

RIKEN NEWS

ISSN 0916-619X

理研ニュース

RIKEN
PUBLIC RELATIONS OFFICE
2-1 Hirosawa, Wako, Saitama,
351-0198 Japan
phone: 048-467-8349(direct)
fax: 048-462-4715
koho@postman.riken.go.jp
http://www.riken.go.jp

7

No.265: July 2003



研究最前線 ②

- 生物の機能に学び、ロボットを人の暮らしの中へ

SPOT NEWS ⑤

- 超重水素原子核 ^7H の存在を世界で初めて確認
—中性子過剰核の存在限界に関する新たな知見—
- 細胞運動を制御する分子メカニズムの一端を解明
- 半世紀ぶりの新種ビタミンPQQ(ピロロキノリンキノン)

特集 ⑧

- 脳科学総合研究センター 今後の展望
—甘利俊一 新センター長に聞く—

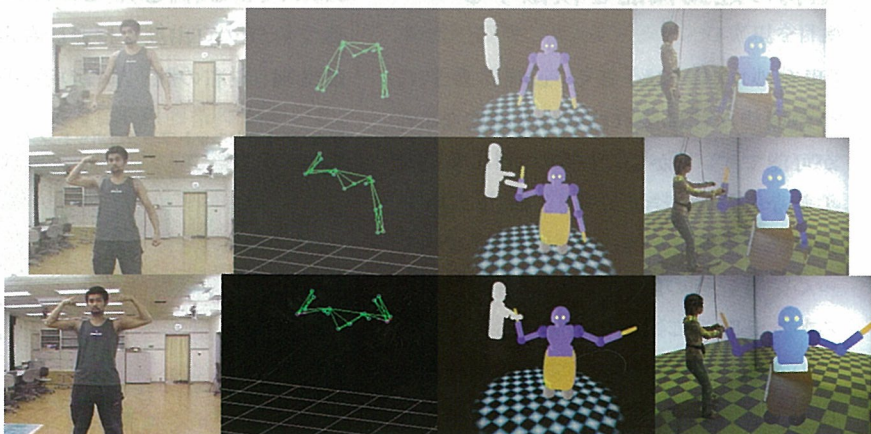
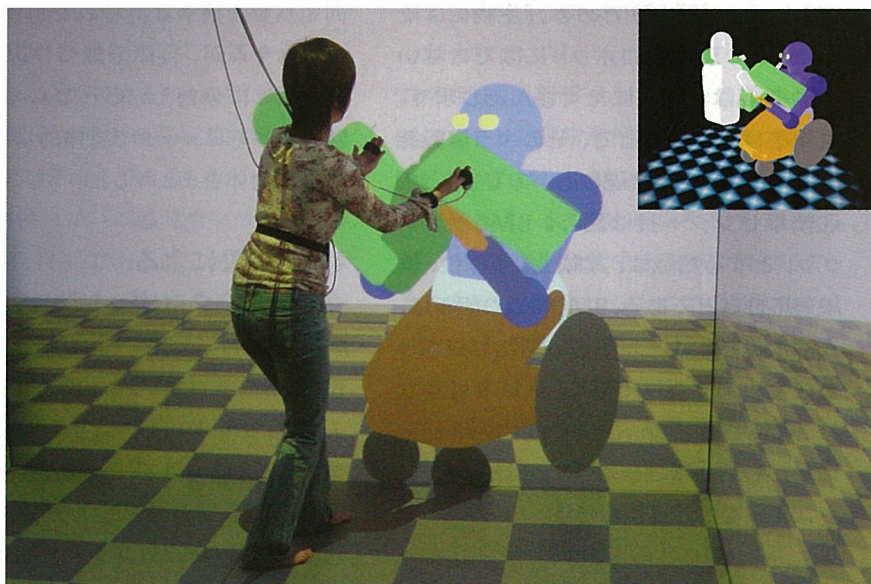
TOPICS ⑩

- 理研の研究施設を一般公開
- 新チームリーダー等の紹介
- 受賞のお知らせ

原酒 ⑫

- 松本元先生をしのぶ

理研の研究成果を広く社会に伝えるため、理研ニュースを毎月発行しています。このたびは、理研の最新の研究成果や、理研の活動の様子を、より詳しく紹介するために、特別増刊号として、7月号に「研究最前線」を掲載しています。この特集は、理研の最新の研究成果や、理研の活動の様子を、より詳しく紹介するために、特別増刊号として、7月号に「研究最前線」を掲載しています。



PC CAVEによる3D動力学シミュレーションおよび
人間と接するロボット開発への応用
「生物の機能に学び、ロボットを人の暮らしの中へ」から

生物の機能に学び、 ロボットを人の暮らしの中へ

フロンティア研究システム

バイオ・ミメティックコントロール研究センター
センター長 細江繁幸

環境適応ロボットシステム研究チーム
チームリーダー 羅 志偉



細江センター長

生物の優れた機能を模倣すること。それが「バイオ・ミメティック」である。現在では、化学や材料などさまざまな分野で注目されているが、バイオ・ミメティックの研究に世界でいち早く取り組んだのが、理研バイオ・ミメティックコントロール研究センター(BMC)である。「生物にはできるのに、現在のロボットにはできない運動機能は、非常にたくさんあります。生物を模倣することで、そのような機能を持つロボットを実現したいのです」と細江繁幸センター長は語る。BMCがターゲットとする機能は、柔軟性、多様性、環境適応性などである。BMCの取り組みは、人間と暮らすことができる新たなロボットを生み出すだけでなく、人間を理解することにも役立つ。さらに、ロボット研究にかかわるさまざまな学問分野にブレークスルーをもたらさるだろう。

● 生物の運動機能を模倣する

「現在のロボットは、速く、正確に動き、1つの機能だけに限ればかなり高度なことが可能です。しかし、生物のように多様で柔軟な動作はできません」と細江センター長は語る。柔軟な動作とは、例えば赤ちゃんを抱くときのような柔らかな接触と、いろいろな事態に柔軟に対応するという、2つの意味がある。「生物が多様で柔軟な動作ができるのは、運動の大きな自由度を持ち、それを自在に操っているからです」

運動の自由度とは、関節の数のことだ。人間は片手だけで約25、全身では120を超える自由度を持つ。一方、現在の産業用ロボットの多くは、自由度が7である。これは、腕を伸ばし、物をつかんで持ち上げ、空間

に固定することができる最低限の数である。

「人間と同じだけの自由度を持つロボットは、ハードとしてはできるかもしれませんが、しかし、それほど多くの自由度を制御することが、現在のソフトの技術ではまだできません」と細江センター長は現状の問題点を指摘する。「それを可能にする制御システムが、自律分散です。動作をパーツごとに分割し、それぞれのパーツを別々のコンピュータで自律的に制御して、最後に全体をまとめるというものです」

● 自律分散による ネットワークロボットシステム

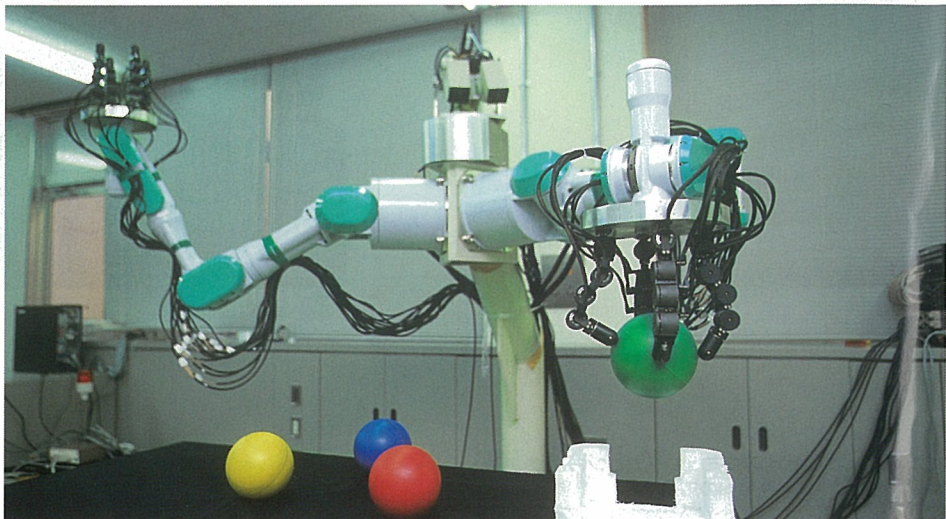
BMCの研究プロジェクトは現在、第2期に入っている。1993年10月から2001年9月までの第1期では、「自律分散」をキーワードに研究を進めてきた。その成果を集積して構築したのが、ネットワークロボットシステムである(図①)。このロボットは、全体で約50の自由度を持つ。音声認識、画像処理、左右の腕、左右の手、頭部、これ

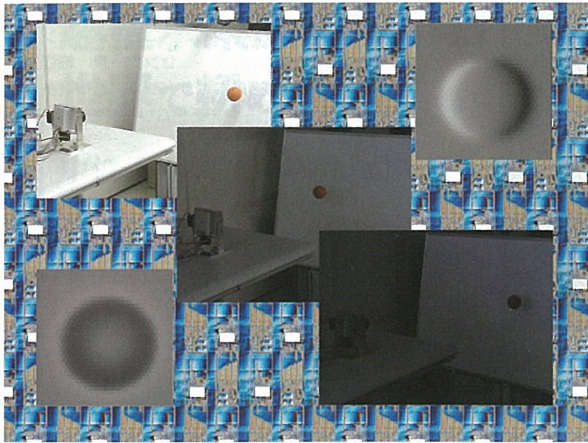
らはそれぞれ異なる汎用コンピュータで自律的に制御する。合計8台のコンピュータは、インターネットを通じてネットワークを結んでいる。

ネットワークロボットシステムは、言葉による命令に対し、多様に、そして柔軟に対応できる。「クイズを出してください」と人間が呼び掛けると、ロボットは三択クイズを出題する。正解か不正解かをロボットが判断し、正解ならば机の上にあるカプセルを取ってくる。しかも、4色の中からどれが欲しいかを尋ね、リクエストされた色のカプセルを選んで取り上げるのだ。

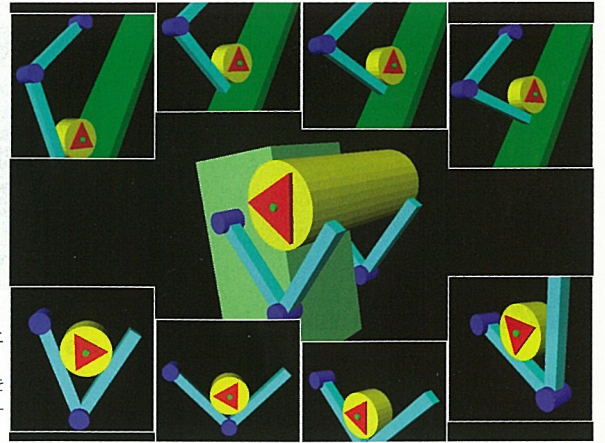
各パーツは自律的に制御されているが、ばらばらに動くわけではない。例えば、腕がここまで伸びたから手を開き始めようというように、腕を制御しているコンピュータと手を制御しているコンピュータは、ネットワークで交信しながら互いの状況を分かり合った上で、自分の動作を決めている。「相手がこうだから自分はこうする、といった“心”を持っているのです」と、環境適応ロボットシステム研究チームの羅 志偉チー

図①:自律分散ネットワークロボットシステム





図②：アナログビジョンチップ
照明条件が変化しても、動くボールを追跡することができる。左下はボールの輪郭が強調された像。右上はアナログビジョンチップ内で行われたフレーム差分の出力画像。



図③：フルボディ・マニピュレーション
腕全体を使って物体を操るためのシミュレーションを行っている。

ムリーダーは解説する。「ネットワークロボットシステムは、20世紀末にわれわれが手にしていた技術の集大成です。実際にロボットを構築してみることで、目標にどこまで近づいたのか、何が足りないのかを見据え、新たな課題を設定することができます」

多様で柔軟な動作を実現するために不足している点、そして課題について、細江センター長はこう指摘する。「自律分散システムはまだ完成していません。第2期では、経験を通して学ぶ強化学習という理論も結合させ、自律分散システムを完成させたいですね。また、動作を制御するためにはモデル化が必要ですが、柔軟で多様な動作をモデル化するための理論は、まだ確立されていません」。モデル化とは、現象を物理的に解析して、因果関係を数値化して書き出すことである。

生物は、座っている状態から立ち上がって歩く、といった動作をする。これは連続的な動作だが、座る、立つ、歩くはそれぞれ切り離すことができる離散的な動作でもある。生物の動きを、連続的な動作と離散的な動作が混ざったハイブリッドであるという観点から整理することで、モデル化できるかもしれない、と細江センター長は考えている。「ハイブリッド・システムでモデル化し、強化学習と結合させた自律分散システムによって制御する。それによって、柔軟で多様な動作をロボットで実現することができますと期待しています」

● 環境適応を可能にする 感覚センサー

● 次世代のロボットに期待されているのは、人間と直接触れ合って日常の生活を支援

することである。そのために必要なのが、環境適応性だ。例えば、机やいすの配置など、部屋の情報をすべて設定しておけば、部屋の中でロボットを動作させることは簡単である。ところが、いすを1つ移動したらどうだろう。人間は簡単に適応できるが、ロボットにはそれができない。

人間が環境の変化に応じて速やかに行動を変えることができるのは、五感など数十万の感覚センサーを使って外界の環境を認識しているからである。一方、現在のロボットが使っている感覚センサーは、たかだか数百程度である。しかも、性能は生物にはるかに及ばない。「例えば、現在のロボットの視覚センサーには、画像処理時間と照明条件という2つのネックがあります」と、羅チームリーダーは指摘する。

現在のロボットでは、CCDカメラで外界の環境をとらえ、1画像ごとにスキャンしてコンピュータに取り込んでいる。これに33ミリ秒かかってしまう。人間の視覚の応答速度が10ミリ秒以下だから、これはかなり遅い。また、ロボットは、暗かったり逆光だったりして照明条件が悪いと、物体を正確に認識できないため、常に強い照明が必要である。一方、人間の目は、暗ければ瞳孔を開き、明るければ瞳孔を閉じることで、照明条件が変わっても物体を認識することができる。「BMCでは、大阪大学の八木哲也教授との共同研究で、人間の網膜の神経回路を模倣した人工網膜、アナログビジョンチップの機能開発を行いました(図②)。人間の網膜のような時空間視覚情報の並列分散フィルタ処理によって、より広い範囲の照明条件の変化に対応することができます」と羅チームリーダーは解説する。

● フルボディ・マニピュレーション

● 「人間の脳の運動野と感覚野で一番大きな領域を占めているのは、手です。最近では、ヒューマノイドや歩行型ロボットが注目を集めています。本当はロボットも手を使ったマニピュレーションが機能の中核なのです」と羅チームリーダーは語る。

ロボットが日常生活の中に入ってくるようになると、マニピュレーションの必要性は増すだろう。赤ちゃんを抱き上げてあやしたり、高齢者を介護するために抱き起こしたりすることが、ロボットに要求されるからだ。ロボットは赤ちゃんの頭を手でつかんで持ち上げることもできるが、それでは困る。人間が赤ちゃんを抱き上げる時のように、腕全体を使わなければならない。しかし、このようなマニピュレーションは、これまでほとんど研究されていない。

羅チームリーダーは、腕全体を使ったフルボディ・マニピュレーションの実現を目指して研究を進めている(図③)。赤ちゃんはじっとしていないため、形状、重心、圧力分布も時々刻々と変わる。ダイナミックな認知と運動の制御が必要だ。また、赤ちゃんと直接に接する腕の表面は人間の皮膚のように柔らかいことが望ましいだろう。BMCでは皮膚のように柔らかい圧力センサーの研究開発も行っている。

マニピュレーションでは、駆動装置(アクチュエータ)の問題も重要である。現在のロボットのアクチュエータは、モータや油圧だ。「人間の筋肉に近いアクチュエータが欲しいですね」と細江センター長は語る。モータは大きな力が出るが、重く、音が出る上に熱くなる。一方、人間の筋肉は軽く



● 羅チームリーダー



● 図④:テレ・インタラクションシステム

監修:フロンティア研究システム
 バイオ・ミメティックコントロール研究センター
 センター長 細江繁幸
 環境適応ロボットシステム研究チーム
 チームリーダー 羅 志偉

で大きな力が出る。さらに静かで熱を出さず、応答も速い。「現在開発されている人工筋肉をロボットの制御に使えないかという応用研究もしています。生物のような柔らかい動作を実現するための大きなブレークスルーとなるでしょう」

BMCでは、遠隔操作(テレ・インタラクション)の研究も行っている。自分がロボットの体の中に入っているように感じながら操作できる「没入型」と呼ばれるコントロールシステムである(図④)。これにより、遠く離れた所にいるロボットに高度で多様な動作をさせることが可能になる。現在は、ネットワークロボットシステムを、インターネットを通じて遠隔操作する実験を行っている。

● **日本で初めてPC CAVEを構築**

BMCが目指すロボットは、人間の生活環境で使うことができるものである。そこではロボットと人間とのやりとりが不可欠だ。今までのロボット開発は、設計し、部品を作り、組み立て、実験をして、その評価をもとに設計を修正することを繰り返

っていた。工業用ロボットであればそれでもよいが、人間と接触させる実験に開発途中のロボットを使うことは危険だ。

そこでBMCが構築したのが、人間とロボットのやりとりをシミュレーションできる「PC CAVE」である。CAVEとは、立体画像を映し出す4面の大型スクリーンに囲まれたシミュレーション環境を指す。CAVEは日本に5カ所ほどあるが、BMCのPC CAVEは、それらと3つの点で大きく異なっている。まず、7台の汎用コンピュータ(PC)の並列処理で画像の立体表示を可能にしている点だ。スーパーコンピュータを用いているほかのCAVEと比べ、コストパフォーマンスが非常に良い。2つ目は、登場する仮想的な人間の動きが単なるアニメーションではないことだ。すべて動力学計算に基づき、実時間で動くCGである。3つ目は、スクリーンの映像が明るいこと。普段の生活と変わらない反応や感覚を得ることができる。

PC CAVEを用いて、人間と暮らすロボットとしてどのような形や色、動作がふさわしいのか、さらに安全性などのシミュレーションを始めている(図⑤、図⑥、表紙)。

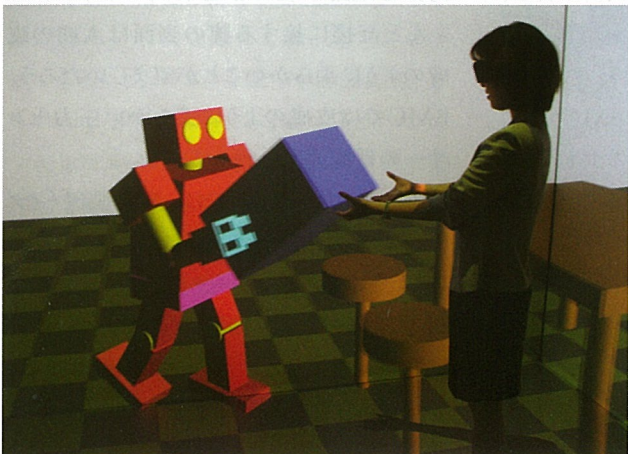
● **すべての分野の新たな出発点**

ロボットの研究は、コンピュータ工学、情報科学、機械工学、脳科学、生物学、制御システム理論など、さまざまな分野の研究と絡んでくる。「多くの人は、それぞれの分野の終結点としてロボットを見ている。しかしそうではなく、ロボット研究は、すべての分野の新しい出発点になるという考え方が重要です」と羅チームリーダーは強調する。「これからの科学技術のブレークスルーは、ロボット学研究に大いにかかっているのです」

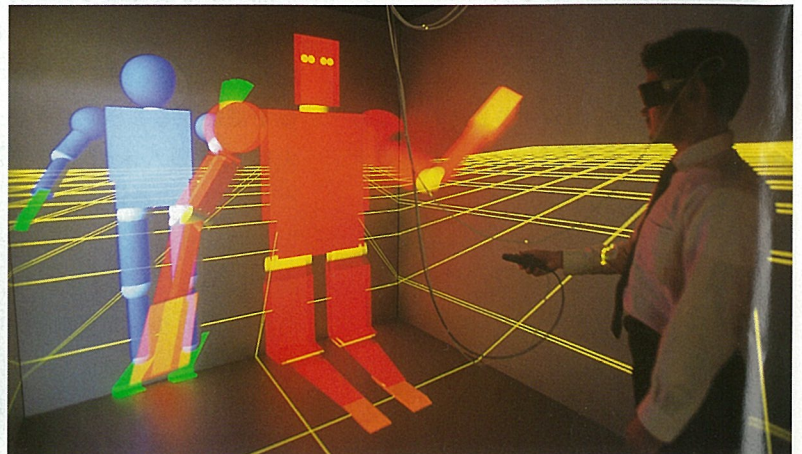
そして細江センター長は、最後にこう語った。「ネコを見ても、イヌを見ても、その運動機能の素晴らしさには感動します。それをロボットに持たせるというのは、簡単なことではありません。何年もかかるでしょう。もしかしたら永遠に続く仕事かもしれませんが、非常に夢があります」

バイオ・ミメティックコントロール研究がもたらす成果は、科学の世界に新しい知見を加えるだけでなく、私たちの日常生活をも変える可能性を秘めている。

● 図⑤:PC CAVEにおける3D動力学シミュレーション
 仮想家庭環境における人間とロボットの触れ合いをシミュレーションする。



● 図⑥:PC CAVEにおける運動解析
 体の一部を押ししたり、引っ張ったりしたときのロボットの動作をシミュレーションできる。



超重水素原子核“ ${}^7\text{H}$ ”の存在を 世界で初めて確認

中性子過剰核の存在限界に関する新たな知見

※1:RIビーム法

谷畑主任研究員により発明された。この手法により「中性子ハロー」や「原子核の新魔法数」などの画期的な発見があった。高エネルギー重イオンを標的中の原子核と衝突させると、その一部が削り取られて種々のRIが生成される。その中から1種類のRIを電磁分離し、ビームとして利用する。

※2:束縛状態と共鳴状態

原子核の結合状態には、“安定”と“不安定”、“共鳴”状態の3種類がある。“安定”状態では寿命が無量大、“不安定”状態では 10^{-3} 秒程度であり、いずれも陽子と中性子とが互いに束縛された関係(束縛状態)を保つ。“共鳴”状態では寿命が 10^{-21} 秒程度で、一瞬結合することが分かっている。

監修:中央研究所

RIビーム科学研究室

主任研究員(現・理事) 谷畑勇夫

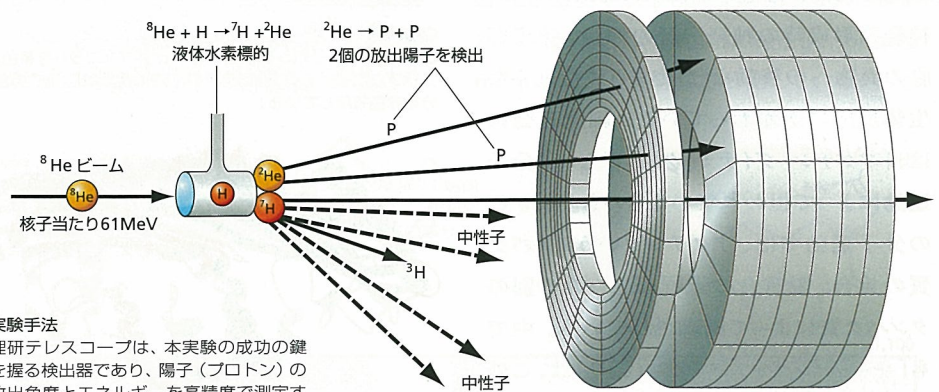
当研究所は、陽子1個と中性子6個で構成された超重水素原子核“ ${}^7\text{H}$ ”が存在することを世界で初めて明らかにした。RIビーム科学研究室のAlexei Korshennikov^{アレクセイ コルシェニンニコフ}研究員、谷畑勇夫主任研究員(現・理事)らが中心となり、ロシア、フランスの研究チームと協力して得られた成果。研究グループでは、不安定な原子核である ${}^8\text{He}$ (陽子2個、中性子6個)を高速で水素(陽子1個)標的に照射し、その際、放出される陽子2個の放出エネルギーと放出角度を同時に検出し、残りの原子核(陽子1個、中性子6個)の状態を解析した。その結果、 ${}^7\text{H}$ の存在確認が得られた。この発見は、中性子過剰核の存在限界に関する重要なデータを提供し、原子核の性質を理解する上で大きな一歩を踏み出すものである。

原子核は、陽子と中性子からできており、陽子数と中性子数がほぼ同数であれば自然界で安定して存在できる。しかし、その数のバランスが崩れた原子核、つまり不安定核(Radioisotope=RI)は、ある寿命をもって電子や陽電子を放出し、より安定な原子核へ遷移していく。原子核物理学の一つの命題である「中性子と陽子の数のバランスはどこまで崩れても、原子核として存在し得るか」という問いに対しては、実験データによる明確な回答をいまだ得られていない。理論的に不安定核は、6,000~8,000種程度が予測されているが、実験的に存在が確認されているものは、その半数以下の2,500種程度にすぎない。このような状況で陽子数1、中性子数6という、これまでで最も中性子過剰な原子核“ ${}^7\text{H}$ ”の探索は、原子核の存在限界を理解する上で重要である。

超重水素原子核は核反応によって生成されるが、“何を入射粒子とし”、“何に当て”、“何を検出するか”という実験条件によって生成確率が変わる。今回の実験では、 ${}^7\text{H}$ を高エネルギーで、かつ単純な反応過程を通して生成することができるRIビーム法※1を用いた。RIビームとして ${}^8\text{He}$ 原子核(陽子2個、中性子6個)を、ロシアのドブナ原子核研究所の加速器(サイクロトロン)で発生させ、フランスのガニール研究所が作製した液体水素標的(陽子1個)に高速で衝突させた。その結果生じた ${}^2\text{He}$ (陽子2個)という共鳴状態※2を経た陽子2個を、当研究所が開発した理研テレスコープ(陽子テレスコープ)で検出した(図)。入射核と標的核の陽子と中性子数から検出した陽子2個を引くと、陽子1個と中性子6個が残る。それがある結合状態、すなわち ${}^7\text{H}$ の存在を示しているかどうかは、 ${}^2\text{He}$ の生成率がある特定のエネルギーで増大するか否かで間接的に検証できる。今回の実験によって、水素の同位体元素の束縛状態※2は、 ${}^7\text{H}$ までであることが確認された。

中性子星は、ほとんどが中性子で陽子が10~20%混ざった物質でできていると考えられている。このような物質の性質は実験不可能で、理論的予測のみの世界と考えられてきた。これまでに観測されている ${}^5\text{H}$ や ${}^{10}\text{He}$ は、陽子の存在比が20%であったが、今回発見された ${}^7\text{H}$ は陽子の存在比が13%しかなく、 ${}^5\text{H}$ や ${}^{10}\text{He}$ と組み合わせると、中性子星を作っている核物質に非常に似たものとなる。これは、中性子星の内部構造が実験的に再現できることにつながり、中性子星の成因などが地上で研究できる可能性が出てきた。さらに、当研究所で建設している「RIビームファクトリー」によって、より重い元素の領域で中性子過剰核の存在限界を解明することも可能になる。これらの研究は、核構造の見地からだけでなく、世界の原子核物理学者が今後進めていく“宇宙における元素合成の過程についての研究”に大きな影響を与える可能性を秘めている。本研究成果は、米国の科学雑誌『Physical Review Letters(2月28日号)』に掲載された。

理研テレスコープ(位置検出型シリコン検出器)



実験手法

理研テレスコープは、本実験の成功の鍵を握る検出器であり、陽子(プロトン)の放出角度とエネルギーを高精度で測定することができる。

細胞運動を制御する 分子メカニズムの一端を解明

(2003年3月28日、文部科学省においてプレスリリース)

※1:アクチン・ダイナミックス

特定の時期に、細胞の特定の場所に、アクチンフィラメントが形成され、急速に伸びたり(重合)、急速に崩壊したり(脱重合)する分子運動。

※2:Å(オングストローム)

長さの単位。1オングストロームは 1×10^{-10} メートル(=0.1ナノメートル)。

監修:播磨研究所
構造生物化学研究室
主任研究員 前田雄一郎

当研究所は、細胞運動の調節に重要な役割を果たしているタンパク質の立体構造を決定し、その分子メカニズムを解明することに世界で初めて成功した。理研播磨研究所構造生物化学研究室の山下敦子研究員、前田佳代協力研究員、前田雄一郎主任研究員らの研究グループによる成果。研究グループでは、細胞内でアクチンフィラメントの重合・脱重合過程を制御するキーとなるタンパク質のひとつである「キャッピング・プロテイン(CapZ)」の立体構造を、大型放射光施設SPring-8の理研構造生物学ビームラインを用いて決定することに成功した。解析の結果、CapZは、2つのサブユニットが2回対称の構造を構成し、2本の動きやすい「腕」を利用してアクチンフィラメントへの結合を行っていることが明らかになった。今回のCapZの構造決定は、細胞運動を担うアクチン・ダイナミックス(アクチンフィラメントの重合・脱重合で駆動される分子運動)の解明に重要な知見を与えるだけでなく、心臓疾患や筋疾患などの新たな病因解明にもつながる可能性があるものとして期待される。

細胞運動は、発生過程における形態形成、神経系形成時の神経突起の伸張、免疫細胞の異物への移動など、さまざまな重要な生体反応にかかわっている。細胞運動には、「アクチン・ダイナミックス」※1という分子運動によって担われているものも多い。この分子運動では、アクチンというタンパク質の重合・脱重合の過程が、一群の別のタンパク質によって制御されている。中でも「キャッピング・プロテイン(CP)」は、この過程の制御のキーとなるタンパク質のひとつ

つであるといわれている。キャッピング・プロテインは、同時に、アクチンフィラメントの末端を細胞内の他のタンパク質や構造体につなぎ留める役割を担っていると考えられている。例えば筋肉中においては、Z線という筋肉細胞内の仕切りにアクチンフィラメントをつなぎ留めており、筋肉形成を行うために必須の存在である。

研究グループでは、筋肉細胞中におけるキャッピング・プロテインであるCapZの立体構造を決定し、キャッピング・プロテインの作用機構の解明を試みた。CapZは、 α と β という2つの異なるタンパク質が組み合わさって構成されている異種二量体タンパク質である。ニワトリ骨格筋由来CapZの α と β の2つのサブユニットを大腸菌内で大量発現させ結晶を調製し、大型放射光施設SPring-8の理研構造生物学ビームラインを用いて、立体構造を決定した。その結果、最終的に $2.1 \text{ \AA}^{\ast 2}$ の分解能でCapZ全体の構造を決定することができた。今回の構造をもとにこれまでの生化学データを検討すると、CapZのアクチン結合部位は、図のように、 α 、 β の各サブユニットからそれぞれ突き出した「腕」とし

て存在していることが明らかになった。また、この「腕」は分子の中で動きやすい構造をしていること、アクチンへの結合には「腕」の疎水性側表面を利用しているらしいことも分かった。

今回、その調節の鍵を握るCapZの構造を原子レベルで解明したことは、CapZ自体が機能するメカニズムの理解を大きく深めるだけにとどまらず、その作用相手であるアクチンフィラメントの性質を理解するという点においてもひとつの道を開くものであるといえる。CapZは、心筋など筋肉形成に必須のタンパク質でもあることから、本研究で明らかになった立体構造から得られる知見を生かして、心臓疾患や筋疾患など、いまだ明らかになっていない病因の解明やその治療法の開発などにつながる可能性がある。

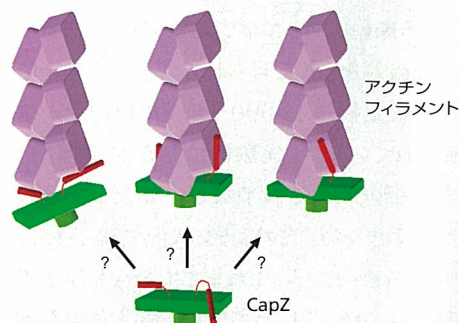
本研究の成果は、文部科学省科学技術振興調整費総合研究「アクチンフィラメントの構造と動態の解析による筋収縮・調節機構の解明」の一環として得られたものであり、成果の詳細は英国の学術雑誌『The EMBO Journal』(4月1日号)に掲載された。

CapZの結晶構造

CapZの構造をリボン表示した図。 α サブユニットを黄色、 β サブユニットを緑色、アクチン結合に使われる「腕」の部分を赤色で示している。



CapZのアクチンフィラメント末端への結合モデル



半世紀ぶりの新種ビタミンPQQ (ピロロキノリンキノン)

(2003年4月24日、文部科学省においてプレスリリース)

※:酸化還元補酵素

アミノ酸がつながったタンパク質だけでは酸化還元反応を触媒することが難しいために、酸化還元にかかわる多くの酵素は反応を補助してくれる有機分子を利用しており、それを酸化還元補酵素という。

監修:脳科学総合研究センター
精神疾患動態研究チーム
チームリーダー 加藤忠史
基礎科学特別研究員 笠原和起

当研究所は、ピロロキノリンキノンと呼ばれる物質が新種のビタミンとして機能していることを世界で初めて解明した。理研脳科学総合研究センター精神疾患動態研究チームの加藤忠史チームリーダーと笠原和起^{たかおき}基礎科学特別研究員による成果。ビタミンは、健康を維持する上で微量ではあるが必須の物質で、体内で作り出せないために食物から摂取しなければならない。ビタミンは体内において、特定の酵素と結合して酵素が正常に働けるように補助している。ピロロキノリンキノン (pyrroloquinoline quinone; PQQ) は1979年に見つかった物質で、PQQを含まない餌をマウスに与えると生育不良や皮膚がもろくなるなどの異常が観察され、栄養学的な見地からビタミンの候補として考えられてきた。しかし、体内でどのような役割を担っているのか、つまりどのような酵素と結び付いているのか分からなかったために、ビタミンとして認められなかった。本研究では、ほ乳類において初めて、PQQを利用する酵素を見いだした。その酵素は、必須アミノ酸であるリジンの分解にかかわっており、正常に働くためにはPQQが必要であることが判明した。この新しいビタミンPQQは、健康的な生活を送る上で重要であり、特に医療の分野において今後、その必要性が見直されるものと期待される。

●
ピロロキノリンキノン (pyrroloquinoline quinone; PQQ) は、ニコチンアミド(ピリジンスクレオチド)とフラビンに次ぐ3番目の酸化還元補酵素※として細菌から見つかった有機分子である。PQQを含まない餌を

与えたマウスは、成長が悪く、皮膚がもろくなり、また繁殖能力が低下するなどの異常を示す。このためPQQは、ほ乳類にとって重要な栄養素のひとつではないかと考えられてきた。しかし、生体内における生化学的な役割が不明のために、ビタミンとして認められていなかった。

●
研究チームは、躁うつ病(双極性障害)にかかわる遺伝子をクローニングする過程で、必須アミノ酸のひとつであるリジンの分解にかかわる新しい遺伝子を見つけた。動物の体内でリジンは主に、2-アミノアジピン酸 6-セミアルデヒド(AAS)に分解され、さらに2-アミノアジピン酸(AAA)に酸化される。AASがAAAに酸化される反応を触媒するAAS脱水素酵素の遺伝子は、これまで見つかっていなかった。今回、AAS脱水素酵素の遺伝子を見いだしたことが、ビタミンPQQの同定につながった。

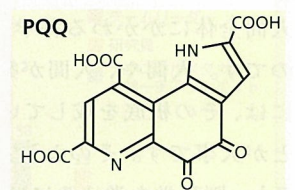
●
クローニングした遺伝子からタンパク質の一次構造を推測したところ、AAS脱水素酵素の前半部分(N末端側)にはアミノ酸を捕捉するための構造があり、後半部分(C末端側)には「PQQ結合配列」が7つ連続して存在していた(図)。PQQ結合配列は、さまざまな細菌のPQQ依存性脱水素酵素に共通して見つかる構造である。そ

の後の解析から、PQQ結合配列を持つAAS脱水素酵素の遺伝子は、ヒトをはじめとするほ乳類だけではなく、その他の脊椎動物、無脊椎動物(昆虫のハエ)、さらにはイネなどの高等植物にも広く存在していることが分かった。また、PQQを含まない餌をマウスに与えるという実験を行い、リジン分解におけるPQQの重要性を調べた。その結果、PQQがAAS脱水素酵素の酸化還元補酵素として働いていることが示唆された。

●
今回、PQQの生化学的な役割を明らかにした研究成果をもって、PQQは動物にとってビタミンであることが初めて確定したと考えられる。PQQは、さまざまな植物(野菜)や動物(肉類)に微量に含まれていることが知られており、特にお茶や納豆、果実に比較的多く含まれている。現在、医療用のビタミン剤(経口剤・注射剤)や栄養補助食品(サプリメント)のマルチビタミンには、PQQは添加されていない。PQQ欠乏状態の人がいるかどうかは今のところ不明であるが、新しいビタミンPQQの認識が広がると同時に、ビタミン剤として多様な応用が期待される。本研究結果の詳細は、英国の科学雑誌『nature』(4月24日号)に掲載された。また、<http://www.brain.riken.go.jp/labs/mdmd/pqq/>でも情報を公開している。 ■

AAS脱水素酵素の構造

マウスの場合には1,100アミノ酸残基から成るタンパク質。N末端側に基質と結合するための構造(ピンク色で表示)があり、C末端側にPQQ結合配列(水色)の7回の繰り返し構造がある。この部分でPQQと結び付くと考えられる。



脳科学総合研究センター 今後の展望

甘利俊一 新センター長に聞く



甘利センター長

2003年4月、理研脳科学総合研究センター(BSI)では、甘利俊一領域ディレクター(「脳を創る」領域)がセンター長に就任した。BSIは、日本の脳科学研究において先導的役割を果たすことを目的として、1997年10月に設立された。「脳を知る」「脳を守る」「脳を創る」という3つの研究領域に加え、2003年4月からは「脳を育む」領域を新設し、500名以上の研究者・技術者が最先端の脳研究を行っている。甘利 新センター長に、BSIの今後の展望を聞いた。

● 学際性と国際性

——甘利センター長は、長年にわたって東京大学工学部で数理工学の立場から脳を研究され、国際神経回路学会の創立理事などを歴任されました。理研では国際フロンティア研究システム(現・フロンティア研究システム)のときから脳を理論面から研究するグループを率い、伊藤正男 前所長とともに、BSIを立ち上げられました。当時、BSIをどのような研究機関にしたいとお考えだったのですか。

甘利：今から10年以上前に、私たち研究者の間で、日本で脳科学をどのように推進していくかという議論が巻き起こりました。そのときに私たちが出した考え方は、脳科学は単に生物科学の一部ではなく、人間全体にかかわる科学であるということです。人間や、人間が築く社会を知るには、その根底を成している脳を知ることが大事です。そのような立場から考えると、脳科学を進めるには、さまざまな分野の研究者による学際的な研究機関が必要です。こうした理念の下にスタートした

のがBSIです。

具体的な研究分野としては、脳の構造や機能を解明する「脳を知る」領域、脳にかかわる病気を治したり老化を制御する「脳を守る」領域、数理工学の立場から脳を理論的に研究するとともに脳の情報処理の仕組みに基づいた脳型コンピュータを築く「脳を創る」領域の3つを設定しました。これら異なる領域の研究者が交流して新しい学問を築くことを目指したのです。

——設立から約5年を経過して、学際的な研究はどのように進展していますか？

甘利：人と人とは顔を合わせて親しくならないと、“一緒に何か始めようか”とならないものです。異分野の研究者が同じ敷地にいることで、ずいぶん研究者の交流の芽が出てきたと思います(図①)。

例えば「脳を知る」領域の研究者が実験で得た膨大なデータを、「脳を創る」領域の研究者と一緒に解析するといった例が見られます。さらに解析結果から「脳を創る」領域の研究者が理論モデルを組み立て、理論モデルを検証するための新たな実験を「脳を知る」領域の研究者に提案する動きが始まっています。

——設立当初、「脳を創る」領域の数理工学者と、「脳を知る」や「脳を守る」領域の生理学者が一緒になって脳の研究機関を設立したことに、欧米は驚いたそうですね。

甘利：最初は驚いたのですが、彼らもしたたかです(笑)。「脳を創る」という言い方こそしていませんが、数理工学的な脳の理論研究を、今ではむしろ私たちよりも積極的に脳研究に取り入れているようです。

私たちにとっても、学際的な交流の芽をさらに増やし実らせることが、今後の重

要な課題です。

——BSIでは国際性も重視していますね。
甘利：研究員の3割を外国人にするという目標を立てました。現在、46チームのうち7チームのチームリーダーが、外国人です。全体では、約500名の研究者のうち、約2割が外国人です。セミナーなどは英語を使いますし、チームリーダーの会議も英語です。3割という目標まではもう一息ですが、国際的に開かれた研究機関としての文化を築くことは、かなり達成できていると思います。

——若く優秀な研究者を海外から引き寄せるには、どうすればよいとお考えですか？

甘利：独創的で素晴らしい研究成果を出していくしかないと思います。BSIでできない研究があれば、ぜひ来たいという若い外国人研究者も増えるでしょう。そうしてBSIで育った人材が、チームリーダーになることを目指していきます。

設立から約5年、うまく滑り出して、BSIの国際的な知名度はかなり高まりました。

● 任期制の中で自由に研究を

——すべての研究員が任期制*であることもBSIの特徴ですね。

甘利：人が移り変わりながら最先端の研究を行う研究機関が、日本にも必要だと考えたのです。このスタイルは、大きなショックを与えました。理研でもBSI以降、任期制のセンターがたくさんできました。

BSIは、予算規模や設備などの研究環境は大学より恵まれた面があると思います。ただし「5年間で研究成果を出してください。成果が非常に良い場合には、さらに5年間研究を続けてください」という



BSIでは毎年秋に、リトリート（センター全体のセミナー）を開催し、研究者同士の交流を図っている。

システムです。通常は、5年ごとに新しい人を入れて、若く活性化した新チームを作っていきます（図②）。これは研究者にとっては大変なプレッシャーなわけです。研究者にとってBSIは天国であり、かつ地獄でもあります（笑）。

BSIで素晴らしい研究を行って、育った人材が、やがて外部に出て日本全体の脳研究レベルを上げていく。そのようなBSIの役割を明確にしていきたいと思います。そのためにも、任期中に皆さんが伸び伸びと自由に研究して、思う存分に能力を発揮できるような研究環境を作っていくことが、センター長である私の使命です。

「脳を育む」領域の新設

——新設された「脳を育む」領域では、現在の「発生発達研究グループ」と「臨界期機構研究グループ」に加え、新たに2つのグループを立ち上げるそうですね。どのような研究を行うのですか。

甘利：「脳を育む」領域では、脳を健全に発達させて、その能力を十二分に生かすための研究を行います。新たに設ける2つのグループでは、主として人間を研究対象にして、認知科学や発達心理学、行動科学や教育学といった人間科学的な視点と、従来の脳科学を結び付けながら研究を行います。

——「脳を育む」領域は、文系と理系の懸け橋になるのですね。

甘利：そうですね。これまで文系に位置付けられていた心理学や教育学などと、生理学などの伝統的な脳科学との学際的な研究は、難しいのが現実です。しかし戦略的に目標を掲げないと、学際的な研

究は進みません。BSIに人間科学的な研究グループを設け、脳科学の幅をさらに広げていきます。

脳の基礎理論を築く

——「脳を創る」領域を率いてこられたセンター長ご自身の研究を紹介してください。

甘利：私は、数学的な方法論でさまざまな現象の理論体系を築く研究をしてきました。そういう立場からすると、脳ほど面白い現象はありません。脳の情報処理を模した理論モデルをコンピュータ上で走らせて、その理論モデルと本当の脳の働きを互いに実証しながら、脳の仕組みを明らかにしていきます。これは「計算論的神経科学」と呼ばれ、今では世界でも盛んになっている分野です。

現在のコンピュータには、情報処理の基礎理論があります。例えば計算可能性やデータベースの理論などです。しかし脳が働く仕組みは、コンピュータの基礎理論では解明できません。脳の情報処理の基礎理論を築くことが、私の研究の目標です。

しかし、いきなり脳全体の基礎理論を築くのはとても難しい。そこで、脳の機能の一部分を取り出して、理論モデルを築きます。すると、それを工学技術としても使うことができます。例えば網膜の働きをコンピュータ・チップで実現すれば、画像処理がうまくいくでしょう。実際にそのような「網膜チップ」が開発され、携帯電話やカメラの画像処理で利用されています。「脳を創る」領域には、脳の理論研究と工学的な応用という2つの方向性があるのです。

※：任期制
研究員の契約は1年ごとに行われ、5年まで更新可能。
チームリーダーは評価により、さらに更新可能。

監修：脳科学総合研究センター
センター長 甘利俊一

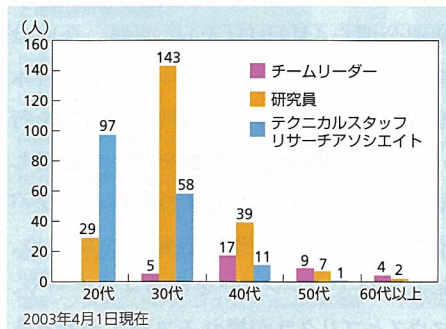
——「脳を創る」領域は、ロボット研究とも結び付いていますね。

甘利：BSIでも、ロボットを使って研究をしているチームがあります。ロボットに人のような学習能力や、柔軟な判断力を持たせるには、脳の情報処理の仕組みに学ばなければいけません。ロボット研究は、脳科学や人間研究に結び付いていくのです。——ロボットが人のような意識やこころを持つ日は来るのでしょうか？

甘利：意識やこころの研究は、つい20年くらい前までは、サイエンスの対象ではないといわれていました。10年くらい前から、やっと脳研究の対象となってきました。意識やこころが、脳の生み出す現象であることは確かです。ほとんどの科学者はロボットにも意識のようなものを埋め込むことができると信じています。しかしそれが本当の意識なのか、意識のようなものなのか、その境目は難しいですね。——センター長として、さらにお忙しくなりますね。

甘利：グループディレクターやチームリーダーに任せるべきところは任せてセンター長の役割を果たすとともに、自分の研究も続けていきたいですね。センター長兼研究員ぐらいの心構えでいこうと思います。

図②：年齢構成



理研の研究施設を一般公開

当研究所は、科学技術週間（4月14日～20日）に合わせて、和光本所をはじめ各所を一般に公開しました。各所の公開ではさまざまな催しが行われ、当研究所の研究内容をアピールするとともに、地域との交流を深める絶好の機会となりました。

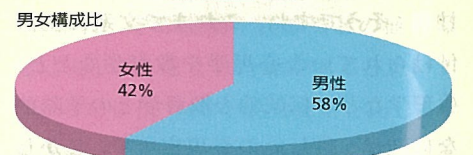
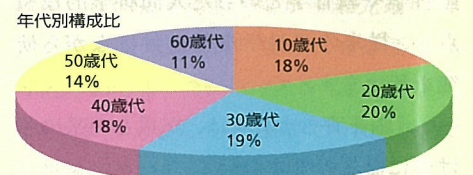
● 和光本所は4月19日に施設を公開。過去最高となる約5700名の来場者でにぎわいました。各研究室や研究施設では、工夫を凝らした展示やパネルを使い研究内容を紹介しました。一般向け講演では、緑川克美主任研究員（レーザー物理工学研究室）が「光のディスクが飛んでいく～あなたの知らないレーザーの世界～」、山口陽子チームリーダー（脳科学総合研究センター 創発知能ダイナミクス研究チーム）が「脳の中はオーケストラ？」と題して最先端の研究を紹介、両講演とも多くの来場者がありました。さらに小・中学生向けイベントも大盛況。特に「磁石で遊ぼう!」、「4Dビジュアライゼーションシアター」、「アンモナイトのレプリカを作ろう!」などは多くの家族連れでにぎわっていました。また、リングサイクロトロンなどの施設の公開も人気がありました。———1

● 筑波研究所は一般公開を4月16日（水）、特別公開を4月19日（土）に開催。今回は森脇和郎バイオリソースセンター長と吉木淳 前任研究員がマウスに関する講演を行い、大勢の来場者が関心を持って聴講していました。各研究室等の実演およびパネル展示による研究内容紹介をはじめ、記念写真でカレンダーを作るコーナーや、マウスとプリクラが撮れるコーナーなども

大好評でした。昨年と同様に、遊びを通じて科学の面白さや不思議さを体験するコーナーも設けました。19日は途中雨に見舞われたものの、群馬県など遠方の方も来場し、2日間で前年を上回る955名の来場者がありました。———2

● 播磨研究所は4月26日、SPring-8の施設公開に合わせて施設を公開。蓄積リング棟の理研の展示コーナーでは、ピエロが立体的に踊っているように見えるホログラフィーや、自分のだ液を使って酵素の働きを見る実験は大盛況で、子供から大人まで数多くの来場者が楽しんでいました。また、一般向けの講演では飯塚哲太郎 播磨研究所副所長が「21世紀の生命科学」と題して、播磨研究所がSPring-8を利用して行っている最先端で画期的な研究について紹介しました。来聴者から多くの質問が寄せられるなど、関心の高さがうかがえました。当日は晴天にも恵まれ、SPring-8の施設公開全体で、前年を上回る約2800名の来場者がありました。———3

● フोटダイナミクス研究センター（仙台）は4月16日に施設を公開。施設の公開に当たり、テラヘルツ発振器や走査型トンネル顕微鏡などの最新鋭の実験装置の展示に加え、ケイ素化合物を使った簡単な合成実験など、子供から大人まで楽しめる内容を用意しました。近隣の住民や企業の方をはじめ、センターの研究活動に支援をいただいている宮城県庁、仙台市役所の方など、合わせて125名の来場者がありました。また、授業の一環としてこの機会を利用する地元の高校もあって、最先端の研究が地方にあることの意義を感じさせる一日でした。———4



来場者構成（和光本所のアンケート結果より）



■新チームリーダー等の紹介

新しく就任したチームリーダー、室長を紹介します。

- ①生年月日 ②出生地 ③最終学歴 ④主な職歴
⑤研究テーマ ⑥信条 ⑦趣味

<播磨研究所 ハイスループットファクトリー
チームリーダー>



Onward (常に前向きに)

発現精製チーム

たかお こうじ
瀧尾 擴士

- ①1942年6月27日 ②大阪府 ③大阪大学大学院理学研究科博士課程 ④米国ワシントン大学ハーワードヒューズ研究所研究員、理研生体分子解析室室長 ⑤タンパク質の構造 ⑥Ever ⑦自然観察



情報解析チーム

ゆに かつひで
油谷 克英

- ①1937年7月3日 ②大阪府 ③大阪大学理学部 ④NIH、大阪大学蛋白質研究所、関西学院大学大学院理学研究科 ⑤立体構造に基づくタンパク質の機能と物性 ⑥よく考えること ⑦研究



結晶化チーム

みきはら みつとむ
菅原 光明

- ①1966年12月7日 ②大阪府 ③大阪大学大学院理学研究科博士課程 ④理化学研究所播磨研究所 ⑤タンパク質のX線結晶構造解析、結晶化技術開発 ⑥知行合一 ⑦旅行、野球

<筑波研究所 バイオリソースセンター 室長>



だ平和な世界を祈るのみ ⑦軟式テニス

リソース基盤開発部
細胞材料開発室
なかむら かつひこ
中村 幸夫

- ①1961年3月21日 ②長野県 ③新潟大学医学部 ④Walter and Eliza Hall Institute客員研究員、理研筑波研究所 バイオリソースセンター サブチームリーダー ⑤血液学、移植医学、再生医学 ⑥今はただ

■受賞のお知らせ

受賞名	受賞者	受賞業績	受賞年月
12th International Biodeterioration and Biodegradation Symposium THIRD PRIZE (Young Scientist Poster Competition)	微生物生態系機能解析室：大坪嘉行	A novel approach to the creation of microorganism for efficient bioremediation promoter implanting by homologous	2002/7
日本糖質学会奨励賞	FRS ^{※1} /糖鎖機能研究チーム：北爪(川口)しのぶ	シアロオリゴ糖の構造・機能および代謝に関する研究	2002/8
科学奨励賞(日本化学会コロイドおよび界面化学部会)	FRS/トポケミカルデザイン研究チーム：一ノ瀬 泉	逐次吸着による新しい有機、無機、高分子超薄膜の創造	2002/9
日本神経回路学会研究賞	FRS/生物型感覚統合センサー研究チーム：向井利春、中島弘道 FRS/生体メタリックセンター研究チーム：大西 昇	感覚運動統合による音源定位ロボットの構築	2002/9
第3回CBI学会大会 優秀論文賞	GSC ^{※2} /ゲノム解析用コンピュータ研究開発チーム：末永 敦	RNAポリメラーゼの分子動力学シミュレーション	2002/9
第3回CBI学会大会 優秀論文賞	計算科学技術推進室：沖本憲明	プリオンタンパク質の分子動力学シミュレーション	2002/9
日本動物学会賞	CDB ^{※3} /進化再生研究グループ：阿形清和	プラナリアを用いた脳の進化と再生に関する分子・細胞生物学的研究	2002/9
Moosa Award	GSC/ゲノム構造情報研究グループ：構 佳之	Comparative genomic as a tool for understanding our genome	2002/10
埼玉県環境防災部長表彰	半導体工学研究室：岩井荘八	高圧ガスの保安	2002/10
埼玉県高圧ガス協会表彰	細胞制御化学研究室：額田恭郎	高圧ガスの保安	2002/10
慶應義塾大学医学部三四会奨励賞	BSI ^{※4} /発生・分化研究グループ：上口裕之	細胞接着分子による神経軸索成長の制御機構の解明	2002/11
第22回(平成14年度)島津賞	ナノフォトニクス研究室：河田 聡	近接場分光法とナノフォトニクスの研究	2002/12
第2回優秀新技術賞<(社)科学技術と経済の会・最優秀新技術賞>	理研ベンチャー/ワイコフ興業(株)	超微粒子計測システム「DMA装置」	2002/12
The Oxford University Press Bioinformatics Prize	分子遺伝学研究室：皿井明倫	Target Prediction of Transcription Factors: Application of Structure-Based Method to Yeast Genome	2002/12
SI 2002ベストセッション賞	FRS/生物型感覚統合センサー研究チーム：向井利春	人間共存ロボットののための柔軟な面状触覚センサの開発	2002/12
Award for Encouragement of Research in Materials Science	表面解析室：横山敬郎	The morphological changes and adhesion strength in ion bombarded collagen	2002/12
第19回井上研究奨励賞	表面解析室：黒飛紀美	イオンビーム照射によるコラーゲンの生体反応性制御に関する研究	2003/2
The SPIE Fellow	X線干渉光学研究室：石川哲也	これまでの業績	2003/2
コンビナトリアル・ケミストリー研究会研究企画賞	有機合成化学研究室：松尾 剛	アポトーシス誘導を指向した糖鎖を有する抗ガン活性物質の創製	2003/2
2002 APS FELLOW (2002年米国物理学会フェロー)	FRS/デジタル・マテリアル研究チーム：Franco Nori	Innovative theoretical contributions to the study of vortex dynamic in superconductors, dynamical instabilities, Josephson junction arrays and quantum interference	2003/3
第6回丸文研究奨励賞	半導体工学研究室：平山秀樹	Ⅲ族窒化物4元混晶を用いた深紫外・高輝度LEDの研究	2003/3
高木賞 最優秀論文発表賞	表面解析室：黒飛紀美	イオンビーム照射コラーゲンの血小板粘着抑制と細胞接着性の制御	2003/3
第1回プラズマエレクトロニクス賞	ビーム物理学研究室：浜垣 学	・Absolute concentration and loss kinetics of hydrogen atom in methane and hydrogen plasmas. (Journal of Applied Physics, Vol.90, No.11 (2001)) ・Investigation of Nitrogen Atoms in Low-Pressure Nitrogen Plasmas Using a Compact Electron-Beam-Excited Plasma Source (Journal of Applied Physics, Vol.41, No.7A (2002))	2003/3
農芸化学奨励賞	微生物生態系機能解析室：大熊盛也	シアロリー-微生物共生系の分子生態学的研究	2003/3
平成15年度文部科学大臣賞(研究功績者)	素形材工学研究室：大森 整	電解インプロセスドレッシング(ELID)鏡面研削法の研究	2003/4
第35回市村学術賞 貢献賞	素形材工学研究室：大森 整	電解インプロセスドレッシング(ELID)による鏡面研削法の研究	2003/4

※1 フロンティア研究システム ※2 ゲノム科学総合研究センター ※3 発生・再生科学総合研究センター ※4 脳科学総合研究センター

松本 元さん（脳科学総合研究センター 元グループディレクター）は不思議な人だった——数学者の広中平祐先生は甲辞で松本先生をそう一言で表現した。私は大学院時代から22年も研究生活を共にしたが、この「不思議な人」という言葉は私の気持ちそのままでもある。

先生の40代の研究生活は実にすさまじいものだった。ヤリイカの人工飼育に成功した先生は、秋から春の半年間をまったくイカのペースで生活していた。イカは、相模湾からつくばへの長旅で、数多くがその日のうちに死んでしまう。生きているうちに次々と神経を切り出し、学生たちとまるで流れ作業のように朝まで実験をした。徹夜の連続で半年間過ごす、先生は疲れきり、毎年連休のころに大熱を出して倒れる。1週間も動けないことが普通であった。しかし、その状態から復活すると、酒を浴びるほど飲んだ。実験試料は神経なので、筋肉は残る。これが肴である。電子技術総合研究所中の女性秘書を呼び集め「電総研名物イカ天パーティー」を催し、夕方から朝まで飲み続け、騒ぎ続けた。研究も遊びも真剣勝負である。

理研に赴任当初、正門とレーザー棟の間の林に建てられたプレハブで研究をスタートさせたのだが、小さな水槽にイカを飼い「愛の遺伝子（発現因子）」（生物の情動を発生させる源になる物）探しという少し変わった研究をスタートさせた。これは生まれて間もないころに発現して神経系の進むべき道を決定づける物質を探索することを意味している。複雑な感情や知性も簡単な規則から創発的に発生し、その最初の種は物質に集約されるべきであるという信念は、先生が物理学者であったことの証であろう。さらに、脳の正しい発達には愛に代表される関係欲求、つまり家族や仲間とのコミュニケーションが不可欠であり、そこから学習や記憶のメカニズムが自発的に発生する原理を探る、というユニークな研究に没頭していった。人がやらないことをするのが研究、それが松本先生の哲学だった。

先生には初対面の人と仲良くなる才能があった。道の脇で休む老人に何か話し掛けているかと思えば、一緒に座ってお菓子をもらって食べている。たまたま電車で隣に座っただけで昔から知っていたように話し掛け、最初は相手も戸惑っているが、次の駅に着くころには相手の方が積極的に話し掛けている。だから、友人・知人の数は並大抵の数ではない。出会った人を大切にするという意味では、先生ほどの人はほかに見たことがない。元気で豪快な人だったが、先生の話には、知性、優しさ、物理、数学、語学、文学を包含する教養が、冗談や言葉の端々に感じられる不思議な魅力があった。講演会では、先生の信念とそのエネルギーが伝わり、聴講者と同調することで発生する摩訶不思議なパワーに会場が包まれた。

先生の脳の話に、「人と話すとき、相手の言葉の意味を理解していると思っているが、本当は自分の記憶や理解を当てはめようとしているだけで、脳の内部の意味や価値が想起されるにすぎない」という一節がある。だとすれば、記憶を想起させる実在の先生は消えたが、もともと脳の中にあった記憶は今も変わりはないはずである。だが、私の脳の中にある先生との記憶はもう更新されず、先生の不思議さは解けないままに残る。悲しみと同時にそのことが惜しくてならない。

先生のご冥福を心よりお祈りいたします。

脳科学総合研究センター 脳創成デバイス研究チーム チームリーダー●市川道教



松本元グループディレクター。イカ水槽の前で。冬でも半袖だった。（電子技術総合研究所）[1980年3月]



筆者（左）とフランクフルトで会食 [1998年5月]



京都大学 松沢哲郎教授（左）と京都大学にて [1998年12月]

理研ニュース

7

No.265: July 2003

発行日——平成15年7月5日
 編集発行——理化学研究所 広報室
 〒351-0198
 埼玉県和光市広沢2番1号
 phone: 048-467-8349 [ダイヤルイン]
 fax: 048-462-4715
 koho@postman.riken.go.jp
 http://www.riken.go.jp
 『理研ニュース』はホームページにも掲載されています。

デザイン——勝井三雄+中野豪雄 [勝井デザイン事務所]
 株式会社デザインコンピリア

制作協力——有限会社フォントクリエイト
 再生紙（古紙100%）を使用しています。