた新しい物理への鍵が見つかるかもしれないということである。現在の実験精度は約 0.5 ppm であり、さらに精度を上げようとする米国フェルミ研究所での実験が提案されているが、BNL の実験の延長上のものである。一方、J-PARC にて新たな実験が提案されており、これはミュオニウムのレーザー乖離による超低速ミュオン粒子を用いるところが新しい。超低速ミュオン粒子を用いることで、従来は必要であったミュオン粒子閉じ込め電場が不要

となるため、系統誤差が殆どなくなり、測定精度を約 1 桁向上させることが可能となる。ただし、現実的な測定時間内でこれを実現するには、低温高密度ミュオニウム源の改良、レーザー強度補強による増強、そしてこのレーザーによるミュオニウム乖離の高効率化が必要である。ミュオニウムは、真空中で高温タングステンや室温 SiO_2 パウダーにミュオン粒子ビームを静止させた際に蒸発して出てくる。そしてこのミュオニウムにレーザーを当てて乖離させることで超低速ミュオン粒子を得る。ところが、このミュオニウムの分布はこれまでミュオン粒子ビーム軸に沿った面に射影した二次元情報としてしか測られたことはなく、位置分解能も 7.5 mm というものであった。そのため、レーザー照射位置を

絞れないため乖離の効率を下げる原因となっている。本研究では、このミュオン源の改良および、ミュオニウムの空間分布、時間発展を測定することで、レーザー照射位置、時間を絞り、超低速ミュオン粒子発生の高効率化を図る。

本年度は、新たな Si エアロジェルをミュオン源としたミュオン生成実験をカナダの TRIUMF 研究所にて二度 (6 月、11 月) 行った。一度目の実験では、ミュオン粒子スピン回転 (緩和) を利用し、エアロジェルがミュオン源になり得ることを確かめた。二度目は、ドリフトチェンバーとマイクロチャネルプレートを用いたミュオン

ム空間分布、時間発展測定のための基礎実験を行い、二次元での空間分布が得られ、過去の研究との整合性を調べた。また、三次元分布取得のための基礎データが得られた。現在、詳細解析中である。

●口頭発表 Presentations

Ueno K.: "Comments on event reconstruction", The 1st g-2/EDM collaboration meeting, Tsukuba, Japan, Jun. (2010)

Ueno K.: "Simulation studies for Si tracker specification", The 2nd2 g-2/EDM collaboration meeting, Tsukuba, Japan, Dec. (2010)

XXII-005 格子理論を用いた超対称ゲージ理論の非摂動的性質の解明 Study of Nonperturbative Aspects of Supersymmetric Gauge Theories Via Computer Simulations

研究者氏名 : 加堂 大輔 Kadoh, Daisuke
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
川合理論物理学研究室
(所属長 川合 光)

超対称性は、素粒子の新しい基礎理論の可能性や場の理論の実験場として重要な役割を果たしている。特に、紙と鉛筆を用いた伝統的な計算法では簡単に調べることができない超対称理論の非摂動的性質の解明が望まれている。本研究では、格子理論の立場から超対称理論を研究する立場をとる。格子理論は数値シミュレーションへの応用が容易であり、本研究を通して、これまでに理解されていない、または、多くの予想を含む、超対称理論の非摂動的側面の究明が進むと期待される。

本年度は、低次元系の格子定式化法に関する議論とシミュレーション子[^]度の開発を行った。

(1) 2次元の N=2 Wess Zumino 模型を格子定式化が理論の係数の特別な微細調整なしに、連続極限をとった際に自然にことを証明した。

(2) 2次元 N=2 超対称 QCD の数値計算コードの開発を行った。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Kudoh D., Suzuki H., "Supersymmetry restoration in lattice formulations of 2D N=(2, 2) WZ model based on the Nicolai map.", Physics Letter B, in print *

Aoki S., Ishikawa K., Ishizuka N., Izubuchi T., Kadoh D., Kanaya K., Kuramashi Y., Namekawa Y., Okawa M., Taniguchi Y., Ukawa A., Ukita N., Yamazaki T. and Yoshie T., "Physical Point Simulation in 2+1 Flavor Lattice QCD." Phys. Rev. D81: 074503(2010)*

Hashimoto K., Iizuka N., Ishii T., Kadoh D., "Three-flavor quark mass dependence of baryon spectra in holographic QCD.", Phys. Lett. B691: 65-71(2010)*

XXII-006 超弦理論における双対性に基づいたゲージ / 重力対応の研究
Study on Gauge/Gravity Correspondence Based on Duality in String Theory

研究者氏名 : 三輪 光嗣 Miwa, Akitsugu
受入研究室 : 仁科加速器研究センター
川合理論物理学研究室
(所属長 川合 光)

ゲージ理論と重力理論は自然界を記述する最も基本的な二つの理論である。超弦理論は 10 次元時空上で定義された理論であり、ゲージ理論と重力理論を統一的に記述する。超弦理論の持つ魅力の一つとして、この理論がゲージ理論と重力理論の間の様々な対応関係 (ゲージ / 重力対応) を予言することが挙げられる。本研究は超弦理論やゲージ理論および重力理論の研究を通じて、こうしたゲージ / 重力対応に対する理解を深めることを最終的な目標としている。本年度は主に超弦理論やゲージ理論と関連する研究を行った。

超弦理論と関連する研究としては、M 理論と呼ばれる 11 次元時空上で定義された理論の研究を行った。M 理論は余剰な 1 次元方向をコンパクト化することで 10 次元の超弦理論に帰着する理論であり、これまでに M 理論を介して超弦理論の持つ様々な双対性等の研究が行われてきた。本研究ではこうした M 理論の力学変数である M2 ブレインと呼ばれる 2 次元的な広がりを持った膜状の物体の研究を行った。M2 ブレインはそのエネルギーが面積に比例するため、エネルギーを増やすことなく細長

いスパイク状に変形することが可能である。特に超対称性を持つ M2 ブレインの場合には、こうした性質が M2 ブレインの量子力学的な不安定性と関係することが de Wit-Luscher-Nicolai (1989) によって議論されている。M 理論や超弦理論を理解する上で、こうした M2 ブレインの性質をより良く理解することは重要である。こうした動機に基づいて、本研究では近年提案された M2 ブレインの低エネルギー有効理論の候補である ABJM 模型に基づいて、M2 ブレインの古典解の変形に対応する揺らぎの解析を行った。またこれと同様の解析を 10 次元の超弦理論における D2 ブレインと呼ばれる膜状の物体に関しても行い、M2 ブレインとの比較を行った。

また、ゲージ理論と関連する研究としては、量子色力学の低エネルギー有効理論である線形シグマ模型に基づいた研究を行った。具体的には、カイラル対称性のアノマリーの効果を取り入れた線形シグマ模型において、Q ボールと呼ばれるソリトンの解を考え、カイラルマグネティック効果と呼ばれる現象に対する新しいメカニズムを議論した。

XXII-007 Stimuli-Responsive and Regenerable Conductive Biointerface for Neuron Bioengineering

研究者氏名 : Zhu, Bo
受入研究室 : RIKEN Advanced Science Institute
Yu Initiative Research Unit
(Laboratory Head: Hsiao-hua (Bruce) Yu)

In comparison with traditional polymers, CP materials supply one more signaling pathway due to their capability to provide electrical communication among cells and further electrical stimulus to control cell behaviors. CP materials were found to modulate cellular activities (including cell adhesion, migration, DNA synthesis, protein

secretion, etc.) via electrical stimulation, which make CPs promising materials for tissue engineering, particularly with respect to electro-responsive tissues and cells. To understand how electrical stimuli modulates cellular activities of neurons need spatiotemporal definition of electrical stimuli available to cell at cellular/molecular

level. A combination of spatiotemporal control on cell adhesion at cellular level and assembly of conductive materials at micro/nano scope is quite helpful to achieve spatially resolved delivery of electrical stimuli to a single neuron. Furthermore, the conductive surfaces equipped with dynamic bio-function and micro/nano topography, which mimic to a certain degree the *in vivo* situation, will also offer new platforms for mechanistic studies of the pathways by which cells sense, integrate, and respond to changes of their environment.

This study plans to prepare a photo- and electro-switchable dynamic conductive biointerface by designing and synthesizing functional conductive building blocks. The multiple stimuli-responsibilities will supply a versatile way to *in-situ* tune biofunction patterns and gradients. Via combining photo-activation of biofunction and electro-release of attached biomolecules, the smart surface could *in-situ* control not only cell attachment but also cell detachment (i. e., reversibly control cell adhesion). The biomimetic surface, after used, could be completely regenerated by releasing biomolecules via a thorough electrochemical reduction. A series of micro- and nano-structured substrate will be electrochemically assembled by the novel conductive blocks, and further employed to explore pathways where neurons sense, integrate by tuning electrical stimulus, bio-functionality and topography of surfaces.

In this year, major efforts were focused on constructing protein-resistant and specific binding functional substrates on CP materials, which was expected to much contribute our subsequent works. Our present study includes synthesis of superhydrophilic and bio-conjugatable EDOT building blocks, electro-copolymerization of functional EDOT building blocks, bio-conjugation and biofunction patterning on the functional conducting polymer substrates, and cell proliferation and differentiation on the conductive biointerfaces. The research results were described in details as below.

(1) On mimicking natural bio-membranes, the superhydrophilic EDOT building blocks with phosphorylcholine and ethylene glycol side groups (EDOT-PC and EDOT-EG) and the bio-conjugatable EDOT ones with carboxyl and maleimide side groups (EDOT-COOH and EDOT-MI) were designed and synthesized for fabrication of

protein-resistant and specific binding conductive membranes.

(2) Normally, the EDOT building blocks could be polymerized or copolymerized on conductive substrates to form polymer thin films under electro-oxidation. The pure poly(EDOT-PC) thin film presents excellent protein-resistance even under rinsing by serum. To prepare the multifunctional conductive biomembrane, not only the superhydrophilic but also bio-conjugatable EDOTs were deposited on conductive substrates to prepare the copolymer substrates. As there is no cosolvent for the hydrophilic EDOT-PC and the hydrophobic EDOT-MI, a novel inverse emulsion electropolymerization was developed to replace the normal homogenous phase procedure. Via the inverse emulsion electropolymerization, superhydrophilic EDOT building blocks could copolymerized with bio-conjugatable EDOT ones to form smooth conductive membranes, and the composition could be well tuned via adjusting the mole ratio of comonomers. The copolymer films still preserve good protein-resistance even when the composition of bio-conjugatable comonomer increases to 50%, which make it possible to build specific binding with protein-resistant background on conducting polymer substrates. After conjugation with RGD and IKVAV ligands, thus-prepared conductive membranes could be specifically interact with and catch cells. The bio-conjugations were *in-situ* quantitatively monitored and the conditions were optimized to reach the highest ligand density.

(3) Toward spatial control on cell-substrate interaction, spatially confined electro-deposition was combined with UV lithography and plasma etching to prepare various biofunction patterns on conducting polymer substrates. With tuning the pattern size, the cells could be isolated at cellular level, and the cell polarity could also be controlled well.

(4) The biocompatibility of our biofunctional conducting polymer substrates was investigated carefully. Reasonably, the cell attachment strong depends on the ligand density, and become saturated when the composition of bio-conjugatable comonomer increase above around 10 mol. %. The cells including neuron tumor cell could proliferated and differentiated well on the substrates with 30 mol. % of bio-conjugatable comonomer. When

differentiated on biofunctional stripes, the polarity of differentiated neuron could be controlled. The orientation of cell polarity strongly depends on the stripe size, and was expected to reach the maximum when cells are isolated with each other at cellular level.

●Publications

Luo, S.-C., Zhu, B., Yu H.-H.: "Toward a Common Approach for Bulk Synthesis of Nanoporous Functionalized PEDOT for Tissue Engineering" *Advanced Biomaterials*, revised. *

Sekine, J., Luo, S.-C., Wang, S., Zhu, B., Tseng, H.-R. and Yu, H.-H.: "Nanostructured Carboxylic-Functionalized PEDOT Biointerfaces for Enhanced Efficiency of Circulating Tumor Cell Capturing" *ACS Nano*, submitted. *

● Oral Presentations

(International)

Zhu B. ; Luo S.-C., Sekine, J. and Yu, H.-H.: "Biomimic Conducting Polymer for Protein-resistant and Specific Binding Biointerface", International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Honolulu, USA, Dec (2010)

(Local)

Zhu B.; Luo S.-C., Sekine, J. and Yu, H.-H.: "Biomimic Conductive Polymer toward Antifouling Nanobiointerface", 59th Annual Meeting of the Society of Polymer Science, Yokohama, Japan, May (2010)

XXII-008

三次元磁気流体シミュレーションで探る 太陽コロナ加熱機構・フレア開始機構の研究

Study of the Coronal Heating and Flare-Initiation Process Based on Three-Dimensional Magnetohydrodynamic Simulation

研究者氏名 : 塩田 大幸 Shiota, Daikou

受入研究室 : 基幹研究所

戒崎計算宇宙物理研究室

(所属長 戒崎 俊一)

太陽コロナは太陽表面である光球に対し 100 倍以上の高温に加熱されており、その加熱機構はコロナの存在が発見されて以来半世紀以上たった現在でも未だ解明されていない。一方でコロナではプラズマが太陽の複雑な磁場と強く相互作用することで、太陽フレア・コロナ質量放出という大規模な爆発現象も発生している。今研究では、両者が互いに関連しているという視点から多角的に研究を進めることで、コロナ加熱・太陽面爆発のメカニズムの解明を目指している。

今年度は、近年の衛星観測で明らかになった太陽大気中の磁場の非均一な構造に着目し、その大気中の波動伝搬とコロナ加熱の関係について考察した。コロナを加熱するためのエネルギー源が光球の対流運動による運動エネルギーであるが、それらをコロナまで運搬し熱化するために、磁気流体波動が

重要な役割を果たしていると考えられている。しかし、磁気音波では上空に伝搬させることが難しく、また磁力線に沿って伝搬する非圧縮性の Alfvén 波では散逸されにくくコロナまで伝搬が可能な反面、熱に変換することが容易ではない。2006 年に打ち上げられた太陽観測衛星「ひので」は、太陽極域に従来は観測できていなかった局在化した非常に強い磁場構造が存在していることを明らかにした。本研究では、「ひので」による観測とモデルに基づいて太陽極域の三次元磁場構造を求め (Ito et al. 2010)、その大気における Alfvén 波の伝搬過程を考察した。その結果、強磁場構造の上空には、光球・彩層などの下層大気の高高度で水平方向広がりそのまま惑星間空間につながる特殊な磁力線構造を持つことが分かり、そのような磁場構造では、隣り合う磁力線で位相がずれた Alfvén 波が伝搬する傾向があることが

示唆された。位相がずれる空間スケールが小さくなるほど効率的な波動の散逸が起きる可能性があり、今後磁気流体シミュレーションを用いてその伝搬散逸過程を検証する。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Shiota, D., Kusano, K., Miyoshi, T., Shibata, K.: “Magnetohydrodynamic modeling for a formation process of coronal Mass ejections: interaction between an ejecting flux rope and an ambient field”, *The Astrophysical Journal*, 718, 1305-1314 (2010)*

Ito, H., Tsuneta, S., Shiota, D., Tokumaru, M., Fujiki, K.: “Is the Polar Region Different from the Quiet Region of the Sun?”, *The Astrophysical Journal*, 719, 131-142 (2010)*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Shiota, D., Kusano, K.: “Current status of data-driven space weather modeling”, Asia Oceania Geosciences Society 7th Annual meeting, Hyderabad, India, Jul. (2010)

Shiota, D., Kusano, K., Miyoshi, T., Shibata, K.: “Magnetohydrodynamic modeling for a formation process of coronal Mass ejections: interaction between an ejecting flux rope and an ambient field”, COSPAR 38th Scientific Assembly, Bremen, Germany, Jul. (2010)

(国内学会等)

塩田大幸, 片岡龍峰, 杉山徹, 草野完也: “Energetic Storm Particle の第一原理モデリング”, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 幕張, 5 月 (2010)

塩田大幸, 片岡龍峰: “太陽圏 3 次元 MHD シミュレーションの構築”, 日本天文学会 2010 年秋季年会, 金沢, 9 月 (2010)

XXII-009

光格子中における強相関ボース気体の動力学

Dynamics of Strongly Correlated Bose Gases in Optical Lattices

研究者氏名: 段下一平 Danshita, Ippei

受入研究室: 基幹研究所

柚木計算物性物理研究室

(所属長 柚木 清司)

近年、冷却原子 (分子) 気体系において低次元ボース気体の非平衡量子ダイナミクスを調べる実験において高次元系では見られない特異な振る舞いが実験で観測され注目を集めている。そのような実験を背景に、本研究では理論的に強相関ボース気体の非平衡量子ダイナミクスを調べた。特に、「超固体」、「量子揺らぎ」、「可積分性とエルゴード性の関係」に注目し、以下の結果を得た。

(1) 光格子に閉じ込められた強い双極子-双極子相互作用を持つボース気体において超固体相の存在が予言されている。本研究では、この超固体相を実験で特定するために超流動臨界速度を測定するのが非常に有用であることを指摘した。実際に、「流れを持つ超固体状態」を解析的に表し、その状態がある有限の速度 (臨界速度) に達するまでは安定であることを線形解析から示した。さらに、超固体相において臨界速度を計算し、超流動相に比べて著しく臨界速度が減少することを示した。

(2) 一次元光格子中の巨視的な数 (~100, 000) のボース粒子を厳密に記述するように、密度行列繰込み群法を改良した。その手法を用いて、巨視的量子トンネル効果を記述するために非常に頻繁に用いられるインスタントン法の定量性を厳密な計算との比較により初めて示した。また、この研究は巨視的量子トンネル効果に密度行列繰込み群法を適用した初めての例であり、この意味で巨視的量子トンネル効果の研究の新たな可能性を切り拓いたと言える。

(3) 上の (2) で導入した手法を用いて Fermi-Pasta-Ulam の再帰現象に対する量子揺らぎの効果を調べた。特に顕著な量子効果として、再帰現象に伴う振動が減衰することを見いだした。この減衰の原因としてソリトンの量子揺らぎによる崩壊を指摘した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Danshita I. and Yamamoto D.: “Critical velocity of

flowing supersolids of dipolar Bose gases in optical lattices”, Physical Review A, 82 013645 (2010) *

Danshita I. and Polkovnikov A.: “Accurate numerical verification of the instanton method on macroscopic quantum tunneling: dynamics of phase slips”, Physical Review B, 82 094304 (2010) *

Yamamoto D. and Danshita I.: “Stability of superflow in supersolid phases of lattice bosons with dipole-dipole interaction”, Journal of Physics: Conference Series 印刷中

Danshita I., Hipolito R., Oganesyan V., and Polkovnikov A.: “Quantum damping of Fermi-Pasta-Ulam revivals in ultracold Bose gases”, arXiv: 1012. 4159v1 (2010), Submitted to Physical Review Letters

● 口頭発表及びポスター発表

Oral and Poster Presentations

(国際会議)

Danshita I. and Polkovnikov A.: “Macroscopic quantum tunneling of supercurrents of ultracold atomic gases in a ring optical lattice”, The International Workshop “Ultracold Fermi Gas: Superfluidity and Strong-Correlation”, Tokyo, Japan, May (2010) 招待講演

Danshita I. and Polkovnikov A.: “Numerical verification of the instanton method on macroscopic quantum tunneling: phase slip dynamics”, APCTP-KIAS Joint Workshop on Quantum Entanglement and Dynamics in Correlated Many-Body Systems, Pohang, Korea, May (2010)

Yamamoto D. and Danshita I.: “Stability of superflow in supersolid phases of lattice bosons with dipole-dipole interactions”, International Conference on Strongly

Correlated Electron Systems (SCES 2010), Santa Fe, USA, June (2010)

Yamamoto D. and Danshita I.: “Stability of superflow in supersolid phases of dipolar Bose gases in moving optical lattices”, 22nd International Conference on Atomic Physics (ICAP 2010), Cairns, Australia, July (2010)

Danshita I. and Polkovnikov A.: “Quantum dynamics of supercurrents of one-dimensional bosons in a ring lattice”, International Workshop on Density Matrix Renormalization Group and Other Advances in Numerical Renormalization Group Methods, Beijing, China, August-September (2010)

Danshita I., Clark C. W., and Polkovnikov A.: “Transport and macroscopic quantum tunneling of one-dimensional Bose gases in an optical lattice”, New Development of Numerical Simulations in Low-Dimensional Quantum Systems: From Density Matrix Renormalization Group to Tensor Network Formulations, Kyoto, Japan, October (2010)

(国内学会等)

段下一平, Polkovnikov A.: “一次元ボース・ハバード系における超流動 絶縁体転移とインスタントンの関係”, 日本物理学会秋季大会, 大阪府立大学(堺), 9月(2010)

山本大輔, 段下一平, Sa de Melo C. A. R.: “三角光格子中の双極子相互作用を持つボース気体の量子相”, 日本物理学会秋季大会, 大阪府立大学(堺), 9月(2010)

段下一平: “光格子中における一次元ボース気体の超流動”, 日本物理学会秋季大会, 大阪府立大学(堺), 9月(2010) 招待講演

XXII-010 超大型並列計算機を用いた強相関格子系の解析と新奇量子状態探索

Large-scale Parallel Computation of Strongly Correlated Lattice Systems in Search of Novel Quantum States

研究者氏名: 奥村 雅彦 Okumura, Masahiko

受入研究室: 基幹研究所

柚木計算物性物理研究室

(所属長 柚木 清司)

磁性や超伝導等の物質の多彩な性質は、物質中の電子の振る舞いの違いによって現れる。特に、電子間クーロン相互作用が強い「強相関物質（強相関格子系）」と呼ばれる物質は高温超伝導等の奇妙で有用

な現象の宝庫であり、注目を集めている。しかし、その強相互作用のために理論的解析は難しく、詳細な解析には数値シミュレーションが必要となる。しかし、実際の物質に対応する大きな系を計算するた

めには大規模な数値シミュレーションが必要となる。そこで、我々は並列スーパーコンピュータを用いた強相関物質シミュレーションコードを開発し、様々な問題に適用する事を目指している。

一方で、不純物の存在などにより、実際に固体中の電子の強相関効果のみを実験的に高精度で調べる事は難しい。しかし、近年、レーザーと原子で人工的に強相関物質（強相関格子系）を作り、強相関系の性質を系統的に調べる事を目的とした「光格子実験」が急速に進歩しており、近い将来、強相関格子系の様々な性質が明らかになると期待されている。

今年度は、主に以下の2つの問題に取り組み、新しい知見を得た。

(1) 「並列化密度行列繰り込み群法」を用いて、光格子系で強相関効果に由来する「有限ホール密度長岡強磁性」の発現条件を明らかにした。

(2) 「並列化時間依存密度行列繰り込み群法」を用いて、1次元ナノワイヤのモット絶縁体に外部電場を照射した場合の非平衡ダイナミクスを調べた。その結果、散逸がない場合には励起された電子がペアを組み、超伝導相関が発達する事を発見した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Okumura M., Yamada S., Machida M. and Aoki H.: “Phase-separated ferromagnetism in spin-imbalanced Fermi atoms loaded on an optical ladder: a density matrix renormalization group study”, *Phy. Rev. A* 83, 031606(R) (2011).

Okumura M., Onishi H., Yamada S. and Machida M.: “Anomalous non-equilibrium electron transport in one-dimensional quantum nano wire at half-filling: time-

dependent density matrix renormalization group study”, *J. Phys.: Conf. Ser.*, 248 012031 (2010). *

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Okumura M., Yamada S., Machida M. and Aoki H.: “DMRG studies for itinerant ferromagnetism in a two-leg optical lattice system”, *New Development of Numerical Simulations in Low-Dimensional Quantum Systems: From Density Matrix Renormalization Group to Tensor Network Formulations*, Kyoto, Japan, October (2010).

Okumura M., Yamada S., Machida M. and Aoki H.: “Itinerant ferromagnetism in cold fermionic atoms loaded on a two-leg optical ladder”, *22nd International Conference on Atomic Physics*, Cairns, Australia, July (2010).

Okumura M., Onishi H., Yamada S. and Machida M.: “Anomalous non-equilibrium transport in one-dimensional quantum nano wire at half-filling: time-dependent density-matrix renormalization group study”, *International Conference on Theoretical Physics Dubna-Nano2010*, Dubna, Russia, July (2010).

Okumura M., Yamada S., Machida M. and Aoki H.: “Itinerant ferromagnetism of strongly correlated Fermi Atoms loaded on an optical ladder”, *Ultracold Fermi Gas: Superfluidity and Strong-Correlation*, Tokyo, Japan, May (2010)

(国内学会等)

奥村雅彦, 山本篤史, 山田進, 町田昌彦, 柚木清司: “フェルミ原子光学格子非平衡ダイナミクスにおける相関効果”, *日本物理学会 2010 年秋季大会*, 大阪府立大学, 9月 (2010)

XXII-011 グルタチオントランスフェラーゼを標的とした分子イメージング創薬 Molecular Imaging Drug Discovery Targeting Glutathione-S-transferases

研究者氏名: 柴田綾 Shibata, Aya

受入研究室: 基幹研究所

伊藤ナノ医工学研究室

(所属長 伊藤 嘉浩)

Glutathione-S-transferases (GST) は、フェーズ II に属する解毒系酵素であり、疎水性化合物に対するグルタチオン (GSH) の求核攻撃を触媒する。この

反応の結果 GSH 抱合体となった化合物はトランスポーターの 1 種である多剤耐性タンパク質 (MRP) によって速やかに細胞外に排出され、無毒化され

る。この GST の過剰発現が腫瘍の薬剤耐性の一因となっているため、細胞内の GST 活性レベルを知ることが、抗がん治療において投与する薬剤選定等の決定のための重要な指針になる。しかし、既存の GST 検出プローブは蛍光を発する際に基質が GSH 抱合体となり、MRP により速やかに体外に排出されてしまうことから、生体への応用は困難であった。このことから、GST/GSH 薬剤排出機構の影響を受けない GST 検出プローブの開発は、GST を標的とした細胞内イメージング、がん診断、創薬やケミカルバイオロジーへと研究展開を図る上で非常に重要である。本研究ではアリールスルホニル基を保護基に用いて、基質自身は GSH 修飾を受けず排出機構の影響を受けない、細胞内で定量性に優れた検出プローブ開発を試みた。

本年度は、アリールスルホニル基の *o* 位もしくは *p* 位置換基を種々検討し、GST との反応性について検討を行った。結果、*p* 位アセチル基もしくはシアノ基を用いたアリールスルホニル基を保護基に用いることで高いシグナル・バックグラウンド比を持つ

GST 検出用蛍光プローブを得ることに成功した。

また、実験の過程で得られた保護基を用いて高いシグナル増幅能をもつ、DNA 検出用プローブの開発も行った。

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

柴田綾・阿部洋・伊藤美香・Morgenstern Ralf・周東智・

伊藤嘉浩：“細胞内グルタチオン-S-トランスフェラーゼ活性検出のためのプローブ開発”，第4回バイオ関連化学シンポジウム，大阪，9月（2010）

柴田綾・阿部洋・伊藤美香・中嶋裕子・周東智・伊藤嘉浩：“芳香族求核置換反応を利用した蛍光発生プローブの開発”，第20回アンチセンスシンポジウム，神戸，12月（2010）

柴田綾・阿部洋・伊藤美香・中嶋裕子・周東智・伊藤嘉浩：“高感度シグナル増幅能をもつ遺伝子検出プローブの開発”，第91回化学会春季年会，神奈川，3月（2011）

柴田綾・阿部洋・伊藤美香・中嶋裕子・周東智・伊藤嘉浩：“高感度シグナル増幅能をもつ遺伝子検出プローブの開発”，第91回化学会春季年会，神奈川，3月（2011）

XXII-012

非対称ビスジチオレンおよびモノジチオレン錯体の合成開発と伝導性

Synthetic Development and Conducting Properties of Asymmetrical Bisdithiolene and Monodithiolene Complexes

研究者氏名：野村 光城 Nomura, Mitsushiro

受入研究室：基幹研究所

加藤分子物性研究室

（所属長 加藤 礼三）

分子性導体の材料の1つである金属ジチオレン錯体類を化学的に分子修飾することで、新規な電気伝導体の合成開発を目的とした。当初は非対称な分子（非対称ジチオレン錯体）の合成開発に関して集中的に取り組んできたが、目的物の安定性・結晶化が大きな問題であり、物性測定には至っていない。そこで、従来から知られている対称構造を持つジチオレン錯体系-超伝導体 $(R_4E)[M(dmit)_2]_2$ の分子修飾を試みた。この錯体塩の修飾可能な部位は多く、①カウンターカチオン R_4E^+ ($E = N, P, As, Sb$) の修飾、②中心遷移金属の選択 (Ni, Pd, Pt, Au)、③ $dmit (C_3S_5^{2-})$ 配位子内の硫黄原子を他のカルコゲン原子（主にセレン）に置換する手法などが挙げられ、膨大な種類

の分子性（超）導体の設計が可能である。

カウンターカチオン R_4E^+ 部位の分子サイズを大きくすると結晶構造が変化し、超伝導体特有の分子配列（ β あるいは β' 型）を得られなくなる。そこで、アルキル基 R にサイズの小さなフッ素原子を導入する「微細なサイズ変化」を与えることで、新たな分子性導体塩の開発を試みた。フッ素化されたアンモニウムを有する β - $[Me_3(CH_2F)N][Pd(dmit)_2]_2$ の結晶構造は、フッ素化されていない塩（ β - Me_4N 塩）と同形であった。これは、両者の分子サイズが似ていることから、フッ素の「ミミック効果」により同形の結晶が得られたと推測している。しかし、これらの結晶学的な類似性に反し、両者の電子物性には

大きな違いが見られた。 $[\text{Me}_3(\text{CH}_2\text{F})\text{N}]$ 塩の電気伝導度および (圧力下での) 超伝導転移温度は, 対応する Me_4N 塩のそれらよりも向上した。また, 一連の β -あるいは β' - $(\text{R}_4\text{E})[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ 塩が常圧下においてモット絶縁体であるのに対し, β - $[\text{Me}_3(\text{CH}_2\text{F})\text{N}][\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ 塩では常圧下において金属的な振る舞いを示す。同様に $[\text{Me}_3(\text{CH}_2\text{F})\text{N}]$ カチオンを含む $[\text{Pt}(\text{dmit})_2]_2$ 錯体塩, セレン類似体 $[\text{Pd}(\text{dsit})_2]_2$ 塩においても同形の結晶 (β 型) が得られた他, 常圧下において金属的な挙動を示すことがわかった。すなわち, カウンターカチオンへのフッ素原子の導入は, その「微細なサイズ変化」に基づく化学プレッシャーを与えることにより, 優れた電子物性を有する新規な $[\text{M}(\text{dmit})_2]_2$ 電気伝導体を開発できるものと期待される。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

- (1) Nomura M., Terada K., Onozawa A., Mitome Y., Sugiyama T. and Kajitani M. "Pd-Catalyzed dithiolene-aryl cross-coupling reaction of aromatic cyclopentadienylcobalt dithiolene complex" *Chem. Lett.* 39, 208–209 (2010). *
- (2) Nomura M., Oguro H., Maeshima K., Iida S., Horikoshi S., Sugiyama T., Sugimori A. and Kajitani M. "Sulfur-centered and nitrogen-centered radical substitution reactions of aromatic CpCo(dithiolene) complex with 2, 2'-dibenzothiazolyl disulfide" *J. Organomet. Chem.* 695, 1613–1617 (2010). *
- (3) Nomura M., Sasao T., Sugiyama T. and Kajitani M. "Structures and electrochemistry of monomeric and dimeric CpCo(dithiolene) complexes with substituted benzene-1, 2-dithiolate ligand" *Inorg. Chim. Acta* 363, 3647–3653 (2010). *
- (4) Nomura M., Kondo S., Yamashita S., Suzuki E., Toyota Y., Alea G. V., Janairo G. C., Fujita-Takayama C., Sugiyama T. and Kajitani M. "Sulfur-rich CpCo(dithiolene) complexes: Isostructural or non-isostructural couples of CpCo(III) with CpNi(III) dithiolene complexes" *J. Organomet. Chem.* 695, 2366–2375 (2010). *
- (5) Nomura M., Kanamori M., Tateno N., Fujita-Takayama C., Sugiyama T. and Kajitani M. "Two near-UV and visible chromophores of CpCo(Dithiolene)

complexes with pyridinium-dicyanomethylidene Group" *J. Organomet. Chem.* 695, 2432–2440 (2010). *

- (6) Nomura M., Iida S., Seki K., Kobayashi K., Hagino G., Horikoshi S., Sugiyama T., Sugimori A. and Kajitani M. "Rare direct imidation of pseudo aromatic metallacycle by reaction of CpCo(dithiolene) complexes with N-halosuccinimide" *J. Organomet. Chem.* in print (2011). *

(総説)

- (1) Nomura M., Cauchy T. and Fourmigué M. "Radical CpNi(dithiolene) and CpNi(diselenolene) complexes: Synthetic routes and molecular properties" *Coord. Chem. Rev.* 254, 1406–1418 (2010). *
- (2) Nomura M. "Organometallic dithiolene complexes of the group 8–10 metals: Reactivities, structures and electrochemical Behavior" *Dalton Trans.* accepted for publication (2011). *

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

- (1) Mitsushiro Nomura, Akiko Tajima, Hengbo Cui, Hiroshi M. Yamamoto, Reizo Kato "Fluorine Mimic Effect in a New Molecular Superconductor $[\text{Pd}(\text{dmit})_2]$ with Fluorinated Ammonium" Pacificchem 2010, Honolulu, Hawaii, USA, 15-20 December 2010

(国内学会等)

- (1) 野村光城, 田嶋陽子, 崔亨波, 大島勇吾, 山本浩史, 加藤礼三 "フッ素化されたアンモニウムを有する DMIT 金属錯体塩の電気伝導性" 第 4 回分子科学討論会 2010 大阪, 大阪大学, 豊中キャンパス, 9 月 14 日 ~ 17 日 (2010)

**微量熱容量測定による分子性固体における
量子スピン液体と周辺相の系統的理解**
Thermodynamic Study of a Quantum Spin Liquid State and
Neighboring Phases in Molecular Conductors

研究者氏名 : 山下 智史 Yamashita, Satoshi

受入研究室 : 基幹研究所

加藤分子物性研究室

(所属長 加藤 礼三)

本研究は2次元三角格子系で実現する特殊な基底状態「量子スピン液体」の本質を解明することを目的とした熱力学的な研究である。本年度は、主として研究の基礎となる熱容量測定装置の立ち上げと外部研究機関(大阪大学)との共同研究における熱容量測定を行った。

熱容量測定は、未知の基底状態である量子スピン液体の解明に極めて有効であり、かつ、必要不可欠な測定手法である。本研究では、分子性固体の熱容量を精密に測定できる熱容量測定装置が必要であるため、まず、装置の立ち上げを行った。冷却装置の動作等によるノイズが予想していたレベルより大幅に大きく、予定期間より長い期間が必要であったが、自作のフィルタ回路や構造の改良などにより、市販装置に比べて数倍の精度・確度を持つ熱容量測定装置の立ち上げに成功した。また、さらに高感度な熱容量測定装置の開発を進めており、次年度以降には試料依存性まで含めた詳細な熱容量測定実験が展開できる予定である。一方、研究対象物質については、所属長である加藤礼三主任研究員の助言および助力により、混晶塩の化学合成により内部パラメータを精密にコントロールした物質の測定が可能となった。このため当初の研究計画と比較して、より直接的な手段による量子スピン液体の本質へのアプローチが可能となった。また、同時にこれらの物質の熱容量を迅速に測定することが必要となった。このため、計画を変更し、外部研究機関(大阪大学)との共同研究を提案し、混晶塩の熱容量測定を中心とした熱容量測定実験による、量子スピン液体の特徴的な振る舞いと三角格子構造の異方性の詳細な関係の解明を行った。これらの結果は、量子スピン液体の解明において極めて重要なものである。特に、三角格子の異方性を反映した現象は他の測定では解明されていないため、本研究独自の視点からの実験情報の提供を可能にした。また、熱容量測定装置の

立ち上げも次年度以降の研究において必要不可欠なものである。申請者はこれらの結果を、米国で行われた Highly Frustrated Magnetism 2010 や日本物理学会 2010 年秋季大会等で発表し、国内外の理論研究者等から高い関心を得た。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

YAMASHITA S., MORIURA T., NAKAZAWA Y., YOSHIDA H., OKAMOTO Y., and HIROI S.: "Thermodynamic properties of the Kagomé lattice in volborthite" J. Phys. Soc. Jpn. 79, 083710(2010)*

Yamashita S., Yamamoto T. and Nakazawa Y.: "Low temperature heat capacity measurements of the spin-liquid states of hydrogenated and deuterated κ -(BEDT-TTF)₂Cu₂(CN)₃" Physica B 405 S240-243(2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Yamashita S., Yamamoto T. and Nakazawa Y.: "The Deuteration Effect on Thermodynamic Behavior of Spin-Liquid States", 2nd International Symposium on Structural Thermodynamics, Osaka, Japan, Aug. (2010) (国内学会等)

山下智史, 山本貴, 中澤康浩, 加藤礼三: "Pd(dmit)₂ 塩中のスピン液体における顕著な重水素置換効果", 日本物理学会 2010 年第 65 回秋季大会, 大阪, 9 月 (2010)

研究者氏名 : 天羽 真一 Amaha, Shinichi

受入研究室 : 基幹研究所

河野低温物理研究室

(所属長 河野 公俊)

量子ドット中に閉じ込められた電子は、殻構造や Hund 則を示すことから、人工原子と呼ばれている。また、人工原子を二つ並べて形成される 2 重量子ドットもまた、ドット間の結合の強さを制御することで、共有結合やイオン結合に似た電子状態が実現され人工分子とみなすことができる。特に、本研究では、人工原子と 2 つならべた人工分子 (2 重量子ドット) と、3 つならべた人工分子 (3 重量子ドット) に着目して研究を進めている。

2 重量子ドットにおいては、1 つの量子ドットに軌道縮退、もしくは、軌道縮退に近い状態について研究を進めた。これまで、2 重量子ドットでは、軌道縮退を考慮に入れない場合で、各々の量子ドットの電子数が奇数の場合に生じるスピンプロケイド現象 (Pauli spin blockade) が知られていた。今回、我々は、奇数、偶数の電子数であっても、偶数の電子数を持つ量子ドットで、スピンの揃った状態 (triplet) が生じることができるようになると、スピンプロケイドが生じる 3 重項スピンプロケイド現象 (quartet spin blockade) を見出した。得られたスピンプロケイド領域は、スピンの揃った triplet 状態にアクセスできるようになるまでのエネルギー差を反映し、ソース・ドレイン間の電圧が小さい場合には、電流が流れ、triplet 状態にアクセスできるようになるソース・ドレイン電圧に達した途端に電流が抑制される。そのため、従来の Pauli spin blockade とは異なったクーロンプロケイド領域とは少し離れた領域で、電流抑制が観測されている。また、quartet spin blockade 領域で、ソース・ドレイン電圧、ゲート電圧を止めて、磁場を sweep すると、電流の hysteresis が観測されており、Pauli spin blockade と同様に、スピンプロケイド条件下での核スピンの相互作用が確認できた。また、磁場方向を変えると、時間的な電流の振動現象が観測され、その振動周期のソース・ドレイン電圧や磁場の強さに応じた変化も観測されている。

3 重ドットにおいては、直列・並列 2 つのタイプ

の研究を進めた。並列 3 重量子ドットで、singlet と triplet の共鳴状態について議論を進めた。直列 3 重量子ドットでは、理論計算と比較し co-tunneling 領域における spin blockade 現象を確認した。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Amaha S., Hatano T., Tamura T., Kubo T., Teraoka S., Tokura Y., Austing D. G. and Tarucha S., "Charge states of a collinearly and laterally coupled vertical triple quantum dot device", *Physica E*, 42, 899 (2010)*
Amaha S., Kodera T., Hatano T., Ono K., Tokura Y., Tarucha S., Gupta J. A. and Austing D. G., "Pauli Spin Blockade and Influence of Hyperfine Interaction in Vertical Quantum Dot Molecule with Six-electrons", *Journal of Physical Society of Japan*, in print*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Amaha S., Hatano T., Izumida W., Ono K., Tamura T., Kubo T., Tokura Y., Gupta J. A., Austing D. G., "Laterally and vertically coupled triple vertical quantum dots", 30th International Conference on Physics of Semiconductors, Seoul, Korea, July (2010)
Amaha S., Izumida W., Tokura Y., Hatano T., Takahashi R., Kono K., Gupta J. A., Austing D. G., Tarucha S., Ono K., "Quartet Spin Blockade Mechanisms in Vertical Double Quantum Dots", The International Symposium on Nanoscale Transport and Technology (ISNTT2011), Atsugi-shi, Kanagawa, January (2011)

(国内学会等)

天羽真一, 泉田渉, 高橋諒, 河野公俊, 樽茶清悟, D. G. Austing, 大野圭司, "2 重量子ドットにおける 3 電子スピンプロケイド現象", 日本物理学会第 66 回年次大会, 新潟大学, 新潟県, 3 月 (2011)

XXII-015 超伝導位相スリップナノワイヤを用いた量子ビットに関する研究

Phase Slip Flux Qubit

研究者氏名：布施智子 Fuse, Tomoko

受入研究室：基幹研究所

石橋極微デバイス工学研究室

(所属長 石橋 幸治)

近年、超伝導ジョセフソン接合系量子ビットの研究が活発に行われ、量子コンピューティングの研究をリードしている。特に最近では、超伝導量子ビットをチップ上の共振器に結合させた系の研究が盛んである。量子ビットと共振器の相互作用により、共振器を用いて量子ビットを操作したり、逆に量子ビットを利用して共振器中に光子を生成・消滅したりすることができる。さらに、共振器を介して離れた量子ビットを相互作用させることができる。しかしながら、超伝導量子ビットは、マクロな量子状態を量子ビットとして用いるため、ノイズに弱く、コヒーレンス時間が比較的短いという欠点をもつ。

デコヒーレンスの主な原因の一つは、ジョセフソン接合における原子スケールの欠陥であることが知られている。本研究では、ジョセフソン接合を超伝導ナノワイヤに置き換え、量子的位相スリップを利用する新しいタイプの量子ビットを動作させることをねらう。ジョセフソン接合ではなく均一な材料からなるナノワイヤを用いることでコヒーレンス時間が飛躍的に増大する可能性がある。ここで量子ビッ

トはチップ上の共振器に結合させ、操作、読み出しを行う。

本年度は、主に超伝導共振器の作製と高周波測定系のセットアップを行っている。共振器と量子ビットの相互作用を利用するためには、共振器中での光子の損失は非常に小さくしなければならない。そこで一般に超伝導材料が用いられる。ここでは比較的超伝導ギャップの大きいNbを用いた。作製したNb薄膜の臨界温度 (~8 K)は、一般に知られている臨界温度 (~9 K)に近く、品質のよさを示している。共振器構造は、フォトリソグラフィーにより作製した。共振器の特性を測定するためには、共振器とその測定回路のインピーダンスが整合していることが必要である。そこで共振器チップと外部高周波回路の接続部となる基板を設計し作製した。並行して室温部と低温部(希釈冷凍機内部)の高周波配線、高周波部品、装置の導入を行っている。また、NbSiの超伝導ナノワイヤを作製し、位相スリップを理解するための測定を行っている。

XXII-016

π 電子数制御を指向したヘミポルフィラジン類の合成と電子構造解析

Synthesis and Electronic Structure Analysis of Hemiporphyrazines Toward Controlling the Number of π -Electrons

研究者氏名：村中厚哉 Muranaka, Atsuya

受入研究室：基幹研究所

先進機能元素化学研究チーム

(所属長 内山 真伸)

一般的に、 $4n+2$ 個の π 電子を持つ環状共役化合物は π 電子の非局在化による大きな安定化エネルギーを持ち芳香族性を示すのに対して、 $4n$ 個の π 電子を持つ環状共役分子では電子的に不安定化し反芳香族性を示す。ポルフィリンやフタロシアニンといったテトラピロール骨格を持つ環状共役分子は

18 π 電子系芳香族化合物として知られる。4つのピロール部位のうち2つがピリジン又はトリアゾールに置き換わったテトラアザポルフィリンはヘミポルフィラジンと呼ばれ、20 π 電子系化合物であることが明らかとなってきた。2電子酸化・2電子還元したヘミポルフィラジンはそれぞれ18 π 、22 π 電

子系芳香族性を示すことが予想できる。本研究では、ヘミポルフィラジンの π 電子数を制御した新規物質を構築し、その電子構造を実験的・理論的に解明することで有機機能性材料開発の指針を得ることを目的とする。

本年度は、周辺置換基にヒドロキシ基が導入されたヘミポルフィラジンの合成を行い、酸化剤添加による電子構造の変化を調べた。芳香族性の起源を調べるために新しい骨格を持つヘミポルフィラジンの合成を行った。

(1)ジアミノフェノール、またはジアミノレゾルシノールとジアミノイソインドリンを反応させることで、ヒドロキシ基を有するカルバヘミポルフィラジンを合成した。合成したカルバヘミポルフィラジンは、可視領域に弱い吸収帯、紫外領域に強い吸収帯を持つ20 π 電子系化合物に特有の吸収スペクトルが観測された。この溶液にDDQを添加するとスペクトル形状が大きく変化し、約840 nmの近赤外領域に強い吸収を持つスペクトルとなった。この変化は、酸化剤の添加によりカルバヘミポルフィラジンが18 π 電子系芳香族性に变化したことに由来する。芳香族性になることで近赤外領域に強い吸収帯を持つことは量子化学計算から支持された。

(2)ジアミノチアゾールとジアミノイソインドリン

からチアゾールヘミポルフィラジンを合成した。合成したチアゾールヘミポルフィラジンは、20 π 電子系化合物に特有なスペクトル形状を示したがトリアゾールヘミポルフィラジンに比べて吸収波長が大きく長波長シフトすることが明らかとなった。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Muranaka A., Yonehara M. and Uchiyama M.: "Azulenocyanine: A New Family of Phthalocyanines with Intense Near-IR Absorption", J. Am. Chem. Soc., 132 7844-7845(2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Muranaka A., Yonehara M., Kobayashi N. and Uchiyama M.: "Azulenocyanine: A New Family of Phthalocyanines with Intense Near-IR Absorption", Pacificchem 2010, Honolulu, USA, Dec. (2010)

(国内学会等)

村中厚哉, 内山真伸, 小林長夫: "芳香環積層型キラル分子のCDスペクトル解析", 第59回高分子討論会, 札幌, 9月(2010)

XXII-017

革新的な酸化還元反応触媒：核酸アプタマーを用いた光励起電子移動反応の制御

Innovative Redox-catalyst: Regulation of Photo-Induced Electron Transfer Reaction by Employing Nucleotide Aptamer

研究者氏名：鶴澤 尊規 Uzawa, Takanori

受入研究室：基幹研究所

前田バイオ工学研究室

(所属長 前田 瑞夫)

化石資源枯渇へのカウントダウンが始まる中、無尽蔵な光エネルギーから必要とする化学エネルギーを生産することは、今世紀中に我々が解決の目処を見つけなければならない課題の一つである。光エネルギーを利用しやすい化学エネルギーに変換するためには、光励起された電子を効率よく電荷分離する必要がある。本研究では「特定ターゲットに特異的かつ高い親和性で結合できる核酸アプタマー」を電荷

分離過程に導入し、逆電子移動反応を抑えた効率の良い電荷分離の達成を目指す。

アプタマーを探し出すことは非常に挑戦的な課題であるので、まずは既報のヘムに結合するアプタマーを用いた簡便なテストを模索した。電子移動タンパク質のシトクロムcは特別な条件下において、内在のヘムが酸化状態にあるときは変性し、還元状態にあるときは高次構造を形成することが知られている。

このことは、酸化状態で溶液中に露出したヘムは還元に伴ってシトクロム *c* の内部に取り込まれることを示しており、シトクロム *c* のヘムに対するヘム結合アプタマーの親和性は酸化状態と還元状態で異なることが期待された。そこで、まずヘム結合アプタマーが酸化状態のシトクロム *c* のヘムに結合するののかについて、ヘム近傍の電子状態を可視吸収分光法で、シトクロム *c* の構造を円二色性分光法で調べた。その結果、残念ながらヘム結合アプタマーは酸化変性状態のシトクロム *c* のヘムには結合しないことが分かった。このことは、既報のアプタマーはテストとして用いることができず、目的に応じた最適なアプタマーを探し出す必要があることを示している。

そこで計画を先に進めて、フェレドキシンに結合する RNA アプタマーを、キャピラリー電気泳動を用いて探している。光合成で生産されるエネルギーは比較的小さなタンパク質であるフェレドキシンに高エネルギーの電子として渡されるので、アプタマーを用いてフェレドキシンのもつ電子を利用することが出来れば、光エネルギーの電気エネルギーへの変換への応用が期待される。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Uzawa T., Cheng R., White R., Makarov D. and Plaxco K.: "A Mechanistic Study of Electron Transfer from the Distal Termini of Electrode-Bound, Single-Stranded

DNAs", J. Am. Chem. Soc., 132, 16120-16126 (2010)*
Xiao Y., Dane K., Uzawa T., Csordas A., Qian J., Soh T., Daugherty P., Lagally E., Heeger A. and Plaxco K.: "Detection of Telomerase Activity in High Concentration of Cell Lysates Using Primer-Modified Gold Nanoparticles", J. Am. Chem. Soc., 132, 15299-15307 (2010)*

Cheng R., Uzawa T., Plaxco K. and Makarov D.: "Universality in the Timescales of Internal Loop Formation in Unfolded Proteins and Single-Stranded Oligonucleotides" Biophys. J., 99, 3959 - 3968 (2010)*
鶴澤尊規: "一本鎖 DNA 内の 2 点間の衝突運動", 生物物理, 294, 80-81(2011)*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Uzawa T.: "A simple polymer physics model explains the end-to-end collision dynamics of single-stranded DNA", Pacificchem, Honolulu, 12 月 (2010)

(国内学会等)

鶴澤尊規: "一本鎖 DNA のダイナミクスの観測から明らかとなった生体高分子の分子内運動の普遍的時間スケール", 蛋白研セミナー, 大阪大学蛋白質研究所, 10 月 (2010)

XXII-018

高濃度アミノ基含有ポリマーブラシの調製と新規トランスフェクションアレイへの応用

Preparation of Polymer Brush Having Concentrated Amino Groups for Novel Transfection Array

研究者氏名: 水谷文 Mizutani, Aya

受入研究室: 基幹研究所

前田バイオ工学研究室

(所属長 前田 瑞夫)

経済的かつ細胞毒性の低い遺伝子導入技術として、機能性表面を用いるリバーストランスフェクション法が注目されているが、期待されるよりも低い遺伝子導入効率しか得られていないのが現状である。本研究は、リバーストランスフェクション法の遺伝子導入効率の上昇を目指して、外部刺激に応

答してカチオン性高分子-DNA 複合体を培地中に放出する機能性表面を開発することを目的としている。さらに、この表面を遺伝子疾患診断用の細胞アレイへと応用し、最終的には、現行では遺伝子変異検出と統計学的解析が主流である多遺伝子性疾患の解析を、細胞レベルでの網羅的な機能発現解析に引

き上げることが目標とする。本年度は、外部刺激の手法、ガラス表面へのカチオン性高分子の化学修飾法、および調製した表面の評価法について、それぞれ検討を行った。

研究開始当初は、外部刺激の手法として表面への電圧印加を考えていたが、細胞膜の状態を不安定にする可能性があること、実用化の際に高コストと手技の煩雑さが問題になりうることから、ジスルフィド交換反応を外部刺激に用いることを着想した。ジスルフィド交換反応は細胞に対して低侵襲であると考えられ、コスト・手技の面でも優れている。また、ジスルフィド交換反応による刺激応答性を細胞培養材料に応用することは、既往研究のない全く新しいアイデアである。

今年度は、ジスルフィド結合を介してカチオン性高分子を化学修飾した機能性ガラス表面を調製した。カチオン性高分子としてポリエチレンイミン (PEI)、化学修飾法として3種類の“grafting to”法を

検討した結果、ピリジルジスルフィド基を導入したポリエチレンイミン (PEI) とチオール基を有するシランカップリング剤で化学修飾したガラス表面とのジスルフィド交換反応を用いる表面調製法が適していることが明らかになった。また、未修飾ガラス表面、チオール基導入ガラス表面、および PEI がジスルフィド結合を介して修飾された表面では、明確に異なるゼータ表面電位が計測された。これは、設計通りの表面構造が得られていることを示唆している。

今後は、X線光電子分光法 (XPS) および水晶発振子マイクロバランス法 (QCM) を用いてさらに詳細に表面構造・物性を評価するとともに、モデル遺伝子と細胞を用いたトランスフェクション実験を進める。さらに、本法の遺伝子導入効率を最大にするために、カチオン性高分子の構造最適化とジスルフィド交換反応の条件最適化を行う予定である。

XXII-019

微弱 X 線源を用いる極微量元素分析のための X 線光学素子および平滑試料台の開発

Development of X-Ray Optics for Ultra Trace Elemental Analysis Using Low Power X-Ray Source

研究者氏名：国村 伸祐 Kunimura, Shinsuke

受入研究室：基幹研究所

大森素形材工学研究室

(所属長 大森 整)

全反射蛍光 X 線分析法は、入射 X 線を試料台 (平板 X 線ミラー) 上で全反射させながら、蛍光 X 線を測定し含有元素を分析する方法であり、主に半導体分析や環境分析に利用されている。この分析法では、X 線ミラーによる入射 X 線の散乱が検出感度悪化の一因となる。散乱 X 線の低減を目的として、これまで単色化 X 線が入射 X 線として用いられ、シンクロトロン放射光のような高強度単色化 X 線を使用することで、極微量元素分析が行われてきた。一方、われわれは、数ワットの微弱 X 線管からの白色 X 線 (X 線管からの特性 X 線と連続 X 線) を用いる場合でもピコグラム量 (1 ピコグラム = 10^{-12} グラム) の元素が検出できることを明らかにし、微弱な白色 X 線を利用することで、小型軽量かつ高感度な全反射蛍光 X 線分析装置を実現した。

本装置では白色 X 線を用いているため、単色化 X 線を使用する従来法よりも X 線ミラーからの散乱は強くなる。この散乱 X 線を低減させることで、本装置による検出感度をさらに改善できる。通常、鏡面仕上げをした石英ガラスが X 線ミラーとして用いられているが、X 線反射率や散乱断面積等を考慮すると、高分子材料や炭素系材料を利用する方が散乱 X 線を低減できることが計算により明らかになった。さらに、ミラーの表面粗さをサブ nm~ 数 nm にまで改善し、表面のうねり成分を除去することで、散乱 X 線を激減させることが可能と考えられる。本期間では、上述した材料を使用する平板 X 線ミラー作製のための基礎研究を行った。ダイヤモンド切削法によりアクリル樹脂の鏡面加工を行い、22 nm の表面粗さ (rms 値) を達成した。また、電解

インプロセスドレッシング (ELID) 研削法を用いてグラッシーカーボンの鏡面加工を行った。メタルレジソンド砥石を使用して得られた rms 値は 9 nm であったが、導電性ラバーボンド砥石を利用することで rms 値を 3 nm にまで改善することができた。これらの結果から、ELID 研削やダイヤモンド切削法が、X 線ミラーに要求される平滑性を得るために有効なことが示された。しかし、表面のうねりはまだ大きく、作製したミラー表面の高低差は μm スケールであった。今後、本装置の高感度化を実現するためには、ミラー表面のうねりをさらに除去することが重要であり、上述した方法での加工条件を最適化していくとともに、最終仕上げとして磁性流体研磨のような研磨法を用いる必要があると考えられる。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Kunimura S., Kawai J.: "Polychromatic excitation improves detection limits in total reflection X-ray fluorescence analysis compared with monochromatic excitation", *Analyst*, 135 1909-1911(2010)*

Kunimura S., Hatakeyama S., Sasaki N., Yamamoto T. and Kawai J.: "Portable TXRF spectrometer with 10^{-11} g detection limit and portable XRF spectromicroscope with sub-mm spatial resolution", *AIP Conference Proceedings*, 1221 24-29(2010)*

Kunimura S., Kawai J.: "Application of a portable TXRF spectrometer to determine trace amounts of toxic elements", *Advances in X-Ray Analysis*, 53 180-186(2010)*

Alshehabi A., Kunimura S. and Kawai J.: "Multilayer nano-thickness measurement by a portable low-power Bremsstrahlung X-ray reflectometer", *Analytical Methods*, 2 1555-1558(2010)*

Kunimura S., Kawai J.: "Trace elemental determination by portable total reflection X-ray fluorescence spectrometer with low wattage X-ray tube", *X-Ray Spectrometry*, accepted*

国村伸祐, Deh Ping Tee, 河合潤: "小型全反射蛍光 X 線分析装置を用いた微量カドミウム分析", *鉄と鋼*, 97 81-84(2011)*

永井宏樹, 中嶋佳秀, 国村伸祐, 河合潤: "高感度ポータブル全反射蛍光 X 線装置の開発", *X 線分析の*

進歩, 42 115-124(2011)*

Kunimura S., Kasuga H., Hachisu Y. and Ohmori H.: "Fabrication of X-ray optics for a portable total reflection X-ray fluorescence spectrometer using ELID grinding and MRF", *American Journal of Nanotechnology*, 1 40-44(2010)*

(総説)

国村伸祐, 河合潤: "全反射蛍光 X 線分析", *ぶんせき*, 12 667-673(2010)

国村伸祐: "全反射蛍光 X 線分析法の発展", *X 線分析の進歩*, 42 59-74(2011)

(その他)

国村伸祐: "超高感度小型全反射蛍光 X 線分析装置の開発", *Readout Horiba Technical Reports*, 36 44-49(2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Kunimura S., Kawai J.: "Ultra trace elemental determination using TXRF spectrometry with low power X-ray tube", *European Conference on X-Ray Spectrometry (EXRS2010)*, Coimbra, Portugal, June(2010)

Kunimura S.: "Handheld total reflection X-ray fluorescence spectrometer with picogram detection limits", *China 2010 XRS Conference*, Shanghai, China, September(2010)

Kunimura S.: "Ultra precision machining of optical quartz glass using ELID grinding and MRF", *The 4th MIRAI Symposium*, Tianjin, China, September(2010)

(国内学会等)

国村伸祐: "モバイル X 線化学分析装置開発における全反射ミラーの ELID 研削-MRF 加工連携プロセスの構築", 第 57 回 ELID 研削セミナー, 和光, 7 月 (2010)

国村伸祐, 春日博, 八須洋輔, 大森整: "小型全反射蛍光 X 線分析装置の高感度化のための X 線全反射ミラーの開発", 2010 年度砥粒加工学会学術講演会, 岡山, 8 月 (2010)

国村伸祐, 春日博, 八須洋輔, 大森整: "ELID 研削法および磁性流体研磨法を用いる全反射蛍光 X 線分析のための X 線光学素子の開発", 精密工学会 2010 年秋季大会, 名古屋, 9 月 (2010)

XXII-020 プラズモニック・フォトリックハイブリッドデバイスを用いた
分散制御とスローライト生成への応用
Slow-Light Dispersion Engineering in Plasmonic-Photonic Hybrid Systems

研究者氏名：石川 篤 Ishikawa, Atsushi

受入研究室：基幹研究所

田中メタマテリアル研究室

(所属長 田中 拓男)

光と金属ナノ構造が相互作用すると、自由電子の集団的振動であるプラズモンが励起される。金属表面に局在した光であるプラズモンは、金属構造の形状や寸法に応じて特異な分散関係を示すことから、超解像イメージングや光ナノ回路、メタマテリアルなどへの応用が期待されている。ところが、これらのプラズモニックデバイスは、当然ながら金属の大きな吸収損失を伴うため、実用的な光デバイス応用を妨げる重大な課題となっている。

この問題を解決するために本研究では、従来の金属ナノ構造に対して、誘電体ナノ構造を組み合わせたハイブリッドデバイスの研究を行っている。ハイブリッド構造をうまく設計すると、損失を伴う金属由来のプラズモニックモードと低損失な誘電体由来の光学モードが結合した状態である、ハイブリッド(混成)モードが生成する。最も興味深いのは、この混成モードが両者の長所だけを併せ持ち、損失特性は光学モードのそれに、分散特性は金属のそれに由来する点である。すなわちこの原理を用いると、金属を用いているにも関わらずその吸収損失を消去でき、しかも金属の高い分散性はそのまま積極的に利用できる。

これまでに、シリコン(Si)光導波路に金属ナノ共振器を周期アレイ状に装荷した、光通信波長帯で動作するハイブリッド構造を考案し、有限要素法に基づく数値解析を行った。固有モード解析の結果、Si光導波路を対向伝搬する2つの光学(導波)モードと、金属ナノ共振器に局在する1つのプラズモニックモードが結合し、低損失・高分散性を有する混成モードが生成することを確認した。また、理論解析では、これらのモード混成のダイナミクスが、系の結合モード方程式を用いて完全に記述できることを明らかにした。これにより、金属共振器の形状すなわち、モード間の結合係数を変化させることで、混成モードの群屈折率を $10 \sim 10^4$ の範囲で自由に制御できることがわかった。本研究が提案するハイブ

リッド構造を用いると、低損失と高分散という通常では相容れない2つの光学特性を両立させることができる。今後、このユニークな特徴を光通信だけでなく、高効率な光物質相互作用や高感度光センシングなどのデバイス応用に展開したいと考える。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Ishikawa A., Oulton R., Zentgraf T. and Zhang X.: "Extremely low-loss slow-light modes in plasmonic dielectric hybrid systems", Proc. SPIE, 7757 77571B-1-77571B-6 (2010)*

(その他)

石川篤, 田中拓男: "S2 群 3 編 3 章 4 節光制御技術への展望と展開", 電子情報通信学会知識ベース, 印刷中

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Ishikawa A., Tanaka T.: "Towards three-dimensional isotropic metamaterials", Metamaterials'2010, Karlsruhe, Germany, Sep. (2010)

Ishikawa A., Oulton R., Zentgraf T. and Zhang X.: "Extremely low-loss slow-light modes in plasmonic dielectric hybrid systems", SPIE Optics + Photonics Symposium, San Diego, USA, Aug. (2010)

(国内学会等)

石川篤: "金属・誘電体ハイブリッドメタマテリアルとその新奇光機能", NAIST メタマテリアルセミナー, 奈良, 7月(2010)

XXII-021 原始紅藻シゾンにおける染色体とオルガネラ分裂の連携機構
: コンデンシンを中心として

Chromosomal Dynamics by Condensin During Organelle Division in *Cyanidioschyzon Merolae*

研究者氏名 : 藤原崇之 Fujiwara, Takayuki

受入研究室 : 基幹研究所

平野染色体ダイナミクス研究室

(所属長 平野 達也)

細胞核・オルガネラの分裂と分配は、生物の増殖にとって不可欠である。原始的な単細胞紅藻であるシアニディオシゾン・メローラ(以下、シゾンと略す)は、一つの細胞のなかに、細胞核・ミトコンドリア・葉緑体をそれぞれ1個ずつ有する。細胞核とこれらのオルガネラは互いの物理的な結合を通して連携し複合体として分配されるが、細胞核の中の染色体の形状変化や分配の機構は不明であった。

シゾンは、ゲノムサイズが16Mbpと小さく、遺伝子数が最も少ない独立した真核生物の一つである。またrDNAのセットが3コピー、ヒストン遺伝子が1セットなどと冗長性が低く単純なゲノムを有しており、ポストゲノム解析において優れた材料である。また、分裂期染色体の構築に必須なコンデンシンIとIIの遺伝子の全てを持っている。高等な真核生物においてはコンデンシンIとコンデンシンIIが協調的に機能して染色体の構造を作り上げていると考えられるが、その機構は不明である。本研究では、シゾンを用いて染色体の分配におけるコンデンシンIとIIの協調的な機構を解析し、真核生物に共通する染色体構築原理を見出すことを目的とした。

まず、シゾンにおいて細胞周期のマーカー遺伝子の探索を行い、免疫染色により細胞周期のステージを明確化した。次に、細胞周期を同調化させた細胞集団を用いてコンデンシン・サブユニットの発現をRT-PCRによって解析した。8つのサブユニットのすべてが確かに発現しており、M期に転写産物量が増大する事が示された。そこでコンデンシンIとIIの共通ユニットであるSmc2に対する抗体を作製し、コンデンシンIとIIの局在を解析した。分裂過程においてシゾンの個々の染色体は凝縮して分離しては見えないが、M期中期から終期において細胞核全体がコンパクトに形状変化すること、そしてその変化と同時にコンデンシンが染色体上へ局在することを見いだした。すなわち、シゾンにおいてもコンデンシンが染色体のダイナミクスに強く関与してい

る事が示唆された。今後、コンデンシンIとIIに対する特異的な抗体を作製し、それらの局在の違いを解析していく。さらに、ChIP-seqの手法を用いて染色体上の微細な局在の差異を同定し解析する事により、2つコンデンシンの協調機構を解明していく。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Fujiwara T., Yagisawa F., Ohnuma M., Yoshida Y., Yoshida M., Nishida K., Misumi O., Kuroiwa H. and Kuroiwa.: "The Vacuole Binding to Mitochondria by VIG1 Contributes an Equal Inheritance of the Vacuoles in *Cyanidioschyzon merolae*", CYTOLOGIA, 75 189-194(2010)*

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

藤原崇之: "原始紅藻シアニディオシゾンにおける液胞分配機構の解析", 日本植物学会第74回大会, 春日井, 9月(2010)

XXII-022 難培養性細菌を含む環境細菌における可動性遺伝因子の挙動解析 Studies on Behaviors of Mobile Genetic Elements in Environment.

研究者氏名：新谷 政己 Shintani, Masaki

受入研究室：バイオリソースセンター

微生物材料開発室

(所属長 大熊 盛也)

プラスミドは種々の細菌間を接合伝達する可動性遺伝因子である。従来、その宿主域は供与菌と受容菌を接合させ、選択培地上で生育した接合伝達体を検出することで決定されたため、宿主細菌の培養の可否が大きなバイアスとなってきた。本研究では供与菌と、土壌より抽出した雑多な細菌とを混合し、培養を介さずに接合伝達体を検出・分離することで、プラスミドの真の宿主域の解明を目指した。まず検出・分離・解析手法の確立を目的とし、接合伝達頻度の高い不和合性群 IncP-1 群に属するプラスミド pBP136 を用いた。本プラスミドに緑色蛍光タンパク質 GFP を発現する遺伝子を挿入し、供与菌内では LacI リプレッサーによって抑制されるが、プラスミドが接合伝達した接合伝達体内では脱抑制されて発現するシステムを導入した。供与菌には *Pseudomonas putida* KT2440 株の染色体に *lacI* を挿入し、さらに生残性を低くするために必須アミノ酸合成に必要な *dapB* 遺伝子を破壊した派生株を用いた。環境細菌としては、理研内の土壌に生息する細菌を用いることとし、土壌試料にリン酸緩衝液と界面活性剤を加えて混合後、遠心によって夾雑物を除いて細菌画分を抽出した。供与菌と環境細菌との混合液を、メンブレンフィルター上にのせて 2 時間栄養培地上に静置した後、緩衝液に懸濁して 7 日間さらに静置した。その後、緑色蛍光を指標にして、蛍光顕微鏡下でのマイクロマニピュレーター、またはフローサイトメトリーとセルソーターを用いて接合伝達体を一細胞ずつ検出・分離した。その際、分離した細菌細胞を培養した後に遺伝子解析する方法と、培養せずに直接遺伝子解析に供する 2 つの方法を行った。遺伝子解析には、16S rRNA 遺伝子を PCR で増幅した後、制限酵素断片長多型解析を行って二種類以上の細菌が混入していないことを確認し、さらにその部分配列を決定した。また、プラスミドの複製に必須な遺伝子 *trfA* 内部を増幅するプライマーを用いて PCR を行い、プラスミドの有無を確認した。その結果、培養可能だった分離後の接合伝達体について遺

伝子解析を行ったところ、42% は実際にプラスミドを有しており、多くは *Achromobacter* 属類縁細菌と推定された。現在、分離した細胞を培養せずに Phi29 DNA ポリメラーゼを用いて全ゲノム増幅を行った後、遺伝子解析する手法の開発も行っている。

●誌上发表 Publication

(総説)

Shintani M., Takahashi Y., Yamane H. and Nojiri H.: "The behavior and significance of degradative plasmids belonging to Inc groups in *Pseudomonas* within natural environments and microcosms." *Microbes Environ.* 25 253-265 (2010)*

●口頭発表 Presentation

(国内学会等)

新谷政己, 山根久和, 野尻秀昭: "カルバゾール分解菌 *Pseudomonas fluorescens* Pf0-1 (pCAR1) 株のモデル汚染環境中における遺伝子進化機構", 環境バイオテクノロジー学会, 仙台, 6 月 (2010)

新谷政己, 松井一泰, 井上潤一, 野尻秀昭, 大熊盛也: "プラスミドの環境中における真の宿主域の解明に向けた手法の確立", 日本農芸化学会 2011 年度大会, 京都, 3 月 (2011)

XXII-023

脂質シグナルのシナプス間のクロストークへの関与
Elucidation of Lipid Signaling for the Crosstalk Between Synapses

研究者氏名 : 上田 善文 Ueda, Yoshibumi
受入研究室 : 脳科学総合研究センター
シナプス機能研究チーム
(所属長 林 康紀)

神経回路網において、樹状突起上に存在するシナプスは、記憶、学習の根底をなす最小素子と考えられている。故に、スパインにおいてシグナル分子がどのように振舞うのかを知ることは、記憶、学習を理解するうえで必須である。ホスファチジルイノシトール-4,5-二リン酸 (PIP₂)、ホスファチジルイノシトール-3,4,5-三リン酸 (PIP₃) およびジアシルグリセロール (DAG) は、代謝型グルタミン酸受容体の直下に位置するいわゆる「シグナルの司令塔」であり、記憶、学習のモデルとなるシナプス可塑性に必要であることがわかっている。しかしながら、これらは、脂質分子の産生酵素の阻害剤と電気生理的手法を用いた研究から得られた結果であり、樹状突起に一万個近く存在するシナプスの総和から得られた情報である。個々のシナプスで引き起こされるシグナルは、シナプス内で留まることも予想されるが、近年、一つのスパインの変化が、隣接するスパインに影響を及ぼすことが報告されている。

申請者は、従来までに、PIP₃ および DAG の産生を生細胞内で可視化、検出するための蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) を基にした蛍光プローブ分子を開発した。この FRET プローブの特徴は、脂質結合

ドメインを、他の脂質ドメインに変えることにより、様々な脂質分子を見ることが可能であり、シナプスにおいても、リン脂質代謝系の基となる PIP₂ および、この分子より代謝される DAG および PIP₃ の動態を観察できる能力を有している。

近年、2光子顕微鏡下で caged-グルタミン酸に photouncaging を施す事で、局所にグルタミン酸を産生させ、一つのシナプス後膜 (スパイン) において構造可塑性を誘導することが可能となった。現在所属しているシナプス機能研究チームにおいては、このシステムをいち早く取り入れ、現在シナプス構造可塑性を 80% の確率で成功させることが可能である。

そこで、本研究では、申請者が現在までに培ってきた脂質の知識および蛍光プローブ分子を現所属研究室に導入し、現研究室にある 2光子顕微鏡グルタミン酸 uncaging システムを用いる。構造可塑性を引き起こしたときに、脂質分子のスパイン内および樹状突起上での広がりを観察する。さらに、脂質分子の移動に摂動を与えることで、脂質シグナルが、隣接するシナプスにどのように影響を及ぼすのかを探っていく。

XXII-024

新規グルコース応答受容体によるグルコース
/ エネルギー代謝制御機構の解明
Elucidation of Mechanisms Regulating Glucose
/Energy Homeostasis by Novel Glucose-Responding Receptor

研究者氏名 : 石橋 洋平 Ishibashi, Yohei
受入研究室 : 脳科学総合研究センター
神経膜機能研究チーム
(所属長 平林 義雄)

グルコース 1 分子とセラミドから構成されるグルコシルセラミド (GlcCer) は糖脂質の基本骨格である。糖脂質は生体膜上で、脂質ラフトと呼称されるナノスケールの動的クラスターを形成する。脂質ラ

フトは、細胞環境に応じた各種シグナル因子群を適時に会合・集積させる場として活躍し、複雑精緻な生命活動の効率化、高精度化に貢献している。肥満や糖尿病のマウスにおいては、GlcCer 量の増大が

確認され、GlcCer 合成阻害はインスリン抵抗性を緩和する。エネルギー代謝と GlcCer 代謝、そして脂質ラフトには密接な関係があると考えられるが、その詳細は依然として不明である。これらの関係性を解き明かし、生命の根源たるエネルギー代謝制御機構、そしてメタボリックシンドローム発症機序に対する新知見を得ることが本研究の目的である。当初は、研究題目にあるように、グルコース応答性受容体として見出されたオーファン受容体を軸に研究を進める予定であったが、GlcCer 代謝との因果関係を示すような結果が得られず、方針を変更することにした。それに伴い、従来の細胞ライセートを用いた GlcCer 代謝酵素アッセイ系を見直し、刻一刻と変化するエネルギー環境を反映させるような細胞内アッセイ系を構築することにした。蛍光標識されたセラミドを細胞内に取り込ませると、ゴルジ体へと輸送され蛍光標識 GlcCer へと代謝される。この蛍光強度を定量し細胞の GlcCer 代謝能を測る、という寸法である。必要な蛍光標識セラミド量、アッセイ時間、細胞の密度などを検討し、アッセイ系を確立した。このアッセイ系によって、AMP-activated protein kinase (AMPK) のアゴニストである AICAR により GlcCer 合成が抑制されることを見出

した。AMPK は細胞内のエネルギーセンサーとして働くセリン/スレオニンキナーゼであり、AMP/ATP 比が高い、即ちエネルギー不足時に活性化され、ATP の消費を抑制し、ATP 合成を促進する。AMPK を活性化するグルコース枯渇時、および 2-deoxy-glucose 添加時にも AICAR 処理時と同様に、細胞内 GlcCer 合成能の低下が観察され、また AMPK のアンタゴニストである Compound C により GlcCer 合成能低下が抑制された。これらの結果は、AMPK は GlcCer 合成を負に制御する因子であるという可能性を示唆している。今後は、エネルギーセンサー AMPK と GlcCer 代謝との関係性を立証するデータを収集し、詳細なメカニズムの解明を目指すつもりである。

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

石橋洋平：“真菌の GlcCer 代謝を担う真菌特異的グルコシルセラミダーゼ EGCrP”, 第 52 回 日本脂質生化学会, 群馬, 6 月 (2010)

XXII-025

発達期における神経可塑性の数理モデル

: 分子生物学的要素の相互作用と発達段階における可塑性の差異

Mathematical Modeling of Developmental Plasticity

: Interactions of Molecular Elements and Differences of Developmental Stages

ある特定の発達段階において片眼を遮蔽すると大規模な大脳皮質の再組織化が起こる。この眼優位性の可塑性は発達段階の特定の時期で顕著であることから臨界期可塑性と呼ばれるが、この可塑性のメカニズムに関しては未知な点が多い。本年度は発達段階の視覚野の活動依存性の可塑性のモデル化に焦点をあて、以下の点について研究した。眼優位性の臨界期は抑制性細胞の成熟によって引き起こされると考えられている。しかし、この抑制性入力があるようなメカニズムで臨界期可塑性を誘発しているかは

研究者氏名 : 豊泉 太郎 Toyoizumi, Taro

受入研究室 : 脳科学総合研究センター

脳数理研究チーム

(所属長 甘利 俊一)

知られていない。申請者らは Hensch 研究室との共同研究により、眼優位性の可塑性を示さない欠損マウス (抑制性結合の弱いマウス) で、野生型マウスに比べ、視覚応答に対する自発活動の割合が高いことを示した。また、この欠損マウスへの薬剤投与による抑制増強が (臨界期可塑性を開始すると同時に) 視覚応答に対する自発活動の割合を下げることも示した。これらの実験的知見をモデルと統合し、抑制性結合の成熟に伴う自発活動と視覚応答のバランスが臨界期周辺の神経可塑性の性質の違いにどのよう

に影響を及ぼすかをモデルを用いて研究し、実験結果を再現した。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Toyoizumi T., “An extensive memory lifetime is achieved by coupled nonlinear neurons”, Society for Neuroscience, San Diego, USA, November (2010)

(国内学会等)

Toyoizumi T., “A close to extensive memory lifetime is achieved by coupled nonlinear neurons”, International Workshop on Fluctuation and Noise in Living Organisms III, Wako, Japan, July (2010)

Toyoizumi T., “Modeling the dynamical interaction of Hebbian and homeostatic plasticity”, S. Ishii Lab Seminar, Kyoto, Japan, November (2010)

Toyoizumi T., “Beyond the edge: Amplification and temporal integration by recurrent networks in the chaotic regime”, Workshop on Dynamics and Computation of the Brain, Wako, Japan, November (2010)

Toyoizumi T., “Unifying theory of cortical plasticity

across species, developmental stages, and molecular elements”, Okinawa Institute of Science and Technology Seminar, Okinawa, Japan, November (2010)

Toyoizumi T., “Toward unifying theory of cortical plasticity across species, developmental stages, and molecular elements”, Brain Science Institute Forum, Wako, Japan, December (2010)

豊泉太郎: “カオスの縁を超えて ～カオスの縁とその付近における神経回路網の情報量解析～”, 東京工業大学西森研究室公開セミナー, 4月(2010)

豊泉太郎: “非線形非線形性をもつ神経細胞集団によって達成される示量的作業記憶時間の解析”, Neuro2010, 神戸, 9月(2010)

豊泉太郎: “カオスの縁を超えて ～カオスの縁とその付近における神経回路網の情報量解析～”, 京都大学物理学部非線形セミナー, 11月(2010)

豊泉太郎: “情報量最大化と発火率制御から導かれるシナプス可塑性”, 広島大学数理研究科セミナー, 12月(2010)

XXII-026

ゼブラフィッシュ終脳における強化学習による 神経アンサンブル形成機構の研究

Study on Neural Mechanism Underlying Formation of the Neural Ensemble in Zebrafish Telencephalon Related to the Reinforcement Learning.

研究者氏名: 青木田鶴 Aoki, Tazu
受入研究室: 脳科学総合研究センター
発生遺伝子制御研究チーム
(所属長 岡本 仁)

「大脳皮質-基底核ループ」はヒトを含めた動物が、おかれた状況に最適な行動を選択するのに重要な役割を果たすことが知られている。本研究は比較的簡素で小さく透明度の高い脳を持つゼブラフィッシュを用いてカルシウムイメージングを行い、神経活動パターンを回路レベルで解析することにより、この回路を介した最適行動の選択の神経基盤を探ることを目的とする。先行実験において、能動的回避学習にともなう活動を示す神経細胞群をゼブラフィッシュ終脳の背側中間部領域に同定したが、今年度は能動的回避学習のルールの変更を導入するこ

とにより、同定された領域における神経活動パターンが学習のルールの変更にもなって変化するか否かを調べた。その結果、ルールの変更に伴い異なる活動領域パターンが観察された。また、能動的回避学習が成立したゼブラフィッシュにおいて、活動の観察された終脳背側中間部領域を電気焼灼法により除去すると、記憶の想起に障害が見られ、この学習パラダイムにおける最適行動がとれなくなる現象がみられたことから、この領域が能動的回避学習の記憶の維持に関わっている可能性が示唆された。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Tazu Aoki, Ryo Aoki, Masakazu Agetsuma, Hidenori Aizawa, Akiko Arata, Shin-ichi Higashijima and Hitoshi Okamoto: "Activation of Distinct Neural Ensemble In The Telencephalon Following A Go/ No-Go Rule Change In Goal Directed Behavior.", International Zebrafish Meeting, Madison, USA, June (2010).

Tazu Aoki, Ryo Aoki, Masakazu Agetsuma, Hidenori Aizawa, Akiko Arata, Shin-ichi Higashijima and Hitoshi Okamoto: "Activation of Distinct Neural Ensemble In The Telencephalon Following A Go/ No-Go Rule Change In Goal Directed Behavior." Symposium "Imaging Structure and Function in the

Zebrafish Brain" Lisbon, Portugal, Dec (2010).

(国内学会等)

Tazu Aoki, Ryo Aoki, Masakazu Agetsuma, Hidenori Aizawa, Akiko Arata, Shin-ichi Higashijima and Hitoshi Okamoto: "Optical imaging of neural activity of zebrafish telencephalon in goal directed behavior." 神経科学学会 2010, 神戸, Sept (2010).

Tazu Aoki, Ryo Aoki, Masakazu Agetsuma, Hidenori Aizawa, Akiko Arata, Shin-ichi Higashijima and Hitoshi Okamoto: "合目的的行動において Go- から No-go へのルールの変更によって異なる神経細胞のアンサンブルが活動する", 小型魚類学会, 埼玉, Sept (2010)

XXII-027

植物の分化、生長に関わるプラスチドシグナルの解明

Study on Plastid Signaling Involved in Plant Development

研究者氏名 : 小林康一 Kobayashi, Koichi

受入研究室 : 植物科学研究センター

細胞機能研究ユニット

(所属長 杉本 慶子)

色素体の発達は植物細胞によって厳密に制御されている一方で、色素体もまたその機能状態を核に伝えることが分かっている。特に、葉緑体の発達が阻害された時には、その状態が核に伝わることで、核における光合成遺伝子の発現が抑制されることが明らかとなっており、この制御因子はプラスチドシグナルと呼ばれている。これまでの一連の研究から、クロロフィル合成の中間体である Protoporphyrin IX (Proto IX) や Mg-Proto IX がプラスチドシグナリングに関与することが示唆されている。さらに、葉緑体機能の異常が葉の発達に影響を与えることがいくつかの変異体解析から示されており、細胞分化や器官形成にも色素体からのシグナルが関与している可能性が示唆されている。本研究では、クロロフィル代謝が植物器官の分化や形成に与える影響を明らかにし、光合成器官形成における葉緑体の役割を解明することを目的とする。

本年度は、Proto IX 合成を担う酵素、Protoporphyrinogen IX oxidase (PPO) におけるシロイヌナズナ変異体の単離、解析を行った。主要酵素である PPO1 を欠損した変異体 *ppo1* では葉の正常な形態形成が

強く阻害され、多数の未発達な葉の形成が見られた。このことは、*ppo1* 変異が葉の分化や発達に影響を与えることを示している。さらに興味深いことに、根から再分化した *ppo1* のシュートでは、このような分化異常は見られなかった。このことは、*ppo1* 変異は恒常的にメリステム形成に影響を与えるのではなく、ある特定の発達プロセスに関与していることを示唆している。さらに、HPLC 解析を行い、*ppo1* 変異体では Proto IX が生体内に多量に蓄積していることを明らかにした。この結果から、Proto IX の代謝フローの変化が器官分化や形態形成に影響している可能性が考えられる。さらに、もう一つのシロイヌナズナ PPO である PPO2 における変異体探索を行い、PPO2 遺伝子の発現に異常がある変異体 *ppo2* を得た。現在、*ppo1* と *ppo2* の二重変異体を作成中であり、これらの変異体解析により、Proto IX 代謝が物器官の分化や形成に与える影響を明らかにできると期待される。

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Kobayashi K., Sonoike K., Hashimoto H., Sato N., Kondo M., Nishimura M., Masuda T. and Ohta H.: "Importance of galactolipid synthesis for the coordinated regulation

of thylakoid biogenesis and formation of photosynthetic complexes", 19th International Symposium on Plant Lipids, Cairns, Australia, Jul. (2010)

XXII-028

リン酸化を介した植物の光環境適応機構の解明
Analysis of Phosphorylation Pathway Required for
Adaptive Regulation in Plants to Light Environment

研究者氏名 : 岡 義人 Oka, Yoshito
受入研究室 : 植物科学研究センター
植物ゲノム機能研究グループ
(所属長 松井 南)

植物の光環境適応機構を明らかにするために、(1)植物の主要な光受容体であるフィトクロムの相互作用因子(PIF)のリン酸化に関わるキナーゼの同定と、(2)フィトクロム情報伝達系によりリン酸化されるタンパク質の網羅的解析を行っている。

(1) PIFはリン酸化に伴い分解される。そこで、PIFとルシフェラーゼの融合タンパク(PIF-Luc)のルシフェラーゼ活性を指標にした遺伝学的スクリーニングによりPIFのリン酸化に関わるキナーゼを同定することを計画した。本年度はPIF-Lucを発現する形質転換シロイヌナズナを作成したが、予想に反して光条件下においてもルシフェラーゼ活性は比較的安定であった。これは、植物細胞内でPIF-Lucが部分的に切断されて存在しており、そのうちのルシフェラーゼタンパク質を含む断片が光に対して安定であるためであることをウエスタンブロット法により確認している。そこで方針を変え、Yeast-Three-Hybridシステムを用いて活性型フィトクロム依存的にPIFと相互作用するキナーゼの単離を行うことにした。本年度は藻類よりフィトクロムの発色団であるフィコシアノビルリン(PCB)の精製を行った。また、酵母細胞にPCBを加えることにより光依存的にフィトクロムとPIFが相互作用する系の確立に成功した。今後はこの系を用いてキナーゼのスクリーニングを進める。

(2) 光依存的にリン酸化されるタンパク質の同定のため、ショットガンプロテオームによる大規模解析を計画した。本研究で行うショットガンプロテオーム解析には安定同位体を用いたラベルが必要であるため、本年度はまず窒素ラベルのシロイヌナズナ黄化芽生えへの取り込みを調べた。その結果、培

地に窒素ラベルを加えるのみでは黄化芽生えに取り込まれないことが明らかとなった。そこで、窒素ラベルをシロイヌナズナの成熟個体へ取り込ませて得られた種子を用いたところ、黄化芽生え由来のタンパク質から窒素ラベルが検出された。現在はこのようにして得られたサンプルを用いて、光依存的にリン酸化されるペプチド断片の同定を行っている。

●誌上发表 Publications

(原著論文)

Toledo-Ortiz G., Kiryu Y., Kobayashi J., Oka Y., Kim Y., Nam H. G., Mochizuki N. and Nagatani A. "Subcellular sites of the signal transduction and degradation of phytochrome A.", *Plant Cell Physiology* 51 1648-1660 (2010)*

Hakata M., Muramatsu M., Oka Y., Nakamura H., Kawagoe Y., Tagiri A., Takahashi A., Kiyota S., Amano K., Toki N., Kajikawa M., Toki S., Yamakawa H., Nagamura Y., Hirochika H., Takano M. and Ichikawa H. "GPO1, a negative regulator of jasmonate signaling, controls plant growth by regulating cell division" *The Plant Journal* 提出済み *

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

小野雄也, 岡義人, Toledo-Ortiz Gabriela, 小鍛冶敬生, 望月伸悦, 長谷あきら: "フィトクロムAの特殊機能に関わるドメイン構造", 日本植物学会近畿支部大会, 京都 11月 (2010)

研究者氏名 : 草野 博彰 Kusano, Hiroaki

受入研究室 : 植物科学研究センター

植物ゲノム機能研究グループ

(所属長 松井 南)

植物は細胞の形とサイズを調節し成長することで形態を構築する。私は細胞の形を決める極性伸長と細胞サイズの増大と密接に関わる核内倍加の両方にホスファチジルイノシトール4リン酸5キナーゼ(PIP5K)が関わることを見出した。PIP5Kは動物や微生物にも共通して存在し、細胞接着やシグナル伝達の主要な構成因子であるが、植物での役割は近年解明され始めたばかりである。本課題ではPIP5Kを手掛かりに植物細胞の極性伸長と核内倍加を調節するメカニズムの解明を目指す。

本年度はPIP5Kによって形態とサイズが調節される植物細胞を探索し、目的の細胞を限定的に採取するための基盤の整備を行った。細胞の極性を決定する分子メカニズムにおけるPIP5Kの性質を解析した。

(1) PIP5Kが葉表皮細胞のジグソーパズル様構造の構築に関わる機能を持つことを発見した。

(2) 組織特異的核局在GFPを発現する植物体の根毛細胞をプロトプラスト化しフローサイトメトリーで蛍光を検出する方法を開発した。

(3) PIP5Kが低分子量Gタンパク質ROPとpH依存的に直接相互作用することを発見した。

(4) PIP5KとROPの結合がアイソフォーム特異的であることを発見した。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Kusano H., She KC., Koizumi K., Yamakawa H., Hakata M., Imamura T., Fukuda M., Naito N., Tsurumaki Y., Yaeshima M., Tsuge T., Matsumoto K., Kudoh M., Itoh E., Kikuchi S., Kishimoto N., Yazaki J. and T. Yano M., Aoyama T., Sasaki T., Satoh H. and Shimada H.: "A Novel Factor FLOURY ENDOSPERM2 Is Involved in Regulation of Rice Grain Size and Starch Quality", *The Plant Cell*, 22 3280-3294 (2010)*

Imamura T., Yasuda M., Kusano H., Nakashita H., Ohno Y., Kamakura T., Taguchi S. and Shimada H.:

"Acquired resistance to the rice blast in transgenic rice accumulating the antimicrobial peptide thanatin", *Transgenic Research*, 19 415-424 (2010)*

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Kusano H., Testerink C., Vermeer J., Yasuda K., Tsuge T., Shimada H., Oka A., Munnik T., Aoyama T.: "The Arabidopsis Phosphatidylinositol Phosphate 5-Kinase PIP5K3 (At2g26420) Is a Key Regulator of Root Hair Tip Growth", *International Conference on Arabidopsis Research*, Yokohama, Japan, May (2010)

She KC, Kusano H., Yamakawa H., Hakata M., Tsurumaki Y., Yaeshima M. and T. Yano Masahiro., Aoyama T., Sasaki T., Satoh H., Shimada H.: "A novel factor FLOURY ENDOSPERM 2 is involved in regulation of rice grain quality", *International Symposium on Biodiversity Sciences*, Nagoya, Japan, Aug. (2010)

Sasaki T., She KC, Kusano H., Yaeshima M., Satoh H., Shimada H.: "ATP shortage during seed development affect to reduction of rice grain production under high-temperature stress", *International Symposium on Biodiversity Sciences*, Nagoya, Japan, August (2010)

(国内学会等)

草野博彰, 和田悠貴香, 安齋尚子, 島田浩章, 松井南, 青山卓史: "植物細胞の形態形成における位置情報のシグナル", 第23回植物脂質シンポジウム, 宇治, 11月(2010)

和田悠貴香, 草野博彰, 安田敬子, 柘植知彦, 青山卓史: "環境刺激に応答したPIP5K遺伝子の機能", 第23回植物脂質シンポジウム, 宇治, 11月(2010)

八重島充弘, シャク高志, 草野博彰, 鶴巻由美, 内藤夏佳, 河本健正, 廣政智子, 平井望, 佐々木忠将, 島田浩章: "F1ATPaseはイネ胚乳の品質管理に関わる", 第33回日本分子生物学会年会・第83回日本生化学会大会 合同大会, 神戸, 12月(2010)

鶴巻由美, 草野博彰, シャク高志, 内藤夏佳, 佐々木

忠将, 島田浩章: “イネ FLO2 と相互作用する因子の解析”, 第 33 回日本分子生物学会年会・第 83 回日本生化学会大会 合同大会, 神戸, 12 月 (2010)
島田浩章, シャク高志, 草野博彰, 鶴巻由美, 八重島

充弘, 河本健正, 佐々木忠将: “イネの FLO2 過剰発現による種子貯蔵物質の生合成量の増強”, 日本農芸化学会 2010 年度大会, 東京, 3 月 (2011)

XXII-030

代謝動態情報を活用した分子生態学
-システム生物学的手法による腸内環境評価-
Systematic Evaluation of Metabolic Dynamics in Molecular Ecology

研究者氏名: 伊達康博 Date, Yasuhiro
受入研究室: 植物科学研究センター
先端 NMR メタボミクスチーム
(所属長 菊地 淳)

ヒトの腸内に共生する微生物叢は、宿主にとって難分解性である多糖類を利用して、整腸作用、プレバイオティクス効果等を促すとともに、肥満や代謝性疾患等にも関与していることが報告されている。しかしながらこれら難分解性の多糖類を介した腸内共生細菌と宿主との相互作用に関する科学的根拠は乏しく、その詳細な分子メカニズムは明らかとなっていないのが現状である。そこで我々はこれまでに、セルロース等の難分解性多糖類を用いて、複雑な腸内環境の変動あるいは代謝動態を追跡する種々の技術開発を報告してきた。しかし、地球環境に多様に存在する植物・藻類にはその効能について評価されていない多糖類も多数存在し、付加価値がなく廃棄されている場合も多いことから、これら多糖類バイオマスの有効利用法を見出したいと目論んでいる。その一端として本研究では、種々の食品成分からプレバイオティクス候補物質を簡便にスクリーニングすることのできる *in vitro* 培養スクリーニング法を構築し、植物性プレバイオティクス候補物質の探索とその評価を試みた。本方法では、糞便中腸内細菌群を嫌氣的に培養し、12 時間後の腸内細菌群およびその代謝物群を統計学的に評価することによりスクリーニングを行った。主成分分析により代謝物群を解析した結果、ネギ粘性物質は既知のプレバイオティクス食品群に分類され、特徴的な代謝変動を示した。一方、微生物叢の解析では、どの試験区においても構成微生物の顕著な違いは観察されなかったが、その遺伝子発現に違いが認められたことから、食品成分の添加は微生物群の代謝変動を促進していることが明らかとなった。また、マウスを用いた *in*

vivo 試験においても同様の代謝変動を確認することができ、ネギ粘性物質は微生物叢の代謝変動を促すプレバイオティクスとしての効果があることが示唆された。さらに、NMR を用いてネギ粘性物質のキャラクタリゼーションを行ったところ、主要構成成分は糖類であり、グルコースやフルクトース、ラフィノースといった糖類が含まれていることを明らかにした。

●紙上発表 Publications

(原著論文)

Date Y., Nakanishi Y., Fukuda S., Kato T., Tsuneda S., Ohno H. and Kikuchi J.: “New monitoring approach for metabolic dynamics in microbial ecosystems using stable-isotope-labeling technologies”, *J. Biosci. Bioeng.*, 110 87-93 (2010)*

(総説)

菊地淳, 関山恭代, 伊達康博: “代謝解析における NMR 技術開発の現状と将来展望”, *Radioisotopes*, 59 637-658 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Date Y., Iikura T., Yamazawa A., Moriya S. and Kikuchi J.: “Metabolic and microbial profiling based on DGGE-NMR correlation analysis for evaluating the time-series of biomass degradation processes in microbial ecosystems”, XXIVth ICMRBS, Cairns, Australia, 22-27 August (2010)

(国内学会等)

伊達康博, 坂田研二, 菊地淳: "イオノーム - メタボローム相関法による海藻多糖類のキャラクタリゼーション", 日本農芸化学会 2011 年度大会, 京都, 3 月 (2011)

伊達康博, 縫島裕美, 中西裕美子, 梅原三貴久, 福田真嗣, 大野博司, 菊地淳: "植物性プレバイオティクス候補物質の探索とその評価", 第 62 回日本生化学会大会, 宮崎, 10 月 (2010)

伊達康博, 縫島裕美, 中西裕美子, 梅原三貴久, 福田真嗣, 大野博司, 菊地淳: "農業・食品残渣系バイオマスからのプレバイオティクス候補物質の探索", 第 5 回メタボロームシンポジウム, 鶴岡, 9 月 (2010)

伊達康博, 飯倉智弘, 菊地淳: "13C 標識セルロースを用いたバイオマス分解因子のデータマイニング", 高分子学会 NMR 研究会 多変量解析と NMR- 埋もれた情報を発掘する, 東京, 5 月 (2010)

XXII-031 植物葉緑体の窒素センサー機能と核への情報伝達機構の解明 Elucidation of Molecular Mechanisms of Nitrogen Sensing in Plastid and Signal Transduction from Plastid to Nucleus in Higher Plant

研究者氏名 : 小山内崇 Osanai, Takashi
受入研究室 : 植物科学研究センター
代謝システム解析チーム
(所属長 平井 優美)

窒素は、リン・カリウムと並ぶ 3 大栄養素として、高等植物の生長に必須である。高等植物の窒素同化は、他の生物同様、グルタミンシンセターゼ (GS) とグルタミン酸シンターゼ (GOGAT) からなる GS-GOGAT サイクルが主要な経路である。高等植物のモデル生物であるシロイヌナズナでは、GS が細胞質、葉緑体、ミトコンドリアにそれぞれ局在するが、葉緑体型は GS2 のみである。近年、代謝酵素が酵素反応以外の機能を持つ例が、真核、原核生物を問わず知られている。そこで本研究では、GS2 を中心に葉緑体内での窒素感知の分子メカニズムを明らかにする。

本年度は特に、腸内細菌の窒素センサーであるウリジリルトランスフェラーゼのホモログ UTL1 を中心に解析を行った。ウリジリルトランスフェラーゼは、大腸菌内でグルタミンを結合することにより、窒素シグナルを感知し、下流にある PII タンパク質を修飾することによって、窒素同化や窒素関連遺伝子の転写を制御することが知られている。シロイヌナズナには、複数のウリジリルトランスフェラーゼ様タンパク質が存在するが、本研究ではこのうち、葉緑体に局在すると予測される UTL1 に着目して解析を行った。

- (1) UTL1 欠損株を作製し、ウエスタンブロット解析を行ったところ、GS2 タンパク質が修飾を受けている可能性が示唆された。
- (2) UTL1、GS2 をそれぞれ組換えタンパク質として、大腸菌で発現させ、相互作用、酵素活性変化などを調べた。
- (3) 葉緑体の起源となったバクテリアであるラン藻を用いて、ラン藻の窒素シグナル伝達メカニズムを解析し、シロイヌナズナ葉緑体でのシグナル伝達経路との対比を行った。

今後はこの UTL1 を中心に、UTL1 と GS2 の関係性を明らかにし、葉緑体窒素シグナル伝達の分子メカニズムと進化的変遷を解明する予定である。

●誌上发表 Publication

(原著論文)

Azuma M., Osanai T., Masami, M.-Y. and Tanaka, K.: "A response regulator Rre37 and an RNA polymerase sigma factor SigE represent two parallel pathways to activate sugar catabolism in a cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803", *Plant Cell Physiol.*, in print. Equally contributed.*

研究者氏名：白井 温子 Shirai, Atsuko
 受入研究室：発生・再生科学総合研究センター
 クロマチン動態研究チーム
 (所属長 中山 潤一)

ヘテロクロマチンは染色体の維持や、発生や疾患におけるエピジェネティックな遺伝子発現抑制など、様々な生命現象に重要な役割を果たす最も代表的な高次クロマチン構造であるが、その形成の仕組みの詳細は未だに不明な点が多い。このヘテロクロマチン形成にユビキチン化が関与することを示唆する知見が2004年に発表されたが、ユビキチン化修飾をうけるヘテロクロマチン因子は現在に至るまで不明なままである。本研究では、ユビキチン化修飾を受けるヘテロクロマチン関連因子に注目し、ヘテロクロマチン形成におけるユビキチン化が果たす役割の解明を目的にしている。

本基礎科学特別研究員は以前独立行政法人理化学研究所吉田化学遺伝学研究室に所属し、分裂酵母のゲノム計画で予測されたすべての遺伝子約5,000種類のクローニングおよび発現ライブラリーの構築に携わり、これらにタグを融合して発現させるリバースプロテオミクスの手法を用いて、様々なタンパク質翻訳後修飾に関する研究を行ってきた。その過程で、ユビキチン化を受ける候補タンパク質としてヘテロクロマチン構造形成に関与するタンパク質を多数見出した。そこで、本年度はこの候補タンパク質が本当にユビキチン化されるかの個別の検証と共に他のタンパク質にもユビキチン修飾を受けるタンパク質が存在するか検証するため、ヘテロクロマチン関連因子59種類に注目し、迅速にユビキチン化タ

ンパク質を検出する手法である GST-Ub 法の構築を始めた。GST-Ub 法とは、まず分裂酵母のユビキチンをコードしている5種類のユビキチン遺伝子の一つである ubi5 遺伝子の5'末端に GST タグを挿入した株に、候補タンパク質を発現させる。その後、全細胞抽出液を調製し、SDS-PAGE に供した後、ubi5 にタグを挿入していない株で発現させた場合との各タンパク質の泳動パターンの違いを検出するという方法である。ユビキチン化が起きている場合、GST-Ub が取り込まれると分子量の異なる分子が生じて泳動パターンが変化すると考えられる。この泳動パターンの違いを標的タンパク質に付加してある His タグを認識する抗体で検出する事で、ユビキチン化タンパク質かどうかを判断する事が可能となる。現在その系の構築途中ではあるが、予備実験でユビキチン化修飾を受けるタンパク質を複数同定した。この結果から、非ヒストンタンパク質がユビキチン化修飾をうけ、ヘテロクロマチン形成に影響を与えていると予想される。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Shirai A., Sadaie M., Shinmyozu K. and Nakayama J.:
 "Methylation of ribosomal protein L42 regulates ribosomal function and stress-adapted cell growth." *Journal of Biological Chemistry*. 285 (29) 22448-60 (2010)*

研究者氏名：笹川 洋平 Sasagawa, Yohei
 受入研究室：発生・再生科学総合研究センター
 機能ゲノミクスユニット
 (所属長 上田 泰己)

多細胞生物は、様々な特性を持つ細胞から構成されている。これらの特性を理解することは、多細胞

生物の発生を理解することにつながる。多細胞生物の発生過程では、1細胞レベルしか存在しない重要

な細胞種が数多く存在する。また多細胞生物の組織は様々な細胞種のヘテロ集団である。少数の細胞種の特異性や組織のヘテロジェニシティを理解するためには、1細胞レベルで細胞の特異性を知る必要がある。生命科学研究の分野では、組織や細胞集団の特異性を知るための強力なツールとして、Microarray や次世代シーケンスによる mRNA-seq などの網羅的遺伝子発現解析技術が活用されてきた。ただ、これらの解析に供する細胞数は、例えば ES 細胞で換算すると 10000 個以上必要である。つまり 1 細胞から網羅的遺伝子発現解析するためには検出系の感度不足のため、cDNA の増幅が必須である。1 細胞から網羅的遺伝子発現解析するための既存の増幅法には、感度、再現性、簡便性の点で大きな問題があった。これらの問題点を克服した新規方法を開発し、究極的

には 1 細胞から時系列で網羅的遺伝子発現解析できる技術の完成を目指して研究を進めた。

新規増幅法の開発を進めるために、(1) 評価系を立ち上げた。様々な遺伝子発現量の遺伝子 31 個の発現量を計測することにより、増幅のバイアス・再現性、またどれくらい元の情報を保ったまま増幅できるかを定量的に評価できるようになった。(2) 既存の方法に 2 点大きな改善を加えることにより、これまでの方法を上回る仕様の増幅法を開発した。1 細胞レベルの Total RNA 10pg から Microarray (GeneChip) や次世代シーケンサーで検出するのに十分な cDNA 量 (約 500ng) が得られた。Microarray で測定した結果、既存の方法と比べて、検出できる遺伝子数が大幅に増加したほか、増幅のバイアスが低下した。また簡便化にも成功した。

XXII-034

羊膜類の肋骨パターンに関する進化発生学的研究 Evo-devo Studies on Rib Patterning in the Amniota

研究者氏名：平沢 達矢 Hirasawa, Tatsuya

受入研究室：発生・再生科学総合研究センター
形態進化研究グループ
(所属長 倉谷 滋)

羊膜類において胸郭の変形運動は呼吸に重要な役割を果たしており、鳥類や哺乳類ではそれぞれの換気メカニズムに対応して独自の進化を遂げている。また、鳥類と哺乳類では、胸郭変形運動の違いだけでなく、2 つに分節した肋骨の分節境界と中胚葉細胞系譜の対応関係も異なっている可能性が指摘されている。一方、多くの爬虫類は 3 つに分節した肋骨を備えており、これが羊膜類の基盤的パターンだと考えられている。本研究は、そこからいつ、どのように鳥類や哺乳類の胸郭構造に進化し、“固定”されるに至ったのかを明らかにすることを目的とする。

そのための主要なアプローチとして、3 分節の肋骨パターンの形態形成に関して細胞系譜および遺伝子発現パターンを調べ、鳥類 (ニワトリ) および哺乳類 (マウス) のものと比較を行う。3 分節肋骨パターンを持つ動物としては、明瞭な 3 分節構造を持ち、すでにある程度発生学研究が進んでいるアメリカアリゲーター (*Alligator mississippiensis*) を扱っている。

さらに、本研究では、系統関係と層序データをも

とに進化プロセスに時間軸を入れるために、化石記録も研究対象にしている。地球史を通じて酸素濃度は変動を繰り返してきたが、どのタイミングで呼吸にとって重要な胸郭構造に改変が起こり、それが“固定”されたのかを解明することは、脊椎動物の形態進化が地球環境の“支配”をどのくらい受けたのか (あるいは受けなかったのか) の理解につながるシンプルな一例になることと期待する。また、哺乳類に至る系統において、頸椎の数が 7 個に固定化し、横隔膜の出現にともなって胸郭部分と腰椎が分かれるという進化が起こった。この系統における頸椎数の固定化は、鰓下筋系の一部が下降することによって形成される横隔膜の獲得とリンクしている可能性がある。化石を対象としたアプローチでは、この点にも注目して胸郭の形態進化を追っている。

(1) アメリカアリゲーターの各発生ステージの胚を集め (計 119 個体)、免疫組織化学染色を駆使した連続切片作製および、それら連続切片からの三次元再構築により、肋骨、軸下筋、肋間神経の空間分布パターンが発生を通して変化していく過程を追った。

(2) 胸郭骨格の進化プロセスを化石記録から解明するため、後期ペルム紀から白亜紀末までの主竜形類、単弓類、初期羊膜類について、アメリカ自然史博物館等において化石標本調査を展開した。

●誌上発表 Publications

(総説)

平沢 達矢：“鳥類に至る系統における呼吸器の進化”，*科学*, 80(11) 1091-1097 (2010)

●口頭発表 Presentations

(国際会議)

Hirasawa T.: “Reconstruction of ribcage kinematics in the tyrannosaurid and other non-avian theropod dinosaurs,

based on fossil skeletons”, International Congress of Vertebrate Morphology, Punta del Este, Uruguay, Sept. (2010)

Hirasawa T.: “The evolution of ribcage anatomy and breathing function in the Mesozoic theropods”, Society of Vertebrate Paleontology, Pittsburgh, USA, Oct. (2010)

Claessens L. and Hirasawa T.: “Ribcage anatomy, skeletal constraint and kinematics in extant and extinct archosaurs”, Society of Vertebrate Paleontology, Pittsburgh, USA, Oct. (2010)

(国内学会等)

平沢達矢：“中生代獣脚類における胸郭と呼吸機能の進化”，第20回日本解剖学会関東支部懇話会「比較形態学への期待と未来」, 東京, 5月(2010)

XXII-035

マウス多能性幹細胞からの卵子作出技術の確立

Production of Developmentally Competent Oocytes from Mouse Pluripotent Stem Cells

研究者氏名： 的場 章悟 Matoba, Shogo

受入研究室： バイオリソースセンター

遺伝工学基盤技術室

(所属長 小倉 淳郎)

多細胞生物の体を構成する様々な細胞の中で、生殖細胞だけが次世代へ情報を伝える機能を担う。哺乳動物の生殖細胞は、胚発生の初期に始原生殖細胞 (PGC) として発生した後、性分化、減数分裂、エピジェネティックなゲノム修飾など、複雑な過程を経て配偶子 (卵子・精子) を形成する。このように複雑な生殖細胞の分化過程を再現すべく、これまで PGC や多能性幹細胞などから人為的に配偶子を作成する試みが行われたが、卵子・精子ともに *in vitro* 体外環境での作出には成功していない。かろうじて精子については、精巣環境を利用した *in vivo* 移植系を併用することで受精まで可能な精子の作出に成功しているが、卵子については移植系すら存在しない。そこで、本研究では、新たに PGC から卵子への分化成熟に適した “*in vivo* 移植系” を樹立し、マウス多能性幹細胞から受精、産子の作出まで可能な卵子の作出技術を確立することを目的とした。哺乳類の卵子は精子と異なり生後に増殖しないことから、雌の一個体から得られる卵子数は一定量に限られている。無限に増殖する幹細胞から卵子の作出が可能になれば、実験動物や畜産動物の維持繁殖に関

わる新たな技術として有用だけでなく、将来的にはヒトの卵巣疾患や、卵子の傷害、喪失に対する不妊治療の可能性を拓くものと期待される。

本研究では、多能性細胞からの *in vitro* 培養系による PGC への分化誘導系と、胎仔由来 PGC の *in vivo* 移植系を並行して開発し、最終的に開発した二つの方法を組み合わせて多能性幹細胞から生殖可能な卵子の作出を実現する。本年度はこの二つの方法の開発をそれぞれ検討した。

(1) 多能性幹細胞から PGC の分化誘導

PGC を含む生殖細胞系列への分化誘導では、素材としての幹細胞の品質が非常に重要であることが示唆されている。さらに、近年は ES・iPS 細胞だけでなく、mGS 細胞や EpiS 細胞など多様な多能性幹細胞種が報告されている。そこで、これらの幹細胞を樹立し、分化誘導素材の準備を進めた。

(2) 新規 *in vivo* 移植系による PGC からの卵子作出

正常胚由来の PGC を用いて、PGC から卵子への分化成熟に適した *in vivo* 移植条件を検討した。その結果、PGC を胎仔期の生殖腺体細胞とともに成体マウスの腎臓被膜下へ移植することで、産仔獲得

可能な品質の卵子を得ることに成功した。

●誌上发表 Publications

Fulka H., Hirose M., Inoue K., Ogonuki N., Wakisaka N., Matoba S., Ogura A., Mosko T., Kott T. and Fulka Jr. J.: "Production of mouse embryonic stem cell lines from maturing oocytes by direct conversion of meiosis into mitosis.", *Stem Cells*, in print (2010)*

Matoba S. and Ogura A.: "Generation of functional oocytes and spermatids from fetal primordial germ cells after ectopic transplantation in adult mice.", *Biology of Reproduction*, in print (2010)*

Inoue K., Kohda T., Sugimoto M., Sado T., Ogonuki N., Matoba S., Shiura H., Ikeda R., Mochida K., Fujii T., Sawai K., Otte A. P., Tian X. C., Yang X., Ishino F., Abe K. and Ogura A.: "Impeding Xist expression from the active X chromosome improves mouse somatic cell

nuclear transfer.", *Science*, 330 496-9 (2010)*

Honda A., Hirose M., Hatori M., Matoba S., Miyoshi H., Inoue K. and Ogura A.: "Generation of induced pluripotent stem cells in rabbits: potential experimental models for human regenerative medicine.", *Journal of Biological Chemistry*, 285 31362-9 (2010)*

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

の場章悟, 小倉淳郎: "雌雄 PGC の異所性移植による配偶子・産仔の作出", 特定領域生殖サイクル若手勉強会 2010, 筑波, 7月 (2010)

の場章悟, 小倉淳郎: "マウス雌雄 PGC からの産仔獲得可能な配偶子作出系の樹立", 第 103 回繁殖生物学会大会, 十和田, 9月 (2010)

XXII-036

世代を超えて保存される染色体構造変化の分子解析

Molecular Analysis for Change of Chromatin Structure by Transgenerational Effect

研究者氏名: 吉田 圭介 Yoshida, Keisuke

受入研究室: 基幹研究所

石井分子遺伝学研究室

(所属長 石井 俊輔)

生育した環境によって親の受けたストレス(栄養、免疫ストレスなど)の影響が子孫に伝わる現象が以前から報告されている。その多くは植物に関するもので、日照・温度条件が過酷だった場合、次の世代の植物にはそれらに対する耐性が見られるというものである。最近、この現象が哺乳類を含む様々な高等真核生物でも観察されることが、いくつかのグループの実験で明らかとなってきている。興味深いことに、これらの現象は遺伝子の配列には変化が見られないことから、染色体を構成するヒストンタンパク質やDNAの化学修飾(メチル化・アセチル化)を介していることが予想されるが、その具体的な分子メカニズムはほとんど明らかになっていない。私は、所属研究室が独自に上記現象に関係することを見出した転写因子 ATF-7 を中心に、マウスをモデル生物として、次世代へと伝わる染色体構造変化の解析を進めている。

本年度は ATF-7 の機能解析を中心に実験を進め

た結果、以下の知見が得られた。

(1) マウス胎児由来繊維芽細胞 MEF 及びマクロファージの転写解析から、ATF-7 の機能欠損ノックアウトマウスでは、自然免疫に関わるサイトカインの転写量が亢進していること、野生型と比較して LPS (大腸菌細胞壁構成成分) に対して強い感受性を示すことが明らかとなった。

(2) ChIP-chip 解析により、マウス腹腔マクロファージにおける ATF-7 の染色体上結合領域、約 3,100 ヶ所を同定した。予想通り、その大部分は遺伝子のプロモーター領域に結合していた。

(3) LPS を投与したマウスでは、精巣のいくつかの ATF-7 結合領域において ATF-7 の結合量に違いが見られた。

以上の結果から、ATF-7 は遺伝子のプロモーター領域に直接結合することで、転写を主に抑制的に調節し、自然免疫系の機能に寄与している可能性が示唆された。

XXII-037 X線自由電子レーザーを用いた生体分子系単粒子イメージングの
実現に向けた理論研究

Theoretical Study on Developing a Method for Single Biomolecule
Imaging Using X-ray Free Electron Laser

研究者氏名：徳久 淳師 Tokuhisa, Atsushi

受入研究室：X線自由電子レーザー計画推進本部

利用グループデータ処理系開発チーム

(所属長 初井 宇記)

X線自由電子レーザー (XFEL)を用いた単粒子構造解析法の確立を目指し理論的研究を進めた。XFEL単粒子構造解析では、試料の結晶化の必要はなく、真空中に飛ばした単粒子試料に対して短パルス高強度X線レーザーを照射し、回折像のスナップショットを2次元検出器で次々に観測する。個々の測定では新たな単粒子試料を用い、分子の立体構造を構築するためには多数回の測定を必要とする。実験データを精度よく模倣するシミュレーションコードを作成することで実機運用に先立ち、提案する立体構造構築法の改良、実験に適した装置パラメータと期待される分解能の見積もり、実験状況を判断するための解析法の構築に関する研究に取り組んだ。本年度取り組んだ内容を項目ごとに以下まとめる。(1)シミュレーションコードの改良に関する研究：より精度の高い見積もりを行うため以下に示すコードの改良を行った。強い入射X線強度のため、試料分子は観測中にX線損傷をうける。この効果を取り入れるためのコードの改良に取り組んだ。また、構造未知のタンパク質分子の到達可能分解能を精度良く見積もるには、分子の電子密度積関数のモデル化が重要な役割をはたす。電子密度積値は分子表面では分子内部に比べて小さな値を示す。この分子表面の効果モデル関数に取り入れるための改良に取り組んだ。(2)立体構造構築法の改良に関する研究：提案する立体構造構築法においてより高分解能の構造を構築可能とするために、回折像から分子方位を判断する方法に関して相関係数の定義を変更する改良を行った。(3)装置パラメータと期待される分解能の見積もりに関する研究：XFEL実機の波長と入射強度を仮定し、実機に用いられるMPCCD検出器と試料間の距離に対して、提案する立体構造構築法に最適な距離を見積もった。また、実験が実施されることになっている金微粒子を試料として、提案する立体構造構築法で到達可能な分解能を見積もった。これにより実験チャンパーの設計に対する指標を与えた。(4)実験状況を

判断するための解析法に関する研究：量子雑音を含んだ回折データに対して回折像中心の同心円上で平均した実験回折強度動径関数は、比較的弱い入射強度においても、雑音を含まない理論回折強度動径関数とよく一致することを明らかにした。このことは個々の回折データから、実験状況を判断できる可能性がある事を示唆している。この具体的方法について検討を始めた。

●誌上発表 Publications

(原著論文)

Tokuhisa A., Taka J., Kono H., Go N.: "Theory of single molecule imaging by free electron laser I. Limit of resolution due to the quantum noise", Acta Crystallographica Section A, Submitted*

Tokuhisa A., Go N.: "Theory of single molecule imaging by free electron laser III. Characterization of diffraction intensity function", Acta Crystallographica Section A, Submitted*

●口頭発表 Presentations

(国内学会等)

徳久 淳師, 甲斐健師, 高潤一郎, 河野秀俊, 郷信広: "X線自由電子レーザーを用いた生体単粒子イメージングにおいて期待される分解能の理論的見積もり", 第48回日本生物物理学会年会, 仙台市, 9月(2010)

徳久 淳師, 高潤一郎, 河野秀俊, 郷信広: "X線自由電子レーザーによる生体分子単粒子構造解析法の理論的研究", 日本物理学会2010年秋季大会, 堺市, 9月(2010)

Foreign Postdoctoral Researcher Reports

国際特別研究員年報

FY2008 ~ 2010 Appointments

平成 20 ~ 22 年度採用者

Foreword

This Annual Report is a compilation of the research reports submitted by the Foreign Postdoctoral Resaeachers (FPRs) working at RIKEN in fiscal 2010.

The FPR Program

The Foreign Postdoctoral Researcher (FPR) program was launched in fiscal 2008 for foreign young scientists who have demonstrated creative and innovative ideas and who can be expected to contribute to the advancement of RIKEN's research, and to lay the foundations for a truly global RIKEN that actively encourages foreign participation in its activities. By inviting researchers from other countries, RIKEN hopes to achieve a stimulating research environment that transcends national boundaries, and to thereby become a global leader of scientific endeavor.

Foreign Postdoctoral Researchers are expected to make full use of RIKEN's research environment and to apply their creative and innovative ideas, under the direction of RIKEN's laboratory heads, to the research currently being conducted at RIKEN.

Program Features

The Foreign Postdoctoral Researcher program offers aspiring young foreign researchers the opportunity to pursue innovative research at RIKEN under the direction of a RIKEN laboratory head. Fields covered include physics, chemistry, biology, medicine, engineering, and any other fields related to research now being conducted at RIKEN.

FPRs must have a PhD in the natural sciences or expect to be awarded a PhD at the time of application, and must be able to pursue innovative research at RIKEN under the direction of a RIKEN laboratory head.

Candidates are recruited every year through open application, and selection is made by a committee comprising outside experts as well as RIKEN scientists. Selection is based on submitted documents. The primary criteria are originality, potential, and benefits to the research of the host laboratory. The FPR's contract is for one fiscal year, renewable up to a maximum of three years on the basis of annual evaluation.

Host laboratories must provide the FPR with an environment conducive to independent research, sufficient research space, and support for the use of required research facilities and equipment, as well as guidance from the laboratory head.

Participants in the FPR program are eligible for RIKEN employee welfare programs, such as childcare leave, that are directed at helping all employees achieve a good work-life balance in research, childbirth, and childcare.

Three years have passed since the FPR program was launched and there are now 48 FPRs at RIKEN.

December 2011
RIKEN

[Note]

In the list of Publications (original papers) at the end of each report, those marked with an asterisk (*) indicate peer review journals.

Contents

(Foreign Postdoctoral Researcher)

FY2008 Foreign Postdoctoral Researchers

Studies of Asymmetry Dependence of Nuclear Correlations and (SPIN)-Isospin Response Carlo BARBIERI	159
Identification and Functional Analysis of Organ Size Gain-of-Function Mutants Using the Arabidopsis FOX-Hunting System Christian BREUER	160
Determining the Cellular and Molecular Mechanisms of Synapse Formation in the Zebrafish Nervous System Douglas CAMPBELL	161
Photosensitive Intelligent Hybrid Materials Swapan Kumer GHOSH	162
Study on the Roles of RNA Binding Proteins on mRNA Metabolism Lin HUANG	163
Synthesis of Oligosaccharyl Donors for Creation of Glycoproteins with Biosynthetic Machinery Yong Joo LEE	164
Electrons on Helium as Quantum Bits David REES	165
μ SR Study of Cu-Spin Fluctuations in Electron-Doped High-Tc Superconducting Cuprates Risadiana	167
Dissecting Plant Innate Immunity Using Chemical Genetics Ivana SASKA	169
Analysis of Transcriptional Regulators Governing Establishment of Cell-to-Cell Reprogramming Network Jae Woo SHIN	170
Structures of Exotic <i>sd</i> - and <i>fp</i> -s hell Nuclei David STEPPENBECK	171
Gauge/Geometry Correspondence in String Theory Tasheng TAI	172
Nano-Raman Spectroscopy of Thermo-Mechanical and Electrical Stress in Advanced Electronic Devices and Sensors Alvarado TARUN	173
Modeling Visually Evoked Neuronal Activity by Non-Linear Combinations of Multi-Resolution Filter Responses Michel VIDAL-NAQUET	175

FY2009 Foreign Postdoctoral Researchers

Aspects of Strongly Correlated and Mesoscopic Physics in Cold Atom Systems Shimul AKHANJEE	179
Investigation of Charm and Beauty Physics via Single Electrons at the PHENIX Experiment at RHIC Stephen BAUMGART	180
Physical Interpretation of Localized-Stationary Solutions of Madelung Fluid Dynamics and the Relativistic Extension Agung BUDIYONO	181

Mouse Mitochondrial Inheritance and Dynamics	
Liqin CAO	182
Rare Earth Polyhydride Complexes Bearing non-Cp Ligands	
Jianhua CHENG	183
Integrated Multi-Omic Investigation of Phytoplankton Community Dynamics: Novel Metabolic Function and Community Structure in an Artificial Ecosystem	
Richard Craig EVERROAD	184
Metamaterials Switch Device	
Xu FANG	186
Development of Computational Methods for Large Scale Gene Regulatory Networks : Construction and Structural Analysis	
Andre FUJITA	186
A Novel Method for Diagnosis of Retinitis Pigmentosa Patients Using Their Own iPS Cells	
Zi-Bing JIN	188
Nuclear and Electron Spin Manipulation Using Nanomechanical Systems	
Neill Wooldridge LAMBERT	189
Attosecond Control of Broadband Supercontinuous High Harmonic Generation with Two-Color Fields	
Pengfei LAN	190
The β decay of ^{34}Mg	
Zhihuan LI	191
Uncovering the First Line of Defence Against Plant Pathogens	
Rebecca LYONS	192
Molecular Mechanisms Underlying Paratympanic Organ Development and Evolution	
Paul O'NEILL	193
Computer Simulations of the Structure-Function Relationship in Biological Ion Channels	
Andrei PISLIAKOV	194
Dissection of the Molecular Complicity Linking Polycomb Group and DNA Methylation Mediated Gene Repression Pathways in ES Cells	
Jafar SHARIF	195
Spike Time Dependent Plasticity and Ca^{2+} Stores in Pyramidal Cells of the Neocortex	
Mark William SHERWOOD	196
Molecular Aspects of Amyloid Disease and Studies of Interactions Between Amyloids and Chaperones	
Karin SÖRGJERD	197
Excited-State Dynamics of Nucleic Bases Studied by Ultrafast Two-Dimensional Photoelectron Imaging	
Peng ZUO	198
Cooperative-Intelligent Control of a Human-Interactive Robot	
Zakarya ZYADA	199
 FY2010 Foreign Postdoctoral Researchers	
Electronic Dipole States in Molecular Conductors	
Majed ABDEL JAWAD	203
Topological Order Driven by Strong Interaction Effects	
Alimamy BANGURA	203

Implementation of an Experimentally Scalable Coupling Scheme for Josephson Qubits Pierre-Marie BILLANGEON	205
Functional Analysis of Early Intracortical Activity in the Establishment of Neocortical Areas Torsten BULLMANN	206
Expanding the DNA alphabet of Escherichia coli. Robert COX	206
Molecular Dissection of Polarized Intracellular Vesicle Trafficking in Epithelial Morphogenesis Using Drosophila Trachea as a Model Bo DONG	207
The N,Z = 50 Magicity Towards the “Doubly-Magic” ¹⁰⁰ Sn Pieter Christiaan DOORNENBAL	208
Exploring Supersymmetry and Many-Body Nuclear Physics via Lattice Field Theoretical Methods Michael ENDRES	209
Mechanisms of the Evolution of Song Culture Olga FEHER	210
Recruiting and Expansion of Stem Cells for Cardiovascular Vessel Engineering Binata JODDAR	210
Substructure Studies of the Proton and the Origin of Large Transverse Spin Asymmetries in Polarized Proton-Proton Collisions John KOSTER.....	212
Pathway-Oriented Gene Discovery for Abiotic-Stress Tolerance Engineering of Soybean Plants Tien Dung LE	213
Chiral Effective Theory and QED Effects on Hadrons Christoph LEHNER	214
Linking Novel, Bioactive Compounds to their Targets and Pathways Using Yeast Chemical Genomics Jeff PIOTROWSKI	215
Study on the Mechanism that Determines Brain Size: the Transition of Neural Progenitors from Proliferative to Differentiative Mode During the Development of the Mammalian Cerebral Cortex Jeremy Nicholas PULVERS	217
Steady-State and Time-Resolved Study at the Interfaces Using New Nonlinear Spectroscopy Prashant Chandra SINGH	218
Reactivity and Application of Ate Complex as a Useful Building Block for Organic Synthesis Chao WANG	
Photo Detectors and Plasmonic Devices at Terahertz Frequency Zhihai WANG	218
Design, Fabrication and Application of “All-in-One” Lab-on-a-Chip(LOC) Devices by Three-Dimensional(3D) Femtosecond Laser Integration Jian XU	219
Organolanthanide-Catalyzed Carbometallation of Unsaturated Hydrocarbons Liang ZHANG	

FY2008 Foreign Postdoctoral Researchers

Studies of Asymmetry Dependence of Nuclear Correlations and (Spin)-Isospin Response

Name: Carlo BARBIERI

Host Laboratory: Theoretical Nuclear Physics Laboratory,
Nishina Center for Accelerator-Based Science
(Laboratory Head: Takashi NAKATSUKASA)

We pursue a global understanding of single-particle behavior in strongly correlated systems. Atomic nuclei are a unique case in Nature because their components (the nucleons) are characterized by both spin and isospin (proton and neutron) degrees of freedom. They can be pictured as strongly correlated 4-fermion systems, the only type of this kind available experimentally. Single-particle states around shell closures (the so called quasiparticles) are the effective degrees of freedom governing the dynamics of nuclei. Their evolution with changing proton-neutron ratio is the key to predict the properties of exotic isotopes and, ultimately, to understand several stellar processes in which they are involved.

The same techniques developed for nuclei are also being applied to quantum chemistry problems. Due to the perturbative nature of the Coulomb interaction, this is also an important testing ground for methods used in nuclear structure.

The research done during the first trimester of F.Y. 2010 focused on the following topics:

-Application of Green's function theory (in the Faddeev RPA approximation) to atoms and molecules. The accuracy of calculations of ground state and ionization energies were tested on a set of simple atomic systems. First ionization energies agree with the experiment at the level of ~ 10 mH or less and are consistently improved with respect to methods that do not include random phase approximation (RPA) effects. Analogous calculations are being carried out for molecules, with satisfactory preliminary results. These calculations may also serve as a basis for developing the quasiparticle extension to the standard density functional theory (DFT) for electronic systems.

-Study of single particle properties in asymmetric

isotopes.

Calculations of quasiparticle states in Oxygen and Calcium isotope chains are being pursued. Results are under analysis to study the evolution of the following quantities: sp energies, effective charges, effective interactions.

The nuclear self-energies obtained for 40, 48, 60Ca are used to improve phenomenological optical models for the prediction of reactions in exotic nuclei.

● Publications

(First author)

Barbieri C., Van Neck D. and Degroote M. "Accuracy of the Faddeev Random Phase Approximation for Light Atoms". The Journal of Chemical Physics (2010) --submitted.

Barbieri C., Hiorth-Jensen M., Giusti C. and Pacati F. "One- and Two-Nucleon Structure from Green's Function Theory". Proceedings of the International Symposium on "Forefronts of Researches in Exotic Nuclear Structures" (Niigata2010). Modern Physics Letters A (2010) . to be published.

● Presentations

(International Meetings)

Barbieri C., ECT* Workshop on", Trento, Italy, April 6-10, 2009 Trento, ECT* Italy 2010 4 (organizer)

(Domestic Meetings)

Barbieri C., EENEN-10, 2nd EMMI-EFES workshop on neutron-rich nuclear matter, nuclear structure and nuclear astrophysics, RIKEN, Japan. June 16-18, 2010 (talk given).

Identification and Functional Analysis of Organ Size Gain-of-Function Mutants Using the *Arabidopsis* FOX-Hunting System

Name: Christian BREUER

Host Laboratory: Cell Function Research Unit,

Plant Science Center

(Laboratory Head: Keiko SUGIMOTO)

Plant organ growth is regulated by two distinct processes, first, the cell number which is controlled by cell proliferation, and second, the size of individual cells, which is regulated by cell expansion and cell growth. In *Arabidopsis*, various studies have shown a strong positive correlation between cell size and cell ploidy. In this respect, I have previously identified GT-2-LIKE1 (GTL1), a member of the GT2 trihelix transcription factor family, as a repressor of ploidy-dependent cell growth in trichomes (leaf hairs)¹. GTL1 is a nuclear protein, and further expression analysis revealed that GTL1 is expressed during late developmental stages of cells throughout the plant, suggesting that GTL1 functions as a general transcriptional regulator of plant cell growth.

Ectopic expression of GTL1 using a ubiquitous promoter results in strong repression of seedling growth, confirming that GTL1 negatively regulates growth processes. To gain further molecular insights into how GTL1 functions during the growth of individual cells, I am now using ectopic cell- and tissue-specific promoters in plant shoots and roots. Interestingly, my recent results illustrate that GTL1 can also control ploidy-independent growth. Using the same experimental approach, I can show for at least two more closely-related homologs of GTL1 a similar impact on plant cell growth, underlining the conserved function of these GT-2 family genes. Furthermore, analysis of single and double mutants of the respective genes reveals partly functional redundancy among these homologs (Breuer et al, unpublished).

GT-2 family transcription factors have been shown to bind GT *cis*-acting elements in promoters of light-regulated genes, such as pea (*Pisum sativum*) RIBULOSE-1, 5-BISPHOSPHATE CARBOXYLASE/OXYGENASE SMALL SUBUNIT 3A and rice (*Oryza sativa*) and *Arabidopsis* PHYTOCHROME A (PHYA)²⁻⁵, but transcriptional growth-related targets are currently unknown in

Arabidopsis. In a collaborative project, I was able to identify more than 2700 potential target genes using Chromatin-Immunoprecipitation (ChIP) experiments, and I am currently validating selected genes using expression analysis and genetic approaches.

Taken together, my study provides the genetic evidence for the requirement of transcriptional regulation in the repression of both ploidy-dependent and ploidy-independent plant cell and organ growth as well as for an involvement of GT-2-like trihelix proteins in this regulation.

1. Breuer et al., *Plant Cell* 2009
2. Green et al., *EMBO Journal* 1987
3. Dehesh et al., *Science* 1990
4. Zhou et al., *Trends in Plant Science* 1999
5. Yoo et al., *Plant Cell* 2010

● Publications

(Review article)

Christian Breuer, Takashi Ishida and Keiko Sugimoto (2010). "Developmental control of endocycles and cell growth in plants". *Current Opinion in Plant Biology*, (in press) <http://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2010.10.006>

● Presentations

(International conferences/Seminars)

Christian Breuer, Ayako Kawamura, Takanari Ichikawa, Rumi Tominaga-Wada, Takuji Wada, Youichi Kondou, Shu Muto, Minami Matsui and Keiko Sugimoto. "The trihelix transcription factor GTL1 regulates ploidy-dependent cell growth in the *Arabidopsis* trichome". ICAR - International Conference for Arabidopsis Research, June 2010, Yokohama, Japan.

(Domestic conferences/Seminars)

Christian Breuer, Ayako Kawamura and Keiko Sugimoto. "GT-2 transcription factors regulate cell growth in plants". 新学術領域「植物環境突破力」第1回若

手シンポジウム, November 2010, 鹿児島, Japan
Christian Breuer, Ayako Kawamura and Keiko Sugimoto.
“Transcriptional regulation of cell expansion in

Arabidopsis”. The 2nd NIBB-MPIPZ Joint Symposium
“Plant Science Communications 2010”, November
2010, Okazaki, Japan

Determining the Cellular and Molecular Mechanisms of Synapse Formation in the Zebrafish Nervous System

Name: Douglas CAMPBELL

Host Laboratory: Laboratory for Developmental Gene Regulation,
Brain Science Institute
(Laboratory Head: Hitoshi OKAMOTO)

Caspase3 is a key protease which regulates apoptosis or programmed cell death. Its activity must be tightly regulated temporally and spatially. My studies during FY08 and 09 suggest that it plays a non-apoptotic role in neurones by promoting retinal ganglion cell (RGC) arbor and presynaptic dynamics. mRNA *in situ* hybridisation and immunohistochemistry suggest that *caspase3* mRNA and active protein are present in RGCs and their axons. These studies while informative and have provided, for example, to my knowledge the first evidence of *caspase3* mRNA in axons raising the possibility that it may be locally translated. However, they do not provide information at the single and subcellular levels nor do they provide temporal information during embryonic development since both techniques require fixed not living tissue. Furthermore, there is evidence that Caspase3 may be cleaved to the active form but may not be enzymatically active. To follow Caspase3 activation at the single cell level in living embryos, a sensor for activated caspases dependent on fluorescence resonance energy transfer (SCAT3) consisting of the fluorescent proteins CFP and Venus linked by a Caspase3 cleavage site or a control construct containing a mutated uncleavable Caspase3 cleavage site (SCAT3DEVG) were expressed in zebrafish RGC and tectal cells using the UAS/ GAL4 system. Three day old RGC arbors expressing SCAT3 had a significantly lower FRET ratio compared to those expressing SCAT3DEVG and no difference was found in four day old arbors. These observations suggest that Caspase3 is active in young but not old RGC arbors, which correlates with arbor dynamics (high early and low later) and with the reduction in Caspase3 function effect of reducing arbor dynamics. No significant difference in

the FRET ratio between SCAT3 and SCAT3DEVG were observed in RGC cell bodies suggesting that Caspase3 is activated in the axon/ arbor rather than in the cell body, which may indicate why the cells do not die via apoptosis. The mechanisms underlying local activation of Caspase3 in axons and arbors relative to the cell body are unknown and would be interesting to investigate further. Expression of SCAT3 and SCAT3DEVG in tectal cell (dendrites and their cell bodies) did not lead to a significant difference in the FRET ratio being observed suggesting that at these stages of development Caspase3 is not enzymatically active at detectable levels with SCAT3/SCAT3DEVG. It will be intriguing to determine if Caspase3 in tectal dendrites is active during activity-dependent mechanisms which play roles later on in arbor development.

Since the use of SCAT3 has not previously been reported in the zebrafish, a number of critical control experiments are necessary to determine its effectiveness. These include activation and inactivation of Caspase3 should change the FRET ratio of the reporter in the appropriate manner and that photobleaching of the acceptor Venus should increase the CFP signal determining that FRET is indeed occurring between CFP and Venus indicating that the CFP and Venus are folding correctly and in the correct orientation. Knock-down of Caspase3 function using morpholino antisense oligonucleotides was able to increase the FRET ratio of SCAT3 compared to SCAT3DEVG in young RGC arbors, while a control morpholino was not, suggesting that SCAT3 is responsive to Caspase3 activity and not that of a control morpholino indicating specificity. Activating Caspase3 in RGCs proved much more technically challenging since the arbor expression of

SCAT3 or SCAT3DEVG is dim relative to the cell bodies hampering repeated imaging. Additionally, a number of chemical agents such as staurosporine or H14-1 which induce apoptosis have dramatic effects on embryos leading to massive cell death causing the embryos to fall apart. A solution was found in the small molecule pacl, a relatively specific activator of Caspase3, which when injected into the tectal ventricle was able to induce a decrease in the SCAT3 FRET ratio in deep tectal ventricular cells indicating that Caspase3 activity was induced. Photobleaching of the FRET acceptor Venus from SCAT3 using maximum power from a 514nm laser was able to robustly decrease the FRET ratio and increase the brightness of CFP relative to Venus in RGC arbors and tectal cell bodies indicating that CFP and Venus are able to undergo correct protein folding and

alignment for FRET studies of Caspase3 in the zebrafish.

● Presentations

(International conferences)

Campbell D.S., Okamoto H. "The apoptotic protease Caspase3 regulates axonal arborisation and synaptic dynamics". 9th International Meeting on Zebrafish Development and Genetics. Madison, Wisconsin, USA. 2010 6

Campbell D.S., Okamoto H. (2010) "The apoptotic protease Caspase3 regulates axonal arborisation and synaptic dynamics". Keystone Symposium. Synapses: Formation, Function and Misfunction. Snowbird, Utah, USA. 2010 4

Photosensitive Intelligent Hybrid Materials

Name: Swapan Kumer GHOSH

Host Laboratory: Supramolecular Science Laboratory,
Advanced Science Institute

(Laboratory Head: Katsumi MIDORIKAWA)

Organic electronic devices containing inorganic nanoparticles have attracted immense scientific importance due to their unique advantages of low power consumption, high mechanical flexibility, and chemical structural versatility. Such organic/inorganic composite devices are excellent candidates for potential uses in the next generation transistors and memory devices. Bistable organic memory devices based on a polymer thin film blended with nanoparticles have emerged as a viable technology in the field of organic electronics. They present a nanosecond writing time and non-volatile memory effect, which makes them ideal for flash memory applications. Despite recent developments in organic field effect transistors (OFETs), only a few attempts have been made so far to associate them to non-volatile memory elements.

Aim of this work is to design and characterize versatile hybrid organic-inorganic memory-transistor devices. The very original aspect of this work is to incorporate colloidal nanoparticles into OFETs to create a new class of devices with the memory functionality arising from a field-effect modulation controlled by the charge storage within the

nanoparticles.

Silver nanoparticles were synthesized via a microemulsion protocol and their surface properties were selectively modified by coating with organic ligands (such as (i) dodecane thiol, (ii) 3-amino-9-ethylcabazol, and (iii) thiophene-2-carbonitrile, etc.). An optimization of the organic-inorganic interface is required for the realization of high performance hybrid optoelectronic devices. After characterization, the nanoparticles were mixed with organic semiconducting molecules (polymer host) such as poly(3-hexylthiophene) (P3HT) and poly(N-vinylcarbazole) (PVK) to fabricate bistable hybrid memory devices and OFETs. Results show that when silver nanoparticles coated with organic ligands dispersed in the polymer matrix, very little alteration of the host optoelectronic properties occur.

Current-voltage (*I-V*) measurements were carried out to investigate the electrical bistable properties of the fabricated memory devices. Experiments show that *I-V* characteristics of the bistable memory devices are highly sensitive to the matching of the chemical structures of the ligands and

the polymer host. Hysteresis is strongly reduced when the ligands are based on the same conjugated structure as that of the polymer host. This indicates that a reduction of charge trapping and improvement of charge transport can be realized in hybrid materials by choosing appropriate ligands and polymer host. Results demonstrate that charge transport properties of the devices are strongly correlated with the organic coating which has been shown to control both electron and hole mobilities and to provide a promising trigger to develop enhanced bistable solution processable memories.

● Publications

(First-author paper, peer reviewed journal)

Ghosh S. K., Tsujii K. "Unique Diffusion Behavior Observed in Supercritical Ethanol" J. Chem. Phys. 132, p.144503 1-10 (2010)

Book/Encyclopedia (peer reviewed)

Ghosh S. K. "Supercritical Fluid: A Novel Dispersion

Medium to Study Colloidal Phenomena" Encyclopedia of Surface and Colloid Science, second edition, edited by P. Somasundaran, Taylor & Francis, New York, 2011

● Presentations

(International Conferences)

Ghosh S. K. "Stability of Colloids in the Dispersions at Extreme Environment", XIV International Conferences on Surface Forces (2010), Moscow-St. Petersburg, Russia

Ghosh S. K., Ribierre J. C., Aoyama T., Adler R. and André P. "Charge Transport Properties in Hybrid Organic/Inorganic Bistable Memory Devices", International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (2010), Kyoto, Japan

Ghosh S.K. "Diffusion Behavior of Colloids in the Dispersions at Extreme Environment", 18th International Symposium on Surfactants in Solution (2010), Melbourne, Australia

Study on the Roles of RNA Binding Proteins on mRNA Metabolism

Name: Lin HUANG

Host Laboratory: Molecular Entomology Laboratory,
Advanced Science Institute

(Laboratory Head: Shogo MATSUMOTO)

EWS gene was first identified from Ewing's sarcoma as a chromosomal translocation-generated fusion gene product. The study on Ewing's sarcoma mostly focused on the fusion proteins, and the native *EWS* function has not yet been elucidated. Previously, I found *EWS* has strong translational repression effects in luciferase reporter system, and two of the mRNA targets of *EWS*, *AKT1S1* (*AKT1* substrate 1) and *CFL-1* (cofilin-1), were translationally repressed by *EWS*. Completing the research of this year, the translational repression to the two mRNA targets by *EWS* has been confirmed moreover, and the oncogenic potential of *AKT1S1* was found to be crucial in Ewing's sarcoma.

INTRODUCTION

Ewing's sarcoma is an aggressive and highly metastatic malignancy. *EWS* (Ewing's sarcoma) encodes an RNA binding protein whose function remains largely unknown, whereas the chromosomal translocations that fuse the N-terminal domain (NTD) of *EWS* to a DNA binding

domain of various transcription factor genes such as *FLI-1*, *ATF-1* and *WT1* are thought to be responsible for causing Ewing's sarcoma family tumors (ESFT).

However, ectopic expression of *EWS/FLI-1* in primary cells or cell lines induces growth arrest or cell death rather than promoting cellular transformation. Similarly, lethal effects of *EWS/Fli-1* expression in mouse have been recently reported. These results indicated the cellular context should be critical for the oncogenic potential of *EWS/FLI-1*, and additional cooperating events seem to be required for transformation to occur. Concerning the additional events, *EWS* should be considered. *EWS* is absent or expresses as two splicing variants in ESFT, suggesting *EWS* itself or its targets play important roles in the formation of ESFT.

RESULTS

EWS contains RNA binding domains and has been proved *in vitro* to be an RNA binding protein. RNA binding proteins play important roles in translational

regulation. For example, Musashi1 translationally represses mammalian *numb* gene expression in mammalian neural stem cells. EWS shows a cytoplasmic expression in secretory cells and was found to localize to stress granules under oxidative stress. Accordingly, we considered whether EWS plays a role in translation regulation. Previously, I found EWS has strong translational repression effects in luciferase reporter system without influencing luciferase RNA levels. I further investigated the mRNAs bound to EWS by RIP-CHIP (RNA Immunoprecipitation microarray), and approximately 1,000 mRNAs were found to bind EWS. In the continual experiments of Real Time PCR, the interaction was confirmed between the more interesting and higher ranking 22 mRNAs with EWS. The protein levels of 2 mRNAs, AKT1S1 and CFL-1, were downregulated with overexpression of EWS but not with overexpression of EWS/Fli-1. Also, the knock down of EWS with SiRNAs experiments exhibited significant upregulation of the protein levels of both AKT1S1 and CFL-1. To confirm the translational repression effects of EWS on AKT1S1 and CFL-1, the vector of luciferase reporter followed with the 3'-UTR of *AKT1S1* or *CFL-1*, was introduced into cells together with EWS expressing plasmid or with SiRNAs of EWS. The results of luciferase assays showed that EWS represses the translation of AKT1S1 and CFL-1, whereas the RNA levels were not affected shown in Northern Blot.

In Ewing's sarcoma, PI3K/AKT pathway is activated and several inhibitors are used to treat Ewing's sarcoma. Therefore I wondered whether AKT1S1 play an oncogenic role in Ewing's sarcoma. I first treated four Ewing's sarcoma cell lines with PI3K inhibitors, LY-294002 and

Wortmannin, and AKT inhibitor, API-2, and all of the cell lines showed significant growth repression to all the inhibitors. Continually, a remarkable growth inhibition was recognized when AKT1S1 was knocked down in the four Ewing's sarcoma cell lines. Additionally, the protein level of caspase-3 activated form increased when AKT1S1 was knocked down, which indicated the growth repression might due to apoptosis. Further, I performed a migration assay and an invasion assay followed AKT1S1 being knocked down in A673 cell to investigate the effect of AKT1S1 on cell motility. The results showed a distinguished decline in both migration and invasion assays. Finally, the protein levels of EWS and AKT1S1 were examined in five Ewing's sarcoma cell lines, and four of them showed a decreased EWS expression and an increased AKT1S1 expression comparing with HUVEL cell. Taken together, EWS translationally represses the expression of AKT1S1 and CFL-1. AKT1S1 contributes to the oncogenesis of Ewing's sarcoma.

● Publications

(Other)

Nakamura Y., Tanaka K., Miyauchi M., Huang L., Tsujimoto M. and Matsumoto K. "Translational repression by the oocyte-specific protein P100 in xenopus", *Developmental Biology* Vol.344 pp272-283 (2010).

Iejima, D., Minegishi Y., Tanaka K., Siswanto A., Watanabe M., Huang L., Watanabe T., Tanaka F., Kuroda M. and Gotoh N. "FRS2beta, a potential prognostic gene for non-small cell lung cancer, encodes a feedback inhibitor of EGF receptor family members by ERK binding", *Oncogene* Vol.29 pp3087-3099 (2010).

生合成系による糖タンパク質創成への応用に向けたオリゴ糖供与体の合成

Synthesis of Oligosaccharyl Donors for Creation of Glycoproteins with Biosynthetic Machinery

Name: Yong Joo LEE

Host Laboratory: Synthetic Cellular Chemistry Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Yukishige ITO)

Recent study has revealed that certain prokaryotes such as Gram-negative bacterium *Campylobacter jejuni* have

O- as well as N-Glycosylated proteins. Pseudaminic acid (Pse) from O-linked post translational modification for the

flagellin proteins is key component for *O*-glycosylation systems. However, most of the studies have employed natural sources or biosynthetic ones, which are available in limited amount. In order to conduct more systematic studies to clarify the specificity of protein glycosylation and examine the possibility to exploit its activity for preparative purpose, large quantities of highly purified Pse for the biological pathway would be required.

Pse is an acidic nonulopyranoside similar to sialic acid (Neu5Ac), found in the pathogenic bacteria such as *Campylobacter jejuni* and *Helicobacter pylori* as flagellin glycoprotein. It contains 7,9-dideoxy-7-acetamido functionalized side chain and different stereochemistry from sialic acid. Pse links to Ser or Thr residues of protein were also found in the polysaccharide. These glycosides are formed through glycosyl transfer from CMP-Pse as the donor substrate of glycosyl transferase. So far, practical synthetic study of Pse has not been reported.

Our synthetic study commenced with the preparation of 6-deoxy-AltdiNAc. *N*-Acetylglucosamine was converted into benzyl *N*-acetyl- α -D-glucosamine via protection of 4,6-*O*-benzylidene acetal group. Regioselective iodination was performed by treatment with iodine, imidazole and triphenylphosphine to afford 6-iodo compound. Protection with silyl group followed by β elimination with *t*-BuOK and deprotection with TBAF gave 5,6-unhydroglucosamine derivative in good yield. Stereoselective hydrogenation under homogeneous conditions in the presence of Wilkinson's catalyst afforded the desired 2,6-dideoxy-*N*-acetyl-L-idosamine derivative in high yield. Oxidation with Dess-Martin periodinane followed by reductive amination with SmI₂ in MeOH through oxime derivative afforded

desired 4-amino-2,4,6-trideoxyaltrose derivative with high stereoselectivity. Acetylation of amino group and hydrogenolysis of benzyl ether successfully afforded 6-deoxy-AltdiNAc in good yield. 6-Deoxy-AltdiNAc was subjected to chain elongation reaction via In-mediated allylation with methacrylate ester derivative in aqueous solution to give exo-methylene. Subsequent ozonolysis of the pure exo-methylene compound afforded the 2-oxo-compound. Desired Pse derivative was obtained through spontaneous cyclization of 2-oxo-compound in one-pot.

In conclusion, chemical synthesis of Pse derivative was accomplished through 6-deoxy-AltdiNAc as a key intermediate. This synthetic procedure would provide useful tool for the study of bacterial protein *O*-glycosylation.

● Publications

(First-author papers)

Ishiwata A., Lee Y. and Ito Y. "Recent advances in stereoselective glycosylation through intramolecular aglycon delivery" organic and biomolecular chemistry Vol. 8 16 pp3596-3608 (2010)*

● Presentations

(International conferences)

Lee Y., Ishiwata A., Kubota A., Watanabe T. and Ito Y. "Synthesis of glycans as donor substrates for bacterial protein glycosylation" 25th International Carbohydrate Symposium Tokyo Japan 2010 8-8

(Domestic conferences)

李龍柱, 久保田朱美, 石渡明弘, 伊藤幸成, "Synthetic study of pseudaminic acid from bacterial glycoprotein" 第52回天然有機化合物討論会 静岡 日本 2010 9-10

Electrons on Helium as Quantum Bits

Name: David REES

Host Laboratory: Low Temperature Physics Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Kimitoshi KONO)

We have investigated the transport properties of a strongly correlated two-dimensional electron system bound to the surface of liquid helium in a point-contact

device. The point-contact is formed by a split gate situated at the bottom of a microchannel of width 10 mm and depth 1.5 mm. The microchannel was filled

with superfluid ^4He , the surface of which was charged with electrons by thermionic emission from a tungsten filament. A small AC voltage was applied to the electron system to drive electrons back and forth along the channel, through the constriction formed by the split gate. This current was measured using a lock-in amplifier with reference to the standard lumped circuit model.

At a temperature $T = 1.2$ K, upon sweeping the split-gate voltage V_{gt} negative, the current passing through the microchannel was suppressed and became zero at a certain threshold voltage $V_{\text{gt}}^{\text{th}}$. The current was observed to decrease in a series of evenly spaced steps, reminiscent of the quantisation of ballistic conductance routinely observed in quantum point contact devices. However, for a non-degenerate electron system on the surface of liquid helium, this conductance quantisation should not be observed, particularly as the AC voltage applied to the electron system greatly exceeds the expected lateral subband spacing at the constriction. Instead, by considering the charging energy of the area at the constriction, we conclude that the conductance changes as the number of electrons able to pass through the constriction simultaneously changes. Therefore, the last step before the conductance threshold corresponds to the sequential transport of single electrons through the constriction. This conductance characteristic, a result of the strong Coulomb interaction between electrons on the surface of liquid helium, is not observed in semiconductor or metallic devices, where the electron system is treated as a non-interacting Fermi gas.

Below 1 K, the electron liquid solidifies into the 2D Wigner crystal. The transport properties of the electron system through the point contact were also studied in this crystalline regime. Surprisingly, the last step above the conductance threshold becomes peak-like below the Wigner solid melting temperature. This peak becomes more pronounced as the temperature is lowered further still. Molecular dynamics simulations, performed by H. Totsuji of Okayama University in a collaborative project, confirm that this unusual conductance feature is a result of the Coulomb interaction between electrons at the constriction, and is possibly related to the suppression of crystalline order as the width of the constriction becomes very small.

Our experiment is the first in which single electrons on the surface of liquid helium have been studied by transport measurements alone. The device acts as a classical analogue of the quantum point contact. Electrons on helium have been proposed as quantum bits with long coherence times. Our experiment represents a large step towards the manipulation and measurement of the quantum states of single electrons on the surface of liquid helium.

● Publications

- 1) D.G. Rees., I. Kuroda., C.A. Marrache-Kikuchi., M. Hofer, P. Leiderer. and K. Kono K. "Point-contact transport properties of strongly correlated electrons on liquid helium" submitted to Phys. Rev. Lett. (September 2010)

● Presentations

- 1) D.G. Rees. "Conductivity measurements of electrons on liquid helium in a point-contact device", JPS 2010 Autumn Meeting, Osaka Prefecture University, Osaka, Japan, September 2010
- 2) D.G. Rees. "Transport through a Point Constriction of an Electron Liquid on the Surface of Superfluid ^4He " (Poster presentation), International Symposium on Quantum Fluids and Solids, Grenoble, France, August 2010
- 3) D.G. Rees. "Transport Measurements of Electrons on the Surface of Liquid Helium at a Nano-Fabricated Point Constriction", Invited seminar, Kyoto University, Kyoto, Japan, June 2010
- 4) D.G. Rees. "Transport measurements of electrons on helium at a point constriction", Workshop on Quantum Engineering with Electrons on Helium, Princeton University, Princeton, USA, May 2010
- 5) D.G. Rees. "A brief history of electrons on helium", Invited seminar, Yale University, New Haven, USA, May 2010
- 6) D.G. Rees. "Conductivity measurements of electrons on liquid helium in a point-contact device", 65th Annual Meeting of the Physical Society of Japan, Okayama University, Okayama, Japan, March 2010

μ SR Study of Cu-Spin Fluctuations in Electron-Doped High- T_c Superconducting Cuprates

Name: Risdiana

Host Laboratory: Advanced Meson Science Laboratory,
Nishina Center for Accelerator-Based Science
(Laboratory Head: Masahiko IWASAKI)

The so-called hole-electron doping symmetry in the high- T_c cuprates has been one of central interests in relation to the mechanism of the high- T_c superconductivity. Phase diagrams of the hole- and electron-doped systems are very similar to each other, leading to the view of hole-electron doping symmetry. On the other hand, some properties such as the effectiveness of carriers for destroying the magnetic order have been found to be different each other, leading to the hole-electron doping asymmetry.

The observation of the spin-charge stripe order in hole-doped system of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_4$ ¹⁻⁴ has attracted great research interest due to the basic idea that the spin-charge stripes play an important role for the appearance of the high- T_c superconductivity while the static stripe order kills the superconductivity. However, the stripe correlations have not yet been clearly observed in electron-doped systems even though the high- T_c superconductivity actually appears. Thus, the dynamic property of the electronic state of electron-doped systems is now recognized to be important to understand the role of stripes to the superconductivity. Because of difficulties of sample preparations, the study of electron-doped systems has not been progressed so much and clear answer has not been achieved yet.

We have performed zero-field (ZF) muon-spin-relaxation (mSR) measurements, which is a powerful technique to study the dynamic property of Cu spins, in the electron-doped cuprates $(\text{Ln})_{2-x}\text{Ce}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_4$ with $\text{Ln} = (\text{Pr}, \text{La})$ and Eu . In the hole-doped cuprates $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_4$, substitution of Zn to Cu tends to induce slowing down of the Cu-spin fluctuations in the whole superconducting regime, which is able to be interpreted as being due to pinning and stabilization of the dynamically fluctuating stripes. On the other hand, in the electron-doped cuprates $\text{Pr}_{1-x}\text{LaCe}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_4$ ⁵, the mSR spectra are observed to be independent of the Zn concentration.

That is, Zn-induced slowing down of the Cu-spin fluctuations as observed in the hole-doped system is not observed. Possible reasons are as follows: (i) there may be no dynamical stripe correlations of spins and electrons in the electron-doped system. (ii) The effect of Pr^{3+} moments on the mSR spectra may be stronger than that of a small amount of Zn impurities. We also performed ZF-mSR in another electron-doped cuprates $\text{Eu}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4+a-d}$, which are well known that Eu^{3+} moment is smaller than that of Pr^{3+} . It has been found that even in the impurity-free sample, a fast depolarization of muon spins is observed below 100 K, which may be due to the effect of Eu^{3+} moments. It probably indicated that the spin-charge stripe is restricted to describe the superconductivity in the hole-doped systems and that the high- T_c superconductivity in the electron-doped systems is essentially different from that of hole-doped systems. Some studies are still needed to be improved for investigating the Cu-spin dynamics and possible existence of the stripe correlations in the electron-doped cuprates such as performing ZF-mSR measurements in magnetic impurities effect of Ni, which has large magnetic moment on the Cu-spin dynamics of $\text{Eu}_{2-x}\text{Ce}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Ni}_y\text{O}_{4+a-d}$.

References:

- [1] J. M. Tranquada *et al.*, Nature 375, 561 (1995).
- [2] K. Yamada *et al.*, Phys. Rev. B 57, 6165 (1998).
- [3] T. Adachi *et al.*, Phys. Rev. B 69, 184507 (2004).
- [4] Risdiana *et al.*, Phys. Rev. B 77, 054516 (2008).
- [5] Risdiana *et al.*, Phys. Rev. B 82, 014506 (2010).

● Publications

Risdiana, Adachi T., Oki N., Koike Y., Suzuki T. and Watanabe I. "Muon-spin-relaxation study of the Cu-spin dynamics in electron-doped high- T_c superconductor $\text{Pr}_{0.86}\text{LaCe}_{0.14}\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_4$ ", Physical Review B Vol. 82 pp 014506-1 ~ 014506-6 (2010).

K. Suzuki, Adachi T., Tanabe Y., Koike Y., Kawamata T., Risdiana, Suzuki T. and Watanabe I. "Hole trapping by Ni, Kondo effect, and electronic phase diagram in nonsuperconducting Ni-substituted $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Ni}_y\text{O}_4$ ", *Physical Review B* Vol. 82 pp 054519-1 ~ 054519-9 (2010).

Tanaka K., Yoshida, T., Shen K. M., Lu D. H., Lee W. S., Yagi H., Fujimori A., Shen Z.-X., Risdiana, Fujii T. and Terasaki I. "Evolution of electronic structure from insulator to superconductor in $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x(\text{Ca}, \text{Y})\text{Cu}_2\text{O}_{8+d}$ ", *Physical Review B* Vol. 81 pp 125115-1 ~ 125115-5 (2010).

Risdiana, Fitrilawati, Siregar R. E., Hidayat R., Nugroho A. A., Tjia M. O., Ishii Y. and Watanabe I. "Field and temperature dependence charge transport characteristic in regio-regular poly(3-octylthiophene-2, 5-diyl) studied by muon spin relaxation", *Journal of Physics: Conference Series* Vol. 225 pp 012003-1 ~ 012003-4 (2010).

Risdiana, Fitrilawati, Siregar R. E., Hidayat R., Nugroho A. A., Tjia M. O. and Watanabe I. "Intra and Inter chain polaron diffusion in regio-random polythiophene studied by muon spin relaxation" *Physica B* Vol. 405 pp S381 ~ S383 (2010).

Risdiana, Fitrilawati, Hidayat R., Siregar R. E., Tjia M. O. and Watanabe I. "mSR study of electron radical dynamics in regio-regular polythiophene", *Journal of Physics: Conference Series* Vol. 200 pp 052024-1 ~ 052024-4 (2010).

Suzuki T., Watanabe I., Yamada F., Ishii Y., Ohishi K., Risdiana, Goto T. and Tanaka H. "Pressure effect on magnetic ground state in $\text{Tl}(\text{Cu}_{1-x}\text{Mg}_x)\text{Cl}_3$ with $x = 0.015$ probed by muon spin rotation" *Journal of Physics: Conference Series* Vol. 200 pp 022061-1 ~ 022061-4 (2010).

Tanabe Y., Suzuki K., Adachi T., Koike Y., Kawamata T., Risdiana, Suzuki T. and Watanabe I. "Change of ground state upon hole doping unveiled by Ni impurity in high- T_c Cuprate", *J. Phys. Soc. Jpn.* Vol. 79 pp 023706-1 ~ 023706-4 (2010).

Risdiana, Fitrilawati, Siregar R. E., Hidayat R., Nugroho A. A., Tjia M. O. and Watanabe I. "mSR study of structure dependent electron radical dynamics in polythiophene and its derivative" *RIKEN Accel. Prog. Rep.* 43 (2010).

● Presentations

(International Conferences)

Risdiana, "Two years collaborative research project RIKEN- Indonesia: the development of advanced research in material science in Indonesia", 2nd Joint ISIS/RIKEN Muon Facility Development Symposium, Oxford, England 2010 6-21.

Risdiana, "The study of electron dynamics in Poly(3-alkylthiophene) by Muon-Spin-Relaxation", Symposium and International Collaboration Program on Functional Magnetic Materials, Invited Talk, Bandung, Indonesia 2010 4-28.

(Domestic Conferences)

Risdiana, T. Adachi., Y. Koike. and I. Watanabe. "mSR study of the Cu-spin dynamics in the electron-doped high T_c cuprates $\text{Eu}_{2-x}\text{Ce}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Ni}_y\text{O}_{4+d}$ ", 7th Pogram Advisory Committee Meeting for Materials and Life Science at RIKEN Nishina Center, Wako, Japan 2011 1-11

T. Saragi., Risdiana., L. Safriani., J. Salbeck. and I. Watanabe "mSR study of charge transport in organic semiconductor of spiro-compounds", 7th Pogram Advisory Committee Meeting for Materials and Life Science at RIKEN Nishina Center, Wako, Japan 2011 1-11

Risdiana., Fitrilawati., R. E. Siregar., R. Hidayat., A. A. Nugroho., M. O. Tjia., Y. Ishii. and I. Watanabe. "Spin dynamics in poly(3-alkylthiophene) studied by muon spin relaxation", International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), Kyoto, Japan 2010 7-4

Dissecting Plant Innate Immunity Using Chemical Genetics

Name: Ivana SASKA

Host Laboratory: Plant Immunity Research Group,
Plant Science Center
(Laboratory Head: Ken SHIRASU)

Plants have developed a diverse range of molecular strategies for resisting disease caused by microbes. These include mechanisms for detecting and responding to microbes at the cell surface as well as intra-cellular systems that operate to counter the effects of molecules covertly deployed into plant cells by pathogens. Although the physiological outcomes of plant immune responses are well characterised, including reinforcement of the cell wall at the site of infection, increased production of reactive oxygen species, localised cell death and up-regulation of the hormone salicylic acid, the molecular signals that communicate an immune state are not. The aim of my research is to characterise the signalling networks that regulate plant immunity to disease using a chemical genetics approach.

Chemical genetics takes advantage of the huge diversity of chemical space accessible to small organic molecules to identify molecular targets or specifically modulate the activity of known targets. In much the same way as the perturbation of gene function by mutation provides insight into the biological role of genes, perturbing the function of cellular components such as proteins through interaction with small molecules can enable us to understand the biological role of these molecules. The interaction of a small molecule and its targets depends on the three dimensional structure of both components. This gives small molecules the added advantage of being able to access structurally related targets, such as protein families, in a way that the mutation of a single gene cannot, and thereby overcomes problems associated with genetic redundancy.

To investigate plant immune pathways we developed a robust assay for the analysis of plant-pathogen interactions using *Arabidopsis thaliana* suspension cells and the bacterial pathogen *Pseudomonas syringae* pv *tomato* DC3000 expressing the effector protein *avrRpm1* (*Pst avrRpm1*). The *Arabidopsis* cells die within 24 hours of challenge with *Pst avrRpm1*, reflecting the ability of the plant cells in leaf tissue to quickly curb the spread

of the pathogen by committing suicide. Using this assay we screened a library of 10,000 small molecules for compounds that altered (increased or decreased) the plant cell death response; 7 potentiators (P1-P7) and 21 inhibitors (I1-I21) were identified. We then tested whether the compounds had similar effects in whole plants. P7 produced the most interesting results, reproducibly promoting increased cell death when co-infiltrated into leaves with the pathogen but simultaneously supporting increased pathogen growth, suggesting that it interferes with plant defence responses. This effect is abolished in plants that have defects in the production of salicylic acid (SA), making it likely that P7 targets a component of an SA dependent signalling pathway. Current work is focused on identifying the structural basis of P7 function using chemical analogs and identifying the biological target of P7 by characterising cellular components that interact with P7 *in vivo*.

● Presentations

(International conferences)

Saska I., Noutoshi Y. and Shirasu K. "Unravelling Plant Immunity Signalling Pathways with Small Molecules" 2010 Keystone Symposia: Receptors and Signaling in Plant Development and Biotic Interactions, Granlibakken Resort", Tahoe City, California, USA, March 14-19 2010

(Poster and Oral Presentation)

Saska I., Noutoshi Y. and Shirasu K. "Using Small Molecules to Unravel Immunity Signalling Pathways in Plants" 21st International Conference on Arabidopsis Research, Yokohama, Japan, June 6-10 2010 (Poster)

(Domestic conferences)

Saska I., Noutoshi Y. and Shirasu K. "Using Small Molecules to Investigate Plant Immunity" 2nd NIBB-MPIPZ Joint Symposium: Plant Science Communications 2010, Okazaki, Japan, November 16-18 2010 (Poster)

Analysis of Transcriptional Regulators Governing Establishment of Cell-to-Cell Reprogramming Network

Name: Jae Woo SHIN

Host Laboratory: LSA Systems Development Unit,

Omics Science Center

(Laboratory Head: Yoshihide HAYASHIZAKI)

The inference of transcriptional networks that regulate cell reprogramming process presents valuable challenge in systems biology. Cell reprogramming describes a switch in one cell-fate to that of another unrelated cell-type and understanding the mechanism of this transformation sheds light onto the nature of cell differentiation and cell-replacement therapy. However, transcriptional regulatory modules responsible for implementing *ad hoc* reprogramming are largely unknown. To this challenge, I report on the creation and analysis of a database of global gene expression profiles of over 20 different human primary cell types from different cell-lineages including induced-pluripotent stem (iPS) cells. Further using genome-wide predictions of transcription factor binding sites in proximal promoters, we identified key motifs and transcriptional modules that activate gene expressions of selected target cells such as CD14+ monocytes. We also showed that cells derived from the same lineage cluster together, but most interestingly, ectopic expression of transcriptional modules in human fibroblasts deviated towards the associated target cells based on unsupervised clustering methods. These findings demonstrate apt extraction of key transcriptional modules and plasticity to trans-differentiate with defined factors. Using further bioinformatic analysis, we uncovered a protein-protein network that is shared by the lineage-related cell types (ectoderm-, mesoderm- and endoderm-derived) and also between fibroblasts to various target cells. Using such integrative approach, we are able to reverse-engineer transcriptional regulatory network governing cell-to-cell reprogramming process.

Furthermore, in order to test extracted modules experimentally, we devised a stochastic-combinatorial strategy for screening lentiviral transcription modulators (TMs) for induced *gain-of-function* phenotypes. We assayed a pool of 28 monocyte-associated TMs to identify combinations of genes important for monocytic trans-

differentiation from human primary fibroblasts at a single cell level. Randomness of virus infection allows for a various combinations of TMs to be expressed, giving rise to monocyte-like, CD14+/HLADRA/B+ cells. Single cell analysis revealed SPI1 along with two additional modulators to be key factors for monocytic trans-differentiation and demonstrated strong phagocytotic activities. This study established a platform for target specific screening of combinatorial transcription modulators in human primary cell types.

Global and integrative approaches to understand the mechanism of cell reprogramming offer a new strategy for identifying key transcriptional modules to generate therapeutically relevant target cells. Our current results also support the idea that cell reprogramming is under tight control by specific molecular networks and controlling these networks *ad hoc* is key to improve cell-replacement therapy.

● Presentations

Shin J., et al. "A genetic approach to single cell reprogramming". *BMB2010*. Kobe, Japan. Dec. 7-10, 2010

Shin J., et al. "Analysis of transcriptional regulators governing establishment of cell-to-cell reprogramming network". *System Biology: Global Regulation of Gene Expression*. Cold Spring Harbor, NY, USA Mar 22-27, 2010

Structures of Exotic *sd*- and *fp*-SHELL Nuclei

Name: David STEPPENBECK

Host Laboratory: Radioactive Isotope Physics Laboratory,
Nishina Center for Accelerator-Based Science
(Laboratory Head: Hiroyoshi SAKURAI)

The changing shell structure of exotic, neutron-rich nuclei has been a focus of both theoretical and experimental nuclear physicists for many decades. With recent advances in the field of radioactive isotope beam facilities on the experimental front, such as the RIBF facility at RIKEN, nuclei that lie far from the valley of β stability on the chart of nuclides can be produced and studied in the laboratory for the first time. A powerful tool used to investigate the structures of these exotic nuclides is the technique of γ -ray spectroscopy, which, amongst other things, allows experimentalists to deduce the level structure of a nucleus; the experimental results can then be compared to theoretical predictions in order to help interpret the configurations of the protons and neutrons inside the nucleus, thus, providing us with a picture of how the filling of single-particle orbitals in atomic nuclei changes with the proton to neutron ratio. Numerous recent studies have shown that some nucleonic orbitals, which are strongly populated in the ground-state configurations of stable and near-stable nuclei, are not necessarily energetically favoured in the more exotic systems due in part to the tensor force [1] and a large correlation energy between valence nucleons. Furthermore, the well-known “magic numbers” that are present in stable nuclei, which occur at closed shell gaps (with N or $Z=2, 8, 20, 28, 50, 82, \dots$), may disappear in nuclides with an extreme neutron excess while other new ones can appear.

In the *fp* shell, *i.e.*, nuclei with $Z=20$ (Ca) to 28 (Ni), state-of-the-art theoretical calculations [2, 3] suggest that a new region of nuclear deformation may occur in exotic isotopes of Ti, Cr and Fe, similar to the famous “island of inversion” in the *sd* shell [4]. Since this new region of deformation, which may appear due to the population of “inverted” nuclear configurations, is predicted to occur in these nuclides for isotopes with $N=40$ or so, a radioactive beam facility with a large secondary beam intensity is required. At the RIBF facility, it should be possible to reach these nuclei with primary beams of ^{76}Ge

or ^{86}Kr , thus, opening the door to a new and important forefront in the field of nuclear structure physics; an experiment to investigate the onset of nuclear deformation and collectivity in neutron-rich Fe ($Z=26$) isotopes was proposed and accepted [5] at the RIBF, while similar investigations for other nuclides in this region of the nuclear chart are also being planned [6, 7].

- [1] T. Otsuka *et al.*, Phys. Rev. Lett. 95 (2005) 232502
- [2] S.M. Lenzi *et al.*, Phys. Rev. C 82 (2010) 054301
- [3] B.A. Brown, Phys. 3 (2010) 104
- [4] E.K. Warburton *et al.*, Phys. Rev. C 41 (1990) 1147
- [5] D. Steppenbeck *et al.*, submitted to the 6th RIBF Nuclear Physics PAC Meeting (Dec. 2009)
- [6] G. de Angelis *et al.*, submitted to the 8th RIBF Nuclear Physics PAC Meeting (Dec. 2010)
- [7] D. Steppenbeck *et al.*, Submitted to the 9th RIBF Nuclear Physics PAC meeting (Jun. 2010)

● Publications

(First author)

D. Steppenbeck., A.N. Deacon., S.J. Freeman., R.V.F. Janssens., M.P. Carpenter., C.R. Hoffman., B.P. Kay., T. Lauritsen., C.J. Lister., D.O'Donnell., J. Ollier., D. Seweryniak., J.F. Smith., K.-M. Spohr., S.L. Tabor., V. Tripathi., P.T. Wady. and S. Zhu. “Cross-shell excitations in ^{30}Al and ^{30}Si at high spin”, Nucl. Phys. A847 (2010) 149.

(Other)

S. Nishimura., Z. Li., H. Watanabe., K. Yoshinaga., T. Sumikama., T. Tachibana., K. Yamaguchi., M. Kurata-Nishimura., G. Lorusso., Y. Miyashita., A. Odahara., H. Baba., J.S. Berryman., N. Blasi., A. Bracco., F. Camera., J. Chiba., P. Doornenbal., S. Go., T. Hashimoto., S. Hayakawa., C. Hinke., E. Ideguchi., T. Isobe., Y. Ito., D.G. Jenkins., Y. Kawada., N. Kobayashi., Y. Kondo, R. Krücken., S. Kubono., T. Nakano., H.J. Ong., S. Ota., Zs. Podolyák., H. Sakurai.,

- H. Scheit, K. Steiger, D. Steppenbeck, K. Sugimoto, S. Takano, A. Takashima, K. Tajiri, T. Teranishi, Y. Wakabayashi, P.M. Walker, O. Wieland and H. Yamaguchi. “ β -Decay Half-Lives of Very Neutron-Rich Kr to Tc Isotopes on the Boundary of the r-Process Path: An Indication of Fast r-Matter Flow”, accepted for publication in Phys. Rev. Lett. (January 2011).
- H. Watanabe, T. Sumikama, S. Nishimura, K. Yoshinaga, Z. Li, Y. Miyashita, K. Yamaguchi, H. Baba, J.S. Berryman, N. Blasi, A. Bracco, F. Camera, J. Chiba, P. Doornenbal, S. Go, T. Hashimoto, S. Hayakawa, C. Hinke, E. Ideguchi, T. Isobe, Y. Ito, D.G. Jenkins, Y. Kawada, N. Kobayashi, Y. Kondo, R. Krücken, S. Kubono, G. Lorusso, T. Nakano, M. Kurata-Nishimura, A. Odahara, H.J. Ong, S. Ota, Zs. Podolyák, H. Sakurai, H. Scheit, Y. Shi, K. Steiger, D. Steppenbeck, K. Sugimoto, K. Tajiri, S. Takano, A. Takashima, T. Teranishi, Y. Wakabayashi, P.M. Walker, O. Wieland, F.R. Xu and H. Yamaguchi. “Low-lying level structure of the neutron-rich nucleus ^{109}Nb : a possible oblate-shape isomer”, accepted for publication in Phys. Lett. B (December 2010).
- A.N. Deacon, J.F. Smith, S.J. Freeman, R.V.F. Janssens, M.P. Carpenter, B. Hadinia, C.R. Hoffman, B.P. Kay, T. Lauritsen, C.J. Lister, D.O’Donnell, J. Ollier, T. Otsuka, D. Seweryniak, K.-M. Spohr, D. Steppenbeck, S.L. Tabor, V. Tripathi, Y. Utsuno, P.T. Wady and S. Zhu. “Cross-shell excitations near the “island of inversion”: Structure of ^{30}Mg ”, Phys. Rev. C 82 (2010) 034305.
- D. Mengoni, J.J. Valiente-Dobón, A. Gadea, S. Lunardi, S.M. Lenzi, R. Broda, A. Dewald, T. Pissulla, L.J. Angus, S. Aydin, D. Bazzacco, G. Benzoni, P.G. Bizzeti, A.M. Bizzeti-Sona, P. Boutachkov, L. Corradi, F. Crespi, G. de Angelis, E. Farnea, E. Fioretto, A. Goergen, M. Gorska, A. Gottardo, E. Grodner, A.M. Howard, W. Królas, S. Leoni, P. Mason, D. Montanari, G. Montagnoli, D.R. Napoli, A. Obertelli, R. Orlandi, T. Paw at., G. Pollarolo, F. Recchia, A. Algora, B. Rubio, E. Sahin, F. Scarlassara, R. Silvestri, J.F. Smith, A.M. Stefanini, D. Steppenbeck, S. Szilner, C.A. Ur, P.T. Wady and J. Wrzesinski. “Lifetime measurements of excited states in neutron-rich $^{44,46}\text{Ar}$ populated via a multinucleon transfer reaction”, Phys. Rev. C 82 (2010) 024308.
- **Presentations**
- “Gamma-ray spectroscopy of neutron-rich *fp*- and *sd*-shell nuclei”
The 102nd RIBF Nuclear Physics Seminar, held at RIKEN Nishina Center for Accelerator-Based Science, Japan (June 1, 2010).
(Poster Presentation)
- “In-beam γ -ray spectroscopy at the RIBF facility: Present status and future developments”
Nuclear Structure 2010, held at the University of California, USA (August 8-14, 2010).

Non-Perturbative Aspects of String Theory and Matrix Model

Name: Tasheng TAI

Host Laboratory: Theoretical Physics Laboratory,
Nishina Center for Accelerator-Based Science
(Laboratory Head: Hikaru KAWAI)

So far I have been working on particularly the field called “string theory” in elementary particle physics. While string theory always incorporates a variety of mathematical concepts, it is really providing the latest and powerful tool for exploring the unknown physics.

As people’s understanding towards string theory

increases, boundaries between areas of mathematics which have been considered independent of each other become obscure eventually. For instance, it happens that two seemingly irrelevant mathematical concepts become unified through physics.

My main interests lie in exploring gauge/gravity (or

gauge/geometry) correspondence which is certainly a challenging theme nowadays.

To finalize the project – regarding gravity as merely kinds of phenomena observed in gauge theory is truly an ambitious dream of Albert Einstein. Research activities towards this are conducted so extensively worldwide.

Big picture

As a unifying theory in physics has been attempted, over the past decades similar movements in mathematics as well took place. That is, people are just pursuing the belief that there exists a concept which unifies somewhat several different kinds of mathematical ideas.

For example, the mathematician Robert Langlands in the late 1960s launched what has become known as the Langlands Program aiming at relating number theory and harmonic analysis.

This insight had driven Shimura Gorou, Taniyama Yutaka and Weil to the discovery, i.e. the information encoded in Galois representations associated with elliptic curves over \mathbb{Q} can be read off from the Fourier expansion of certain modular forms on the upper-half plane.

Quite recently, Langlands duality becomes important and accelerates its penetration into physics. Perhaps a few years later, it is likely to provide the insight even for unifying the heart of physics and mathematics. The main reason of this suggestion seems inevitably the AGT

conjecture born in 2009 summer

What is AGT hypothesis?

The framework laid down by Alday-Gaiotto-Tachikawa (AGT) states that there exists certain intimate relation between two-dimensional Liouville CFT and four-dimensional supersymmetric gauge theory ($N=2$ Seiberg-Witten theory). Because both two topics were developed quite independently during the past decades, their coincidence is considered to be amazing! Nevertheless, their startling discovery overturns the traditional perception of us. This is because compared with the AdS/CFT correspondence described earlier, AGT had pointed out an all new kind of gauge/geometry duality and envisioned a way by which one can explore two sides using more different viewpoints and mathematical tools. Many parts are still under construction and many unsolved puzzles still remain.

● Publications

(First –author papers)

Ta-Sheng Tai “Uniformization, Calogero-Moser/Heun duality and Sutherland/bubbling pants” JHEP 1010 107 (2010)

Ta-Sheng Tai “Triality in $SU(2)$ Seiberg-Witten theory and Gauss hypergeometric function” Phys.Rev.D82 105007(2010)

Nano-Raman Spectroscopy of Thermo-mechanical and Electrical Stress in Advanced Electronic Devices and Sensors

Name: Alvarado TARUN

Host Laboratory: Nanophotonics Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Satoshi KAWATA)

We demonstrate tip-heating-assisted enhanced Raman spectroscopy to investigate the temperature dependence of the carbon nanotube G-band with nanoscale resolution. The controllable and nanoscale heat generated at the tip apex was used to thermally perturb and characterize a small volume in a carbon nanotube sample that is precisely positioned underneath the tip. First, we demonstrate nanoscale cutting of CNTs using the heat generated from the absorbed light at the tip apex of Si

tip that is transferred to the CNT by conduction. We used two different laser powers, 7mW and 9mW, to cut different areas in the CNT. During cutting, the monitored Si Raman peak shift is ~ 509 cm^{-1} for 7mW, which is equivalent to 800K, whereas the peak Raman shift is ~ 500 cm^{-1} for 9mW, equivalent to 1100K. No visible traces of cut area from the Raman and topographic images for 7 mW laser power. For 9mW laser power, the CNT was successfully cut based on the Raman and

topographic images. Using the same setup and CNT preparation, we coated the Si tip with 50-nm thick Ag to investigate the dependence of tip-enhancement at highly elevated temperature and at the same time obtain the temperature coefficient of CNT. The observed shift in the near-field Raman of CNT is attributed primarily to direct conduction of heat from the laser heated tip and not attributed to the absorption of light by CNT within the diffraction limited focused spot because of the very small far-field downshift. We observed that the enhancement factor starts to decrease only at above 500 K. This is due to changes in the optical properties of silver at elevated temperatures. The dependence of tip enhancement with temperature was also experimentally examined, which is in good agreement with the enhancement calculated from the electromagnetic model of isolated spheroids. The technique presented may open up opportunities in the study of controlled heat-assisted biochemical reactions and physical transformations of nanostructures. It can also be used for thermal characterization of various materials requiring site-selective and controllable nanoscale heat source and could enable the realization of new photothermal devices.

● Publications

(First-author papers)

Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa, Taka-aki Yano and Satoshi Kawata, S. “Tip-heating-assisted Raman spectroscopy at elevated temperatures”, *J. Raman Spectrosc.* In press 42, 992-997 (2011). *

Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa and Satoshi Kawata, “Site-Selective Cutting of Carbon Nanotubes by Laser Heated Silicon Tip”, *Jpn. J. Appl. Phys.* 49, 025003 (2010). *

(Others)

Oussama Moutanabbir, Manfred Reiche, Angelika Hähnel, Winfried Erfurth, Masahi Motohashi, Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa and Satoshi Kawata, “UV-Raman imaging of the in-plane strain in single ultrathin strained silicon-on-insulator patterned structure”, *Appl. Phys. Lett.* 96, 233105 (2010). *

Oussama Moutanabbir, Manfred Reiche, Angelika Hähnel, Winfried Erfurth, Ulrich Gösele, Masahi Motohashi, Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa and

Satoshi Kawata, “Nanoscale patterning induced strain redistribution in ultrathin strained Si layers on oxide”, *Nanotechnology* 21, 134013 (2010). *

Oussama Moutanabbir, Manfred Reiche, Angelika Hähnel, Winfried Erfurth, Motohashi, Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa and Satoshi Kawata, F. Naumann and M. Patzold, “Strain Stability in Nanoscale Patterned Strained Silicon-on-Insulator”, *ECS Transactions* 33, 511-522 (2010). *

● Presentations

(International conferences)

Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa, Takaaki Yano and Satoshi Kawata. “Tip-heating assisted manipulation and nano-Raman spectroscopy of Carbon Nanotubes,” *Near Field Optics - NFO 11 Beijing, China, August 31, 2010.**

Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa and Satoshi Kawata, “Tip-heating assisted TERS at elevated temperature”, *XX11 International Conference on Raman Spectroscopy Boston, USA, August 12, 2010.**

Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa and Satoshi Kawata, “Tip enhanced Raman spectroscopy using heated probes at elevated temperature,” *Vibrational Spectroscopy - Probing Structure and Dynamics Biddeford, USA, August 4, 2010.**

Oussama Moutanabbir, M. Reiche, A. Hähnel, W. Erfurth, Masashi Motohashi, Alvarado Tarun, Norihiko Hayazawa, Satoshi Kawata, F. Naumann, M. Patzold, M. Holt, J. Maser”, *Strain Stability in Nanoscale Patterned Strained Silicon-on-Insulator*”, *The 218th Meeting of the Electrochemical Society Las Vegas, USA, October 13, 2010.* *

(Domestic conferences)

早澤紀彦, タルン・アルバラード, 矢野隆章, 河田聡, “Tip enhanced microscopy and spectroscopy assisted by tip-heating”, 平成 22 年度日本分光学会ナノ分光部会・生細胞分光部会シンポジウム 東京都, 2010 年 12 月 10 日.

早澤紀彦, タルン・アルバラード, 矢野隆章, 河田聡, “先端増強電場による温度コントロールを用いた顕微分光法”, 平成 22 年度日本分光学会年次講演会 京都府, 2010 年 11 月 19 日.

Modeling Visually Evoked Neuronal Activity by Non-Linear Combinations of Multi-Resolution Filter Responses

Name: Michel VIDAL-NAQUET

Host Laboratory: Gruen Research Unit,

Brain Science Institute

(Laboratory Head: Gruen SONJA)

During the year 2010, I wrote a paper on stereoscopic vision with Sergei Gephstein. We submitted it but so far it has not yet been published.

I also worked on the Free-Viewing neural data project described previously. I developed a statistical test specially dedicated to the estimation of statistical significance of the extracted receptive fields. For this purpose, I simulated neural response that respond to stimuli based on a neuronal filter - typically, a Gabor type filter as in V1. The novel characteristic used here was to keep actual neural responses recorded during the experiment, but reordering the stimulus/neural response according to the responses of a real neural filter. This enables to compare statistical measures of shuffle tests such as p-values of the simulations, where

we know for sure that a filter described the stimuli/response relationship, and the statistics obtained over the experiments. When the simulation and experiments are consistent, we can be confident that the experimental analysis revealed the neuronal filter.

I also applied this approach to neural data obtained from anesthetized animals, for which we also performed standard receptive field extraction techniques, in particular, reverse correlation. We could therefore validate our approach using neural data with known receptive fields. Results showed that our receptive field extraction technique extracts correctly receptive fields.

I started writing a paper about this but it yet has to be finished.

FY2009 Foreign Postdoctoral Researchers

Aspects of Strongly Correlated and Mesoscopic Physics in Cold Atom Systems

Name: Shimul AKHANJEE

Host Laboratory: Condensed Matter Theory Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Akira FURUSAKI)

I worked on the following research projects for FY 2010:

In collaboration with Dr. Furusaki and Dr. Masahisa Tsuchiizu at Nagoya University, we investigated the ground-state properties of one-dimensional (1D) mixtures of atomic bosons and fermionic atoms resonantly coupled to molecular fermions. Using a bosonization scheme, the 2-channel form of the interaction is similar to the hopping term between weakly coupled spinless Tomonaga Luttinger liquids (TLL). At specific commensurate points, the reduction of the energy scale by applying a renormalization group analysis, scales the 3-component TLL system into a groundstate with coupled massive modes characterized by composite superfluid and pairing correlations between the open and closed resonant channels. A paper is being drafted and will be submitted to Physical Review A. The results will also be presented at the 2011 APS March meeting in Dallas, Texas.

In collaboration with Dr. Yuichi Otsuka, Dr. Hitoshi Seo and Dr. Masahisa Tsuchiizu, we investigated the low energy properties of a one-dimensional extended Hubbard model at quarter filling coupled to antiferromagnetically ordered Ising spins, motivated by the electronic structure of a quasi-1D Fe-phthalocyanine compound, which exhibits interactions between p correlated electrons and d localized spins that can be modeled as a staggered magnetic field in certain limits. Using the bosonization technique and a semiclassical analysis of the interaction potential we attempted to explain enhanced charge-ordered and ferromagnetic correlations detected by quantum Monte Carlo simulations. We are developing a renormalization group analysis that can further describe such instabilities more quantitatively.

I have studied the connection between the spherical spin glass model and Anderson's disordered tight-binding model within the replica formalism before the gradient expansion is initiated in terms of replicated "Q" matrices, which usually leads to a non-linear sigma model. Taking an alternative route via a Coulomb gas mapping can possibly demonstrate an exact solution of the localization transition. Work is in progress.

● Publications

Akhanjee Shimul "Quasiparticle excitations in Bose-Fermi mixtures" Physical Review B Vol.82 pp075138-1-075138-8 (2010) 0109453 Journal (in English or non-Japanese)

Akhanjee Shimul "Spherical spin-glass-Coulomb-gas duality solution beyond mean-field theory Rudnick Joseph" Physical Review Letters Vol.105 0117247 Journal (in English or non-Japanese)

Akhanjee Shimul "Quantum phase coherence in non-Markovian and reaction-diffusive transport" Physical Review B Vol.82 5 pp054201-1-054201-5 (2010)

● Presentations

Akhanjee Shimul "A new approach to spin glasses" Stat PhysHK Complexity, Computation, Information Lam Woo International Conference Center Hong Kong 2010 7-7 0118786 International Conference etc.

Akhanjee Shimul, Furusaki Akira and Tsuchiizu Masahisa, "Pairing correlations in one-dimensional Bose-Fermi mixtures with molecular boundstates" APS March Meeting 2011 Dallas, Texas USA 2011 3-3 0118787 International Conference etc.

Investigation of Charm and Beauty Physics via Single Electrons at the PHENIX Experiment at RHIC

Name: Stephen BAUMGART

Host Laboratory: Radiation Laboratory,

Nishina Center for Accelerator-Based Science

(Laboratory Head: Hideto EN'YO)

During 2010, progress was made in simulation analysis of heavy flavor from the distance-of-closest approach method as well as reconstruction of heavy flavor decay vertices. Analysis of the PHENIX experiment's electron data from Cu+Cu collisions at a beam energy of 200 GeV per nucleon was begun. Problems with the embedding simulation of the STAR-SVT detector needed for efficiency corrections were fixed as well. I also helped with the voltage QA for the BUS connections for the VTX ladders.

Work has continued on the geometric analysis of heavy flavor decays in the PHENIX at RHIC experiment. One method is to use two daughter tracks from a heavy flavor decay to locate the decay point and to reconstruct the mass of the parent (heavy-flavor) particle in the case that all daughter tracks are found. I showed that the D^0 meson can be reconstructed from its kaon and pion daughters using tracks detected by the PHENIX inner silicon vertex tracker (VTX). If only some of the tracks can be detected (if one is a neutrino invisible to our detectors), then a fit can be done to the electron spectra which allows it to be separated into the various contributors (D, D^0 , D_s , B, B^0 , B_s).

Progress has also been made on the procedure for identification of heavy flavor particles through the measurement of the distance-of-closest approaches (DCA) of their electron daughters. I advanced the method to account for the various species of open charm (D, D^0 , D_s) and open beauty (B, B^0 , B_s). A check was done to extrapolation below the fit limits of 100 to 200 microns to the low DCA region poorly reconstructed and contaminated by Dalitz decays. As of this writing, the DCA analysis will soon be run in a double-blind simulation check to verify its consistency.

I have begun analysis of electron data taken from Cu+Cu collisions at RHIC at a beam energy of 200 GeV per nucleon. The goal is to analyze the spectra of electrons from the decay of heavy flavor electrons. In order to

properly measure the electron background from photonic conversions, a brass converter of known radiation length is placed within the PHENIX detector around the beam pipe. In the preliminary analysis, data runs from when the converter was inserted within PHENIX and from when it was not were divided into two groups. Quality assurance (QA) was done to ensure consistency. So far, a QA has been done for electron yield per run as well as the angular distribution of detected electrons in both converter and non-converter cases. This analysis is ongoing though no major problems have been found.

Embedding simulations require that simulated tracks be merged with real data in order to evaluate the behavior of a particle of interest in a real detector and calculate the efficiency. After STAR ran embedding simulations for the open charm D^0 decays, it was found that the numbers of hits in the STAR silicon Vertex Tracker (SVT) of embedded D^0 tracks were behaving differently from the hits on real data tracks. Because I had last made major modifications to the simulation, I investigated this issue and found that SVT simulation updates were not being propagated to the computers on which the embedding simulations were run and that since the SVT simulator was written without input from embedding simulation, I undertook further tuning.

● Publications

“Observation of charge-dependent azimuthal correlations and possible local strong parity violation in heavy ion collisions” *Submitted Sep. 9, 2009, published May. 28, 2010 Phys. Rev. C 81 (2010) 054908**

“Observation of $\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ photoproduction in ultraperipheral heavy-ion collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV at the STAR detector” *Submitted Dec. 4, 2009, published Apr. 2, 2010 Phys. Rev. C 81 (2010) 044901**
Spectra of identified high-pT π^\pm and p(p $^-$) in Cu+Cu collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV” *Submitted Nov. 16,*

- 2009, published May. 27, 2010 Phys. Rev. C 81 (2010) 054907*
- “Studying Parton energy loss in heavy-ion collisions via direct-photon and charged-particle azimuthal correlations” *Submitted Dec. 9, 2009, published Sep. 30, 2010 Phys. Rev. C 82 (2010) 034909**
- “Inclusive π^0 , η , and direct photon production at high transverse momentum in p+p and d+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV” *Submitted Dec. 18, 2009, published Jun. 15, 2010 Phys. Rev. C 81(2010) 064904**
- “Three-Particle Coincidence of the Long Range Pseudorapidity Correlation in High Energy Nucleus-Nucleus Collisions” *Submitted Jan. 8, 2010, published Jul. 8, 2010 Phys. Rev. Lett. 105 (2010) 022301**
- “Charged and strange hadron elliptic flow in Cu+Cu collisions at $\sqrt{s_{NN}}=62.4$ and 200 GeV” *Submitted Jan. 28, 2010, published Apr. 9, 2010 Phys. Rev. C 81(2010) 044902**
- “Upsilon cross section in p+p collision at $\sqrt{s}=200$ GeV” *Submitted Jan. 15, 2010, published Apr. 9, 2010 Phys. Rev. Lett. 105(2010) 012004**
- “Measurement of the Bottom contribution to non-photon electron production in p+p collisions at $\sqrt{s}=200$ GeV” *Submitted Jul. 7, 2010, published Nov. 12, 2010 Phys. Rev. Lett. 105 (2010) 202301**
- “Balance Functions from Au+Au, d+Au, and p+p Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV” *Submitted May. 13, 2010, published Aug. 11, 2010 Phys. Rev. C 82 (2010) 024905**
- “Higher Moments of Net-proton Multiplicity Distributions at RHIC” *Submitted Apr. 29, 2010, published Jul. 9, 2010 Phys. Rev. Lett. 105 (2010) 022302**
- “Azimuthal di-hadron correlations in d+ Au and Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV measured at the STAR detector” *Submitted Apr. 14, 2010, published Aug. 30, 2010 Phys. Rev. C 82(2010)024912**
- “Longitudinal scaling property of the charge balance function in Au+Au collisions at 200GeV” *Submitted Feb. 12, 2010, published May. 15, 2010 Phys. Lett. B 690(2010) 239**

● Presentations

- “Recent Progress in Open Heavy Flavor in Heavy-Ion Collisions”. Heavy Ion Café at Tokyo, CNS, June 26, 2010.
- “Recent Progress in Open Heavy-Flavor Studies at RHIC and Future Prospects at RHIC and LHC”. Heavy Ion Pub at Nagoya University, August 17, 2010.

Physical Interpretation of Localized-Stationary Solutions of Madelung Fluid Dynamics and the Relativistic Extension

Name: Agung BUDIYONO

Host Laboratory: Laboratory for Mathematical Neuroscience,
Brain Science Institute
(Laboratory Head: Shun-ichi AMARI)

Quantum mechanics has proven to be a remarkably precise theory to explain physical phenomena in microscopic world. On the other hand, any experiment always involves macroscopic apparatus in the regime of which classical mechanics is unbeatable. It is then imperative to clarify the relation between the two

theories. On one hand, since the apparatus is composed of microscopic objects: electron, proton, etc., one may expect that the classical behavior of the apparatus should be derivable from the quantum behavior of the microscopic objects that comprise the apparatus. In this sense, classical mechanics is argued to emerge from the more universal

theory of quantum mechanics. On the other hand, one needs to understand how our reading on microscopic world is interfered by the law of classical mechanics through the measurement. This problem of quantum-classical correspondence is thus intimately related to the physical status, thus the interpretation of quantum mechanics.

In the fiscal year of 2010, I attempted to present a proposal to derive classical mechanics from quantum mechanics in a system of a single particle with and without external potential. This is done by elaborating the notion of self-trapped wave function previously developed by the present researcher in the frame of Madelung fluid dynamics. The latter reduces into the familiar Schrödinger equation for the case of irrotational flow. Hence, it can be regarded as a sort of generalization of the Schrödinger equation.

Then, for a free particle, I showed that there is a subset of self-trapped wave functions which is particle-like. Namely, the spatially localized wave packet is moving uniformly with undistorted shape as if the whole wave packet is indeed a classical free particle. The length of the

spatial support of the wave packet is given by the Compton wavelength so that the wave packet is more localized for particle with larger mass. Whereas for a particle subjected to a macroscopic external potential, I showed that the time needed by the corresponding self-trapped wave function to depart from a classical trajectory is of the order of the inverse of the Compton wavelength. We thus argue that it is the Compton wavelength that matters and not the de Broglie wavelength as in conventional semiclassical approach. I have also attempted to develop relativistic extension.

● Publications

Budiyono A.: "On Quantum-Classical Transition of a Single Particle", *Found. Phys.*, 40, 1117-1133 (2010) *

● Presentations

Budiyono A.: "Quantum analog of free particle relativistic dynamics via superposition" presented at International Workshop on Statistical Physics of Quantum Systems, Tokyo, Japan, August 2-4, 2010.

Mouse Mitochondrial Inheritance and Dynamics

Name: Liqin CAO

Host Laboratory: Technology and Development Team
for Mammalian Cellular Dynamics,
BioResource Center
(Laboratory Head: Kuniya ABE)

Mitochondria play central roles in many cellular processes, including energy supply, calcium signaling and apoptosis. Mutations in mitochondrial DNA (mtDNA) are responsible for a number of serious diseases. Currently there is no effective treatment for mtDNA disorders, placing great emphasis on understanding mtDNA inheritance in order to prevent the transmission of these diseases. In mammals mtDNA is inherited maternally via the oocyte. Pedigree analyses of heteroplasmic individuals in animals and humans revealed that mtDNA genotypes shift rapidly among offspring and return to homoplasmy in some progeny within a few generations, suggesting that a mtDNA bottleneck accounts for the rapid segregation. However, the underlying mechanism of the bottleneck

remains uncompletely resolved. Our previous studies in mice provided solid evidence that primordial germ cells (PGCs) possess moderate mtDNA copies, ruling out the prevailing longstanding hypothesis that the mtDNA bottleneck results from a dramatic reduction in mtDNA content in PGCs during embryonic development. Recently a report suggested that the bottleneck occurs during postnatal folliculogenesis as a result of replication of a subpopulation of mtDNA in primary oocytes. To further investigate whether mitotic segregation of mtDNA during preimplantation and/or during the early expansion of PGCs makes major contribution to the bottleneck, I am using mice heteroplasmic for two mtDNA variants to examine the mtDNA genotype shift across development

stages. These data will provide new information on the understanding of mtDNA bottleneck and transmission.

Alterations in mitochondrial number, morphology and distribution associate with various diseases. *In vivo* observations of mitochondrial dynamics in live animals would shed novel insights into the involvements of mitochondria in disease progress and therapeutic treatments. However, subcellular intravital imaging has been challenging due to tissue motion caused by breathing and heartbeat, especially for intraperitoneal organs, such as liver, pancreas and kidney etc. We have developed a stabilization device to effectively reduce organ motions and enable image acquisition with subcellular resolution in live mice. Using this device we monitored mitochondria and autophagosome dynamics in real-time, and quantified autophagosome formation and gene expression under different physiological conditions in intact liver, pancreas and kidney. To our knowledge, our study is the first report on *in vivo* quantification of subcellular structure dynamics in abdominal organs of live mice.

● Publications

(Review articles)

Shitara H., L. Cao. and H. Yonekawa. "The mode of mitochondrial DNA transmission in mammal: rapid segregation and bottleneck effect". 細胞工学 29 卷 5 号 pp: 461-465 (2010).

● Presentations

(International conferences)

Cao L., K. Abe. "Intravital molecular imaging of cellular processes in live mice". The 4th congress of Asia federation of laboratory animal science". Taipei, Taiwan, November 9-11, 2010.

(Domestic conferences)

Cao L., H. Shitara., M. Sugimoto., J.-I. Hayashi., K. Abe. and H. Yonekawa. "The mitochondrial DNA bottleneck in the germline cells of mammals". Eastern Japanese animal embryo transfer workshop, and animal genetics and reproduction seminar. Tsukuba, Japan, December 13, 2010.

Rare Earth Polyhydride Complexes Bearing Non-Cp Ligands

Name: Jianhua CHENG

Host Laboratory: Organometallic Chemistry Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Zhaomin HOU)

Rare earth (Group 3 and lanthanide) metal polyhydride complexes consisting of the dihydride species "LLnH₂" with one ancillary ligand per metal have received intense current interest, because of their fascinating structure and reactivity which are exquisitely different from their monohydride relatives "L₂LnH" having two supporting ligands. The nuclearity of the rare earth polyhydride complexes is generally dependent on the steric bulk of the ancillary ligands. An increase of ligand hindrance usually leads to decrease of the nuclearity and increase of the reactivity of the resulting hydride clusters.

Previous, our group have reported a series of tetranuclear octahydrides supported by bulky cyclopentadienyl ligands, [(C₅Me₄SiMe₃)LnH₂]₄(THF)₀₋₂, which showed a unique reactivity towards various substrates, such as nitriles, carbon monoxide. More recently, we have demonstrated

that the rigid bis(phosphinophenyl)amido moiety {4-Me-2-(^tPr₂P)-C₆H₃}₂N can serve as an excellent supporting ligand for the rare earth polyhydride complexes, leading to formation of a new family of structurally characterizable trinuclear and binuclear polyhydride complexes, including the first examples of cationic trinuclear and binuclear rare earth polyhydrides. The poor crystallinity of these polyhydrides encouraged us to explore other monoanionic Non-Cp ancillary ligands.

To our delight, when we used the amidinate ligands (NCN) (NCN = R-C(NAr*)₂; Ar* = 2, 6-diisopropylphenyl) as bulky ancillaries and discovered that hydrogenolysis of various (R-NCN)Ln(CH₂SiMe₃)₂(THF)₁₋₂ complexes led to the corresponding dihydrides with nuclearity depending on the size of the NCN ligands and the solvents used in preparation.

Hydrogenolysis of the dialkyl complexes (R-NCN)Y(CH₂SiMe₃)₂(THF) (R = ^tBu, Ph, Me) in hexane solution proceeded well and after simple workup gave the corresponding trinuclear hexahydrides, [(R-NCN)YH₂]₃(THF)₂, in good yield. While when the substitute on the backbone of amidinate ligand is H group, tetranuclear octahydrides [(H-NCN)YH₂]₄(THF)₂ were collected under the same conditions.

The effects of the size of rare earth metal ionic radius on the formation of cluster hydrides were also investigated. We have synthesized a series of trinuclear hexahydrides [(Ph-NCN)LnH₂]₃(THF)_n (Ln = La, Gd, Y, Lu, n = 2; Ln = Sc, n = 1) for metal spanning the full size range of the trivalent ions of the group 3 and lanthanide metals. The six hydrides ligands in these trinuclear clusters exhibit the same bonding mode with two triply bridging (μ_3 -H) and four double bridging (μ_2 -H).

Noticeably, when the hydrogenolysis of the dialkyl complexes (Ph-NCN)Ln(CH₂SiMe₃)₂(THF) (Ln = Y, Lu) were carried out in THF solution, the first examples of binuclear tetrahydrides [(Ph-NCN)LnH₂]₂(THF)₃ (Ln = Y, Lu) were disclosed. There are two different types of bonding hydrides: three hydrides are doubly bridging (μ_2 -H), the remaining one is terminal. Thus, these novel hydrides also represent the first example of rare earth terminal hydride complexes supported by Non-Cp ligands.

All these polyhydrides complexes were characterized by the usual spectroscopic, elemental analysis, and the structures in the solid state were determined by single X-ray diffraction.

In summary, We have demonstrated that the use of amidinate(NCN) ligands led to the straightforward and

high-yield synthesis of a series of novel tetranuclear, trinuclear, and binuclear rare earth dihydrides, [(R-NCN)LnH₂]₂₋₄(THF)₂₋₃. All these novel polyhydrides were isolated and structurally confirmed. Studies on the reactivity of these polyhydrides and the analogous cationic species are in progress.

● Publications

(Original Papers)

Cheng Jianhua, Shima Takanori and Hou Zhaomin; "Rare earth polyhydride complexes bearing bis(phosphineophenyl)amido (PNP) pincer ligands". *Angew. Chem. Int. Ed.* 2011, 50, 1857-1860.

(Co-Author Papers)

Zhang Liang, Cheng Jianhua, Ohishi Takeshi and Hou Zhaomin; "Copper-Catalyzed Direct Carboxylation of C-H Bonds with Carbon Dioxide". *Angew. Chem. Int. Ed.* 2010, 49, 8670-8673.

● Presentations

(Domestic Conferences)

Cheng Jianhua, Shima Takanori and Hou Zhaomin. "Neutral and Cationic Rare Earth Polyhydrides Supported by Bis(phosphinophenyl)amido Ligands". The 60th Anniversary Conference on Coordination Chemistry, Osaka, Japan, Sept. 27-30, 2010.

Cheng Jianhua, Wang Haiyu, Nishiura Masayoshi and Hou Zhaomin; "Synthesis and Structure of Rare Earth Polyhydride Complexes Bearing Amidinate Ligands". 日本化学会第 91 春季年会, 横浜, March 26-29, 2011.

Integrated Multi-Omic Investigation of Phytoplankton Community Dynamics: Novel Metabolic Function and Community Structure in an Artificial Ecosystem

Name: Richard Craig EVERROAD

Host Laboratory: Biosphere Oriented Biology Research Unit,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Shigeharu MORIYA)

Environmental metabolomics is a promising field that to date has seen limited application to the microbial world. One difficulty has been the inadequacy of methods suitable for microbes, particularly in planktonic systems.

We are developing an integrated multiomics approach for such communities by incorporating community-level metabolome fingerprinting with genomic and environmental data to better understand microbial

interactions and responses to environmental and experimental changes. Marine microbial ecosystems offer a great abundance of genetic and metabolic diversity, but this diversity, along with the dynamics and functions of these systems, are difficult to explore experimentally in the field. The long term goal of our research is to apply such an experimental approach towards biomass production and ecosystem remediation using marine microbial resources. Our current main activities and results are below:

1) Bioremediation of eutrophic waters

Using water from highly eutrophic Tokyo Bay, a series of 5 liter microcosms with different starting conditions have been used to assay both the natural ability of native plankton assemblages to improve water quality and produce extractable resources (here, neutral lipids). We have observed remarkable algal-mediated reduction of inorganic nitrogen (DIN; from as high as 225 μ M to less than 40 μ M, with nitrite and ammonium dropping below detectable levels) and phosphate from test waters over a matter of a few days to one week. 1 H-NMR analysis of free organic compounds in the water itself also show a decrease concomitant with algal growth; this aspect is currently being explored further. Lipid production assayed using Nile red fluorescence however did not reveal considerable production of neutral lipids. Algal biomass was dominated metabolically by sugars and biologically by diatoms. However, great variation in lipid production was observed, and algal bloom autotermination offers potential as an improved method for collecting materials for downstream extraction. This aspect is also an area of current research.

2) Biofuel production

We are exploring lipid production in ~15 strains of *Nannochloris* spp. (*Chlorophyta*) we isolated from Tokyo Bay and Okinawa. These strains produce up to 30% (60% dry weight) oil as neutral lipids, and there is considerable

variation in oil content due to genetic identity and physiological state. We have identified several high-lipid candidates and have rendered them axenic for ongoing experimental work.

● Publications

(First-author papers)

Everroad R.C., Yoshida S., Tsuboi Y., Date Y., Kikuchi J. and Moriya S. *In press*. Metabolic profiling of microbial planktonic communities by nuclear magnetic resonance spectroscopy for environmental trans-omics approaches. *Journal of Visualized Experiments*. *

Everroad R.C. and Moriya S. *Submitted*. Comparative analysis of PCR protocols and sample application on denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) results. *Microbes and Environments*. *

Tweddle J.F., Strutton P.G., Foley D., O'Higgins L., Wood A.M., Scott B., Everroad R.C., Peterson W., Cannon D. Hunter M. and Forster Z. 2010. Relationships among upwelling, phytoplankton blooms, and phycotoxins in coastal Oregon shellfish *Marine Ecology Progress Series*. 405:131-145. *

● Presentations

(International conferences)

Everroad C., Yoshida S., Tsuboi Y., Kikuchi J. and Moriya S. "Development of environmental multi-omics for planktonic microbial communities". 13th International Symposium on Microbial Ecology, Seattle, USA. August 2010.

(Domestic conferences)

Everroad C., Tsuboi Y., Yoshida S., Kikuchi J. and Moriya S. "Development of environmental metabolomics for planktonic microbial communities". Memorial Symposium for the 26th International Prize for Biology. Tsukuba, Japan. December 2010.

Metamaterials Switch Device

Name: Xu FANG

Host Laboratory: Tanaka Metamaterials Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Takuo TANAKA)

Optical isolation is the phenomenon that light can propagate in one direction, while it cannot propagate in the opposite direction. Optical isolators are widely used nowadays in lasers and optical communication systems to protect the light sources from reflected light. They are expected to be crucial for the future photonics systems, where they behave as traditional electronic diodes behave in electronic circuits. The most common optical isolator nowadays is a set of optics including two linear polarizers, a magnet and a magneto-optical crystal, whose big footprint is incompatible with the future photonics systems. Although various ways have been proposed previously, none of them provide a nanometer-sized optical isolator that works effectively for weak light. My work is to realize a nanometer-sized optical isolator that works for a weak pulsed laser beam, using surface plasmons on metal surfaces.

Surface plasmons are a collective movement of electrons on a metal surface excited by freely propagating light. Their electromagnetic field is confined in a limited space, where its strength is several orders higher than that of the excitation light. These properties are very attractive for realizing optical isolators small in size, and working for weak light.

In order to use surface plasmons to realize optical isolation, I tried a relay of two second-order nonlinear effects, a second harmonic generation followed by a degenerate different frequency generation. Two kinds of nanostructures, optimized for the second harmonic

generation and the degenerate different frequency generation, respectively, are fabricated and aligned in a particular direction. Incident light propagating along this direction is first doubled, and then halved in frequency when passing through these nanostructures in the form of surface plasmons. In the opposite direction, light propagation is totally blocked because such frequency conversion is not preferred. Experiment up to now suffers from a very low yield. It is mainly because of the intrinsically low efficiency of second-order nonlinear effects on metal surfaces. Because of the centrosymmetric alignment of metal atoms in the metal crystal, second-order nonlinear effects are only possible for a few layers of atoms in the vicinity of the metal surface, making the total output low and highly depending on the roughness of metal films.

The efficiency of the process above is expected to be improved greatly, when we introduce a parametric resonator of surface plasmons in the near future. The surface of metal films behaves as a resonator for the incident light, when it is patterned with proper nanostructures. Although this resonator usually works only for a single wavelength, we notice that the requirements of a parametric resonator, such as energy conservation, momentum conservation and phase matching, can be easily met by adjusting the scale of nanostructures. Using such kind of parametric resonators, we expect the optical isolation to be observable easily on a pulsed laser beam with moderate strength.

Development of Computational Methods for Large Scale Gene Regulatory Networks: Construction and Structural Analysis

Name: Andre FUJITA

Host Laboratory: Data Analysis Fusion Team,
Computational Science Research Program
(Laboratory Head: Satoru MIYANO)

Granger causality presents a potential approach for the detection of possible interactions in a data driven

framework couched in terms of temporal precedence (a cause has to come before an effect). The main idea

is that temporal precedence does not imply, but may help to identify causal relationships, since a cause never occurs after its effect (Fujita *et al.*, Lecture Notes in Bioinformatics, 2010).

The concept of Granger causality was introduced in Systems Biology and successfully applied in the identification and interpretation of regulatory networks (Fujita *et al.*, Lecture Notes in Bioinformatics, 2010). The main advantage of Granger causality consists in its interpretation, i.e., each edge of the regulatory network represents the information flow from one time series to another time series (from one gene to another gene).

The theoretical generalization of Granger causality between sets of variables has not been sufficiently explored. In the fiscal year of 2010, the FPR defined a new concept of Granger causality, generalizing the multivariate concept to between *sets* of time series, i.e., now it is possible to identify information flow from one set of genes to another set (Fujita *et al.*, Journal of Bioinformatics and Computational Biology, 2010). Two approaches were proposed in order to identify and test Granger causality between gene sets. The first one was the bootstrap method, which does not assume any data distribution (Fujita *et al.*, Journal of Bioinformatics and Computational Biology, 2010). Despite the usefulness of the bootstrap method to identify/test Granger causality, it is computationally intensive, becoming particularly slow when accurate p-values are required. To overcome this drawback, the FPR proposed also an analytical approach based on likelihood ratio test (LRT). For time series experiments containing less than 100 points, the FPR also proposed a Bartlett correction in order to improve the asymptotic approximation of the statistics (Fujita *et al.*, Bioinformatics 2010). After intensive simulations, the results showed that: (i) the LRT is equivalent to Wald's test in the multivariate model in terms of statistical power; (ii) the LRT is much faster and has a higher statistical power than the bootstrap method (when analyzing sets of time series data); and (iii) both the LRT and bootstrap can control the rate of false positives even under non-Normal noises. An R package named gGranger containing the identification method for Granger causalities, the bootstrap procedure and the LRT with Bartlett correction was provided at the web.

(<http://dnagarden.hgc.jp/afujita/en/doku.php?id=ggranger>)

In addition, one invited book chapter referring to the identification of time-varying Granger causality, i.e., identification of gene network structures that change along time was written and published (Fujita *et al.*, Wiley VCH Verlag 2010).

In parallel to these works on Granger causality, the FPR studied the differences between three major gene expression quantification techniques namely illumina microarray, real time RT-PCR (qRT-PCR) and CAGE (Cap Analysis of Gene Expression). After careful quantitative and qualitative comparisons, the FPR concluded that CAGE and qRT-PCR are the most sensitive methods, however, the false positive transcripts identified by CAGE is still quite high, probably due to sequencing errors. CAGE and microarray allow the identification and quantification of thousands of transcripts while qRT-PCR is a low-throughput method. In terms of precision in quantification, qRT-PCR is the best one followed by microarray, but both require that the transcript is known. CAGE can quantify yet unknown transcripts. The quantitative results indicate that the gene expression quantifications obtained by each technology is not interchangeable, however the strength of one technology may complement the weakness of the others.

● Publications

(First-author papers)

Fujita A., Kojima K., Patriota A., Sato J., Severino P. and Miyano S.; "A fast and robust statistical test based on Likelihood ratio with Bartlett correction to identify Granger causality between gene sets" Bioinformatics Vol.26 pp2349-2351 (2010)*

Fujita A., Severino P., Sato J. and Miyano S.;" Granger causality in systems biology: modeling gene networks in time series microarray data using vector autoregressive models" Lecture Notes in Bioinformatics Vol.6268 pp13-24 (2010)*

Fujita A., Nagasaki M., Imoto S., Saito A., Ikeda E., Shimamura T., Yamaguchi R., Hayashizaki Y. and Miyano S.; "Comparison of gene expression profiles produced by CAGE, illumina microarray and Real Time RT-PCR" Genome Informatics Vol.24 pp56-68 (2010) *

Fujita A., Sato J.R., Kojima K., Gomes L.R., Nagasaki

M., Sogayar M.C. and Miyano S., "Identification of Granger causality between gene sets," *Journal of Bioinformatics and Computational Biology* Vol.8 pp679-701 (2010) *

(Books)

Fujita A., Sato J., Demasi M., Miyano S., Sogayar M. and Ferreira C.; "An introduction to time-varying connectivity estimation for gene regulatory networks" In: Frank Emmert-Streib; Matthias Dehmer. (Org.). *Medical Biostatistics for complex diseases*. Weinheim, Germany: Wiley VCH Verlag, pp205-230 (2010)

(Other)

(Co-author papers)

Niida A., Imoto S., Yamaguchi R., Nagasaki M., Fujita A., Shimamura T. and Miyano S.; "Model-free unsupervised gene set screening based on information enrichment in expression profiles" *Bioinformatics* Vol.26 pp3090-3097 (2010)*

Sato J.R., Fujita A., Cardoso E.F., Thomaz C.E., Brammer M.J. and Amaro Jr. E.; "Analyzing the connectivity between regions of interest: an approach based on cluster Granger causality for fMRI data analysis", *NeuroImage* Vol.52 pp1444-1455 (2010)*

Shimamura T., Imoto S., Nagasaki M., Yamauchi M.,

Yamaguchi R., Fujita A., Tamada Y., Gotoh N. and Miyano S. "Collocation-based sparse estimation for constructing dynamic gene networks", *Genome Informatics* Vol.24 pp164-178 (2010)*

● Presentations

(International conferences)

"Granger causality in systems biology: modeling gene networks in time series microarray data using vector autoregressive models," *Brazilian Symposium on Bioinformatics Búzios Brazil 2010*

"Comparison of gene expression profiles produced by CAGE, illumina microarray and Real Time RT-PCR" *The 10th Annual International Workshop on Bioinformatics and Systems Biology, Kyoto Japan 2010*

"The impact of measurement errors in the identification of gene regulatory networks" *Systems Biology: regulation of gene expression Cold Spring Harbor United States 2010*

"Assessing microRNA regulatory networks for biomarker discovery in cancer" *American Association for Cancer Research, San Francisco United States 2010*

A Novel Method for Diagnosis of Retinitis Pigmentosa Patients Using Their Own iPS Cells

Name: Zi-Bing JIN

Host Laboratory: Laboratory for Retinal Regeneration,
Center for Developmental Biology
(Laboratory Host: Masayo TAKAHASHI)

Retinitis pigmentosa (RP) is a group of retinal degenerative diseases caused by rod photoreceptor degeneration and characterized by night blindness and visual field defect. Actually, RP encompasses a number of genetic subtypes as more than 45 causative genes and a large number of mutations have been identified so far. However, the pathogenesis of the disease are still poorly understood, which thereafter results in unavailability of treatments for RP. The first discovered RP-causing gene, RHO, is the most prevalent cause of RP. It is proposed that RHO mutation results in an accumulation of mutant

protein in endoplasmic reticulum (ER) which leads to rod photoreceptor cell death. Experiments using animal cells have proven such hypothesis, however, so far its involvement in human retinal cells remains unknown. RP9, also named as PAP-1, is a ubiquitously expressing gene but its mutation leads to retina-specific degeneration. The underlying mechanism of photoreceptor apoptosis is unclear. No any animal models of this gene have been reported to mimic the disease to date. Taken together, in vitro disease modeling using induced pluripotent stem (iPS) technology is of particular value for mechanism study and

drug screening for retinitis pigmentosa.

In this study, we generated iPS cell lines from RP patients with identified mutations in RHO, RP9, RP1 and RDS genes. Each line of the iPS cells demonstrated differentiation ability into three-germ derivatives. By using *in vitro* differentiation methods, we confirmed these cells can differentiate into retinal pigment epithelium (RPE) progenitors (Pax6+/Mitf+) and pigmented RPE-like cells, retinal progenitor cell (Pax6+/Rx+) and subsequently the photoreceptor precursor cells (Crx+). Gene expression profiling results also supported a growth direction toward retinal cells. Through further differentiation, Rhodopsin+ rod photoreceptor cells were confirmed by immunocytochemistry. The Rhodopsin+ cells derived from patient iPS cells appeared at differentiation day 120, but the number was decreased 4 weeks later in the culture condition. At the same time, in the normal iPS cell line, the Rhodopsin+ cell number maintained, strongly indicating an *in vitro* degeneration of patient-specific rod photoreceptor cells. Furthermore, we studied the disease mechanisms in the iPS lines with RP9 and RHO mutations. Finally, we screening several drugs in each iPS line and found individualized drug response. In brief, we have generated patient-, disease-, and mutation-specific

photoreceptor cells, including the rod cells that were lost in the RP patients. These cells together with the *in vitro* disease modeling system will be very useful for future study of disease mechanism or pharmaceutical discovery.

● Publications

Jin ZB, Okamoto S, Osakada F, Homma K, Assawachananont J, Hirami Y, Iwata T, Takahashi M. "Modeling retinal degeneration using patient-specific induced pluripotent stem cells" PLoS One. 2011;6(2):e17084

● Presentations

(International conferences)

Jin Z., Okamoto S. and Takahashi M., "In vitro Induction of Retinitis Pigmentosa-Specific Photoreceptor Cells from Patient-Derived Induced Pluripotent Stem Cells" ARVO Annual Meeting, Greater Fort Lauderdale, Florida, USA 2010 5

(Domestic conferences)

金子兵, 岡本理志, 高橋政代, "変異持つ網膜色素変性症患者のiPS細胞作製及び視細胞への分化誘導" 第114回日本眼科学会総会 名古屋国際会議場 日本 2010 4

Nuclear and Electron Spin Manipulation Using Nanomechanical Systems

Name: Neill Wooldridge LAMBERT

Host Laboratory: Digital Materials Team,
Advanced Science Institute
(Laboratory Host: Franco NORI)

This year has been a year of success for the field of nano-mechanical systems in the quantum regime. The first observation of a mechanical system at its quantum ground state was observed by experimentalists from the University of California, Santa Barbara. This was named by "Science" as the breakthrough of the year for 2010. In addition, the field of opto-mechanics, systems where mechanical motion is coupled to optical modes, is flourishing and it is expected that these systems will allow larger mechanical devices to reach the ground state.

Inspired by this success in our field, in my second year of my FPR program I have concentrated on

developing inequalities to distinguish quantum behavior in nanostructures from false "classical" signatures. Our main application of this concept so far has been on transport through quantum dots and other finite nanostructures. This work has been published in Physical Review Letters, and featured in RIKEN Research highlights. In the future we will consider applications to mechanical systems and continuous degrees of freedom.

We have also applied these concepts to optical degrees of freedom in cavity QED. In particular we showed that existing experiments using an atom in a cavity as a single photon source are close to violating our inequality, and we

illustrated that the statistics one observes in such experiments are identical to those for the transport of electrons through quantum dots. Finally, we have completed a project on the photo-thermal cooling of a nano-mechanical oscillator.

● Publications

(First-author papers)

Lambert N., Emary C., Chen Y. and Nori F., “Distinguishing quantum and classical transport through nanostructures” *Physical Review Letters* 105, 176801 (2010)*

Lambert N, Chen Y, Nori F, “Unified single-photon and single-electron counting statistics:from cavity-QED to electron transport” *Phys. Rev. A* 82, 063840 (2010) *

De Liberato S, Lambert N, Nori F, “Quantum Noise in photothermal cooling” *Phys. Rev. A* 83, 033809 (2011)

● Presentations

(International conferences)

“Distinguishing quantum and classical transport through nanostructures”, invited talk at IWSSQC, Fudan University, Shanghai, China

“Distinguishing quantum and classical transport through nanostructures”, seminar at NCKU, Tainan, Taiwan.

(Domestic conferences)

“Distinguishing quantum and classical transport through nanostructures”, poster presentation, ISNTT, 2011, NTT

“Distinguishing quantum and classical transport through nanostructures”, poster presentation, FNST 2011, RIKEN

“Distinguishing quantum and classical transport through nanostructures”, poster presentation, QS2C, 2010, RIKEN

Attosecond Control of Broadband Supercontinuous High Harmonic Generation with Two-Color Fields

Name: Pengfei LAN

Host Laboratory: Laser Technology Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Katsumi MIDORIKAWA)

To develop various applications in attosecond science, one of the most important issues is the development of high-power isolated attosecond pulse (IAP) sources. However, the power of IAPs generated with the conventional methods is limited because of the requirements of a few-cycle pulse and carrier-envelope phase (CEP) stabilized driving pulse. The two-color gating method demonstrated in 2009 by us has enabled to create supercontinuum high harmonics, indicating the generation of IAP in the time domain, with a CEP-unstabilized 30-fs two-color field. However, the IAP is generated by surrounding several weak satellite attosecond pulses and is generated by the cutoff high harmonics whose intensity decreases rapidly compared with those in the plateau region. To overcome this problem, in this year, we proposed and theoretically demonstrated an optimized method, called infrared double optical gating (IRDOG) to produce a clean and more intense IAP by using an even longer driving pulse.

In the IRDOG scheme, we manipulate the generation of IAP by modulating the ellipticity of the main driving laser

pulse. The driving pulse is linearly polarized at the pulse center and becomes circularly polarized at the leading and trail pulse. Because the efficiency of IAP depends sensitively on the driving ellipticity, IAP is only generated at the pulse center and the satellite attosecond pulses are completely suppressed. Therefore, compared with the two-color gating method, IRDOG scheme enables us to create a clean IAP. And the IAP can be generated by the harmonics in the plateau region. Therefore, the power of IAP is increased by a factor of 4 compared with that in two-color gating method. Moreover, after optimizing the delay, wavelength of the driving pulse, our simulation shows that IAP can be generated without CEP stabilization, even though the IAP intensity changes with the CEP. In addition, we show that IAP can be generated by using an even longer driving pulse up to 60 fs. This method has made a big improvement and also taken a great advantage for creating the intense IAP compared with all the methods demonstrated so far. By using a loosely focused, 100 terawatt driving laser, it is expected to produce an IAP on

the should be micro-joule level. We are experimentally demonstrating the high-power IAP with the two-color gating scheme in the loosely-focused condition. The experiment of IRDOG is also under preparation.

● Publications

(First-author papers)

Pengfei Lan, Eiji J. Takahashi and Katsumi Midorikawa
 “Wavelength scaling of efficient high-order harmonic generation by two-color infrared laser fields”, Phys. Rev. A 81, 061802(2010).

Pengfei Lan, Eiji J. Takahashi and Katsumi Midorikawa,
 “Optimization of infrared two-color multicycle field synthesis for intense-isolated-attosecond-pulse generation”, Phys. Rev. A 82, 053413(2010).

● Presentations

(International conferences)

Eiji J. Takahashi, Pengfei Lan, Oliver D. Muecke, Yasuo Nabekawa and Katsumi Midorikawa. “Optimization of continuum harmonic generation by using multicycle two-color fields”, Conference on Lasers and Electro Optics, San Jose, CA. USA, May 16-21, 2010.

Pengfei Lan, Eiji J. Takahashi and Katsumi Midorikawa,
 “Scaling law of high harmonics generated in the two-color infrared laser field”, Conference on Lasers and

Electro Optics, San Jose, USA, May 16-21, 2010.

E. J. Takahashi, Pengfei Lan, Y. Nabekawa and Katsumi Midorikawa. “High harmonic generation by high energy OPA source”, the 17th International Conference on Ultrafast Phenomena, Snowmass Village, Colorado, USA, July 19-23, 2010.

Eiji J. Takahashi, Pengfei Lan and Katsumi Midorikawa.
 “Infrared Two-Color Multicycle Laser Field Synthesis for Generating an Intense Attosecond Pulse” (Invited) The 2010 International Symposium on Ultra-fast Phenomena and Terahertz Waves (ISUPTW 2010) Xi’an, China, Sep. 12-16, 2010

(Domestic conferences)

Pengfei Lan, Eiji J. Takahashi and Katsumi Midorikawa.
 “Supercontinuum high harmonic generation in multicycle two-color infrared laser fields”. the 30th annual meeting of Laser Society of Japan, Feb. 2-4, 2010.

Pengfei Lan, Eiji J. Takahashi and Katsumi Midorikawa.
 “Efficient generation of isolated attosecond pulse with infrared two-color polarization gating”. the 31st annual meeting of Laser Society of Japan, Jan. 9-10, 2011.

Pengfei Lan, Eiji J. Takahashi and Katsumi Midorikawa.
 “Scaling law of high harmonics generated in the two-color infrared laser field”, The 11th Extreme photonic symposium, RIKEN Wako, Oct. 12-13, 2010.

The β decay of ^{34}Mg

Name: Zhihuan LI

Host Laboratory: Radioactive Isotope Physics Laboratory,
 Nishina Center for Accelerator- Based Science
 (Laboratory Head: Hiroyoshi SAKURAI)

1.The beta decay studies of the neutron-rich neutron rich isotopes around ^{110}Zr

Isotopes with extreme neutron-to-proton ratios in the mass region $A = 110 - 125$ have attracted special attention since theoretical r-process yields are found to underestimate isotopic abundances observed in the solar system by an order of magnitude or more.

The most important nuclear data inputs of astrophysics r-process models are nuclear masses and beta-decay properties of nuclei near the neutron drip line, where very

little is known due to their extremely low production yields in the laboratory.

A decay spectroscopy study of the neutron-rich neutron rich isotopes around ^{110}Zr has been performed at BigRIPS in the middle of December 2009. The β -decay half-lives of 38 neutron-rich isotopes from $_{36}\text{Kr}$ to $_{43}\text{Tc}$, all of which lie close to the astrophysical r-process path, have been measured for the first time (for 18 nuclei) or their uncertainties have been reduced significantly. The new results suggest a systematic enhancement of the β -decay

rates of the Zr and Nb isotopes by a factor of 2 or more around $A = 110$ with respect to the predictions of the FRDM+QRPA model. The results also indicate a shorter timescale for matter flow from the r-process.

The beta decay studies of the neutron rich Mg, Al and Si isotopes by CAITEN

2. The first in-beam experiment of CAITEN was carried out at BigRIPS in the middle of December 2010. A wide range of neutron rich Mg, Al and Si isotopes were produced by the fragmentation of the $E/A = 350$ MeV ^{48}Ca primary beam on a thick ^9Be target, and were implanted into CAITEN. Two small volume LaBr_3 detectors and three Ge-detectors in very closed geometry were used for measurement of beta delayed γ rays as well as prompt γ rays emitted from following isomeric decay. In addition four liquid scintillation neutron detectors (NE213) were installed for beta delayed neutrons using *pulse shape* discrimination technique. The decay schemes and isomeric states of various isotopes will be obtained by the event associations of the implanted nuclei with the decay events. The analysis of the experimental results is now ongoing.

● Publications

S. Nishimura., Z. Li., H. Watanabe., T. Sumikama., K. Yoshinaga., K. Yamaguchi., T. Tachibana., Y. Miyashita., M. Kurata-Nishimura., A. Odahara., G. Lorusso., K. Sugimoto., H. Baba., J.S. Berryman., N.

Blasi., A. Bracco., F. Camera., J. Chiba., P. Doornenbal., S. Go., T. Hashimoto., S. Hayakawa., C. Hinke., E. Ideguchi., T. Isobe., Y. Ito., D.G. Jenkins., Y. Kawada., N. Kobayashi., Y. Kondo., R. Krücken., S. Kubono., T. Nakano., H.J. Ong., S. Ota., Zs. Podoly'ak., H. Sakurai., H. Scheit., K. Steiger., D. Steppenbeck., S. Takano., A. Takashima., K. Tajiri., T. Teranishi., Y. Wakabayashi., P.M. Walker., O. Wieland. and H. Yamaguchi. "beta -decay half-lives of very neutron-rich Kr to Tc isotopes on the boundary of the r-process path: An indication of fast r-matter flow" Physical Review Letters, In press.

H. Watanabe., T. Sumikama., S. Nishimura., K. Yoshinaga., Z. Li., Y. Miyashita., K. Yamaguchi., H. Baba., J.S. Berryman., N. Blasi., A. Bracco., F. Camera., J. Chiba., P. Doornenbal., S. Go., T. Hashimoto., S. Hayakawa., C. Hinke., E. Ideguchi., T. Isobe., Y. Ito., D.G. Jenkins., Y. Kawada., N. Kobayashi., Y. Kondo., R. Krücken., S. Kubono., G. Lorusso., T. Nakano., M. Kurata-Nishimura., A. Odahara., H.J. Ong., S. Ota., Zs. Podoly'ak., H. Sakurai., H. Scheit., Y. Shi., K. Steiger., D. Steppenbeck., K. Sugimoto., K. Tajiri., S. Takano., A. Takashima., T. Teranishi., Y. Wakabayashi., P.M. Walker., O. Wieland., F.R. Xu. and H. Yamaguchi., "Low-lying level structure of the neutron-rich nucleus ^{109}Nb : a possible oblate-shape isomer" Physics Letters B., In press.

Uncovering the First Line of Defence Against Plant Pathogens

Name: Rebecca LYONS

Host Laboratory: Plant Immunity Research Group,
Plant Science Center
(Laboratory Head: Ken SHIRASU)

Plants exhibit a broad spectrum defence response known as PAMP-triggered immunity (PTI). PTI is activated upon the perception of pathogen associated molecular patterns (PAMPs) such as flagellin at the plant cell membrane and results in the production of reactive oxygen species (ROS), transcription of defence-related genes, stomatal closure and callose deposition onto the cell walls.

One of the challenges following genome sequencing

is the *in silico* prediction of protein-coding open reading frame sequences. To reduce the probability of false positives, most protein prediction algorithms include a threshold of >100 codons. Nevertheless, unannotated ORFs smaller than 100 codons have been shown to encode proteins and play important roles in various organisms. To test whether small open reading frames (sORFs) in the Arabidopsis genome play a role in plant immunity, we

used a custom microarray to analyse the expression of ~6000 unannotated sORFs in Arabidopsis wildtype plants compared to the flagellin-insensitive mutant *fls2* after treatment with the PAMP flg22.

Of the 3279 sORF transcripts detected in the microarray, 224 sORFs were differentially upregulated in Col (>2 fold in Col and <2 fold in *fls2*) in at least 2 timepoints compared to the mock treatment. Forty-two of the most highly upregulated candidates were selected for qRT-PCR analysis. Differential induction was confirmed for 19 sORFs, of which 15 exhibit amino acid identity with other plant species.

Within a few minutes of PAMP treatment, a transient ROS burst can be observed in Arabidopsis. The precise role of ROS in PTI is unclear, but an increased ROS burst has been correlated with enhanced innate immunity. A seeding assay was used to screen transgenic plants overexpressing the candidate sORFs (at least 3 independent transformants per sORF) for an altered ROS burst following treatment with the PAMPs flg22 or elf18. Of the 12 candidates so far tested, 5 exhibit an enhanced flg22 or elf18-specific ROS burst, and 3 show an enhanced ROS burst following either flg22 or elf18 treatment. Adult plants overexpressing candidates ATRIKEN-A and ATRIKEN-B which show an enhanced ROS burst after either PAMP treatment in the seedling assay, were consistently more resistant to spray-inoculated *Pseudomonas syringae*, suggesting that they positively regulate PTI. Interestingly, the first 100bp (of 180bp) of ATRIKEN-A share 95% antisense nucleotide

identity to the 3' untranslated region of a resistance gene known to play a positive role in defence. Overexpressing lines do not exhibit reduced expression of this resistance gene, suggesting that the PTI phenotype observed in overexpressor mutants is not due to unintentional silencing of the known resistance gene. Genetic crosses are now being undertaken to determine whether ATRIKEN-A overexpressor lines maintain the PTI phenotype in the absence of the R gene, and thus whether the two genes interact. Candidate ATRIKEN-B contains 5 WRKY boxes within 500 bp of the start site, suggesting that it may act downstream of the first signaling events after PAMP detection. Further studies will aim to elucidate the mechanisms by which the candidate sORFs modulate the plant defence response.

● Presentations

(International conferences)

Rebecca Lyons, Kousuke Hanada, Mieko Higuchi, Minami Matsui and Ken Shirasu "Flagellin-triggered induction of novel small open reading frames" 21st International Conference on *Arabidopsis* Research *Yokohama* Japan 2010 6

(Domestic conferences)

Rebecca Lyons, Kousuke Hanada, Mieko Higuchi, Minami Matsui and Ken Shirasu. "Novel small open reading frames which regulate plant immunity" *Plant Science Communications* Okazaki Japan 2010 11

Molecular Mechanisms Underlying Paratympanic Organ Development and Evolution

Name: Paul O'NEILL

Host Laboratory: Laboratory for Sensory Development,
Center for Developmental Biology
(Laboratory Head: Raj LADHER)

The Paratympanic Organ (PTO) is an enigmatic baroreceptor found in the middle ear of birds but absent in mammals. A homologous structure exists in non-teleost fish suggesting similarities between the PTO and the lateral-line system of aquatic vertebrates. My aim is to identify the molecular mechanisms controlling PTO development and to generate and test hypotheses regarding the evolution of vertebrate sense organs. All vertebrate mechanosensory

organs are derived from a patch of thickened ectoderm termed the posterior placodal area. This precursor domain gives rise to the inner ear, lateral-line system, epibranchial ganglia, and PTO, and is characterised by expression of PAX2 from early somite stages. My research is focussed on the mechanisms by which the posterior placodal area gives rise to different sensory derivatives within the embryo and between species.

My recent data has demonstrated the PTO represents an independent sensory module which can be lost or retained during evolution independently of other sensory systems. Previous fate mapping had indicated shared origin of the PTO and geniculate ganglion, we have shown however that the PTO is formed from placodal ectoderm spatially, temporally, and molecularly distinct from the geniculate placode. Moreover, the PTO generates its own afferent neurones, many of which reside within the geniculate ganglion, but differ from epibranchial neurones in size, birthdate, central projections, and in expression of BRN3A. The paratympanic module has been lost in mammals and comparative analysis between chick and mouse embryos will be employed to help identify the molecular mechanisms behind PTO formation.

I have completed gene microarray analysis of the placodal ectoderm from which the PTO is formed and by

comparisons with other sensory domains (otic placode), and non-sensory domains (trunk ectoderm), I aim to identify key factors involved in sensory specification. I am particularly interested in novel factors not previously studied in the context of sensory placodes and functional analysis is ongoing for several promising candidate genes. Initial functional experiments are being performed in chicken embryos where in-ovo electroporation allows genes to be mis-expressed or knocked down by RNAi. Subsequent analysis will be extended to other species including mouse and zebrafish.

● Publications

Ladher R.K., O'Neill P. and Begbie J. "From shared lineage to distinct functions: the development of the inner ear and epibranchial placodes". *Development*. Vol.137(11): 1777-85 (2010)*

Computer Simulations of the Structure-Function Relationship in Biological Ion Channels

Name: Andrei PISLIAKOV

Host Laboratory: Theoretical Biochemistry Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Yuji SUGITA)

Nitric oxide reductase (NOR) is a membrane protein which catalyzes the key part of the denitrification cycle in anaerobic bacteria, namely the reduction of nitric oxide. This enzyme is an important step in the evolution of a respiratory system. The understanding of NOR functioning was limited due to the lack of structural information, but recently the first NOR structures (cNOR enzyme from *Ps. aeruginosa* and qNOR enzyme from *G. stearothermophilus*) were solved by the group of Y. Shiro. These structures provide a starting point for computational studies aimed at describing the detailed mechanism of NOR functioning. Computer simulations can provide a link between structural and biochemical/biophysical studies.

Water dynamics and proton translocation are critical for the enzyme's function. We have performed the first fully atomistic molecular dynamics (MD) simulations of NOR (separate simulations of cNOR and qNOR enzymes) in

a natural environment, i.e. embedded in membrane and water solvent. The timescale of the simulations (300 ns) allowed us to assess a stability of the forming water chains as well as an overall stability of the protein-membrane complexes. Our simulations have provided many important dynamical details which were obscure in the static crystal structure. We have described water behavior inside the proteins and, in particular, fully characterized functionally important structural elements, namely water channels and transiently forming H-bonded networks, which can be utilized for efficient proton transport. Some of the found proton pathways confirmed those suggested on a basis of a crystal structure (Channel 1 in cNOR and K-channel in qNOR). However, other previous experimental suggestions (Channel 2 in cNOR) were not supported by MD simulations and we concluded that they are not relevant for the function. Furthermore, we have identified new proton pathways (Channel 3 in cNOR and channels

from periplasm in qNOR), which had “problems” in the X-ray structure and could be identified only by means of computer simulations. The newly found pathways are consistent with the previous biochemical experiments. Moreover, we have proposed that our predictions can be verified by the mutational studies.

Finally, despite a high structural similarity between cNOR and qNOR, MD simulations have revealed strikingly different proton uptake mechanisms utilized by these enzymes. Namely, in cNOR protons for catalytic reaction are taken up from the periplasmic side of the membrane, while in qNOR - from cytoplasm, though connections to periplasm can also form in qNOR, but require protein dynamics on a longer timescale. These findings, along with comparisons to cytochrome c oxidase structures, allowed us to hypothesize about the evolution of proton transfer channels in of respiratory enzymes.

● Presentations

(International conferences)

Pisliakov A.V., Warshel A. and Sugita Y. “Biological proton transfer: simulation methods and applications”, European Bioenergetics Conference, Warsaw (Poland), 2010 07 (poster)

Pisliakov A.V., Sugita Y., “Proton transfer in cytochrome c oxidase and nitric oxide reductase”, Gordon Conference on Computational Chemistry, Les Diablerets (Switzerland), 2010 08 (poster)

Pisliakov A.V., Sugita Y., “Molecular dynamics simulations of NORs”, Frontiers in the Simulations of Macromolecules, Los Angeles (USA), 2010 11 (poster) (Domestic conferences)

Pisliakov A.V., Sugita Y., “Proton transfer pathways in cNOR revealed by MD simulations”, 48th Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan, Sendai, 2010 09 (poster)

Pisliakov A.V., Sugita Y., “Water channels and proton transfer pathways in nitric oxide reductase” Symposium on Hydration Dynamics and Molecular Processes, RIKEN Advanced Science Institute, 2010 12 (oral)

Dissection of the Molecular Complicity Linking Polycomb Group and DNA Methylation Mediated Gene Repression Pathways in ES Cells

Name: Jafar SHARIF

Host Laboratory: Developmental Genetics Laboratory,
Research Center for Allergy and Immunology
(Laboratory Head: Haruhiko KOSEKI)

The SRA protein Np95 plays a crucial role for mammalian epigenetic inheritance by mediating faithful transmission of DNA methylation from parent cells of daughter cells during cell division (Sharif et al, 2007). DNA methylation is generally associated with repressive chromatin and enriched in the promoters of genes that are transcriptionally silenced. This suggests that Np95 might function as a transcriptional suppressor because of its role for global DNA methylation.

Surprisingly, from our recent studies we have discovered an unexpected role for Np95 in transcriptional activation. It seems that Np95 is required to activate a specific class of endogenous genomic retrotransposons known as *IAP* (intercisternal A particle), which is abundant (~1000 copies) in the mouse genome. It has been suggested that

loss of DNA methylation can activate *IAP*. Interestingly, *IAP* levels are dramatically increased in *Dnmt1* conditional KO (*Dnmt1-cKO*), but not in *Np95* conditional KO (*Np95-cKO*) or *Dnmt1*, *Np95* double conditional KO (*Dnmt1, Np95 double cKO*) ES cells and embryos, although all of these cells/embryos exhibit similar levels of demethylation. This implicates that Np95 has a role for *IAP* activation, and indeed, we have found that Np95 directly binds to the *IAP* loci and enforced expression of Np95 upregulates *IAP*. In addition, expressing domain negative forms of Np95 represses *IAP* transcription.

We have previously shown that Np95 has an affinity for hemi-methylated DNA (DNA methylation in only one strand) and interacts with chromatin remodeling factors such as Fact80, Parp1 and Topoisomerases (Sharif et al,

2007). We hypothesize that Np95 specifically binds to hemimethylated DNA that are transiently generated in *Dnmt1* conditional KO ES cells, because of the disruption of maintenance methylation machinery, and recruits chromatin remodeling factors to these sites to activate *IAP* transcription.

Although the roles for fully methylated (transcriptional repression) and unmethylated DNA (transcriptional activation) have been well documented, the functions of hemimethylated CpGs remain unclear. Np95 is the only protein discovered so far that has the function of specifically bind hemimethylated CpG sites. Here, we show that this activity of Np95 could trigger transcriptional upregulation of a specific class of genomic retrotransposons. Our research might suggest that hemimethylated DNA could act as a signal for chromatin remodeling and/or transcriptional activation by recruiting Np95.

● Publications

Li X., Isono K., Yamada D., Endo T.A., Endoh M., Shinga J., Mizutani-Koseki Y., Otte A.P., Casanova M., Kitamura H., Kamijo T., Sharif J., Ohara O., Toyada T., Bernstein B.E., Brockdorff and N. & Koseki H. "Mammalian Polycomb-Like Pcl2/Mtf2 Is a Novel Regulatory Component of PRC2 That Can Differentially Modulate Polycomb Activity both at the Hox Gene Cluster and at Cdkn2a Genes". *Mol Cell Biol.* 31(2), 351-64. 2011.*

Watarai H., Fujii S., Yamada D., Rybouchkin A., Sakata S., Nagata Y., Iida-Kobayashi M., Sekine-Kondo E., Shimizu K., Shozaki Y., Sharif J., Matsuda M., Mochiduki S., Hasegawa T., Kitahara G., Endo T.A., Toyoda T., Ohara O., Harigaya K., Koseki H. and Taniguchi M. *J Clin Invest.* 120(7), 2610-8. 2010.*

(First-author papers)

Sharif J., Endo T.A., Toyoda T. and Koseki H. "Divergence of CpG island promoters: a consequence or cause of evolution?" *Dev Growth Differ.* 52(6), 545-54. 2010. *

Sharif J., Endoh M. and Koseki H. "Epigenetic memory meets G2/M; to remember or to forget?" *Dev Cell.* In Press. 2011.*

(Books)

Sharif J. and Koseki H. "Recruitment of Dnmt1: Roles of the SRA protein Np95 (Uhrf1) and other factors". *Modification of mammalian DNA.* 2011. In Press.

● Presentations

Domestic conferences: 1

(生殖細胞若手勉強会, つくば, 2010年)

Poster Presentations: 3

International conferences: 1 (Cold Spring Harbor Meetings, 2010, Mouse Genetics & genomics)

Domestic conferences: 2

(生殖細胞若手勉強会, つくば, 2010年 & Germline and Epigenome Symposium, Fukuoka, 2010)

Spike Time Dependent Plasticity and Ca²⁺ Stores in Pyramidal Cells of the Neocortex

Name: Mark William SHERWOOD

Host Laboratory: Developmental Neurobiology Laboratory,
Brain Science Institute
(Laboratory Head: Katsuhiko MIKOSHIBA)

Spike Time Dependent Plasticity (STDP) describes the phenomenon whereby the precise timing and order of pre-synaptic and post-synaptic action potentials (spikes) affects the sign and magnitude of synaptic plasticity. In classical STDP, long term potentiation (LTP) occurs when a pre-synaptic action potential precedes a post-synaptic action potential, and long term depression (LTD) occurs when the order of activity is reversed. The magnitude of synaptic

potentiation and synaptic depression is determined by the time interval separating the pre-synaptic and post-synaptic action potentials.

Intuitively, for STDP to occur, there must be a means for detecting coincident pre-synaptic and post-synaptic activity (action potentials). The post-synaptic N-methyl-D-aspartate receptor (NMDAR) has been a good candidate for carrying out coincidence detection, and has received

particular attention in standard STDP models. However, numerous experimental and theoretical studies have highlighted problems with having the NMDAR as a sole coincidence detector. One theoretical solution, for some of the shortcomings, is to have separate coincidence detectors for LTP and LTD. The NMDAR is still favored as the coincidence detector for spike time dependent potentiation, but several coincidence detectors for spike time dependent depression have been identified experimentally at a range of synapses, these include: Phospholipase C; the Inositol-1, 4, 5-trisphosphate receptor; and pre-synaptic endocannabinoid (eCB) receptor and NMDAR. Recent work has also demonstrated that subsets of spines express

different forms of LTD. The differential involvement of all or combinations of the aforementioned coincidence detectors at different synapses onto Layer V pyramidal neurons and subsets of spines is unknown.

The aim of my study is to examine the mechanisms of STDP at different synapses and spines on Layer V pyramidal neurons. In the last 10 months I have established the techniques required for this project, these include: Quadruple whole-cell patch-clamp recording; two-photon glutamate uncaging; synaptic stimulation; and spine Ca^{2+} imaging. Using these techniques, I have started to characterize spike time dependent plasticity in neocortical, layer V, pyramidal neurons.

Molecular Aspects of Amyloid Disease and Studies of Interactions between Amyloids and Chaperones

Name: Karin SÖRGJERD

Host Laboratory: Host Laboratory: Bioengineering Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Mizuo MAEDA)

Description of research: A wide range of diseases (for example Alzheimer's and Parkinson's diseases) are linked to protein misfolding. Protein misfolding occurs as a consequence of that protein loses their natural shape and start to aggregate. Aggregation can occur both inside and outside the cells and usually cause a lot of harm. It is fairly well understood why proteins start to misfold. It has become clear that some of the misfolding diseases are inherited, however, in most cases the processes start spontaneously.

Molecular chaperones are proteins in the human body that are believed to interact with potentially any newly synthesized protein and thereby prevent aggregation. Accumulating evidences support the notion that the chaperones play important roles in protein misfolding diseases. I have focused on the chaperone prefoldin (PFD) and its interactions with the amyloid beta (A-beta) protein (which is a peptide associated with Alzheimer's disease). Prefoldin is prevalent in both archeal cells and human cells, and is believed to have other functions than what so far has been reported. It was previously published from Maeda laboratory, that A-beta aggregation was prevented by archaeal PFD, which suggests a possible involvement of PFD in Alzheimer's disease

(Sakono et al. 2008, FEBS J. 275, 5982).

In my work, I have focused on PFD from humans, to get closer to the dilemma of Alzheimer's disease. Since I started in Maeda laboratory, I have constructed and purified human PFD, from its six subcomponents. Thereafter, I have been working with interaction experiments with PFD and A-beta. My work has included different laboratory techniques such as chromatography, gel electrophoresis, western blotting and cell culturing.

The results so far have yielded in many interesting observations regarding the effects of human PFD on A-beta aggregation. We have found that human PFD reduces the toxic affect of A-beta; whereas archeal PFD keeps A-beta in a toxic form. These results suggest that there are different kinds of A-beta oligomers that have toxic or non-toxic effects depending on how they are folded, and we aim to characterize these oligomers by their structures, sizes and building blocks. We believe that PFD is an important component of eukaryotic cells that can modulate aggregation prone, disease causing proteins, and might play a role in the process of Alzheimer's disease. Our next step is with animal experiments testing our

hypothesis in an *in vivo* environment.

● **Presentations**

(International Conferences)

The International Chemical Congress of Pacific Basin

Societies, Honolulu, Hawaii, USA, 15-20 December 2010. Presentation of the poster: Investigations of the Role of the Molecular Chaperone Prefoldin in the Progress of Alzheimer's Disease.

Excited-State Dynamics of Nucleic Bases Studied by Ultrafast Two-Dimensional Photoelectron Imaging

Name: Peng ZUO

Host Laboratory: Chemical Dynamics Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Toshinori SUZUKI)

Photoelectron spectroscopy (PES) of liquid-system is a hotspot in recent years. In Suzuki's laboratory, we are developing a multi-stage differential pumping system that enables us to record time-resolved PES of aqueous solution. Based on this technique we expand our PES research into complex molecules such as nucleic bases. In the past one-year, we have demonstrated the feasibility of our liquid-phase time-resolved PES.

At present, we are optimizing this new technique and upgrading the whole system. Firstly, the hemispherical electron energy analyzer is replaced with a custom-made time-of flight (TOF) detector, which is more suitable for low-energy electrons. Secondly, we ordered a new laser with 100 kHz repetition rates-hundred times higher than that of previous one, which will improve the sampling efficiency dramatically. Now we are building up ultra-short laser sources by two ways. Visible pulses will be generated by nonlinear optical parametric amplifier (NOPA); ultra-short deep UV (DUV) and vacuum UV (VUV) will be generated by filamentation effect. The later is the main work in the past one year. Ultra-short UV lasers are indispensable in our PES study. Among them, VUV pulses are preferable to UV & DUV pulses since VUV can ionize most of transient species. However, ultra-short pulses, < 250-nm, are poorly developed and we must do it ourselves.

In our group we have generated sub-20 fs DUV pulses by filamentation effect through four-wave mixing. In the past one year we extend this method into VUV generation through two schemes:

$$\omega_{400} + \omega_{400} - \omega_{NIR} \rightarrow \omega_{240}, \quad \omega_{240} + \omega_{400} - \omega_{NIR} \rightarrow \omega_{170} \quad (1)$$

$$\omega_{266} + \omega_{266} - \omega_{400} \rightarrow \omega_{200}, \quad \omega_{200} + \omega_{266} - \omega_{400} \rightarrow \omega_{160} \quad (2)$$

Firstly, we selected scheme 1 because we want to generate, to certain extent, tunable VUV pulses. So we constructed a NOPA to generate broad-band near infrared (NIR) pulses. The white light seed was produced by focusing a small portion of the pump pulse (800-nm, <1 μ J) into a sapphire plate. The collimated white light was pre-compressed, and only the NIR part was delivered into the NOPA. We chose BBO crystals with Type II phase matching as amplifying media. To overcome the pulse-front mismatching, we tilted the pump pulse-front in the second-stage of the NOPA. The final output is $\sim 300 \mu$ J and the bandwidth spans ~ 1150 - 1350 nm range, supporting a ~ 25 -fs transform-limited pulse.

In the second harmonic (SH) generation branch, ~ 0.8 mJ fundamental beam (800-nm) was frequency-doubled in a thin BBO crystal. Two pieces of fused silica glass were placed in the fundamental beam path to compensate the pulse chirp. The pulse width was ~ 80 -fs. The SH and the NIR pulses were gently focused into a neon-filled gas cell. The pulse energies of SH and NIR in front of the gas-cell were ~ 350 and $\sim 200 \mu$ J, respectively. Four-wave mixing efficiency is optimal at the gas pressure of ~ 80 kPa. The output energy of DUV pulses was 1.5μ J at maximum. As we expected, VUV pulses were also generated by a cascaded four-wave-mixing process. The gas cell was directly connected to a vacuum chamber. The output beam was filtered by a few reflections of dichroic mirrors, and introduced into a TG-FROG system in vacuum.

By manipulating the chirp of NIR, we were able to control

the chirp of UV pulses and succeeded in compressing the UV pulse without complex compressor, such as a grating compressor. By using positively chirped NIR, the UV pulses in the gas cell were negatively chirped and were compressed by passing through an MgF₂ window. Chirp of the NIR pulse was transferred to the UV pulse with the opposite sign. A positively chirped NIR pulse was used for generating a negatively chirped UV pulse, which was finally compressed down to 25-fs by an MgF₂ window.

We generated ultra-short VUV pulses through scheme 1 however, the pulse-power is just tens nJ, which is much lower than what we expected-2~3 μ J. To examine possible problems of low efficiency, NIR beam mode or FWM phase-mismatch, we tried scheme 2 in which the spatial mode of beams are better than NOPA output. Through scheme 2, we got ~500 nJ VUV pulses and the bandwidth supports ~20-30-fs transform-limited duration. So perhaps, beam mode quality is crucial for efficient FWM. ~500 nJ VUV pulses are acceptable for our PES work. Now we are measuring the pulse duration and will apply VUV pulses into our PES study.

● Publications

(First-author papers)

Peng ZUO, Takao FUJI and Toshinori Suzuki, "Spectral Phase Transfer to Ultrashort UV Pulses through Four-Wave Mixing" *Optics Express* 18, 16183-16192 (2010).

(Others)

Ying Tang, Yoshi-ichi Suzuki, Huan Shen, Kentaro Sekiguchi, Naoya Kurahashi, Kiyoshi Nishzawa, Peng ZUO and Toshinori Suzuki, "Time-resolved photoelectron spectroscopy of bulk liquids at ultra-low kinetic energy" *Chemical Physics Letters* 494 111-116 (2010).

● Presentations

(Domestic conferences)

Peng ZUO, Takao FUJI and Toshinori Suzuki, "Sub-30 fs Ultraviolet Pulses: Generation & Chirp-Control by Four-Wave Mixing" 11th Symposium on Extreme Photonics, Saitama, Nov. (2010).

Cooperative-Intelligent Control of a Human-Interactive Robot

Name: Zakarya ZYADA

Host Laboratory: Robot Control Research Team,

Advanced Science Institute

(Laboratory Host: Yoshikazu HAYAKAWA)

Nursing robotics has received a considerable attention by different research groups seeking their promising human-friendly assist and cooperation. RIKEN-TRI collaboration center introduced RI-MAN and RIBA for holding and transferring a human. Motivated by the application of holding and/or transferring a patient applying a robot, this research introduces the dynamic model, static analysis and different control algorithms for nonprehensile manipulation of a two-rigid-link object applying two cooperative arms. This research work includes the following:

1. Model-Based Control for Nonprehensile Manipulation of a Two-Rigid-Link Object by Two Cooperative Arms:

A dynamic model and planning algorithm for planar

manipulation of a two-rigid-link object by two-cooperative arms for frictionless contact is introduced. Newton-Euler equations are applied for formulating the object dynamics while a visco-elastic model is applied for modeling the interaction between the object links and the arms. The planning algorithm design is carried out on two steps. The first step is specifying the equilibrium points (contact forces and contact locations) through static analysis of the manipulation system. The second step is designing a PD controller with a disturbance observer to control the object lifting-up motion tracking a reference trajectory through arms' motions. Static analysis as well as controlled object lifting-up motion simulation results, (under external disturbance forces), show the validity of the proposed

control algorithm.

2. Fuzzy Nonprehensile Manipulation Control of a Two-Rigid-Link Object by Two Cooperative Arms:

A fuzzy nonprehensile manipulation control algorithm for lifting up (or lowering down) a two-rigid link object with a passive joint applying two cooperative arms in a two-dimensional space with high friction at contact is introduced. Fuzzy technique is applied for manipulation control as it is very difficult to be done by conventional model based methods. A fuzzy controller is designed for every variable of the four dimensional position vector specifying the joint's position and links' orientations. A rule of a fuzzy controller would be like a human would do: while the friction at contact is high, "IF the reference position is far THEN move the hands quickly forward". An enhanced dynamic model of the system with high friction at contact for simulation purposes is presented. Simulation results for the manipulation control with the proposed fuzzy controllers verify the validity that the proposed control algorithm is promising in the

achievement of the manipulation motion.

3. Fuzzy Arms' Positioning for Nonprehensile Manipulation of a Two-Rigid-Link Object by Two Cooperative Arms:

For executing the manipulation algorithms stated ahead, it is assumed that the contact points between the manipulating arms and the object are the equilibrium points. Automatic fuzzy positioning of the manipulating arms to approximately reach the unknown equilibrium points while the object is still on the floor is the focus of the ongoing research work.

● Presentations

(International conferences)

Zyada Z., Hayakawa Y. and Hosoe S. "Model-based control for nonprehensile manipulation of a two-rigid-link object by two cooperative arms" The 2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics Tianjin China 2010 12

FY2010 Foreign Postdoctoral Researchers

Electronic Dipole States in Molecular Conductors

Name: Majed ABDEL JAWAD

Host Laboratory: Condensed Molecular Materials Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Reizo KATO)

The electric dipole moment is defined by the direction and spacing between positive and negative electrical charges. Ferroelectric materials where permanent electric dipole moment align to form an electrical polarization, are of particular importance in the field of modern electronics. Generally two types of ferroelectric compounds are found. The displacive type where relative displacement of negative and positive ions lead to a macroscopic electric polarization and the order-disorder type where permanent dipole moment alignment. In addition to these, a third type of ferroelectricity can be defined where the electron degrees of freedom and electronic interaction can give rise to a macroscopic electric polarization which we call an electronic dipole.

The field of molecular conductors, a multidisciplinary field which combines organic chemistry, material science, physics and applied physics, focus on how anisotropic intermolecular interactions in solids leads to various states such as semiconductive, Mott insulating, metals and superconductivity. Through this work it was found that the position and orientation of the conductive molecules is crucial in determining the ground state of those systems.

We have found an anomalous dielectric response in molecular conductors with dimer packing where identical molecules are arranged in pairs and share one charge per pair. The frequency and temperature dependence of this dielectric response is similar to a glassy state of electrical dipoles, a relaxor ferroelectric, which is at odd with the high

quality single crystal nature of these systems. The onset of this anomalous dielectric response is found to scale with the charge gap indicating a relation with the conducting channel. Furthermore, the large variety of molecular conductive compounds which exhibit this effect and with only the dimer structure in common, would indicate that we are dealing with an electronic dipole state. The origin of this electronic dipole state is still unclear but the absence of magnetic field effect on the dielectric constant indicates that this is not a spin driven ferroelectricity but a charge driven one with nontrivial charge degrees of freedom. Further experiments should clarify the origin of this anomalous dielectric response.

● Publications

(First author papers)

M. Abdel-Jawad I., Terasaki T., Sasaki N., Yoneyama N. Kobayashi Y., Uesu and C. Hotta. "Anomalous dielectric response in the dimer Mott insulator κ - (BEDT-TTF)₂Cu₂(CN)₃"

*Phys. Rev. B 82, 125119 (2010)

● Presentations

(International Conferences)

International Conference on the Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM 2010)

Topological Order Driven by Strong Interaction Effects

Name: Alimamy BANGURA

Host Laboratory: Magnetic Materials Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Hidenori TAKAGI)

The effects of strong correlations give rise to a variety of correlated electronic states in condensed matter, understanding how these many-body phenomena arise is a

topic of considerable experimental and theoretical interest. In order to identify and elucidate the mechanisms driving these phenomena, it is critical to employ probes that give

quantitative insights into the bulk electronic properties of candidate materials. We aim to gather such information in both the electronic groundstate and where possible as a function of an external tuning parameter as we traverse the boundary between the variety of different electronic phases exhibited by such materials, at extremes of low temperature and high magnetic fields.

Two main projects I have pursued whilst developing a new suite of experimental tools in RIKEN are the study of the bulk electronic structure of high temperature superconductors using quantum oscillation techniques, as well as exploring the magnetic field temperature phase diagram of a quasi-one-dimensional conductor using both electrical and thermal transport properties.

1. High temperature superconductors:

Quantum oscillations are a well-established probe of the electronic structure of metals that have only recently been discovered in the high temperature cuprate superconductors. This discovery has revolutionized research into these materials and has caused considerable controversy, as previous studies of these materials seemed to preclude the existence of the feature required to observe these oscillations, namely closed coherent pockets of electrons in momentum space. Starting in the overdoped region of the phase diagram, I intend to use quantum oscillations to study the dramatic crossover that occurs in the electronic structure as the phase diagram is traversed with doping, and which may hold the key to explaining the mechanism for superconductivity in these materials. We recently published evidence for such oscillations in the overdoped cuprates for the first time in an article published in Physical Rev. B. that demonstrates the potential of using this approach. [1, 2]

2. Quasi-one-dimensional $Li_{0.9}Mo_6O_{17}$:

One-dimensional metals are an intriguing test-bed of theoretical ideas; since one-dimensional systems are more tractable mathematically, these materials allow us to make direct comparison of experimental data with existing theoretical models.

Wiedemann-Franz Law:

We have pursued the study of the thermal and electrical transport of the title compound in order to search for the violation of one of the cornerstone laws of metals – the Wiedemann-Franz law – that states that the ratio of electrical and thermal conductivity is a constant that depends only on

fundamental constants. A manuscript has been submitted for publication that shows an order of magnitude violation of this law – as predicted by the Tomonaga-Luttinger liquid theory of one-dimensional metals. [3]

Unconventional superconductivity:

quasi-one-dimensional metals have long been suggested as likely candidates in which to observe superconductivity with unconventional order parameters. By mapping the upper critical field as a function of temperature, we find strong evidence to suggest that $Li_{0.9}Mo_6O_{17}$ exhibits unconventional triplet pairing, with evidence supporting this idea coming chiefly from an enormous upper critical field, that is three times higher than predicted for conventional singlet pairing and which cannot be explained by other more conventional approaches. A manuscript detailing these results has been recently submitted to Physical Rev. Lett.[4]

● Publications

(First-author papers)

A.F. Bangura, P.M.C. Rourke, T.M. Benseman, M. Matusiak, J.R. Cooper, N.E. Hussey and A. Carrington: “Fermi surface and electronic homogeneity of the overdoped cuprate superconductor $Tl_2Ba_2CuO_{6+\delta}$ as revealed by quantum oscillations”, Phys. Rev. B82, 140501(2010)*

(Review articles)

P.M.C. Rourke., A.F. Bangura., T.M. Benseman., M. Matusiak., J.R. Cooper., N.E. Hussey and A. Carrington: “A detailed de Haas–van Alphen effect study of the overdoped cuprate $Tl_2Ba_2CuO_{6+\delta}$ ”, New J. Phys. 12 (2010) 105009*

(Other)

N. Wakeham., A.F. Bangura., X. Xu., J.-F. Mercure. and M. Greenblatt & N. E. Hussey: “Realization of Tomonaga-Luttinger-liquid physics in a bulk quasi-one-dimensional conductor” – submitted to *Science*

J.-F. Mercure., A.F. Bangura., Xiaofeng Xu., N. Wakeham., M. Greenblatt. and N. E. Hussey: “ Superconducting critical field far above the Pauli limit in one dimensional $Li_{0.9}Mo_6O_{17}$ ” – submitted to *Phys. Rev. Lett.*

(International Conferences)

Invited Seminar – Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada, 10th Dec. 2010 : “Using quantum

oscillations to probe the electronic structure of cuprate superconductors”

Contributed Talk – Physical Phenomena at High Magnetic Fields, PPHMF-VII, Tallahassee, Florida 8th December 2010: “First Study of Quantum Oscillations in

Overdoped Cuprates in Steady Magnetic Fields”

Invited Seminar – National High Magnetic Field Laboratory, Tallahassee, Florida September 2010: “Electronic Structure of the Cuprate Superconductors Revealed by Quantum Oscillations”

Implementation of an Experimentally Scalable Coupling Scheme for Josephson Qubits

Name: Pierre-Marie BILLANGEON

Host Laboratory: Macroscopic Quantum Coherence Team,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Jaw-Shen TSAI)

We currently intend to propose and realize experimentally a scalable coupling scheme for Josephson qubits. This work is divided in two parts: on one hand, we are considering different possible building blocks which could be intrinsically scalable (*ie.* an architecture for quantum information processing with Josephson circuits free of parasitic residual couplings, minimizing cross-talk issues...), and on another hand we try to implement these ideas experimentally.

Theoretical side: From the point of view of quantum error correction theory (QEC), it is worth to compare two types of architecture: those relying on nearest-neighbor interaction (such as spin networks with Ising/Heisenberg type interactions), or those involving infinite range interactions (such as quantum bus, where interaction is mediated *via* a single common bosonic mode between all qubits).

According to QEC theory, the first choice is extremely sensitive to local errors, and requires high-fidelity single/two-qubit operations. Most proposals in the literature consider interactions between nearest-neighbor interactions which induce rather high residual longitudinal couplings ($\sigma^z \sigma^z$) between a given logical qubits and its neighbors: this in contradiction with the requirement to have rather high fidelity single qubit operations. We suggested a new type of tunable mediated interaction free of any residual coupling: each logical qubit is coupled longitudinally (*ie.* *via* σ_1^z) to each of its neighbors by means of a third qubit which acts as a coupler *via* its transverse degree of freedom (*ie.* σ_c^x). Indeed a very strong advantage of Josephson circuits is the possibility to engineer such kind of special interaction ($\sigma_1^z \sigma_c^x$). This scheme generates

a mediated $\sigma^z \sigma^z$ coupling between each pair of logical qubits, which can be exactly compensated in the static case, and tuned using proper microwave pulse.

The second choice is more robust against errors, but still quite sensitive to residual interactions: indeed, one specific feature of circuit QED, in the dispersive regime, is the possibility to readout the state of the qubits coupled to a common resonator mode, using the dispersive shift of the resonator frequency *via* the Stark shift. This effect has been extremely useful at the early stage of circuit QED experiments, however it stands also as a strong limitation for the scalability of such type of architecture, as it forbides any kind of real excitation of the resonator. It is thus highly desirable to avoid real excitations, which would render two-qubit operations insensitive to both photon lifetime in the resonator, and Stark shift. We thus worked on finding a scheme which relies on virtual excitations of the resonator, and is controlled *via* microwave.

Experimental side: This year was mostly devoted to the study of quantum bus type of coupling. We developed a new type of fabrication process for niobium resonators, which are now etched in our own fabrication facilities (a process for aluminum resonators with lift-off has been developed last year). This offers more versatility in the design of our circuits, compared with the process based on optical lithography, used previously in our group, thus allowing to update our designs faster. We encountered some experimental difficulties: for a reason which is still unknown at this stage, our aluminum resonators show very limited photon lifetime. Another issue is related with

qubits readout *via* switching: indeed, for coupled qubits experiments, separation between qubit layer and readout squid layer is needed. Unfortunately, we found in our measurements that readout fidelity with squid coupled to qubit *via* geometric mutual is much worse than with squid coupled *via* kinetic inductance. We first need to understand this issue before starting new experiments.

● Presentations

International Symposium on Physics of Quantum Technology, Tokyo, April 6-9, 2010 “Towards implementation of a high-fidelity controlled-phase gate with flux qubits”

FIRST Meeting, Atami, December 8-11, 2010 “Towards implementation of a high-fidelity controlled-phase gate with flux qubits”

Functional Analysis of Early Intracortical Activity in the Establishment of Neocortical Areas

Name: Torsten BULLMANN

Host Laboratory: Laboratory for Neocortical Development,
Center for Developmental Biology
(Laboratory Head: Carina HANASHIMA)

During the embryonic period, the formation of early cortical structure (regionalization) depends largely on genetic information such as transcription factors encoded within the cells. Postnatally, the intracortical activity of GABAergic and subplate neurons is essential for maturation of functional areal circuitries (arealization).

I have established genetic cell ablation experiments for these neuronal populations during the early corticogenesis period. The transient expression of transcription factors during the maturation of neurons can be utilized to drive expression of an inducible Cre-recombinase to target distinct neuronal subtypes by activating a reporter gene.

Therefore it is possible to “select” layer specific neuronal population for the expression of fluorescent markers, ablation by expression of a cell toxin, and conditional knockouts of the transcription factor Nkx2.1 which required for proper maturation of interneurons. By in situ hybridization it was possible to distinguish neocortical regions as early as embryonic day 18.5. Anyway, the boundary establishment might be affected at postnatal stages, which will be assessed by immunohistochemistry (5HT) on tangential section made from flat-mounted cortices, which was also established.

Expanding the DNA Alphabet of Escherichia Coli.

Name: Robert Sidney COX

Host Laboratory: Nucleic Acid Synthetic Biology Team,
System and Structural Biology Center
(Laboratory Head: Ichiro HIRAO)

To learn organic synthesis and analytical techniques of the Hirao’s group, I synthesized an unnatural nucleoside dPx(NH₂) by a group method. This synthesis included an introduction to the concepts of chemical protection, linker reactions for modifying unnatural base pairs, purification methods (silica gel, distereomeric recrystallization, and HPLC), and analysis by HPLC and NMR. We

characterized the UV spectra of dPx(NH₂) along with the spectra of unnatural bases previously synthesized in the lab (dDs and dPx). These methods were also useful for determining the purity and concentration of nucleosides.

We then considered these unnatural nucleosides as substrates for kination. Since nonpolar nucleosides can easily cross the cell wall, we planned to supply unnatural

nucleosides in the media and kinate them *in vivo*. Nucleotide monophosphates are nonspecifically converted to nucleotide triphosphates *in vivo*, so we focused on the first kination step. The research group and I cloned the His-tagged *Drosophila melanogaster* deoxynucleosides, kinase gene (DmdNK), notable for its flexible substrate range of both natural and unnatural deoxynucleosides, into an inducible protein expression vector in *E. Coli*. We verified the induction, optimized the expression, extracted the protein, and measured its concentration by colorimetry.

With dPx(NH₂), dPx, dDs, and the natural nucleosides dA and dT, we developed an assay for *in vitro* kination of the nucleosides to form 5' monophosphate deoxynucleotides. Our HPLC method exploits the longer wavelengths of the unnatural nucleoside peak absorption, along with the difference in polarity between each nucleoside and its 5' monophosphate deoxynucleotide, to separate and quantitate the progress of the kination. We optimized the HPLC conditions for each nucleoside and checked the linearity of HPLC measurement in the micromolar to millimolar concentration range. Standard *in vitro* kination reactions were followed by protein inactivation and filtration before HPLC analysis. Using this quantitative assay, and a nonlinear fit of the Michaelis-Menten equation, we determined the kinetic rate constants of dA kination. Our value of the second order rate constant

falls within the range of previously published values for DmdNK and dA.

I learned laboratory techniques of unnatural base pair PCR and unnatural base pair sequencing. Employing these, I amplified duplex DNA containing an unnatural Ds:Px (NH₂) pair, and transformed a plasmid containing this sequence into *E. Coli* in the presence of both the unnatural nucleosides and DmdNK. Unnatural base pair sequencing indicated that the unnatural base pair was replaced with a natural base in several transformant colonies.

However, the sequencing also indicated that the identity of the replacing natural base was variable. Exploiting this, I restreaked the transformant colonies to investigate possible genetic variability within the transformed colony. If unnatural base replication had occurred successfully before the mutation, then the variability of the misincorporation could lead to variability of the replaced base-pair in the colony. If each colony contains a uniform mutation, then the mutation occurred before the isolation of the colony. This method will allow us to understand the unnatural base pair replacement and further optimize the system for successful unnatural base replication.

Molecular Dissection of Polarized Intracellular Vesicle Trafficking in Epithelial Morphogenesis Using *Drosophila* Trachea as a Model

Name: Bo DONG

Host Laboratory: Laboratory for Morphogenetic Signaling,
Center for Developmental Biology
(Laboratory Head: Shigeo HAYASHI)

Targeted intracellular vesicle trafficking is a fundamental biological process through which proteins and lipids are transported to specific domains of plasma membrane for cell surface expansion, extracellular lumen secretion and cell shape change. The development of tracheal system in *Drosophila* provides an elegant system to address this issue. Based on gene expression and localization of GFP fusion constructs, we screened out one of small GTPase Rab9 as a candidate regulator of vesicle trafficking to the cell surface.

Time-lapse movies showed that Rab9-GFP vesicles are preferentially transported to fusion sites in tracheal branches. Knockdown Rab9 expression by Rab9-RNAi caused the defect of lumen connection (30%) in tracheal dorsal and dorsal branches. In Rab9 deficiency (Df (2L) Exel 8041) *Drosophila* embryos, tracheal lumen integrity showed more severe defect phenotype (80%). This preliminary data show Rab9 is essential for lumen connection and expansion in *Drosophila* trachea. We will further confirm

this phenotype by generation of Rab9 deletion mutant and Rab9 knockout animal strains. To reveal the molecular mechanism underlying this phenotype, I performed time-lapse imaging of Rab9-RFP and luminal marker Serp-CBD-GFP. The results showed that Serp-CBD-GFP and Rab9-RFP co-localized and moved to apical surface in the tracheal cells. This indicated that Rab9 vesicles carry an essential

component of extracellular matrix, chitin synthesis. We therefore hypothesize that Rab9 regulates luminal protein trafficking in tracheal tubulogenesis. In the coming year, I will figure out the signaling pathway, which controls or regulates Rab9 mediated polarized vesicle trafficking and its contribution on tracheal lumen formation and connection.

The N, Z = 50 Magicity Towards the “Doubly-Magic” ^{100}Sn

Name: Pieter Christiaan DOORNENBAL

Host Laboratory: Radioactive Isotope Physics Laboratory,
Nishina Center for Accelerator-Based Science
(Laboratory Head: Hiroyoshi SAKURAI)

The aim of my research project is to study the robustness of the proton and neutron nuclear shell closures around the anticipated “doubly magic” ^{100}Sn . The shell closure robustness can be studied experimentally by measuring the collectivity of the excitation from the nucleus’ ground state to the first excited state along the N, Z = 50 shell closures towards ^{100}Sn . Such an experiment, employing relativistic Coulomb excitation, has been proposed to the Radioactive Ion Beam Factory (RIBF) and granted seven days of beam time.

Coulomb excitation experiments at energies above 100 MeV/u with high-Z secondary beams have not yet been carried out at the RIBF. In these experiments, the emitted gamma-ray from the decaying excited states is detected in-flight. Therefore, Doppler shift corrections have to be applied to the observed gamma-rays in the laboratory system. One of the major issues is the anticipated gamma-ray background due to the slowing down of the radioactive beams in the secondary target. Therefore, my research during the first half of FY2010 was mainly dedicated to simulations of the gamma-ray spectrometer DALI2 and the anticipated background. For this, I used the GEANT4 framework and incorporated all the detector geometries of our gamma-ray spectrometer DALI2. The simulation results clearly show the feasibility of the experiment despite the anticipated background.

The second part of my research was the planning and execution of in-beam gamma-ray experiments within an extended ^{48}Ca beam campaign at the Radioactive

Ion Beam Factory (RIBF). In this campaign, lasting from the beginning of November until mid-December, we performed several inelastic scattering, Coulomb Excitation, and knockout experiments of very neutron-rich Ne, Mg, Si, and S beams. Of particular interest for my research was the observed background during Coulomb excitation. A tentative comparison between simulated and observed background showed nice agreement, but further analysis is in progress.

● Publications

(First-author papers)

P. Doornenbal., H. Scheit *et al.* Exploring the “Island of Inversion” by in-beam gamma-ray spectroscopy of the neutron-rich sodium isotopes $^{31,32,33}\text{Na}$ Phys. Rev. C 81, 041305 (2010)*

(Other)

P. Doornenbal., H. Scheit *et al.* In-beam gamma-ray spectroscopy of ^{32}Ne RIKEN Accel. Progr. Rep. 43, X (2010)*

● Presentations

(Domestic conferences)

First Results of In-Beam Gamma Experiments at the RIBF and Future Plans Invited Talk at the Physical Society of Japan 2010 Autumn Meeting, Kokura, Japan, September 11th - 14th, 2010

Exploring Supersymmetry and Many-Body Nuclear Physics via Lattice Field Theoretical Methods

Name: Michael ENDRES

Host Laboratory: Theoretical Physics Laboratory,
Nishina Center for Accelerator-Based Science
(Laboratory Head: Hikaru KAWAI)

Lattice field theory is one of the few truly non-perturbative approaches for studying field theory descriptions of particles and their interactions in nature. Furthermore, the lattice provides an ideal formulation for performing Monte Carlo simulations, allowing one to make reliable quantitative predictions about the theory under investigation. In my research, such techniques are developed and used to explore both supersymmetric (SUSY) theories as well as theories describing nonrelativistic fermions in the unitary regime. The former could be relevant for describing physics beyond the Standard Model (SM) whereas the latter provides a natural starting point for an effective field theory (EFT) description of nuclear physics.

Supersymmetry--a symmetry which relates bosons and fermions--plays a prominent role in extensions of the SM and beyond as a solution to the "hierarchy problem". However, one of the simplest of SUSY theories, $N = 1$ super Yang-Mills (SYM), has yet to be fully explored and understood. As one of the main building blocks for more elaborate SUSY constructions, it remains desirable to obtain a better non-perturbative understanding of such aspects of this theory as the low-energy spectrum, topology, and whether or not a gluino (the super-partner of the gluon) condensate forms. My research attempts to explore $N=1$ SYM on the lattice using a five dimensional chiral fermion formulation known as Domain-Wall fermions. Preliminary studies of this construction have focused on whether or not the lattice formulation is able to properly reproduce the desired four-dimensional physics

of the continuum supersymmetric theory; future studies will focus on obtaining reliable SUSY limit answers to some of the physics questions described above.

On a different subject, my collaborators and I have recently developed a novel lattice technique for numerically simulating systems of strongly interacting, nonrelativistic fermions. The method is applicable to the study of two-component fermions at unitarity, the limit of infinite two-particle s-wave scattering length and vanishing effective range. Such systems may be achieved experimentally using trapped ultra-cold atoms tuned to a Feshbach resonance. Furthermore, the unitary limit is a suitable expansion point for an effective field theory of nuclear physics due to the unnaturally large scattering lengths for nucleon-nucleon scattering. Using this new lattice technique, we are currently measuring such fundamental quantities as the Bertsch parameter, pairing gap and integrated contact density for unitary fermions confined to a harmonic trap and to a finite box. Future numerical explorations will include a study of the Fermi gas away from unitarity, the asymmetric Fermi gas in the unitary regime, and the binding energies of light nuclei within the framework of an EFT.

● Presentations

"Lattice super Yang-Mills" Workshop on lattice simulations for physics beyond the standard model, NCTS Hsinchu National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan (November 12, 2010)

Mechanisms of the Evolution of Song Culture

Name: Olga FEHER

Host Laboratory: Laboratory for Biolinguistics,
Brain Science Institute
(Laboratory Head: Kazuo OKANOYA)

Zebra finches are non-seasonal songbirds who sing one song throughout their entire life. They acquire this song from adult male tutors during the first 3-4 months of their life. I use zebra finches to investigate developmental and evolutionary questions about song culture. I previously found that when isolate zebra finches — who sing abnormal songs — tutor juvenile males, their pupils' imitate them but produce songs that are somewhat wild-type-like. When we allowed recursive training (the first generation pupils became the tutors of the next generation and so on) as well as founded a colony with an isolate male, the song returned to normal, wild-type-like song in about 4 generations. This implies that wild-type song culture is genetically encoded, but it requires training to surface. This finding raised many questions about the details of cultural evolutionary processes. My FPR project aims to investigate these evolutionary and developmental questions. The first question is: what is the minimum requirement for wild-type-like song to appear? Perhaps training with the birds' own vocalization is enough. When young birds are raised in acoustic and social isolation, the only vocal stimulus is their own song heard in real time as they sing it. This instant feedback is not sufficient to trigger the encoded wild-type culture. However, we hypothesize that hearing their own recently recorded song differs from a live sensory feedback and may trigger a normalization process.

During the first 6 months, I spent most of my time building a system for continuously monitoring the song

learning process of zebra finches. I have built sound-proof boxes with a complete sound recording system and operant key-pecking system for training. I bred zebra finches, and started training two juveniles. Every utterance of the birds is recorded, and when they peck the keys, they hear a recent rendition of their song. Each young bird is trained from the onset of singing (about age 35 days) until song crystallization (about day 120), so the training lasts approximately 3 months. The first birds are still being trained, as I am building additional sound boxes. While this experiment runs and collects data, I have begun preliminary analysis on the development of birds that participated in the previously mentioned cultural evolution project. The developmental course of birds trained with isolate song is of interest, because it can be compared to the multi-generation cultural evolutionary process. We found that pupils of isolates do not pick wild-type-like song elements and preferentially imitate those. Rather, they imitate the whole isolate song but change its characteristics dynamically to make them more similar to wild-type song. They do this according to innate imitation biases. By analyzing the developmental trajectories of these birds, we can find out whether the imitation biases emerge gradually during development or are utilized at a certain point during development. This finding could shed light on the mechanism that is at play when young birds reject isolate-like song structure, and as a result, we may be able to propose neuronal substrates that underlie the process.

Recruiting and Expansion of Stem Cells for Cardiovascular Vessel Engineering

Name: Binata JODDAR

Host Laboratory: Nanomedical Engineering laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Yoshihiro ITO)

INTRODUCTION: Embryonic stem (ES) cells hold great promise for tissue engineering because of their self

renewal property offering pluripotency and also their ability to differentiate into different adult cell types when

required. These properties can be regulated by biomaterials such as hyaluronic acid (HA), shown to support undifferentiated proliferation of human ES cells *in vitro*. However the properties of HA and its effects on cellular environments can vary depending upon its molecular weight or size (4000 Da -3 million Da) as shown by us and others. Therefore we initiated a study to investigate the mechanisms regulating ES cell functions by comparing effects of varying MW of HA on cell proliferation and differentiation *in vitro*.

EXPERIMENTAL METHODS: HA of high MW (HMW-3 million Da, Wako, Japan) and of low MW (LMW-6.4 KDa, R&D Systems, US) was UV-crosslinked using the photocrosslinker 4-Azidoaniline and patterned onto cell culture cover slips (0.2% w/v). EB3 (mouse embryonic stem cells) were seeded (1×10^4 cells) onto these micropatterned HA surfaces and control gelatin coated dishes and untreated cover slips (no gelatin coat, no HA coat, received HA bolus solubilized in culture medium). In the absence of MEFs, gelatin can similarly support the growth and propagation of ES (EB3) cells in the presence of cytokine leukemia inhibitory factor (LIF) (J Cell Sci, 2004). Therefore LIF-1 was not added to any group, except in cells cultured on gelatin coated cover slips because we wanted to specifically investigate the role of HA on undifferentiated proliferation of EB3 cells in the absence of LIF-1. Cell morphologies after 3 days and 5 days were assessed using brightfield microscopy. Western blot was used to assess the levels of phosphorylated and total STAT-3 protein and RT-PCR was employed to detect levels of Oct3/4 and GATA4 in the samples. WST-1 assay was used to measure levels of cell proliferation and Alkaline phosphatase staining was used to detect the level of differentiation/ undifferentiation.

RESULTS AND DISCUSSION: Cells adhered to all wells receiving HA, but formed flat spread out colonies on gelatin, immobilized LMW HA and to some extent in wells that received soluble LMW HA. All colonies appeared undifferentiated as detected by ALP-1 staining. Oct3/4 was highly expressed by cells grown on gelatin, immobilized LMW HA and on soluble LMW HA. WST-1 assay showed that cells proliferated maximally and to the same extent on gelatin, immobilized LMW HA and in soluble LMW HA compared to other cases.

RT-PCR for Oct-3/4 in cells on HMW HA, accompanied by enhanced GATA4 expression confirmed that these cells were differentiated into embryoid bodies. In contrast, reduced GATA4 expression in LMW HA and gelatin controls confirmed the undifferentiated state of ES cells cultured on these surfaces. Western blot showed increased levels of phosphorylated and activated pSTAT3, known to induce Oct-3/4 thereby keeping the cells undifferentiated on LMW HA and on gelatin controls.

CONCLUSION: Mouse embryonic stem cells, EB3 adhered to HA coated regions, however they showed preference towards LMW-HA. Larger number of cells attached to LMW HA per unit area compared to HMW HA. Cells attached onto LMW HA or receiving soluble LMW HA showed higher proliferation trends, compared to all other cases. Although all colonies irrespective of the substrate showed positive ALP staining and undifferentiation, cells grown on gelatin, immobilized LMW-HA or soluble LMW HA showed the greatest extent of Oct-3/4, which is expressed by stem cells as a marker of pluripotency. These immunostaining trends were confirmed by RT-PCR which showed similar levels of Oct-3/4 mRNA but increased amount of GATA-4 only in cells grown on HMW HA. GATA-4 is expressed by cells while differentiating to embryoid bodies. Finally the presence of STAT-3 and its activated counterpart, pSTAT-3, were determined. Phosphorylated or activated STAT-3 induces the expression of Oct-3/4, which potentially maintains the undifferentiated state of mouse ES cells. Our results clearly showed that LMW-HA showed enhanced amounts of pSTAT-3 comparable to control gelatin. In conclusion we have shown that HA holds promise as a stem cell niche because it supports undifferentiated proliferation of embryonic stem cells. Currently we are investigating mechanisms for the difference in molecular weight/ size specific interaction of HA with EB3 cells. This knowledge will be utilized to inform and guide fabrication of stem cell niches for ES cells.

● Publications

(First-author original research papers)

Protandim inhibits the development of intimal hyperplasia in human saphenous veins *ex vivo* via a catalase dependant pathway. Joddar Binata, Reen Rashmeet.

K, Firstenberg Michael.F, Varadharaj Saradhadevi, McCord Joe.M, Zweier Jay.L, Gooch Keith.J. Accepted by the Free Radical Biology of Medicine. Accepted Dec 10, 2010(*).

(In preparation to be submitted by the end of Dec 2010).

Biological Modifications of material surfaces with proteins for regenerative medicine. Binata Joddar and Yoshihiro Ito (*). This is an invited review article from the Journal of materials chemistry from the Royal society of chemistry in UK.

(In preparation to be submitted by March 2011). The impact of microarray biochips on biology. Binata Joddar and Yoshihiro Ito (*). This is an invited review

article from The Journal of Integrative Biology from the Royal Society of Chemistry in UK.

(Books)

Comprehensive Biomaterials: Foreign body response and angiogenesis. Joddar Binata, Sieminski Alisha.L, Tennant Chris.M, Gooch Keith.J. Accepted July 2010. In print. Elsevier(*).

● Presentations

“Hyaluronan: a scaffold for elastogenesis and useful tool for tissue regeneration” invited talk given at NIMS, MANA, Tsukuba, 4th August 2010.

Substructure Studies of the Proton and the Origin of Large Transverse Spin Asymmetries in Polarized proton-proton Collisions

Name: John KOSTER

Host Laboratory: RIKEN BNL Research Center Experimental Group, Nishina Center for Accelerator-Based Science (Laboratory Head: Yasuyuki AKIBA)

I started the FPR position in September of 2010 and have devoted nearly 100% of my research time on ensuring that the PHENIX Silicon Vertex Detector (VTX) is ready to take high-quality physics data during the 2011-Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) running period. RHIC is a versatile hadron collider located in Brookhaven National Laboratory (BNL), and PHENIX is a 500-scientist-strong experiment which observes the collisions produced by RHIC. The VTX detector upgrade for PHENIX was first proposed in 2004 and is a precision tracking instrument designed to measure the displaced vertices from electrons produced in the decay of charm and bottom quarks. The detector was installed in December 2010. Currently, we are in the process of commissioning the detector. The RHIC beams are expected to begin providing collisions in February and will continue for roughly six months: first with proton-proton collisions and then gold-gold collisions. The detector upgrade is led by Akiba-san; both RIKEN and RBRC play leading roles in the upgrade. Once installed, the detector will be used for a variety of heavy-ion and spin-physics analyses and is a center-piece of the collaboration's long-term plan.

When I joined the project, the RBRC/RIKEN group

was testing individual sensor components at BNL. I joined this effort and we tested all necessary components. The detector was then assembled along with its associated readout electronics, cooling disks, thermocouples, etc. After the detector assembly and additional testing, the VTX was installed in the PHENIX experiment. All of the necessary equipment are in place to take physics data, and we are now testing it to ensure its safe operation during the upcoming RHIC run. After this testing phase is complete, the detector must be ready to take physics data as soon as possible. To further this goal, I have written two pieces of software vital to the detector. The first is the “OnlineMonitoring” software. This software will run and be closely watched by a PHENIX shift-crew person for the entire RHIC run (approximately 6 months). It is used to quickly identify problems in the detector's performance. Once these problems are identified, the detector can be tuned and normal data-taking may resume. The second software project is that of controlling the detector's readout electronics. It is vital to extracting high quality physics data that the detector configuration be known for every data-taking period. I have setup a database and associated utilities, and coordinated with the PHENIX

data acquisition experts to ensure that this goal is met.

Before joining the RBRC team, I was a graduate student with the University of Illinois at Urbana-Champaign where I carried out research with the PHENIX detector. I built the necessary hardware for my thesis and measured transverse spin-asymmetries using the polarized proton-proton collisions of RHIC. Once published these asymmetries are expected to shed light on the spin-dependent distribution functions within the proton.

● Publications

“Cross Section and Parity Violating Spin Asymmetries of W^{\pm} Boson Production in Polarized p+p Collisions at $\sqrt{s}=500$ GeV” (Accepted by Phys. Rev. Letters)

“Event Structure and Double Helicity Asymmetry in in Jet Production from Polarized p+p Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV” (Submitted to Phys. Rev. D)

“Measurement of Transverse Single-Spin Asymmetries for J/psi Production in Polarized p+p Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV” Phys. Rev. D 82, 112008 (2010)

“Cross section and double helicity asymmetry for

eta mesons and their comparison to neutral pion production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV” (Submitted to Phys. Rev. D)

“Cold Nuclear Matter Effects on J/psi Yields as a Function of Rapidity and Nuclear Geometry in Deuteron-Gold Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV” (Paper draft in preparation)

“Suppression of away-side jet fragments with respect to the reaction plane in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV” (Submitted to Phys. Rev. Letters)

“Azimuthal Correlations of Electrons from Heavy Flavor Decay with hadrons in Au+Au and p+p Collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV” (Submitted to Phys. Rev. C)

“Azimuthal anisotropy of neutral pion production in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV: Path-length dependence of jet quenching and the role of initial geometry” Phys. Rev. Lett. 105, 142301 (2010)

“High p_T Direct Photon and π^0 Triggered Azimuthal Jet Correlations in $\sqrt{s}=200$ GeV p+p Collisions” Phys. Rev. D 82, 072001 (2010)

Pathway-Oriented Gene Discovery for Abiotic-Stress Tolerance Engineering of Soybean Plants

Name: Tien Dung LE

Host Laboratory: Signaling Pathway Research Unit,
Plant Science Center

(Laboratory Head: Lam-Son Phan TRAN)

The population of the earth is increasing rapidly, setting food security one of the major issues in the world. In addition, climate change also puts a great burden on sustainable agriculture. Drought, flooding, unpredictable epidemics, soil erosion and environment pollutants are the factors threatening sustainable agriculture and, consequently, food security. Among crops, soybean provides an abundant source of oil and proteins for human consumption as well as for feeds (which is then converted to animal meats for human consumption). Nevertheless, over the past few years, significant portions of the soybean producing areas have experienced severe drought, which has led to significant yield reductions. Understanding the regulation of soybean's

responses to drought is vital to mitigate the impact of water shortage on soybean plants. However, presently, genetic basis of drought tolerance in soybean is not clearly understood, despite the fact that its genome was sequenced and the annotation is nearly completed.

Previous studies in *Arabidopsis* showed that NAC transcription factors (TFs), the plant hormone cytokinins (CKs) and the two-component systems (TCSs) play important roles in plant adaptations to various abiotic stresses. My study at the Signaling Pathway Research Unit as an FPR fellow is focused on revealing the mechanisms and pathways of soybean plants in response to drought using comparative genomics and molecular biology approaches.

My current studies employ following approaches: (1) genome-wide identification of the genes encoding NAC TFs, CK metabolic enzymes and components of TCSs in soybeans by comparative and genome-wide *in silico* analysis; (2) identification of drought-responsive genes among those computationally identified above through high-throughput expression profiling using qRT-PCR, in various tissues and growth stages under normal and drought conditions; (3) *in planta* verification of the candidate genes by developing transgenic *Arabidopsis* model plants carrying each of the candidate genes and characterize their drought tolerant phenotype(s). As initial results, I have identified the dehydration-responsive genes among those encoding TCS proteins and NAC TFs in soybean plants (*DNA Res.*, 18:17-29 and 263-276).

Upon exposure to abiotic and biotic stresses, plants increase ROS production dramatically, thus in addition to the identification of drought-responsive NAC TF, CK-metabolic genes and TCS genes, I am also interested in discovering genes encoding cellular redox components that response to abiotic stresses in *Arabidopsis* and soybean plants.

● Publications

(First-author papers)

Le D.T., Nishiyama R., Watanabe Y., Mochida K., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. and Tran L.S.P. (2010) Genome-wide expression profiling of soybean two-component system genes in soybean root and shoot

tissues under dehydration stress. *DNA Res*.*

Le D.T., Nishiyama R., Watanabe Y., Mochida K., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. and Tran P.L.S. (2011) /Genome-wide survey and expression analysis of the plant-specific NAC transcription factor family in soybean during development and dehydration stress./ *DNA Res.* 18:263-276 *

Le D.T., Nishiyama R., Watanabe Y., Mochida K., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. and Tran P.L.S. (2011) /Genome-wide expression profiling of soybean two-component system genes in soybean root and shoot tissues under dehydration stress./ *DNA Res.* 18:17-29

(Review articles)

Le D.T., Choi J.-D. and Tran L.S. (2010). Amino acids conferring herbicide resistance in tobacco acetohydroxyacid synthase. *GM Crops* 1(2):62-67 (peer-reviewed)*

(Conference poster)

Le D.T., Nishiyama R. and Watanabe Y. Tran L.S.P. Genome-wide analysis of *GmIPT* and *GmCKX* families in soybean revealed dehydration-responsive members. The 52nd Annual meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists, Sendai March 20-22, 2011

Dung Le, Tamaki Ichiki, Takumi Shumizu, Choi Il-Ryong, Lam-Son Phan Tran, Takahide Sasaya (2010) Molecular Detection of Nine Rice Viruses by RT-LAMP. 21st International Conference on Arabidopsis Research, PACIFICO, Yokohama, Japan - June 06-10, 2010

Chiral Effective Theory and QED Effects on Hadrons

Name: Christoph LEHNER

Host Laboratory: RIKEN BNL Research Center Theory Group,
Nishina Center for Accelerator-Based Science
(Laboratory Head: Larry McLERRAN)

In the first part of the fiscal year 2010 my research mainly focused on further development of perturbative methods to calculate properties of pions with a small mass confined to a finite volume. In my collaborative efforts with Shoji Hashimoto and Tilo Wettig, published as JHEP 06 (2010) 028, we showed in the framework of finite-volume chiral perturbation theory at next-to-next-to-leading order that

there is an optimal choice of lattice geometry for numerical simulations of pions in the small mass limit. If one uses these optimal geometries, one can minimize systematic deviations from the random matrix theory (RMT) limit of the chiral effective theory and one can use the known analytic results of RMT to extract phenomenologically important low-energy constants (LECs) of the chiral

effective theory. These results were confirmed numerically by comparison with lattice simulations of JLQCD with two dynamical Overlap fermions, and competitive numerical values for the LECs Sigma and F were published as PoS(Lattice 2010)088. Our results were presented by myself in a talk at the XXVIII International Symposium on Lattice Field Theory in Villasimius, Italy.

In the second part of the fiscal year 2010 I contributed my expertise in lattice perturbation theory and continuum perturbation theory to the very interesting efforts in heavy quark physics, as well as electroweak physics conducted at the RIKEN-BNL Research Center (RBRC) and within the RIKEN-BNL-Columbia (RBC) collaboration.

In the context of heavy quark physics I am working on the on-shell improvement of the relativistic heavy quark action in the Columbia formulation [*Phys. Rev. D* 76 (2007) 074505] that is used by the RBC collaboration for the description of heavy quarks on the lattice. I am also working on the improvement of heavy-heavy and heavy-light vector and axial-vector currents, where the domain wall fermion formulation is used for the light quarks. These efforts extend the work of Aoki et al. [*Nucl. Phys. B* 697 (2004) 271, *Nucl. Phys. B* 689 (2004) 127, *Nucl. Phys. B* 713 (2005) 407] derived in the Tsukuba formulation of the relativistic heavy quark action [*Prog. Theor. Phys.* 109 (2003) 383] to the Columbia formulation which requires, a priori, the tuning of only three parameters of the heavy quark action. The completion of this on-shell improvement program is essential to a precise lattice determination of phenomenologically important quantities such as the kaon decay constant f_K since related systematic errors contribute significantly to the error budget.

In the context of electroweak physics I am currently

working on regularization-independent (RI) renormalization schemes used for non-perturbative renormalization on the lattice. In collaboration with Taku Izubuchi and Amarjit Soni of RBRC and Christian Sturm of the MPI in Munich, Germany, I am working on the development of enhanced RI schemes for the renormalization of the Delta S=1 operator basis of the effective theory of electroweak interactions including QCD corrections. This calculation is essential to control and minimize the systematic error in, e.g., the lattice calculation of the decay of a kaon in two pions that is currently performed within the RBC collaboration.

● Publications

(First-author papers)

Christoph Lehner, Shoji Hashimoto and Tilo Wettig
“The epsilon expansion at next-to-next-to-leading order with small imaginary chemical potential”
JHEP 06 (2010) 028 [arXiv:1004.5584]

(Other)

Christoph Lehner, Shoji Hashimoto and Tilo Wettig
“Geometry dependence of RMT-based methods to extract the low-energy constants Sigma and F”
PoS(Lattice 2010)088

● Presentations

(International conferences)

Christoph Lehner*, Shoji Hashimoto and Tilo Wettig
“Low-energy constants from Dirac eigenvalue correlators at NNLO in the epsilon expansion”
The XXVIII International Symposium on Lattice Field Theory, Lattice2010, June 14-19, 2010, Villasimius, Italy

*Speaker

Linking Novel Bioactive Compounds to Their Targets and Pathways Using Yeast Chemical Genomics

Name: Jeff PIOTROWSKI

Host Laboratory: Molecular Ligand Target Research Team,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Minoru YOSHIDA)

Overcoming limitations to drug discovery- The need for new, safe effective drugs continues to grow, from novel

antibiotics to combat increasingly resistant pathogens to anti-cancer therapeutics. To meet this need, drug discovery

must keep a brisk pace to meet market demands; however, the path from lead discovery to application has traditionally been long and arduous. Combinational chemistry and natural product isolation and derivatization have dramatically increased the number of potential therapeutic compounds, and we now have many thousands of potentially novel, bioactive chemicals awaiting characterization. A major limiting step to application of potential new drugs is describing the mode of action and cellular target of new lead compounds. Our project seeks to overcome this limitation by developing a new, efficient tool for high-throughput drug discovery using the functional genomic resources of the widely used model organism *Saccharomyces cerevisiae*.

Yeast functional genomic tools accelerate drug characterization- Genome sequencing projects have revealed thousands of suspected genes, challenging researchers to develop efficient large-scale functional analysis methodologies. Determining the function of a gene product generally requires a means to alter its function. Genetically tractable model organisms, such as yeast, flies, worms, and mice, have been widely exploited for the isolation and characterization of activating and inactivating mutations in genes encoding proteins of interest. A complementary approach involves the use of small molecules that alter the function of proteins to which they bind; for example, ligands that are capable of either inactivating (e.g. colchicine, which inactivates the function of tubulin) or activating (e.g. steroid hormones, which activate hormone receptors) their targets have been useful as probes for protein function. This approach is referred to as chemical genetics because organic compounds are used to query gene function with the specificity inherent to genetics. The chemical-genetic interactions “profile” particular compound can be clustered with others to group drugs with similar modes of action and targets. Extending this analysis to the genome level is termed chemical genomics

Our work has established a robust chemical genomics platform for high-throughput exploration of the biological effects and targets of small molecules in a tractable, biomedically relevant model system. We now propose to characterize over 10, 000 novel natural products by chemical-genomics analysis in yeast.

Specially:

- We have generated a set of gene deletion mutations

in a hypersensitive strain background to increase hit discovery and sensitivity of the chemical-genomic profiling assay

- We have miniaturized and optimized the chemical-genomic assay to enable high-throughput analysis of precious natural product collections
- We are presently screening over >10, 000 uncharacterized, bioactive compounds and predict their targets with cluster analysis.
- Finally we are validating the targets with biochemical and biophysical methods

● Publications

(First-author papers)

Piotrowski J.S., Nagarajan S., Kroll E., Stanbery A., Chiotti K.E., Kruckeberg A.L., Dunn B., Sherlock G. and Rosenzweig F. Different selective pressures lead to different genomic outcomes as newly-formed hybrid yeasts evolve. *BMC Evolutionary Biology Submitted*

(Review articles)

Ho C.H., Piotrowski J.S., Dixon S.J., Baryshnikova A. and Costanzo M., & Boone. 2010. Combining functional genomics and chemical biology to identify targets of bioactive compounds. *Current Opinion in Chemical Biology in press**

Andrusiak K., Piotrowski J.S. and Boone C. Chemical-genomic profiling: systematic analysis of the cellular targets of bioactive molecules. *Bioorganic and Medicinal Chemistry accepted for publication**

(Other)

Piotrowski J.S., Ho C.H., & Boone C. 2010. The Awesome Power of Synergy from Chemical-Chemical Profiling. *Chemistry & Biology 17: 789-790**

Wenger J., Piotrowski J.S., Subramanian S., Dunn B., Sherlock G. and Rosenzweig F. 2011. Hunger Artists: Yeast Adapted to Carbon Limitation show Trade-offs under Carbon Sufficiency. *PLoS Genetics 7:e1002202*.

Williams D.E., Dalisay Patrick B.O., Matainaho T., Andrusiak K., Deshpande R., Myers C.L., Piotrowski J.S., Boone C., Yoshida M. and Andersen R.J. 2011. Padanamides A and B, Highly Modified Linear Tetrapeptides Produced in Culture by a *Streptomyces* sp. Isolated from Marine Sediment Collected in Papua New Guinea. *Organic letters 13:3936-3939*

**Study on the Mechanism that Determines Brain Size:
the Transition of Neural Progenitors from Proliferative to Differentiative
Mode during the Development of the Mammalian Cerebral Cortex**

Name: Jeremy Nicholas PULVERS

Host Laboratory: Laboratory for Cell Asymmetry,
Center for Developmental Biology
(Laboratory Head: Fumio MATSUZAKI)

The cerebral cortex, which underlies higher brain functions, is remarkably larger and complex compared with other parts of the mammalian central nervous system. Cortical neurogenesis occurs during embryonic development, from a population of neural progenitor cells, the neuroepithelial cells. These progenitor cells initially proliferate to expand, however later in development undergo a transition to be heterogeneous in terms of their modes of division, cell biological features and lineage, generating a variety of differentiating cells. How this transition occurs, and how the heterogeneity is generated is a crucial question in understanding not only neural stem cell biology, but how the complex cerebral cortex develops. Furthermore, evolutionary expansion in the size and complexity of the cerebral cortex most likely involve the mechanisms that regulate progenitor cell division and differentiation.

The main objectives of the project are to elucidate the molecular mechanisms that regulate the development of the mammalian cerebral cortex to have the correct size, neuronal population and cytoarchitecture. Specifically, the mechanisms that regulate (i) the switch of neural progenitors from the proliferative to neurogenic mode, and (ii) the molecular and cell biological heterogeneity of progenitor cells during this process, will be investigated. These processes may have been the prime target for the evolutionary change that lead to a massive increase in the size of the cerebral cortex during mammalian phylogenesis.

To address these objectives, current research is focused on the isolation of single neural progenitor cells by Fluorescence-Activated Cell Sorting (FACS) and

performing genome-wide gene expression level profiling. Utilizing FACS and cell surface markers, various cell populations have been successfully isolated, including neural stem cells (high proportion expressing pluripotency markers), neural progenitor cells, and post-mitotic neurons. At this stage of the project, methods are being established and tested to develop a pipeline, where hundreds of single cells from each of the aforementioned populations can be isolated efficiently by FACS, and subjected to gene expression analysis by microarrays to quantify their global genome-wide gene expression levels. This technique will be used to carefully characterize the heterogeneity of neural progenitor cells and to identify the mechanism that regulates the switch from proliferation to differentiation.

● **Publications**

(First-author papers)

Pulvers J. N., Bryk J. and Fish J. L., Wilsch-Bräuninger M., Arai Y., Schreier D., Naumann R., Helppi J., Habermann B., Vogt J., Nitsch R., Tóth A., Enard W., Pääbo S. and Huttner W. B. (2010). Mutations in mouse *Aspm* (abnormal spindle-like microcephaly associated) cause not only microcephaly but also major defects in the germline. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107, 16595-600.

● **Presentations**

Pulvers J. N., The roles of the genes *Aspm* and *Brcal* in the development of the mouse neocortex. RBC-NIRS International Symposium: Centrosome in DNA Damage Response and Diseases. Kyoto, Japan, Oct 23, 2010.

Steady-State and Time-Resolved Study at the Interfaces Using New Nonlinear Spectroscopy

Name: Prashant Chandra SINGH

Host Laboratory: Molecular Spectroscopy Laboratory,
Advance Science Institute
(Laboratory Head: Tahei TAHARA)

The interface is a boundary separating two bulk phases. Such interfacial regions have only a few molecular diameter thickness, but they are critically important environments for many fundamental physicochemical and biological processes. Solute molecules absorbed at liquid interfaces experience significantly different local environment from those in bulk phases, which makes the chemistry at the interfaces interesting. The chemistry at soft interfaces (such as liquid-liquid, liquid-air, liquid-solids and bio-mimicking interfaces) is a frontier of molecular science and has not been studied much due to lack of the suitable experimental methods. Recently, several powerful new spectroscopic techniques such as heterodyne-detected electronic sum-frequency generation (HD-ESFG) and heterodyne-detected vibrational sum frequency generation (HD-VSFG) have been developed in our group, which have enabled us to study interfacial

molecules extensively.

Though these new techniques gives a lot of molecular level understanding at the interfaces but theses information is limited only to steady state. Under this situation, my plan is to break new ground in molecular science by perusing time-resolved study to understand the dynamics of molecules at the soft interfaces. There are several experimental difficulties to design experimental setup for the time resolved study of interfaces. I joined this group in May and during these past six months, we have designed a setup which make us possible to study the dynamics of the molecules by measuring time resolved heterodyne vibrational sum frequency (TR-VSFG). The reliability and reproducibility of data from this setup has been tested for several test runs and now we have reached up to a level so that it can be applied for studying the dynamics of various soft interfaces.

Photo Detectors and Plasmonic Devices at Terahertz Frequency

Name: Zhihai WANG

Host Laboratory: Advanced Device Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Koji ISHIBASHI)

The target of our current project is to integrate a plasmonic photo coupler directly onto a photo detector. The coupler may improve coupling between signal and the detector. The plasmonic photo coupler is a piece of metal (Gold, in this specific project) with a bull's eye structure. It has a center hole surrounded by concentric corrugation. For the detection of a normally incident radiation (signal) at THz frequency, the period of the corrugation roughly equals the wavelength of the signal.

We have established a reliable micro-fabrication process to realize this plasmonic photo coupler. Specifically, it includes three key steps: (1) deposition of a metal sheet

with a center hole, (2) making a 3D polymer structure (on top of the metal sheet) using photo-lithography, (2) forming the corrugated metal structure by electro-plating, using the metal sheet as seed-layer and the polymer structure as mold. For the polymer mold, we chose SU-8 photoresist, which is widely used in the field of micro electro-mechanical system. 3D structures with vertical or sloped side wall can be realized at different photo-lithography conditions. The height of the SU-8 can be as large as 30 microns, while the lateral dimension of characteristic features can be as small as a few microns. It is worthwhile to mention that the maskless projection

photolithography system available in the Nano-Science clean room allows us to fabricate a rich variety of polymer mold structures in an efficient way. For electroplating of gold, we chose a $[Au_2]^-$ - based solution. The electroplating is carried out at room temperature, low voltage. The resulting gold film shows grain size as small as 50-100nm, and a sufficiently dense surface. The fast plating rate allows deposition of 20-30 microns thick gold film within one hour.

The photo detector is 2-dimensional electron gas (2DEG) in the magnetic field, at liquid-Helium temperature. At a proper magnetic field, the incident photon causes inter-Landau level transition. The excited hot electrons dissipate their extra energy through phonon

emissions and electron-electron collisions, which cause heating of crystal lattice and 2DEG respectively. The change of magneto-resistance due to these heating effects can be monitored as photo-signal.

We have fabricated an integrated device, in which the plasmonic photo coupler (the Bull's eye) stays on top of the photo detector, with an insulation layer in between. The active region of the photo detector can be made so small that it is just beneath the center hole of the Bull's eye. High mobility 2DEG, which is sufficiently good for photo detection, is realized in GaAs / AlGaAs heterostructure crystals. And the performance of the integrated devices can be tested in a liquid Helium-4 cryostat with a superconducting magnet (B up to 10 Tesla).

Design, Fabrication and Application of “All-in-One” Lab-on-a-Chip (LOC) Devices by Three-Dimensional (3D) Femtosecond Laser Integration

Name: Jian XU

Host Laboratory: Laser Technology Laboratory,
Advanced Science Institute
(Laboratory Head: Katsumi MIDORIKAWA)

A lab-on-a-chip (LOC) device, in which functionalities of a biochemical laboratory are incorporated into a single chip, is capable of performing a variety of chemical and biological analyses with reduction of reagent consumption, waste production, analysis time and labor cost. Therefore, it is recently expected to become a powerful tool in many fields. However, the development of three-dimensionally (3D) integrated functional micro-components in LOC devices is challenging to surpass the current planar microfabrication technology. A novel technique referred to as “3D femtosecond (fs) laser integration (3D-FSLI)” based on 3D microfabrication capabilities of fs laser is proposed for tackling the current issues in LOC device manufacture. By use of the 3D-FSLI, some kinds of functional micro-components, including micro-optics, micro-fluidics, micro-mechanics, and so on, can be fabricated and integrated in microchips with 3D configurations.

However, currently for the fabrication of micro-electronics by 3D-FSLI, there remain some issues. If the two-dimensional (2D) and/or 3D metal structures could

be incorporated into the 3D micro-fluidic structures, highly functional biochips, in which microelectronics were integrated with the micro-fluidics, would be realized. In the previous study of our laboratory, metallization of internal walls of micro-fluidics in glasses was performed by fs laser direct writing in electroless plating solution. The problem of this technique, however, was that adhesion was not good enough for practical applications. In addition, formation of 3D metal structures was extremely difficult by this technique. Although fabrication of 3D metal microstructures were reported and realized by two-photon reduction process, they were always on the substrate surfaces.

In the past one-year, we have developed a protocol for fabrication of conductive 2D metal microstructures with strong adhesion inside glass chips. We used fs laser amplifiers to create continuous and adhesive metal microstructures on the internal wall of microfluidic channels from the metal-ion salts mixed with some protective agents/surfactants based on the multi-photon reduction process. Compared with the current methods

mainly utilizing the fs laser oscillators for directly writing 2D or 3D metal structures, our methods provide much higher flexibility for realizing metal structures deeply embedded inside the microfluidic channels due to larger working distance. By comparing and characterizing the experimental results of metal microstructures fabricated by 1 kHz and 200 kHz fs laser amplifiers, we found that silver patterns possessing strong adhesion have been achieved by using 200 kHz amplifiers.

22

Special and Foreign Postdoctoral Researcher Programs
FY2010 Annual Report

基礎科学・国際特別研究員年報