

理研ニュース

10

2000 No. 232

2 ● 研究最前線

- エレクトロニクスからフォトニクスへ多機能性超分子をデザインする
- 目標達成を目指し、学習して経験を積むシステム

8 ● 特集

- 新たな研究拠点 —横浜研究所—

10 ● SPOT NEWS

- G-タンパク質共役受容体ロドプシンの立体構造を決定
 - 大型放射光施設「SPring-8」を用いて—
- 体性感覚野の正常な発達にはNMDA型グルタミン酸受容体の機能が必須であることを発見
 - 大脳皮質の生後発達の基本メカニズムの一端を解明—

12 ● 記念史料室から

- 第3代所長 大河内正敏の勲章

13 ● TOPICS

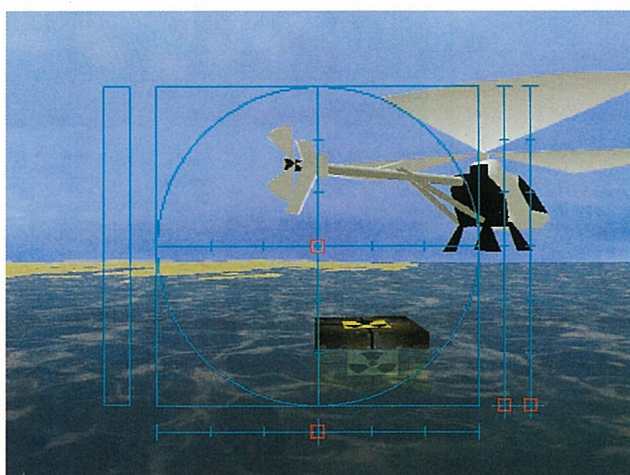
- 新理事に柴田前総務部長が就任
- 「国際新技術フェア 2000」に出展
- 植物科学研究センター、新グループディレクター、新チームリーダー紹介
- 第22回理化学研究所 科学講演会 開催のお知らせ
- 「恐竜エキスポふくい2000」に理研が出展
- 子どもたちに真空実験を紹介 ～子ども霞ヶ関見学デー～
- 事務機構の改編のお知らせ
- 横浜研究所 記者見学会を開催

15 ● 支所だより

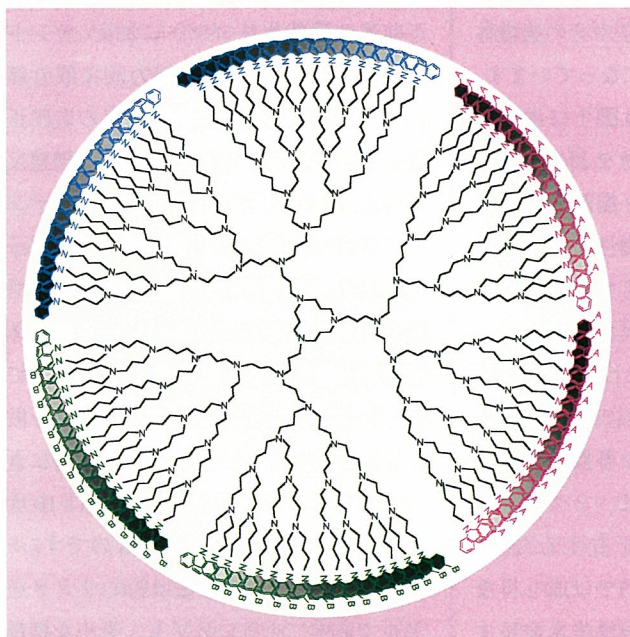
- 大島大臣が筑波研究所、SPring-8を視察
- 和光市民大学講座が和光本所で開催される

16 ● 原酒

- 選ぶということ



脳型コンピュータの視覚情報処理と学習能力で自律飛行を目指す模型ヘリコプター。写真は予備実験のシミュレーション画面。
～「目標達成を目指し、学習して経験を積むシステム」から



カルバゾール dendrimer
～「エレクトロニクスからフォトニクスへ多機能性超分子をデザインする」から

エレクトロニクスからフォトニクスへ 多機能性超分子をデザインする

高い選択性で構造特異的な反応を起こす分子の合成。これは1987年のノーベル化学賞のテーマである。受賞したのはC. J. ペターセンら3名の化学者。そしてこの業績こそ、「超分子化学」という新たな概念が科学史上に確立されるさきがけとなったものだ。超分子化学のキーワードは「構造が分子認識機能を決定する」というものである。生命科学における酵素反応、免疫反応など、分子認識に基づいた諸々の生命反応に共通な原理原則が、合成化学でも立証され、化学と生物学と高分子とが結びついたのである。

すでに10余年の歴史をもつ超分子化学であるが、しかし、物性物理の分野ではようやく緒についたばかりだという。

和田達夫主任研究員率いる超分子科学研究室は、この物性物理の未開拓な領域に挑み、新たな「超分子“科学”」を展開する。超分子の光や電場に対

する応答を探索しつつ、フォトニクス材料の創製へと研究は広がる。そしてその先には、分子フォトニクスデバイス、情報フォトニクス、3次元立体動画ホログラムに基づくバーチャルスペーステクノロジーの地平が展望できる。

「分子を超えた分子」のサイエンス

——はじめに、超分子とは何でしょうか？

分子は2個以上の原子が結合したものです。通常、有機分子の炭素—炭素結合が $\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}$ と表記されるように、炭素原子がお互いの電子を出し合う共有結合と呼ばれる結合で結びついています。一般的には、超分子とは2つ以上の分子が共有結合以外の結合で繋がり、あたかも1つの分子として振る舞う分子集合体のことを言います。

しかし、現在は、その概念がどんどん膨らんで、結合様式にとらわれることなく、高次構造を有する分子やその組織体も超分子と呼ばれるようになってきました。

私たちは図1に示す大環状化合物などの多機能性オリゴマーを超分子として捉え、物性研究の対象としています。これらは、高分子と異なり分子量分布がなく、ナノメートルサイズの分子も合成可能です。このような多機能性オリゴマーでは、2つ以上の応答部位を有するため、単独の分子では成し得なかった複合機能を発現することが可能です。まさに「分子を超えた分子」と言われるゆえんです。



和田主任研究員

——では、超分子科学研究室の研究の一端をご紹介します。

基礎研究としては、超分子の特異的な構造がもつ光・電子機能を明らかにし、物性物理に結びつけることを目指しています。特に、超分子では光・電子応答部位の空間的配置を制御でき、異なるサイトの間の電子移動やエネルギー移動などの相互作用を調べる物性研究に好都合な分子系なのです。

前述の環状オリゴマーに加え、 dendrimer^{*1}の合成に最も精力的に取り組んでいます。これは、当研究室の岩田正彰前任研究員の開発した画期的な増殖反応法を用いて得られるポリアミン系 dendrimer の外縁上に、興味深い光・電子物性—光導電性^{*2}や非線形光学効果^{*3}—を示す色素としてカルバゾール誘導体を多数(図2の第5世代 dendrimer では96個)導入したものです。現在、多段階の合成ステップを踏んで最終段階にきています。この分子1個の直径は10ナノメートルにおよぶ大きなものです。

炭素—炭素結合の距離は約0.1ナノメートルで非常に小さい分子も、微小な探針との間に流れるトンネル電流を測定する走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いると分子像を得ることができます。しかし、わ

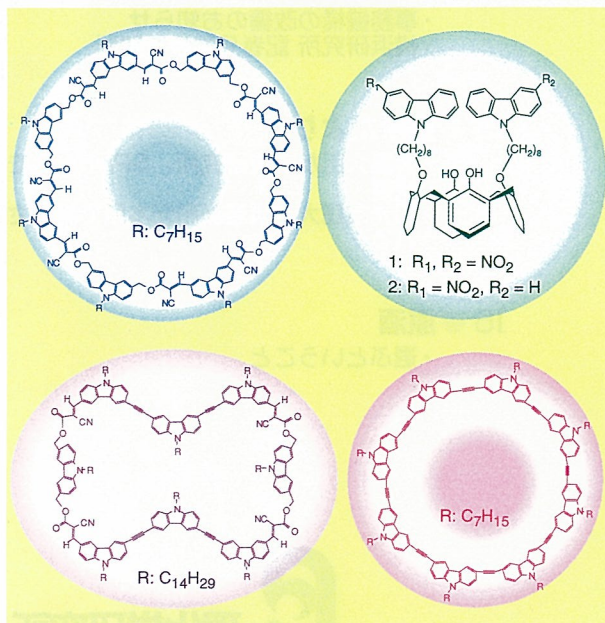


図1 超分子科学研究室で開発した多機能性超分子

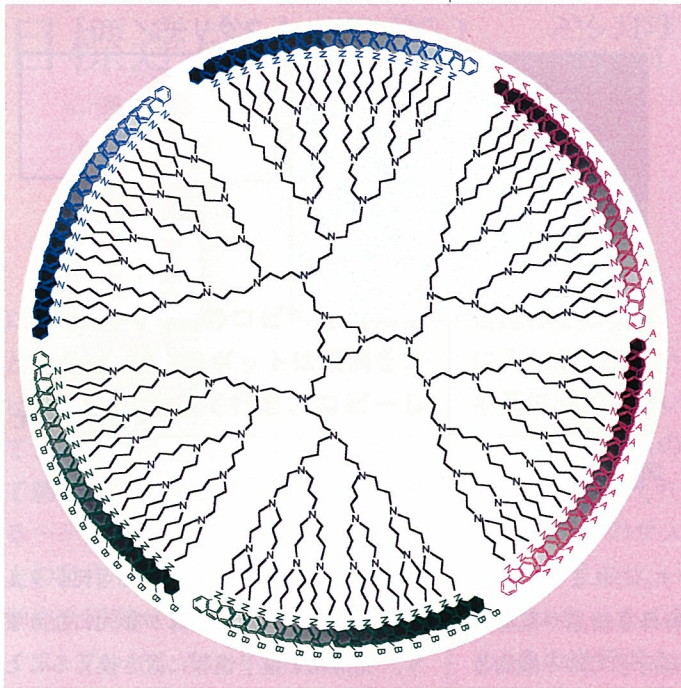


図2 カルバゾール dendrimer

れわれが注目している光では分子1個の像を捉えることが難しく、光子を使って分子をイメージしたり、その光応答を分子レベルで観察するためにはナノメートルサイズの分子が必要となります。また、ナノスケールの微小構造体に特異的な物理現象が興味を引いています。

分子から超分子、そしてさらに

——ナノテクノロジーを先取りしているわけですね。この超分子を使って例えばどのような展開をお考えですか。

このカルバゾールは、もともと電子を放出し、それ自身はカチオンラジカルになる(正の電荷を輸送する)性質がありますが、置換基として例えば図2のAに電子を引き寄せるNO₂基を導入すると今度は逆に電子を受容する(負の電荷を輸送する)性質に変化します。このような異なる電子物性を有する dendrimer (それ自身も超分子) を結びつけるとナノメートルスケールの超分子ダイオードが作れます。原子から分子ができ、分子から超分子を合成し、それらをまとめてさらに“超”超分子として、さまざまな機能をもたせる……このように限りない可能性を秘めているのです。

また、本合成法を用いると、異なる色素を混在させることも可能です。従来、数オングストロームの分子が光・電子応答を担っていたのに対して、ナノメートルの超分子がこの役割をなすのです。電荷注

入で発光するような dendrimer ではナノメートルオーダーの超分子1個が発光の最小単位であるピクセルとなります。

一方、実用を視野に入れた工学的な研究としては、有機化合物に特有のいろいろな色(電子状態)を設計できる特性に加え、超分子に特有の分子認識を利用して、原理的にまったく新しい像情報表示材料やホログラム材料の開発を目指しています。

光を操る超分子

——ホログラムの話題がでましたが、ところで、私たちはどのようにして、物を立体的に認識しているのでしょうか？

私たちが、物体を「見る」場合、両眼視差といって、両目で見た時と左右片方ずつ見た時とでは、その位置がわずかにズレていることはご存知でしょう。つまり左右の目で見た異なる像情報を脳で合成して、立体的に捉えているのです。

テーマパークで上映される立体映画では、特別な眼鏡をつけます。これは左レンズと右レンズで、それぞれ異なった方向に振動している光(偏光)のみを通すもので、スクリーンには左目用と右目用の映像がわずかにずれて2つ投影されています。この偏光の性質を利用して、平面スクリーン上

の像を観客は立体的に捉えるのです。

特別な眼鏡などを付けずに左右の目に異なった像情報を届けるために、光の回折(反射とは異なる方向に出射光が得られる)が用いられています。身近には、暗い部屋で、コンパクトディスクの裏面を懐中電灯で照らすと、天井には本来の反射光から少し離れたところにぼんやりと虹色の帯が現れます。これが光の回折現象です。この回折を利用したものにホログラムがあり、平板に奥行きのある3次元立体像を記録できます。

——そこで回折をコントロールできる材料が求められるわけですね。

現在、実用化されているホログラムは静止画に限られています。このホログラムには感光性高分子が用いられており、その空間分解能は1ミリ当たり1000本以上と、ハイビジョンテレビの2桁以上も高精細です。書き換え可能なホログラム材料ができれば、人間にとって自然な3次元立体動画の表示も可能となります。この3次元立体動画表示は、さまざまな分野での応用が期待されます。例えば、仮想アミューズメントパークやさまざまな仮想マーケットが広がるかも知れません。3次元立体動画表示システムの開発はバーチャルスペーステクノロジーの基盤技術として位置づけられます。——まったく新しいタイプの画像情報処理、表示材料を予感させる研究成果を紹介して下さい。

カルバゾールを有するオリゴマーは、画像の乱れの補正や記憶している画像の中から似た絵を瞬時に抽出することのできる「連想」機能を発現します。これらは以前に詳細に報告しました(『理研ニュース』No. 202、1998年4月号)。

前述の dendrimer など複雑な超分子

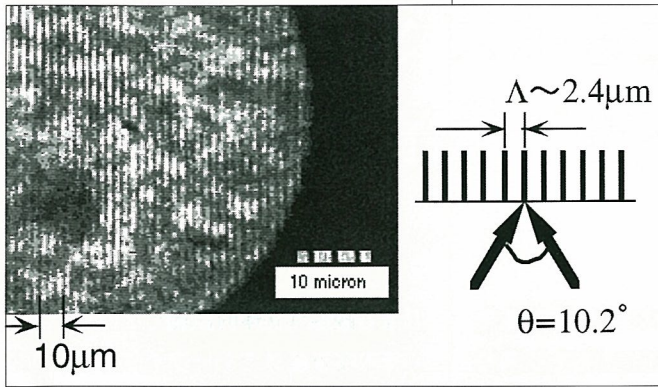


図3 干渉露光によってフォトリフラクティブ液体に形成された屈折率変調

だけでなく、シンプルな構造で、より実用に近い分子系も研究しています。大きな屈折率変化が得られる液晶と光学的に透明なガラスの性質を併せ持ち、新しい原理に基づく光誘起屈折率変化を示すものです。ここでは、分子設計によって光・電子機能の発現に加え、「状態」の制御を行うことにより、興味深い現象を見出しています。これは、これまでの常識をくつがえす「フォトリフラクティブ液体」と言える材料です。反応性が高く重合する部位と、融点を下げて室温で液体になるような官能基を導入したカルバゾール化合物とアクセプターからなる電荷移動型液体です。アクセプターとの組み合わせにより、光の波長感度や応答性を調整することが可能です。この液体にレーザー光を照射すると、光キャリアが発生します。外から電圧をかけると光電流が流れますが、無電界ではキャリアは拡散・輸送され、やがて捕捉され空間電場を形成します。

異なる2方向からレーザービームを照射すると、光の明暗の干渉縞ができ、図3のように光重合によって屈折率変化を固定することも可能です。分子が容易に回転できる液体状態では、空間電場の方向に分子が向きを揃え屈折率変化が生じます。これは屈折率格子として、図4のように効率良く光回折が起きます。同じ強度の2つの光ビームを入射させても、写真のように一方の出力ビームスポットが明るくなります。1つの光ビームから他の光ビームへのエネルギーの移動が起きるのです。これが、フォトリフラクティブ効果に特有な光増幅作用です。

さらに図5に示すように、外部から電

圧を印加すると出力光強度を可逆的に変調することも可能です。これまでこのような光増幅作用は、特殊な結晶や電場で分子の向きを揃えた高分子でのみ観測されていました。

21世紀は電子から光子へ

——今日の情報化社会において、エレクトロニクス材料から、光・電子機能を備えたフォトニクス材料へ寄せられる期待はますます大きくなってきています。来世紀への展望は？またフォトニクスの優位性とは？

光の場合は並列処理ができるという特徴があります。画像の照合を例にとりましょう。デジタル処理では、画像を細分化し、デジタル処理して、メモリーに入れます。それを別の画像と比較する場合には、メモリー上の元のデータと同じかどうか演算処理を逐次行なうわけですが。精度を

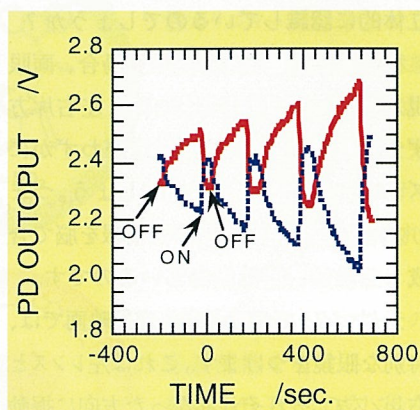


図5 外部電場による光増幅作用の変調 (一方の出力光ビームはエネルギーが増大し、他方の光ビームはエネルギーが減少する。外部からの電場の印加 (ON) によりエネルギー移動が変化する)

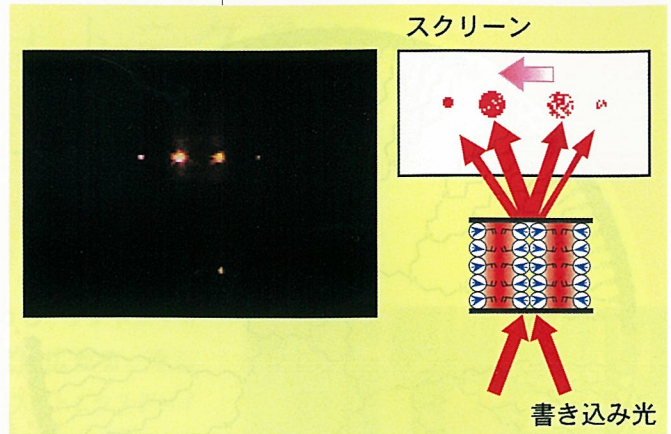


図4 フォトリフラクティブ液体にみられた光増幅作用 (左側の出力ビームスポットの強度が大きい)

上げるために画像をきめ細かくデジタル化すれば、それだけ演算が膨大になります。光情報を電子情報に置き換えることなく並列的に演算できれば、その分たいへんな高速処理が可能となるはずですが。

エレクトロニクスの場合は、素材が何であれ、情報の担い手は電子の流れで、電子の通路は金属です。それに対して、フォトニクスは光子です。光の特性として、振幅(強度)、波長、位相があり、このことは電子よりも光子の方が情報伝達のパラメータの数が豊富であるということを示しています。また、立体視で説明した偏光や回折などの光特有の性質を利用することにより、電子では成し得なかった情報処理や表示が可能になります。来たるべき21世紀の情報化社会における膨大な像情報の高速処理や表示において、フォトニクスの有効性はますます増大するでしょう。

※1： dendritic

樹木のように枝分かれ状の結合が放射状に伸びてきたオリゴマー。

※2： photovoltaic

光照射によって電流が流れやすくなること。

※3： nonlinear optical effect

レーザーなど非常に強い光によって引き起こされる特有な現象。レーザー光の波長が変化したり、物質の屈折率が変化したりする。

文責：広報室

監修：和光本所

超分子科学研究室

主任研究員 和田達夫

取材・構成：村上茂樹

目標達成を目指し、学習して経験を積むシステム

ロボットに原稿のコピーを頼んだとする。するとロボットは原稿をコピー機まで持って行き、コピーして、元原稿と複写原稿をセットにして頼んだ人の元へ届けることになる……。この簡単な作業でも100以上の動作を必要とすることを、脳科学総合研究センター(BSI)脳型デバイス・ブレインウェイ研究グループ/脳創成デバイス研究チームの市川道教チームリーダーたちは調べあげた。現在の技術では、あらかじめロボットに対してすべての動作を入口から出口まで、順番にプログラムしてやらねばならない。

「紙詰まりでも起こしたら、そのプロセスは膨大なものになります。現実にはすべての状況を予測しプログラムすることは不可能でしょう。一方、そばにいる人に『コピーをお願いします』と頼んだ場合には、頼んだ人も頼まれた人も頭に描くのは、

各動作ではなく、複写したものを手に入れる、あるいは複写したものを手元に届けるということです」

一連のプロセスの出口となる「目標」をまず定め、それに対応した動作を組み立てるのが人間だ。

「脳というのは、現在のコンピュータとはまったく異なり、目標を定め、その遂行のためのアルゴリズムを学習によって獲得していくシステムです。私たちはそのような人工のシステムを作ろうとしているのです」

学習する模型自動車

市川チームリーダーたちが目指しているのは、冒頭のロボットなら、コピー機のところに行こうと廊下を歩いている時、清掃員に「掃除中だから、ここを通ってはダメよ」と言われても、解決法を見出すことのできるロボットだ。



市川チームリーダー

「最初は混乱して、おそらく振り出しに戻るでしょうが、『コピーをして届ける』という目標がはっきりしていれば、いずれは別の廊下を通ろうということになるでしょう。そのうち清掃員が掃除をしている姿を見ると、何も言われなくても別の行き方をするようになります」

大きな目標達成のために必要な一連の小さな目標とそれに対応する動作を考え出し、各々の動作に対して小さな目標達成の確認を行いながら進む、これが学習である。

「うまく行かなかった場合は、駄目であることを学習するわけです」

このようなロボットをすぐに開発することには無理がある。したがって市川チームリーダーたちも大きな目標達成のために、より小さな目標を設定し、研究開発を進めている。そのひとつがサーキットの中を学習によってフェンスにぶつからずにスムーズに走行する模型自動車だ(図1)。

この模型自動車はカメラを搭載し、車輪には回転センサーがついている。目標としては「長時間ぶつからずに走る」ということが与えられている。

「最初はぶつかりながらも走る。しかし、これだと長時間はもちません。そこ

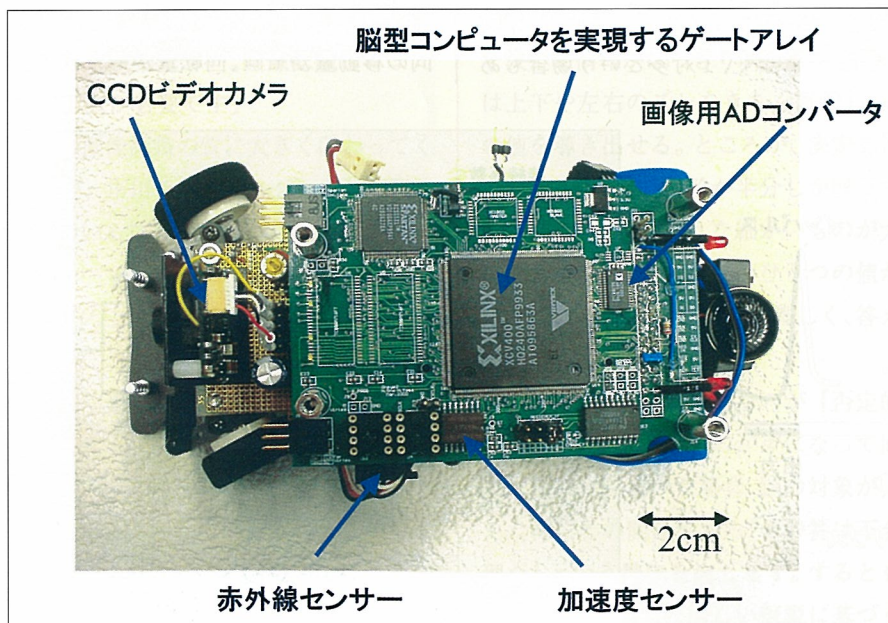


図1 運転方法を学習する模型自動車

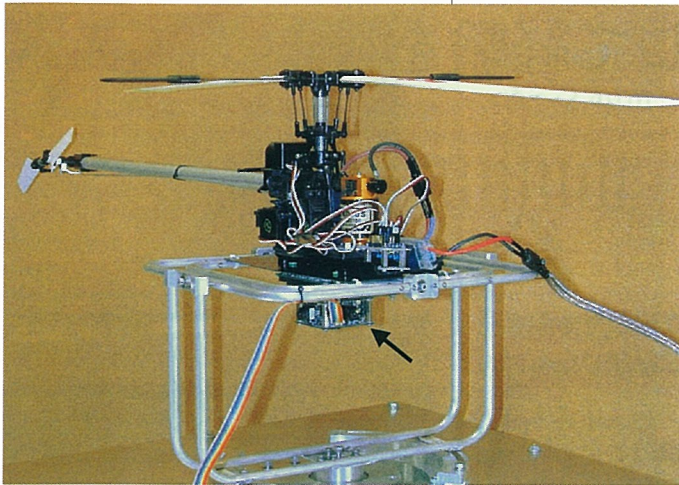


図2 画像情報から姿勢制御を行う模型ヘリコプター。矢印の部分が5台のCCDカメラ。(テスト用の台座に固定されている)

で車はなるべく長く走ることのできる方法を模索するわけです。模索してうまくいった方法があると固定していく。これを何回が繰り返すとうまくいくパターンというものを車は認識できるようになり、速いスピードでぶつからずに走れるようになります」

その学習時間はおよそ20分間。研究室の空いた床に設置されたコースをハイスピードで縦横無尽に走るその姿には思わず見とれてしまう。

車は「止まらずに走る」ということを車輪の回転センサーでまず確認する。またカメラによる画像でも確かめる。画像はフェンスと道路との位置関係を示すようになっている。

「回転センサーのみだと、フェンスに乗り上げ、車輪だけが回っている場合も、車は進んでいると勘違いしてしまいます。画像があれば絵が全然変わらない

ので、そのうちこれはおかしいということになります。反対に画像だけだと、例えば直線コースではまったく変化しないの

で進んでいることが認識できません」

この模型自動車では、検索型の学習のなかでも初歩的な方法を使っている。カメラの映像で示される自動車の走行路からのズレを、ある評価基準を用いて16基準に分け、それに対するハンドルの切り方を16操作に分ける。16基準と16操作の間には最初は何の繋がりもなく、車は最初はフェンスにぶつかる。車は16基準と16操作を適当に繋いでいき、繋ぎ方が悪ければぶつかり、よいとうまく行くという経験を繰り返す。ある繋ぎ方が悪い結果をもたらせばこれを変え、よい結果であれば固定していく。そして最終的には16基準と16操作が全部繋がる。

「繋がり方は基準と操作の1対1の対応だけではなく、1対多という場合もある

りますが、最も安定した繋がり方というものには存在します。いずれにしろ、この模型自動車の場合はあらかじめ学習の枠組みを設定しているプリミティブなものです」

枠組みを設定せずに学習させようとしているのが、模型ヘリコプターの空中静止の研究である(図2)。

ヘリコプターの本能と学習の狭間

模型ヘリコプターには5台のカメラが搭載されており、その入力のプロセッサを介してサーボモーターへ出力される。このヘリコプターの目標は「空中での静止」である。

「鳥も親のまねをして飛ぶわけで、何も与えることなくヘリコプターに静止というものを学習させようとしても無理です。本能、遺伝子にすでに書き込まれているような最低限の情報は、あらかじめ設定しておく必要があります」

このヘリコプターの場合は、常に各方向の移動量がゼロ、回転量がゼロになる

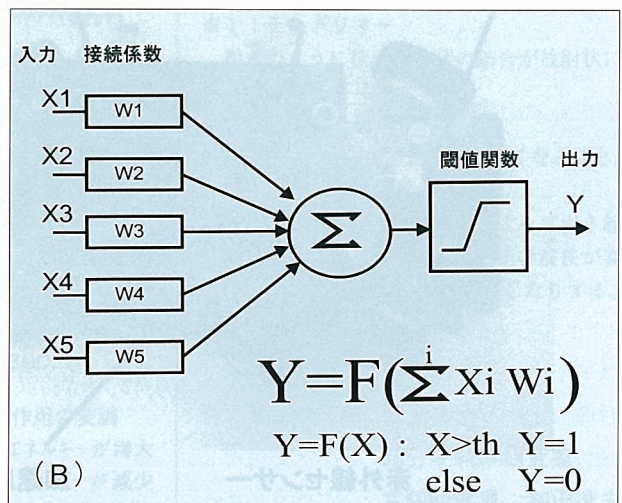
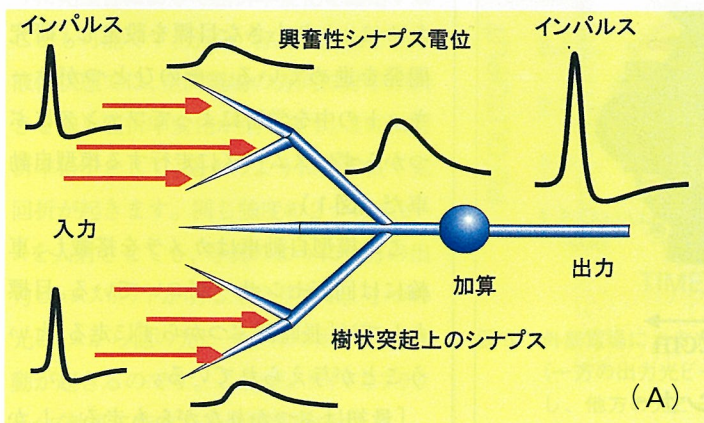


図3 神経細胞モデル

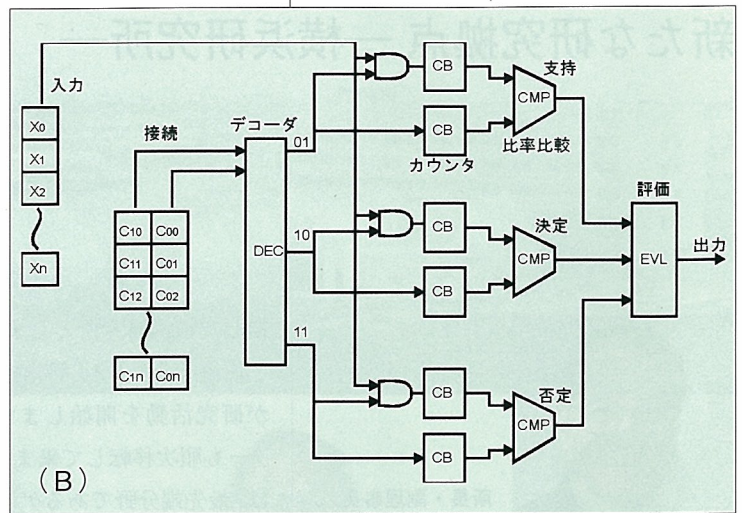
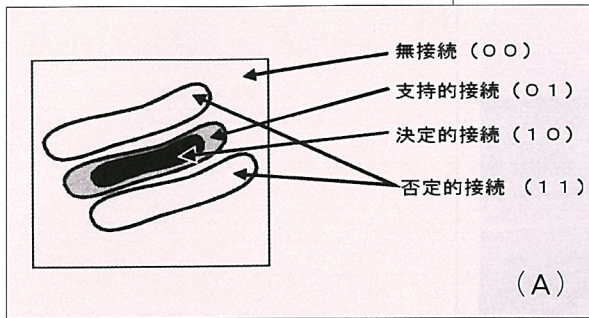


図4 さらに簡素化した神経モデルの概要
(A) 4値モデルの概念
(B) 電気回路での実装方法

ようにするというのである。しかし、カメラの画像を使ってズレを修正し、移動量・回転量をゼロにしようとしても単純には実現しない。というのはローターで回転するヘリコプターの場合、コマの才差運動と同様に自身を横に動かし、移動量をゼロにしようとする前後にも少し動いてしまうからだ。また、空気抵抗やバッテリーの消耗なども大きな擾乱要素になる。

「これらの要素に関しては学習しなければなりません。操縦棒を右に切ると才差運動のために機体が少し後ろにズレることがわかれば、右斜め前に切ることを学ばなければなりません」

しかしこのようなヘリコプターの実現は容易ではない。

「問題はヘリコプターの振動ですね。時間的にズレのある2枚の画像から移動量を知ろうとしても、振動によるブレがあると比較しにくい。画像認識にはまだまだ工夫が必要です」

この画像認識の質に大きく関わってくるのが、市川チームリーダーたちが取り組んでいる神経細胞型素子の開発である。

4値の素子ネットワーク

ひとつの神経細胞には多数のシナプスを介して多くの入力が入ってくるが、それぞれのシナプスは固有の接続の強さ(接続係数)をもっている。

「回路でいえば電気抵抗のようなものです。抵抗が小さければ入力が小さくても出力するし、抵抗が大きければ入力が

大きくないと出力しません(図3)」

これを一般化し、さらに時間成分も入れて、神経細胞の仕組みのモデルを試した。

「モデルをいろいろ検討した結果、ある条件下では、従来考えられてきたほど接続係数の多様性は必要ないという結論になりました。『重要な情報』『重要でないが支持的な情報』『重要で決定的な情報(コア)』『禁止すべき否定的情報(インヒビション)』の4値くらいで十分だということになったのです」

このようなモデルを使えば、重要な情報が10あれば出力するし、重要な情報が5で支持的情報が100であっても出力するといったシステムになる。

ヘリコプターでは、時間的にズレている2枚の画像において、木の幹など重要な決定的情報がはっきり映っている時には上下や左右のズレをきちんと認識し、その値を導き出せる。ところが、決定的情報から少しずれて、幹が半分しか映っておらず、葉っぱのような細かいものが大部分である時には、ひとつひとつの値が小さいためにズレの認識は難しく、答えが求めにくい。

「こういう場合に重要なのが『否定的情報』です。細かいものが束になって間違った答えを導いた場合、別の対象が見えた時にその関係性から『その答は不合理だ』という警告を出します。するともう一度元に戻って、新しい仮説に基づく計算が行われることになります」

つまり、コアが一致したら出力し、これが一致しない時は細部の一致をみて出力を図るが、誤った答えを引きづらないためにインヒビションで防護するという仕組みになっている(図4)。

「4値にして大幅に減らすことができたのがメモリです。4値なら接続の強さに2ビット割り当てただけで済みますから、処理回路も軽くすることができ、計算も早くなります。一方で多くの認識・計算における多値と4値のパフォーマンスの差はあまりありません」

いいことづくめだが、さらなる利点がある。ヘリコプターの場合は、答えが3種出てくることもあり、元の情報、入ってきた情報に戻って分析する必要が生じる。このとき4値の場合は元の情報を探るのが容易なのである。

「人工物に生物と同じシステムを導入する必要はなく、工学的には何が適切なかを考えるのも、脳型システムを作る上での大事なポイントですね」

人工物の利点を活かした柔軟で利口なシステムができる日は案外近いかも知れない。

文責：広報室

監修：脳科学総合研究センター

脳型デバイス・ブレインウェイ
研究グループ

脳創成デバイス研究チーム

チームリーダー 市川道教

取材・構成：由利伸子

新たな研究拠点 — 横浜研究所 —



所長・副理事長
吉良 爽

ごあいさつ

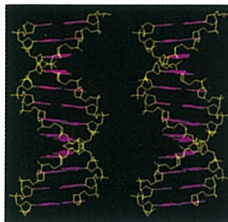
理化学研究所では、1998年にゲノム科学総合研究センターを発足させ、横浜市および神奈川県との連携大学院にその研究施設を建設してきました。このたび落成したのがその第一期分です。同じ場所に横浜市立大学との連携大学院の設立が並行して進められています。その後、2000年に政府のライフサイエンス振興策を受けて、理研は新たに研究センターを開設することになりましたが、そのうち2つ、すなわち、遺伝子多型研究センターおよび植物科学研究センターを鶴見に集結することとし、これらを一

括して横浜研究所としました。

最初はまずゲノム科学総合研究センターが研究活動を開始しますが、他のセンターも順次移転して来ます。横浜研究所は、最先端分野であるゲノム科学と、それが約束するその先のポストゲノム科学において、世界に向けての発信基地となって欲しいとの期待をしています。

ゲノム科学総合研究センター (GSC)

ゲノム科学総合研究センターは、生命活動の基本である遺伝子、ゲノム、タンパク質の構造とその機能の研究を、動植物の分子レベルから個体レベルまで体系的・総合的に進める世界に類を見ない広域ゲノムコンセプトの研究組織です。

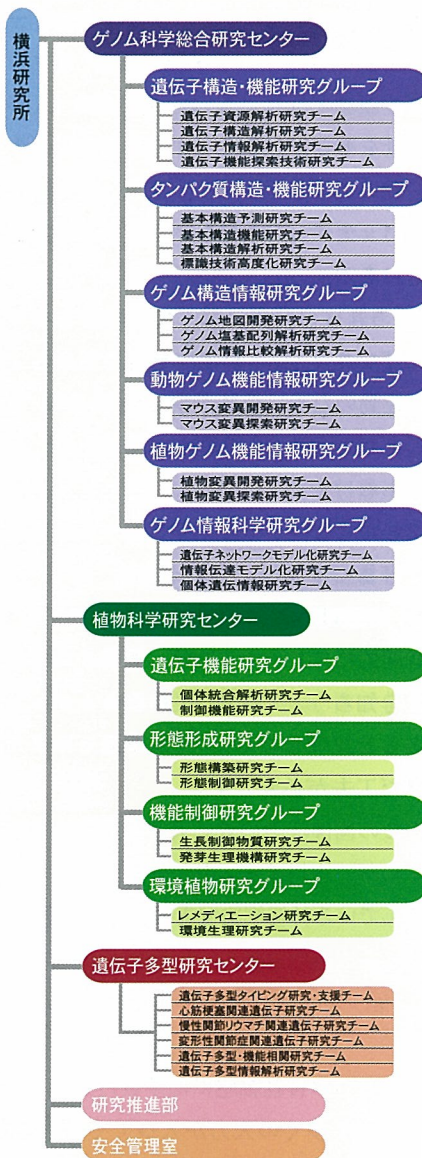


その研究領域は、① 遺伝子構造・機能研究 ② タンパク質構造・機能研究 ③ ゲノム構造情報研究 ④ 動物ゲノム機能情報研究 ⑤ 植物ゲノム機能情報研究 ⑥ ゲノム情報科学研究の6研究グループ体制で先進性、独創性を重視し、ゲノム科



敷地面積：4.6ha (理研横浜研究所)
0.8ha (横浜市大連携大学院)

建物床面積：西研究棟 8,100m²
南研究棟 5,100m²
NMR棟 3,600m²



■人員

区分	人数
ゲノム科学総合研究センター	250
植物科学研究センター	64
遺伝子多型研究センター	50
研究推進部・安全管理室	20



学の新しい局面の開拓を目指しています。生物学にとどまらず化学、物理学、情報科学等の幅広い学際性のもとで、積極的な研究成果の発信と実用化を目指します。

そのため、各研究グループ相互の有機的な協力と連携を図り、より効率的な研究を実施します。GSCはその運営および研究成果について国内学の有識者、専門家による外部評価を行い、これを公開していきます。また、国内外における強力な研究協力ネットワークを構築し、国際的なゲノム科学研究の中核拠点として機能することを目指しています。

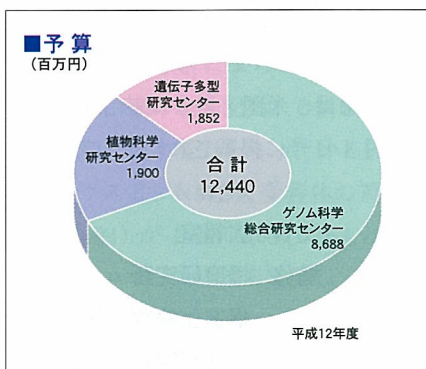
生命の設計図である遺伝子情報の役割を解明することは、医療のみならず、工業や環境、農業などの幅広い産業において革新的な製品開発、市場の拡大をもたらす可能性を秘めています。

植物科学研究センター (PSC)

植物科学研究センターでは、植物の機能の強化と開発を目標に、高次機能と遺伝子及び生体分子との関連について研究を行います。



植物は、食糧、環境保全、健康の維持にとって不可欠な生物です。植物の機能



ゲノム科学総合研究センター
センター所長 和田昭允



植物科学研究センター
センター長 杉山達夫



遺伝子多型研究センター
センター長 豊島久真男

を解明し、これを基にその機能を改良し、生産性を高めることは植物科学に求められている急務の課題です。最近、イネを含む数種の植物ゲノム構造が解析され、植物科学の研究はその成果を基にして大きく飛躍しようとしています。

植物科学研究の中核的な拠点として、最先端のゲノム科学を駆使して、植物の高次機能と遺伝子および生体分子の挙動との関連性を明らかにし、植物の機能を強化し、あるいは新しい機能を付与することを目指し、明日の植物科学技術の開発に必要な基盤研究を行っていきます。

遺伝子多型研究センター (SRC)

遺伝子多型研究センターでは、個人間における遺伝暗号 (DNAの塩基配列) の違いと疾患との関連等について研究を行っていきます。

私たちの体は、ホルモン、酵素、抗体など様々なタンパク質によって、常に一定の生理的な状態を維持しており、このタンパク質を作る情報を担っているのは遺伝子です。

遺伝子には、いつ、どこで、どれだけ、どのようなタンパク質を作るかを定めるプログラムが書きこまれており、このプログラムの厳密な運用によって、必要な

タンパク質が、必要な細胞で、必要な時期に、必要な量だけ生産されて健康な生活が維持されているのです。

ところが、食事、生活環境、ストレスなど様々な外的要因や内的要因によって、この調節機構に異常が生ずると、タンパク質の量に過不足が生じたり、タンパク質の性質が変わって本来の働きができなくなると生命活動の維持に必要な様々な物質にアンバランスが生じてしまい、これが結果として病気につながります。当センターの研究目的は、個人ごとの遺伝子の違いを正確に調べ、個人に合ったオーダーメイド医療や予防医療の確立を資することです。



G-タンパク質共役受容体ロドプシンの立体構造を決定

—大型放射光施設「SPring-8」を用いて—

(2000年8月3日、科学技術庁においてプレスリリース)

当研究所は、世界最高性能を誇る大型放射光施設「SPring-8」を用いて、世界で初めて7回膜貫通型レセプターであるG-タンパク質共役受容体、ウシ・ロドプシンの結晶構造解析に成功した。ロドプシンは、視覚組織である目の網膜にある視物質。今回の構造決定によって、ロドプシンの視覚に関する機能や構造を明快に説明できるようになったばかりでなく、科学的にも応用上も最も重要なG-タンパク質共役受容体ファミリーの基本構造が明らかになった。

ロドプシンは、生物において大切な視覚をつかさどる環境情報センサーであり、数個の光子で活性化される極めて鋭敏な分子スイッチとして機能している。また、細胞信号伝達系の中心的タンパク質であるG-タンパク質共役受容体(GPCR)のひとつとしても分子レベルの研究が進められてきた。これまで電子顕微鏡により、カエルのロドプシンなどでおおよその形がわかっていた。また、同じ7回膜貫通型膜タンパク質で、機能の異なる細菌由来のロドプシンの構造をモデルとして研究が進められている。

今回の構造決定は、当研究所の播磨研究所構造生物物理研究室の宮野雅司主任研究員のグループと、ワシントン大学のパルチェフスキー教授のグループによる共同研究として進められた。構造解析に必要なロドプシンの結晶化は、ワシントン大学の岡田哲二研究員によって成し遂げられた。構造決定に当たっては、SPring-8が使用され、新規タンパク質構造を解くための多波長異常分散(MAD)法に最適化した理研ビームラインI(BL45XU)を用いた。

今回2.8オングストロームの分解能で解析したウシ・ロドプシンの構造は、7回の膜貫通 α -ヘリックスはもちろん、そのすぐ後に90度に曲がった短い α -ヘリックスがあること、細胞外の構造は

4本の β -シートを含めコンパクトに折りたたまれており、2カ所に結合した糖鎖の一部も明瞭に見えた。このしっかりした構造は、多くのGPCRがホルモンなどが結合することでスイッチがオンとなる引き金になることに重要であろうと推察される。7本の膜貫通ヘリックス内部での構造は、予想通り、細菌由来のロドプシンと、7本の α -ヘリックスの並び方の基本は同じだったが、それぞれの位置、形は大きく異なっており、機能の違いの現れであると理解できる。そして、視覚の病気と関係した突然変異は、多くがヘリックス間での水素結合など特異的相互作用をしている部分にあり、ロドプシンの構造維持や機能発現に重要であることが明らかにされた。

また、光を吸収してスイッチを入れるキーであるビタミンAの誘導体であるレチナールの構造とその環境は、これまでに明らかにされている多くの性質を明快に説明できたばかりでなく、色の識別に関わるとみられるレチナール周辺についても、これまで指摘されていなかった新たな研究の手がかりとなる情報が得られた。さらには、信号伝達に関わるG-タンパク質との結合部位のある細胞質側の構造もほぼ明らかにすることができた。

G-タンパク質共役受容体は、細胞の



ウシ・ロドプシン結晶構造の模式図

機能・分化を決定する生体内の信号伝達系において、ホルモンや神経伝達物質などのバラエティ豊かな結合分子に対する受容体として、その中心的役割を担っている。このため、G-タンパク質共役受容体は生物学的な興味の対象としてだけではなく、G-タンパク質共役受容体の作用を調整することで働く、喘息薬、向精神薬などの医薬品開発のターゲットとしても重要視されている。今回の結果は、これらの医薬品開発にも少なからず影響を与えるものと期待される。

本成果は、米国・科学雑誌「Science」の8月4日号に掲載された。

文責：広報室

監修：播磨研究所

構造生物物理研究室

主任研究員 宮野雅司

体性感覚野の正常な発達には NMDA 型グルタミン酸受容体の機能が必須であることを発見

—大脳皮質の生後発達の基本メカニズムの一端を解明—

(2000年8月11日、科学技術庁においてプレスリリース)

当研究所の脳科学総合研究センター (BSI) は、マウスの大脳皮質の興奮性神経でのみ目的の遺伝子をノックアウトする技術を開発した。さらにそれを用いて、大脳皮質の体性感覚野(触覚などの体性感覚が最初に入力される領域)が正常に発達するためには、NMDA 型グルタミン酸受容体^{*1}が重要な働きをすることを明らかにした。マウスの体性感覚野は、人間を含めた哺乳類の大脳皮質発達の基本原理を理解するための重要なモデル系として注目されており、大脳皮質が生後どのように発達するかを表面的な観察ではなく、遺伝子レベルで理解するための強力な手がかりとなる。

高等動物では、生まれたとき脳(特に大脳皮質)は未完成の状態であり、その後外界から様々な刺激を受けることによって、環境に適した形で脳を完成させる。こうした可塑性に富んでいるのは、子供のある一定の時期だけであり、その時獲得したものは一生持続されるが、大脳皮質の生後発達のメカニズムはまだよくわかっていない。

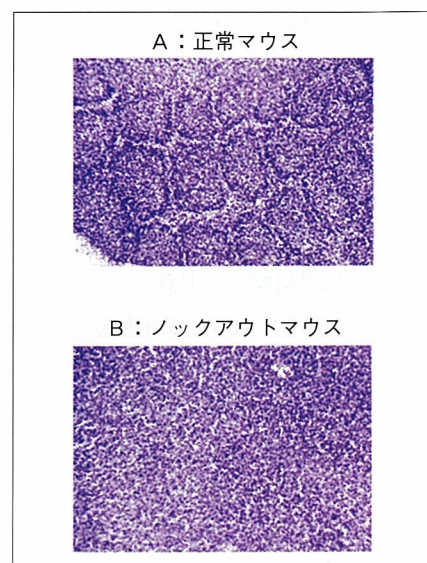
BSI 行動遺伝学技術開発チームの岩里琢治研究員らは、マウスのある特定の領域でのみ遺伝子を不活化(ノックアウト)する技術を応用し、発達期の大脳皮質の興奮性神経で、特異的に目的の遺伝子をノックアウトする技術の開発に成功した。

新たな手法は、まず、Cre 組換え酵素(ファージ^{*2}由来の遺伝子組換え酵素)を、Emx1 という大脳皮質特異的な遺伝子のプロモーター^{*3}の制御下に発現させることのできる遺伝子操作マウス(Cre マウス)を作製する。このマウスは、大脳皮質の興奮性神経特異的に2個のloxP (Cre 組換え酵素によって認識されるファージ由来の塩基配列)で挟まれた遺伝子を切り出す能力をもっている。このCre マウスと、NMDA 受容体の遺伝子(NMDAR1)が2個のloxPで挟まれたマウス(loxP マウス)とを交配して生まれたCre と loxP の両方をもつマウスでは、大脳皮質でのみ Cre 組換え酵素が働いて、

loxP で挟まれた NMDAR1 遺伝子を切り出し、脱落させる。結果として、大脳皮質の興奮性神経特異的な NMDA 受容体のノックアウトマウスが得られた。

夜行性の動物であるマウスは、ヒゲが人間の目と同様に外界を認識するために主要な働きを担っており、体性感覚野は高度に発達している。マウス体性感覚野では、神経細胞はどのヒゲからの刺激を受けるかによってグループを作り、グループ毎に明確に分離したそれぞれ樽のような形(バレル: barrel)に集合する。こうしたバレルは、生後1週間にヒゲから受ける入力パターン(ヒゲの本数など)に応じて形成され、それを過ぎてから、ヒゲを抜くなどの処置をしてもバレルは変化しない。今回開発したノックアウトマウスは、成体になっても体性感覚野にバレルが形成されず幼児の状態のまま止まっており、体性感覚野の生後発達には、NMDA 受容体を介した入力が必要なことが初めて明らかになった。

NMDA 型グルタミン酸受容体は、中枢神経系のシナプスに広く分布し、記憶の獲得など脳の多くの機能で中心的な働きをすることが知られている。今回、体性感覚野の発達における働きがわかったことは、今後、大脳皮質の生後発達をさらに解明するための強力な手がかりとなる。さらに、今回開発された方法は、マウスの大脳皮質の生後発達の機構を調べ



体性感覚野第4層のバレル構造の写真

るための貴重な手法である。

本研究成果は、英国の科学雑誌「Nature」8月17日号に掲載された。

※1: NMDA 型グルタミン酸受容体
(N-methyl-D-aspartate receptor)

中枢神経系では、グルタミン酸が主要な興奮性神経伝達物質である。その受容体のひとつである NMDA 型グルタミン酸受容体は、記憶の形成など様々な脳の機能に中心的な働きをする。

※2: ファージ

大腸菌などの細菌に感染するウイルスをファージという。P1 というファージは Cre という遺伝子組換え酵素と loxP という Cre に認識される塩基配列を用いて大腸菌の染色体に入り込んだり、抜け出たりする。

※3: プロモーター

遺伝子を発現させる機能をもつ塩基配列。プロモーターがないと遺伝子は発現しない。

文責: 広報室

監修: 脳科学総合研究センター (BSI)
行動遺伝学技術開発チーム
チームリーダー 糸原重美

第3代所長 大河内正敏の勲章

理化学研究所が生まれてから八十余年。理研は、日本で唯一の自然科学の総合研究所として歩み続け、ノーベル物理学賞受賞者である朝永振一郎、湯川秀樹をはじめ、多くの優秀な人材を輩出してきた。そんな理研の歴史を物語る部屋が「記念史料室」。その部屋から醸し出される空気は重厚で、そして永遠に営み続ける理研の歴史を静かに見守っている。「記念史料室から」。研究所として確かな後ろ楯のある理研の姿を、保管されている資料を通して紹介していきたい（敬称略）。

（財）理化学研究所第3代所長、子爵大河内正敏。「知恵伊豆」と称され、徳川家光、家綱に仕え、江戸幕府の基礎を固めた「松平信綱」の末裔である。大河内は、川越藩主であった松平信綱の実父から一門が眠る「平林寺」に埋葬された。「平林寺」は、奇遇にも理研の本所が置かれている埼玉県和光市に隣接した新座市にある。その命日にあたる8月29日には、遺族らによる供養の線香の煙が絶えることはない。

大河内正敏が理研の第3代所長となったのは1921年（大正10年）。その4年前に設立された理研が、物理部と化学部との対立から存続の危機に陥ったちょうどそのころ所長に就任した。大河内は、研究室を主宰する指導者に対して、人事権や予算権など強力な権限を与えた「主任研究員制度」を導入し、理研の礎を築いた。また、理研の発明を独自に工業化する



新座・平林寺に眠る大河内正敏

る事業体「理化学興業株式会社」を設立し、理研産業団と呼ばれるベンチャー企業を矢継ぎ早に立ち上げ、戦前のわが国の科学技術向上に大いに貢献する。

記念史料室には大河内家から寄贈された数多くの遺品がある。その中でも異彩を放っているのが、数々の勲章だ。漆塗りの立派な化粧箱に入った勲章は、今も当時の輝きそのまま保管されている。中でもひととき目立つのが「勲二等旭日重光章」。しかし、その裏に隠されたエピソードがあることはあまり知られていない。

この叙勲授与に深く関わったのが元首相である田中角栄だった。田中も大河内に傾倒した人物の一人である。田中が自ら記した「私の履歴書」の中には、理研に関する記述が数多く登場する。特に大河内に対しては特別の想いがあったようだ。田中が初めて大河内と出会ったのはエレベーターの中という。その時の様子を「初めて、しかもほんの1、2分間エレベーターの短い間エレベーターの中で観察した先生であるが、温和で、さすがに



右：勲二等旭日重光章、左上：勲二位柱国章、左下：勲二等瑞宝章



大河内正敏（1878—1952）

立派であった」と書きつづっている。それ以後も、田中は理研と深く関わり続け、特に議員立法による科学研究所法の成立に尽力し、財閥解体の集中排除法で消滅の危機にあった理研を救った。

「科学者たちの自由な楽園（宮田親平著）」によれば、1952年（昭和27年）に死去した大河内の位牌には、「勲等」と数字だけが空けられていたという。門弟たちは叙勲の中でも最高峰の「勲一等」が授与されるものと確信していた。田中は、大河内への「勲一等」授与のため奔走した。しかし、与えられたのは元貴族院議員であれば普通の「勲二等」だった。その願いがかなわなかったとき田中は、「すまん。どうしても吉田（元首相）さんがうんといわないんだ。まことに申し訳ない」と語り、無念さを嘸みしめる。

科学立国を目指し、理想に燃えた科学者、大河内正敏。国民の期待を受け、発展し、拡大を続ける理研の姿を大河内はどう思っているのだろうか。

大河内正敏博士に関する遺品は、大河内千代子氏（大河内正敏四男、信定夫人）、大河内文子氏（同長男、信威夫人）より寄贈していただきました。感謝申し上げます。

執筆・文責：嶋田庸嗣（広報室）

新理事に柴田前総務部長が就任

9月1日、柴田 勉前総務部長が理事に就任しました。長年にわたり当研究所の発展に尽力された藤原正彦理事は8月31日をもって退任しました。



柴田 勉 (しば たつとむ)

<略歴>

秋田県生まれ。1965年、中央大学経済学部卒業。同年4月、理化学研究所に入所し、総務部文書課に配属。研究業務部長、企画室長を経て、98年3月より総務部長。

「国際新技術フェア2000」に出展

9月26日～28日に東京ビッグサイトに開催された『国際新技術フェア2000』（主催：日刊工業新聞社）に理研が出展しました。本フェアは、産・官・学の技術交流をテーマに、国立研究所・公設試験場・特殊法人など30機関、大学・工業高等専門学校11校、研究開発型中小企業など民間企業114社が参加し、約34000人（主催者発表）の来場者で賑わいました。



理研では「理研ベンチャー」8社の紹介を中心に、将来の産業界のシーズとなる研究成果を紹介したほか、積層造形技術を用いてデジタルデータから多色化した立体模型を直接製作する「カラーソリッドモデリング装置」や自律分散型多脚歩行ロボット「キャタピラー」の展示を行い、話題を集めていました。数多くの方が訪れ、研究成果を社会に還元できる絶好の場となりました。

<形態形成研究グループ>



グループディレクター
ふくだ ひろお
福田裕穂
②静岡県 ③東京大学大学院理学系研究科 ④

大阪大学助手、東北大学助教授・教授、東京大学大学院理学系研究科教授（併任） ⑤植物形態形成機構 ⑥遠山の目付け ⑦釣り、読書

植物科学研究センター、新グループディレクター、新チームリーダー紹介

新しく就任したグループディレクターおよびチームリーダーを紹介します。

- 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

<遺伝子機能研究グループ>



グループディレクター
おかだ すぎよか
岡田清孝
①1948年5月27日
②大阪府 ③京都大学理学研究科

④東京大学理学部助手、基礎生物学研究所助手助教授、京都大学理学研究科教授 ⑤植物の形態形成とシグナル伝達機構の分子遺伝学解析 ⑥信じることを貫くこと ⑦様々な趣味の世界を広く浅くかじること



個体統合解析研究チーム
チームリーダー
わだ ひろし
和田拓治
①1968年8月6日

②兵庫県 ③総合研究大学院大学 ④ソーク生物学研究所博士研究員 ⑤植物の細胞の分化と器官形成 ⑥努力 ⑦ドライブ



制御機能研究チーム
チームリーダー
さかい たつや
酒井達也
①1969年6月10日

②東京都 ③東京大学大学院理学系研究科 ④オーストラリア国立大学ポスドク、京都大学大学院理学研究科所属（日本学術振興会特別研究員） ⑤植物の環境応答 ⑦登山



形態構築研究チーム
チームリーダー
まつおか けん
松岡健
①1964年3月14日

②徳島県 ③名古屋大学大学院農学研究科 ④名古屋大学大学院生命農学研究科助手 ⑤植物細胞におけるタンパク質の輸送機構と修飾機構の解析 ⑥やればできる ⑦自然観察



形態制御研究チーム
チームリーダー
むらたき ひろし
出村拓
①1967年5月6日

②宮城県 ③東北大学大学院理学研究科 ④東北大学助手、東京大学助手 ⑤植物の形態形成を制御する分子機構の解析 ⑥博愛 ⑦バスケットボール

第22回理化学研究所 科学講演会 開催のお知らせ

本年度の科学講演会を下記の通り開催いたします。本年度は、横浜研究所の開所を記念して、ゲノム科学総合研究、植物科学研究、遺伝子多型研究の講演を行います。多くの方々のご来場をお待ちしております。

日時：11月6日（月）14：00～17：10

場所：パシフィコ横浜会議センター 国際会議場5階小ホール
神奈川県横浜市西区みなとみらい1-1-1

入場：無料

主催：理化学研究所

後援：科学技術庁、神奈川県、横浜市（予定）

講演：『横浜研究所について』

横浜研究所 所長・理化学研究所 副理事長 吉良 爽

『ゲノム科学総合研究センターの特徴と戦略』

ゲノム科学総合研究センター センター所長 和田昭允

『RIKEN Mouse Genome Encyclopedia Project』

ゲノム科学総合研究センター

遺伝子構造・機能研究グループ プロジェクトディレクター 林崎良英

『タンパク質の構造と機能』

ゲノム科学総合研究センター

タンパク質構造・機能研究グループ プロジェクトディレクター 横山茂之

『ヒトゲノム全解読国際プロジェクトー理研 GSCの役割と貢献ー』

ゲノム科学総合研究センター

ゲノム構造情報研究グループ プロジェクトディレクター 榎 佳之

『植物科学研究センターの発足にあたって』

植物科学研究センター センター長 杉山達夫

『遺伝子多型研究について』

遺伝子多型研究センター センター長 豊島久真男

「恐竜エキスポふくい2000」に理研が出展

7月20日～9月17日に福井県勝山市で「恐竜エキスポふくい2000」が開催され、大阪科学技術センターの依頼により理研が出展しました。

今回、理研は『脳の働きを調べよう！』『来て見て触ってマグネット！』をテーマに展示を行い、「ハノイのパズル」や「立体磁界観測器」などの楽しい実験は、子どもたちに好評でした。期間中の入場者数は約80万人でした。



子どもたちに真空実験を紹介 ～子ども霞ヶ関見学デー～

27省庁が連携して行う「子ども霞ヶ関見学デー」が8月24日に科学技術庁で開催されました。

理研は真空実験装置を使い、真空状態



では「目覚まし時計の音が聞こえなくなる」、「羽とプラスチックボールの落下速度は同じ」などの実験をしました。子どもたちは、装置の中で繰り返しられる現象に興味深そうに覗き込み、積極的に質問や回答をしていました。

午後には、大島理森文部大臣兼科学技術庁長官が訪れ、子どもたちに向かって解説する場面もあり、子どもたちにとっては、夏休み最後の思い出を作る場となりました。

事務機構の改編のお知らせ

業務の効率化、体制強化を目的に10月1日付で事務部門の改編が行われ、フロントティア研究推進部と脳科学研究推進部に経理課を新設し、企画管理課を企画課

に、研究業務課を庶務課に名称を変更しました。また、横浜研究所研究推進部に企画課、庶務課を新設しました。

横浜研究所 記者見学会を開催

9月13日、横浜市鶴見区に完成した横浜研究所において記者見学会を開催しました。タンパク質の構造解析に用いられるNMR（核磁気共鳴装置）棟の公開を中心とした今回の見学会には、地元横浜市の記者を含む報道陣35名が訪れました。

はじめに、有本建男研究推進部長と、



和田昭允ゲノム科学総合研究センター（GSC）センター所長が、横浜研究所とGSCの概要説明を行いました。続いて、横浜市の担当者から鶴見地区の臨海開発や、横浜市立大と理研との連携大学院などについて説明がありました。

次に一行は、NMR棟を見学しました。実際のNMR装置を前に、横山茂之プロジェクトディレクター（GSCタンパク質構造・機能研究グループ）らによってタンパクの構造解析について説明を受けた記者たちは、世界最高性能の研究施設と世界最先端の研究について熱心に取材していました。

また見学会では、横山プロジェクト



ディレクターと、小長谷明彦チームリーダー（GSCゲノム情報科学研究グループ遺伝子ネットワークモデル化研究チーム）によって、近年注目されているポストゲノム研究について講演が行われ、研究者と報道陣との間で活発な質疑応答が交わされました。

支所だより

大島大臣が筑波研究所、SPring-8を視察

大島理森文部大臣兼科学技術庁長官は、筑波研究所および播磨科学公園都市内にある大型放射光施設「SPring-8」を視察しました。筑波研究所には8月10日に来所。小林俊一理事長のあいさつ、宮林正恭筑波研究所長の概要説明のあと、解析研究棟を見学しました。大島大臣は、解析研究棟で林崎良英主任研究員（生体分子機能研究室）からプラスミド調整機、DNAシーケンサーについての説明を聞き、林崎主任と熱心に討論していました。

8月17日には渡海紀三朗科学技術総括政務次官とともにSPring-8を訪問。施設の概要に関する説明を受けた後、加速器制御室、蓄積リング棟などを見学しました。理研の構造生物学用ビームライン



筑波研究所

では、播磨研究所の井上頼直副所長による放射光を使ったタンパク質構造解析の技術側面や、研究成果などの説明に対し、熱心に耳を傾けていました。また、世界最長の1キロメートルの長さをもつ“長尺ビームライン”にも関心を示し、大島大臣は、科学技術における最先端の研究に資することができるSPring-8の可能性に期待を寄せていました。



SPring-8

和光市民大学講座が和光本所で開催される

和光市教育委員会が企画する市民大学講座が8月21日に和光本所で開催されました。今回は、小・中学生（42名）を対象に情報基盤研究部・戎崎俊一基盤研究部長が「宇宙の神秘」をテーマにスーパーコンピュータを使った科学現象のシミュレーションを披露しました。

その後の体験コーナーでは「ゲルマニウムラジオを作って電波について知ろう！」と題してラジオを実際に作る体験をしました。初めて“はんだごて”を使う子どもたちが多く、最初はなれない手つきで

したが全員が最後まで完成させました。電池を使わないでラジオが開けることに不思議がる子どもたちが多く、この体験学習を楽しんだようです。前回に引き続き今回も盛況のうちに幕を閉じました。





選ぶということ

「……まもなくふたりは、大きなカシの木の下の下へきました。みるとその下枝に、“おもいで国”と書いたふだが、さがっています。

みるみるきりがはれて、ツタにおおわれたちいさな農家が、あらわれました。にわには花がさきみだれ、……(中略)……ミチルは、まどに鳥かごがさがっているのをみつけました。

『あーら、ツグミだわ！いまでもむかしのようにうたうかしら？』

そのとたんに、小鳥は声たかく、さえずりはじめました。

『ね、おばあちゃん、ここに青い鳥、いないかな？』

とチルチルがさきました。

そしてつぎのしゅんかん、さげびました。

『アアッ！こいつ青いぞ！青い鳥だ！青い鳥だ！青いぞ！』

おじいちゃん、おばあちゃん。あれを、ほくにくれない？』

ふたりはよろこんで、ツグミをくれました。

ああよかった！

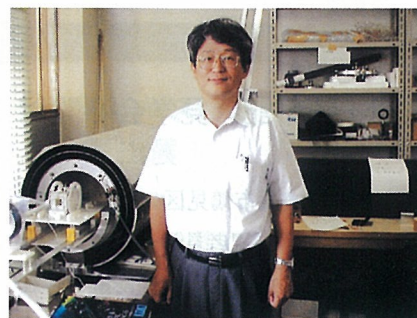
みごとな青い鳥は、妖精の大きな鳥かごのなかで、元気にはねまわりはじめました。

とても安心したチルチルとミチルは、きゅうに、死んだ七人のきょうだいのことをおもいだしました。

そのとたんに、むこうの花ばたけから、死んだ七人の弟や妹たちが走り出てきました。……(メーテルリンク・作、露沢忠枝・文、ポプラ社・刊、「青い鳥」より)

いつだったか、朝、目を覚ます前の浅い眠りのなかで、ずいぶんいろんな夢を次々とみたことがある。その時(無論、目覚めた後であるが)面白いことに気づいた。どうやらこれらの夢の内容は、眠っている自分が一生懸命考え出しているらしいのである。それも、ある場面のイメージがまずあって、それに至るお話を、時間とは逆向きに辻褄が合うように作り上げることをして、最後の夢はついにうまく話をまとめあげることができないままに目覚めてしまった。ところで冒頭に掲げた文章は、おなじみの童話からの一節で、その展開に、現実でなく「おもいで国」での話であることを感じさせるひとつの特徴が認められる。つまりここでも、まずあるイメージ(ツグミのうた、青い鳥、死んだ七人の兄弟)が浮かび、次にそれを追うように、対応する物事が起こってくる。人間の無意識の知覚・認識作業は実はこんなふうに、さきに事実が与えられ、それを跡付けるように、納得できる論理を組み立てていく、というふうに進められているのだろうか？

私がこの点に興味を引かれるのは次のような素朴な疑問からである。私たち人間は、正常な状態である限り、自分の行動を自分の意志によって選んでいるように思っている。ところで我々のミクロな物質界は量子力学によって記述される事がわかっている。物質の状態がすべてミクロに記述されるべ



きものならば、人間の思考を司る器官もその制限から逃

れられないはずである。そうなら、現在からあとの時間の思考は、現在の脳の状態を記述する波動関数の、シュレディンガー方程式に基づく時間発展によって一意に決まってしまう、そこに人間の自由意志が入る余地などないのではなかろうか？私たちが自分の意志で決めていると思いこんでいる事も、実はまず(波動関数の与える確率に基づいて)決まってしまう事態に対し、それをあたかも自分の意志によって選んだかのごとく、そこに至るストーリーを組み立てているだけなのだろうか？なかなか考え難いことではあるが……。

大学の物理学科ではたいてい2年生の後期あたりから、量子力学を学び始める。この風変わりな基本概念に基づく知識体系は、日常経験から積み上げられた素朴直感と大きく異なっているため、さまざまな疑問が浮かび上がる。しかし"stop thinking, and calculate!", とにかく先に進んでいこう。こうして、量子力学なしでは済まない原子核やそれに関連した現象の研究を行なう私たちですら、測定によって、波動関数が許す観測結果A、Bのうち1つが選ばれたとき、「もうひとつの可能性のほうはどうなったの？」と訊いたり、「実はシュレディンガー方程式はこの測定の結果起きた波動関数の変化(収縮)を記述できない」ことを気に病むことはしない。ときに頭を掠めるこの種の疑問を意識的・無意識的に振り払いながら、正確な計算手順である量子力学を各々の対象に適用して研究が進められる、という不思議な状況ができあがっているのである。しかし、ここでは詳しく触れられないが、近年実験技術の進化によってこれらの基礎概念自身をいろいろな形でチェックしようという流れができつつある(そればかりか、さらにはその奇妙な性質を超高速の計算機の原理として利用しようという動きがでてきていることをご存知と思う)。これによって、20世紀の生んだ量子力学を、来たる世紀にはもっと自然なかたちで理解・適用できるようになることを期待したい。

応用原子核物理研究室
主任研究員 旭 耕一郎

理研ニュース No.232 October 2000

発行日：平成12年10月15日

編集発行：理化学研究所総務部広報室

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2番1号

電話 (048) 467-8349 (ダイヤルイン) Fax (048) 462-4715

ホームページ [http://www.riken.go.jp]

Email : koho@postman.riken.go.jp

制作協力：株式会社 スリーアイ パブリケーション