

理研ニュース

7

2000 No. 229

2 ● 研究最前線

- ・ナノテクノロジーの最先端・量子ドットから量子コンピュータへ
- ・ドーパミン作動性神経をめぐる物質

8 ● 特集

- ・科学するところ
—中谷宇吉郎生誕 100年—

9 ● SPOT NEWS

- ・超伝導ウィグラーでの世界最高磁場を達成

10 ● TOPICS

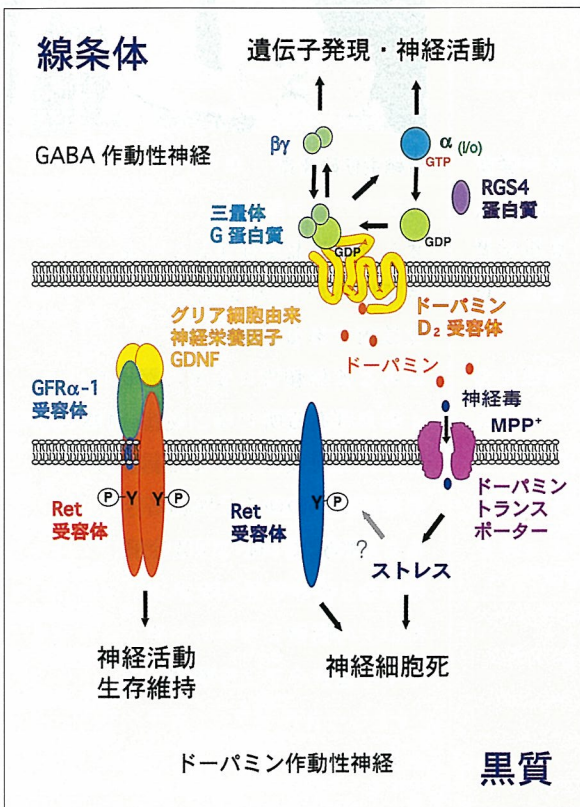
- ・遺伝子多型研究センター、新チームリーダー紹介
- ・フロンティア研究システム フォトダイナミクス研究センターの住居表示変更のお知らせ
- ・中谷宇吉郎 雪の科学館
- ・第4回理研アドバイザー・カウンシル(RAC)を開催
- ・研究室名変更のお知らせ
- ・受賞のお知らせ

11 ● 支所だより

- ・中曽根大臣、和光本所を視察

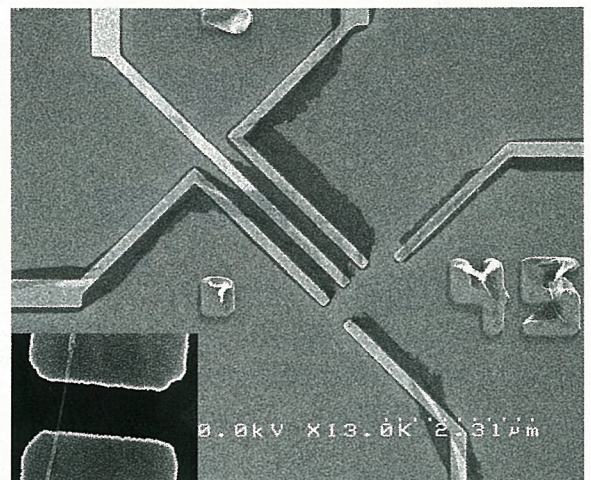
12 ● 原酒

- ・脳の引き込みを巡って



ドーパミン神経終末および標的細胞における情報伝達機構並びに神経毒 MPP⁺ による細胞死の機序
～「ドーパミン作動性神経をめぐる物質」から

1本のカーボンナノチューブで量子ドットデバイスを作るための電極配置図。電極の中心部分には、左下（この場合は見えやすい多層ナノチューブ）のように1本のナノチューブに電流を流すための金属がコンタクトされている。
～「ナノテクノロジーの最先端・量子ドットから量子コンピュータへ」から



ナノテクノロジーの最先端・量子ドットから量子コンピュータへ

縦・横・高さがナノメートル（100万分の1ミリ）単位という超微細構造「量子ドット」を、半導体工学研究室の青柳克信主任研究員たちはさまざまな方法で作ってきた。

リソグラフィーなど半導体技術の応用はもちろんのこと、基板表面の自由エネルギーをコントロールして量子ドットの自己形成を自在に操るといった新しい方法の開発にも成功している。その結果、田中 悟共同研究員（現北海道大学電子科学研究所助教授）、平山秀樹研究員らを中心に360ナノメートル帯の紫外領域で光勃起量子ドットレーザーを実現することができた。

「構造をどんどん小さくするだけでなく、その中で何が起きているのかを調べ、これを将来のデバイス、

新しい機能をもつ未知のデバイスへと繋げていくのも、この研究室の大きな目的です」と青柳主任研究員。そのひとつとなっているのが、量子ドットを使った量子コンピュータの開発である。

量子コンピュータ事始め

最近、量子コンピュータが方々で騒がれているが、青柳主任研究員によれば、これはAT&T Bell研究所の計算科学者P.W. ショアによって引き起こされた現象だそうだ。

「彼は量子コンピュータが、情報社会の要である暗号と深くかかわっていることを証明してしまったのです」

電子マネーや電子印鑑登録など商取引や個人のアイデンティフィケーションを



青柳主任研究員

オンライン上で行うことが盛んになってきているが、これを支えているのが暗号化技術である。情報が暗号化されているからこそ信頼性・安全性が保たれる。

例えばある所では、現在、128桁の数値の暗号を使っていると言われるが、この暗号がいわゆる公開鍵暗号方式だとすると、解読は一種の因数分解によって行われる。そしてこの暗号の安全性は、100桁以上の因数を現実的時間内には発見できないということが根拠になっている。

「ところがショアは、量子状態の重ね合わせを用いれば、簡単に因数分解できる新しい解法が存在することを証明したんです。つまり、量子コンピュータが実現されれば、暗号がすぐ解読されてまう……」

一方、量子状態を情報媒体として利用する量子暗号技術は、理論的には完全なセキュリティを保障することができると考えられている。そのような理由から、量子コンピュータの研究が昨今脚光を浴びることになったのである。

量子コンピュータ構築の条件

ハンガリー系米国人数学者のV. ノイマンは1945年に現在のコンピュータ、つまりプログラム内蔵のデジタル逐次

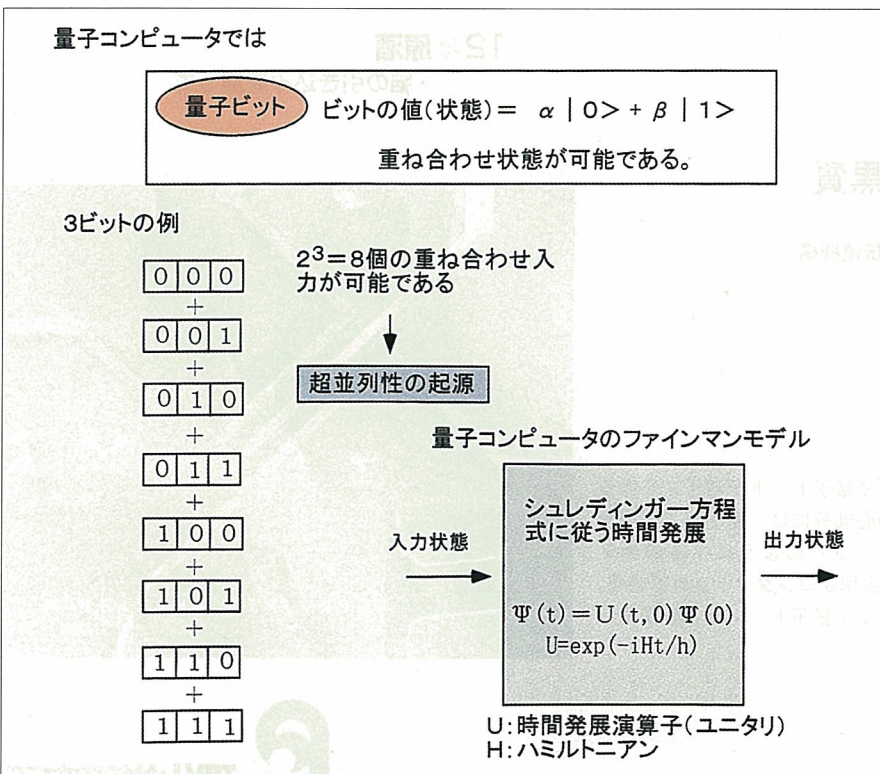


図1 量子コンピュータの概念。量子状態を操作する。

処理コンピュータの基本概念を明確に表している。同様にオックスフォード大学の物理学者D. ドイツェは1985年、量子コンピュータの数学的モデルを最初に作った。

アナログ並列処理コンピュータである量子コンピュータは次の2つの基本的条件を満たす必要がある。

ひとつは、従来のコンピュータでは0あるいは1という状態しかなく、これを表すのに1ビットという最小単位を用いているが、量子コンピュータでは1と0とが交じりあった状態をひとつの単位として扱い、コントロールしなければならない。この一種のアナログ量で表される状態の単位は後になって「量子ビット (qubit : quantum bit)」と名づけられた。つまり、量子コンピュータの実現には1、0で表わされる2つの波動の混じり合った状態を実現する量子ビット素子が必要である。

「これに、我々の開発してきた量子ドットが使えるのではないかと考えたのです」

2つ目の条件は、量子ビットの論理演算を行う制御ノット (control not) という演算方式を実現する仕組みを作ることである。

例えば、3ビットには(0、0、0)、(0、0、1)など8種のパターンがあり、従来のコンピュータでは、これを1つずつ取り上げて情報処理を施してき

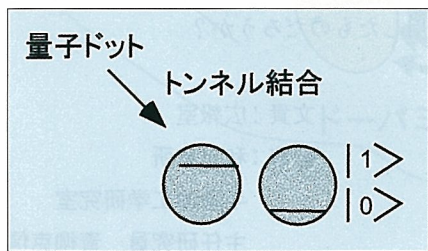


図2 2つの量子ドットから構成した量子ビット

た。ところが量子コンピュータでは8種の状態を8個の波動の重ね合わせとして表現し、一括して入力した後、これを並列的に一括処理、演算して重ね合わせた状態で出力する(図1)。この並列処理、演算を可能にするのが制御ノットである。

「これも量子ドットを組み合わせれば、理論的には可能なことに気づきました」

こうして青柳主任研究員たちは約2年前から本格的に量子コンピュータの基本ユニットの構築に乗り出した。

単電子素子2つで量子ビット素子を作る

電子を10ナノメートルといった非常に狭い構造に閉じ込めると、粒子ではなく波としての性質を強く現すようになる。量子ドットに閉じ込められた電子がまさにそうだ。青柳主任研究員たちは、1個の量子ドットに電子を1個ずつ出し入れする「単電子素子」を実現していたが、この素子の中の電子は波動としてあるひとつの状態もっていることになる。

「このような単電子素子同士を近づけるとどうなるかという『結合単電子素子』の研究がそもその始まりです」

2つの単電子素子を非常に接近させると、素子間を電子がトンネルして行き来することが可能になり、それに伴う2つの準位が形成される。これは水素原子同士をどんどん近づけ、水素分子を形成させた時と同様だ。

「つまり結合単電子素子には2つの電子の波動状態が存在し、高いエネルギー状態を1とし、低いエネルギー状態を0とすることができます。そして2つのエネルギー準位の差の電磁波を当ててやれ

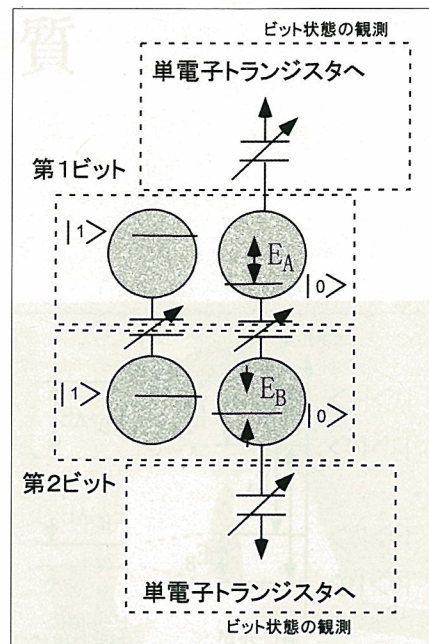


図3 結合量子ドットを用いた量子ゲートの構成

ば、2つのエネルギー状態が混ざりあった状態が生じます。つまり量子ビット素子ができるわけです(図2)」

青柳主任研究員たちが波動状態の混じり合いのために照射するのは数十ギガヘルツのマイクロ波だが、「結合状態ができてきているのは実験的にも確かめられていますが、まだ量子ビットを操作できるまでには至っていません」

単電子素子4つで制御ノットを作る

次はいかにして制御ノットとよばれる演算回路を作るかである。

「量子ビット素子を2つ、つまり単電子素子4個の組み合わせで理論的にはできます」

2つの量子ビット素子の各々にエネルギーのより高い準位(1の状態)と低い準位(0の状態)がある(図3)。組み合わせとしては図3の上部の量子ビット素子が1の状態で下部の量子ビット素子も1の状態(|1>|1>)、上部が1で下部が0の状態(|1>|0>)、上部が0で下部が1の状態(|0>|1>)、上部が0で下部も0の状態(|0>|0>)がある(図4)。当然1と0の混じり合った状態もあるのだが、簡単にする

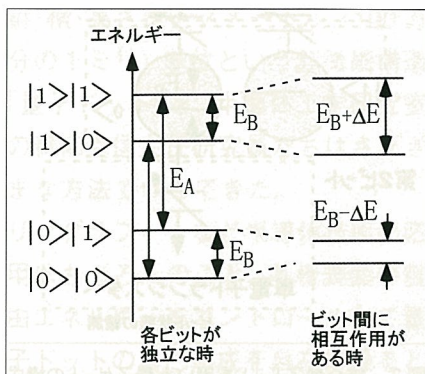


図4 2ビット系のエネルギー状態

ために話を1と0だけで進めていく。

「ここで量子ビット素子のどこに電子がいる確率が高いのかを考えてみると、互いに対角線方向にある場合と、向き合っている場合とがあります。当然向き合っているほうがクーロン力は強くなり、エネルギーは高くなります(図5)」

このクーロンエネルギーを加味すると、 $|1\rangle|1\rangle$ と $|1\rangle|0\rangle$ の間のエネルギー差は広がり、 $|0\rangle|1\rangle$ と $|0\rangle|0\rangle$ の間のエネルギー差は縮まる(図4)。

「つまり4つの状態を区別することができるわけで、これがミソです」

例えば、 $|1\rangle|1\rangle$ と $|1\rangle|0\rangle$ の間のエネルギー差に等しい電磁波($E_B + \Delta E$)をこのシステムに入れてやると、上部の量子ビット素子が1の状態にある場合のみ、下部の量子ビット素子の状態は1なら0へ、0なら1へと変わる。しかし上部が0の状態の時は、エネルギー差が違うので下部の状態は変化しない(図6)。

「同じことが0と1の混ざった状態でも起こるわけです。つまり条件に応じて量子ビットの値を書きかえるという演算処理、制御NOTが、量子ビット素子の2つの組み合わせで原理的にはできるのです」

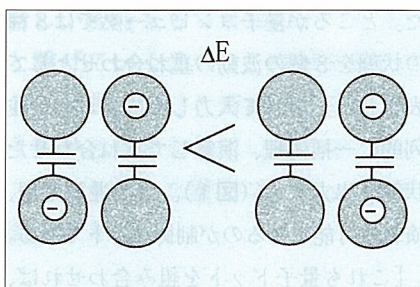


図5 ビット間のクーロン相互作用。これは実験的に確かめられている。

量子コンピュータ実現への道

量子ビットとして固体中の核スピンを使おうというアイデアをもっているオーストラリアの研究者もいる。また、超伝導を使って量子ビット素子を作っている日本の研究者も注目を集めている。

「量子計算は量子力学に直接支配されているので、途中経過を見てしまうと、観測によって値を確定してしまうということが起こる……。私たちの場合は量子ビット素子をズラッと並べて、最後の結果を単電子エレクトロメーターを使って電荷量で読み取るということになりますね」

青柳主任研究員たちの量子ビット素子の本体は量子ドットだが、現在これを

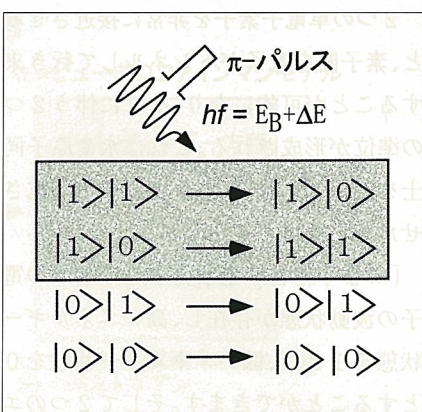


図6 制御NOTの真理表

カーボンナノチューブでつくる方向で研究を進めている(表紙の図)。

「カーボンナノチューブを材料にすれば、長さの制御だけで非常に性能のいい量子ドットができるんです」

カーボンナノチューブの量子ドットは、他の方法で作った量子ドットより高い温度で安定して動作する。また散乱も非常に小さい。電子スピンの向きを一定にした後、電圧をかけると、まったくその向きを乱されることなく反対側の電極まで行き着くという結果も、半導体工学研究室の塚越一仁研究員らが日立ケンブリッジ研究所に在籍中に得ている。

「まずはカーボンナノチューブで結合単電子素子、量子ビット素子を作るところから始めていますが、手応えはいいですね。次に量子ビット素子のペアで制御NOTを作るわけですが、これをどう作ろうかと頭を悩ませています」

いずれはカーボンナノチューブ内での電子スピンの振る舞いを利用した量子コンピュータの研究もしたいと語る青柳主任研究員。これらのまったく新しい概念のデバイスの研究は、半導体工学研究室の石橋幸治先任研究員らが中心になって行っているが、彼ら若い人の柔軟な発想が大きな力となっているとも話す。はるかかなたに思えた量子コンピュータの実用化も、最近の開発状況の加速ぶりをみると、案外近いのかも知れない。その時の素子は果たしていったい何の現象を利用したものだろうか？

文責：広報室

監修：和光本所

半導体工学研究室

主任研究員 青柳克信

取材・構成：由利伸子

ドーパミン作動性神経をめぐる物質

名古屋市郊外の理研 バイオ・ミメティックコントロール研究センター。ドーパミン神経の働きにかかわる酵素やタンパク質の遺伝子を、分子レベルで解析するグループがここで活動している。運動遺伝子研究チームの木内一壽チームリーダーたちだ。

日常の何でもない動作が円滑に運ばなくなるパーキンソン病は、ドーパミン神経の細胞死が原因で生じる病気である。運動遺伝子研究チームでは、ドーパミン欠損マウスを作製して、ドーパミン神経の活動にかかわる遺伝子を調べているほか、ドーパミン神経をサポートするグリア細胞由来神経栄養因子の遺伝子発現、この因子の受容体を介したシグナル伝達系、膜のドーパミン取り込み機構であるドーパミントランスポーターなど、ドーパミン神経に関して幅広い研究を行ってきた(図1)。いま、医学、工学、理学などさまざまな分野の専門家たちが手を組んだドーパミン神経研究ネットワークが、この研究チームを核として広がっている。

なぜ起こるパーキンソン病

現在、全国で10万人近い患者がいるとみられているパーキンソン病。中年を過ぎてから発症することが多く、運動の始動がしにくい、安静にしているときに手足が震える、身体のバランスがとりにくい、筋肉がこわばるなどの特徴的な症状がだんだんと進行する。

この病気は、錐体路を介して随意運動をするときに、それを調整し、助ける働きをもつ錐体外路系の一部に故障が生じるために起こる。

錐体外路系のセンターは、大脳の深部前方にある基底核に存在する線条体である。ここで皮質の運動野から伝えられた随意運動の指令がスムーズに誤りなく実行されるように調整され、皮質の運動野にフィードバックされる。

一方、パーキンソン病の患者では、中脳黒質のドーパミン産生細胞が2割以下に減少していることが観察されている。中脳黒質から基底核の線条体へは神経線維の連絡である黒質・線条体系があって、これはドーパミンが神経伝達物質として働くドーパミン神経である。黒質ドーパミン神経が減少すれば、線条体は



木内チームリーダー

ドーパミン不足の状態になる。

その結果、運動野から線条体へ入ってきた指令はフィードバックして伝達されなくなり、錐体外路系システムはうまく機能しなくなる。

それでは、なにが原因でドーパミン神経が減少するのだろうか。

どうやら自然界にはドーパミン産生細胞を破壊する物質があるらしい。

線条体の膜にはドーパミン取り込み装置のドーパミントランスポーターがあって、この機構を通してドーパミンとともに環境の神経毒が取り込まれる。毒物はドーパミン産生細胞のミトコンドリアに傷害を与え、エネルギー伝達系が働かなくなり、細胞は死滅する。これはパーキンソン病の発症メカニズムのひとつとして考えられている。

壊す物質と支える物質

ドーパミン産生細胞を壊すパーキンソン病原因物質として現在知られているのは、神経毒 MPTP (1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6-tetrahydropyridine) である。

この物質は、麻薬合成の副産物として17年前に発見された。密かに麻薬を合成していた人が副産物が生じているのを

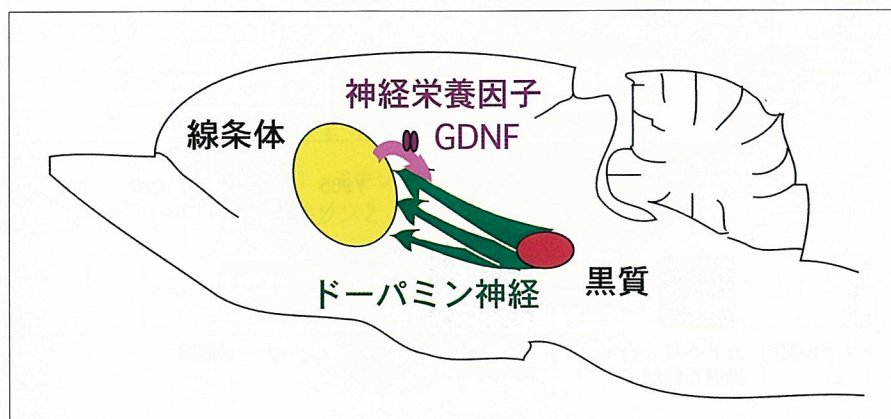


図1 黒質・線条体系ドーパミン神経とその神経栄養因子 GDNF

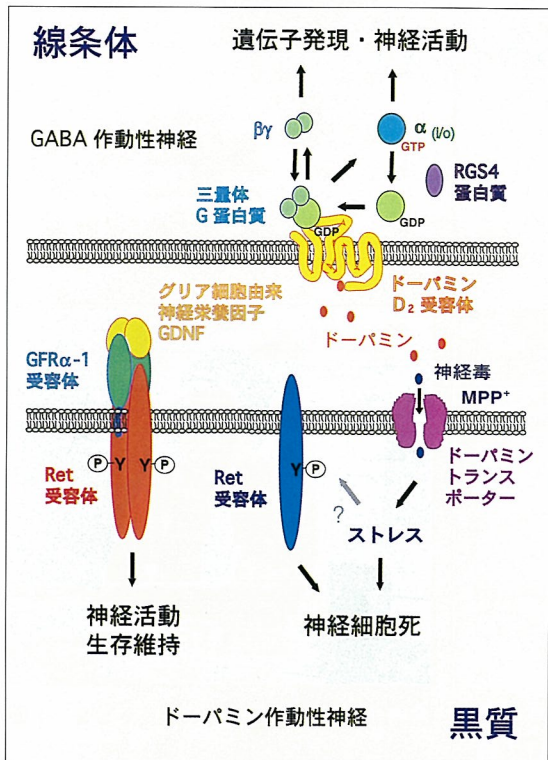


図2 ドーパミン神経終末および標的細胞における情報伝達機構並びに神経毒 MPP⁺による細胞死の機序

知らずに服用し、パーキンソン病の症状を現わして死亡した。このときに突きとめられた不純物が MPTP であった。

この物質をサルに投与すると確かにパーキンソン症状が現われ、黒質のドーパミン産生細胞が死滅しているのが認められた。

パーキンソン病を起こす物質が見つかったことで、病気の原因が遺伝性的のものに加えて、環境中の何らかの化学物質であることが示唆されたことになる。

運動遺伝子研究チームでは、MPTP によりドーパミン神経の生存に重要と考えられている Ret 受容体が、線条体で速やかに消滅することを初めて明らかにしている (図2、3)。

一方、「逆にドーパミン神経の生存と再生を促進し、活動をサポートする物質もあるんです」と、木内チームリーダーは研究のターゲットのひとつである GDNF (グリア細胞由来神経栄養因子) について語る。

GDNF は、グリアの培養細胞から見つかった神経栄養物質で、発生分化の調節作用をもつなど多様な機能が知られてお

り、神経毒 MPTP に拮抗してドーパミン神経を保護する。

「パーキンソン病のようなドーパミン作動性運動神経疾患の治療薬になるかもしれない、とも考えています」と木内チームリーダーは続ける (図4)。

「GDNF の発現量の差がドーパミン神経毒に対する感受性が個体により違う原因ではないか。加齢によって GDNF の発現量が減少し、そのために年をとるにつれてパーキンソン病に苦しむ人が増えるのかもしれない」

GDNF は、チロシンからドーパミンが生合成されるときに律速酵素であるチロシン水酸化酵素の遺伝子発現に影響を与えると考えられている。GDNF は受容体と結合して細胞内に入ると、シグナル伝達系を経てチロシン水酸化酵素遺伝子の発現を導く。木内チームリーダーらは遺伝子発現が誘導されるデータを得ることに成功した。

ドーパミン欠損マウスの作製

木内チームリーダーの研究のもうひとつの柱は、ドーパミンが不足しているマウスを実際に作って、生体内でどんなことが起こっているかを電気生理学的に調

べることである。ドーパミン不足状態の線条体では神経の活動がどう変わるかなど、ドーパミン欠損マウスを使って調べたいテーマはいくつもある。そのためには、使いやすい測定システムが必要だ。

このために、木内チームリーダーらは光ファイバーと蛍光顕微鏡を使って神経活動を調べるシステムを考案し、現在、日本で特許を出願中で、さらに外国特許も出願している (図5)。

「こういう仕事はここバイオ・ミメティックコントロール研究センターの趣旨に合うのではないかと思ったわけです」と、木内チームリーダーはセンサーや制御系を研究する工学系の研究室と隣り合う場所にいることが刺激になると話す。

作製したドーパミン欠損マウスでは、運動量が低下し、運動機能の障害が認められた。電気による刺激と音による刺激を組み合わせて、それらの刺激を避ける行動を調べると、回避行動が減り、学習が低下する現象も見られた。

実験動物を生かしたままで、脳の深部の特定の神経細胞に電極を差し込んで活動を測定する方法など、さらに新しいシステムが開発できれば、ドーパミン神経への理解もいっそう深まるに違いない。運動遺伝子研究チームではアイデアを出し合って工夫を重ねている。

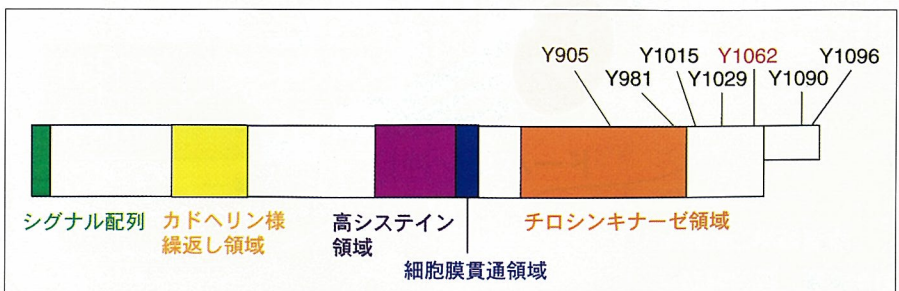


図3 Ret 受容体の構造と細胞内シグナル伝達に係わると予想されるチロシン残基

未来医療へ多様なアイデア

運動遺伝子研究チームには、常勤のフロンティア研究員およびテクニカルスタッフ7人のほかに、非常勤の研究員やJRA（ジュニア・リサーチ・アソシエイト）10人が参加している。

「だからテーマとアイデアはたくさんあるんです」と、8年間のフロンティア研究という時限つきの研究チームをまとめる木内チームリーダーは、残されたあと1年半の期間を走る現在進行中の研究と未来進行形のテーマを数える。

運動遺伝子研究チームの未来進行形のアイデアを紹介しよう。登場するのは、神経幹細胞、GDNF、ドーパミントランスポーター、ミクログリアなどである。

未来の医療では、パーキンソン病も神経幹細胞を使って治療できるようになると予想される。つまり、神経幹細胞をドーパミン神経細胞に分化させて、これを移植し、ドーパミン不足を解消して錐体外路系のシステム不全を治療するわけだ。

その際、ドーパミン神経に先のGDNFを発現させておけば、神経毒に強いドーパミン神経を移植できることになる。

ドーパミントランスポーターのプロモーター解析も木内チームリーダーたちが手がけている仕事のひとつだ。この遺伝子のどの領域がドーパミン神経で特異的に発現するのかがわかれば、

ドーパミン神経にいろいろの特異的な遺伝子を発現させることができるかもしれない。

ミクログリアについても興味深いことが見つかっている。ミクログリアは血球細胞のマクロファージに相当する脳内の免疫応答、清掃、修復などを担うグリア細胞だ。末梢血管からこれを注入すると、ミクログリアは脳血管関門を通り抜けて脳内に到達することがわかった。

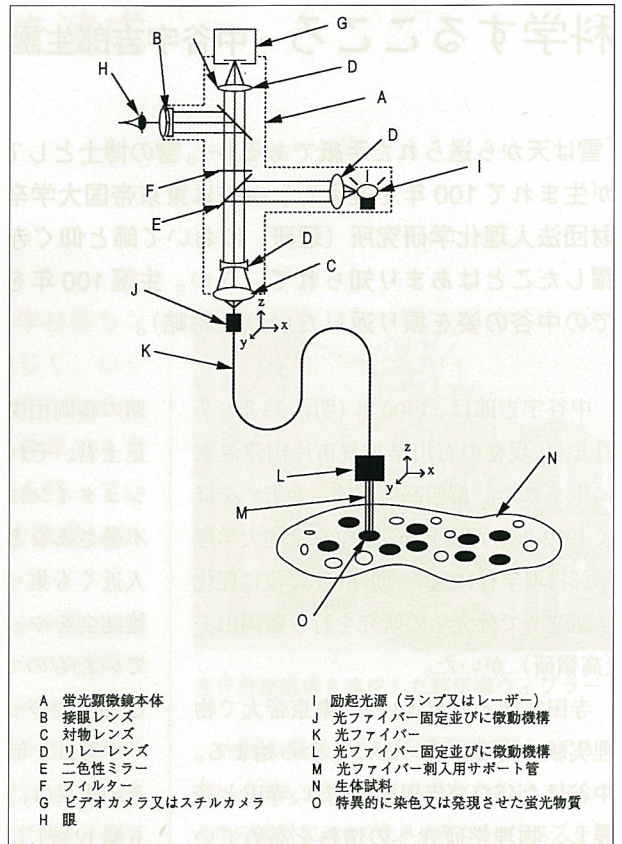


図5 緑色蛍光タンパク質を発現している特定の神経細胞を生体にて検出する方法

それではミクログリアの細胞表面にあるタンパク質とGDNFとのキメラを作って投与し、脳内に届けることはできないのだろうか。

「理研のよいところは基礎的な研究もじっくりやれますが、同時に応用のアイデアを実現する条件が整っていることです」と、木内チームリーダーは今後もGDNFについて、基礎的にもまた応用の面でも新しい貢献をしたいと考えている。

大学では化学工学を学び、医学部の大学院で酵素学を研究。さらに理研で体力と気力を鍛えられたという木内チームリーダーは、フィロンティア研究システムの残る1年半を終えた後は、久しぶりに大学の工学部に戻って活動が続ける。

文責：広報室

監修：バイオ・ミメティックコントロール研究センター
運動遺伝子研究チーム
チームリーダー 木内一壽

取材・構成：古郡悦子

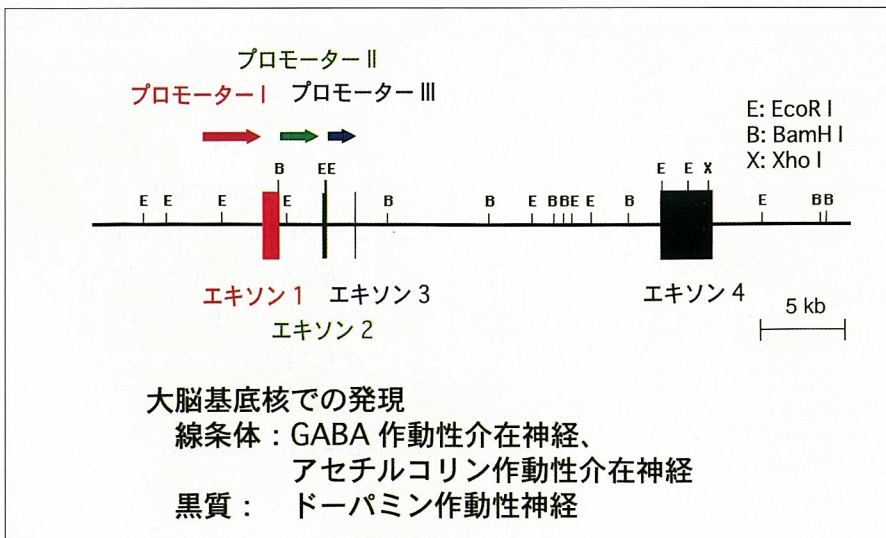


図4 GDNF 遺伝子の構造

科学するところ—中谷宇吉郎生誕 100 年—

「雪は天から送られた手紙である」—。雪の博士として知られる中谷宇吉郎が生まれて100年を迎えた。中谷は東京帝国大学卒業後、設立まもない財団法人理化学研究所（理研）において師と仰ぐ寺田寅彦の研究室で活躍したことはあまり知られていない。生誕100年を機に、理化学研究所での中谷の姿を振り返りたい（敬称略）。

中谷宇吉郎は、1900年（明治33年）7月4日、現在の石川県加賀市片山津温泉に生まれた。第四高等学校（金沢）を経て1922年（大正11年）、東京帝国大学理学部物理学科に入学。同期には、後に理化学研究所で分光学的研究を行う藤岡由夫（高嶺研）がいた。

寺田寅彦との出逢いは、東京帝大で物理実験の指導を受けたことから始まる。中谷はたびたび寺田邸を訪れ、寺田と談義し、物理学研究への情熱を高めていく。中谷は随筆の中で「事情さえ許せば先生の下で研究実験の指導をうけたいという強い希望が心の底にはあった」（「寺田先生の追憶」）と書き記している。

1924年（大正13年）、（財）理化学研究所に「寺田研究室」が誕生した。翌年4月、東京帝大を卒業した中谷は、寺田研の研究生（1年後には助手に就任）として理研に採用される。寺田の下で研究を行いたいという想いは、理研を舞台に結実する。

理研時代、中谷は“火花放電”の研究を進めていた。寺田は、その火花を飽かずに眺めながら「ねえ君、不思議だと思いませんか？」と語り、また「一番大切なことは、役に立つことだよ」と諭した。中谷は、寺田から受けた科学観を、「ここでいっている科学というのは、国家あるいは民族のために役に立つ科学のことであって、科学の本来の姿からみたら、墮落したものかも知れない。しかし国民が期待しているのは、この科学なのである」（「役に立つ科学」）と語っている。

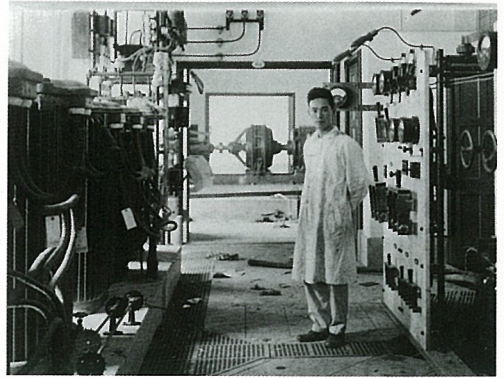
中谷は、設立まもない自由で闊達な理研の姿を数多く書き残した。「理研には、大学を出たての若い仲間が沢山いた。同

期の藤岡由夫君や、一年あとの菊池正士君、それに相対性理論でインシュタインに大いに盾をついた土井不曇さんなど、元気のよい連中が十人近くも集って、毎週木曜日の晩に雑誌会をやって、皆が大いに気焔をあげていたものである」（「日本のこころ」）と書きつづっている。

中谷は3年間、寺田研究室に在籍した。その成果は、理化学研究所彙報（1927年、6輯12號）に「線香火花及び鐵の火花について」という題名でまとめられている。中谷は、「大学を卒業して、理化学研究所にはいつてからは、留学までの三年間に、約三千枚の写真をとった」（「写真と暮した三十年」）と記しているように、写真の技術を大いに磨いた。このときの経験が、後に雪の結晶を研究していくうえで大きく役に立ったことは間違いない。

北海道帝国大学では、理学部の新設が決まり、中谷は実験物理の教授に予定されていた。そのため、文部省留学生として、ヨーロッパに留学することになり、1928年（昭和3年）2月、理研を退職する。退職にあたり、中谷が記した“辞職願”が記念史料室には保管されている。また、別の史料によれば、中谷の初任給は80円と記されている。

中谷は、1930年（昭和5年）に帰国。北海道帝国大学に赴任し、後に理研の主任研究員となる山崎文男の協力のもと、“イオン放電”を研究するために霧箱の実験に着手する。理研とのつながりは途絶えず、1931年（昭和6年）には、再び理研の囑託（無給）となり、1942年（昭和17年）からは寺田研の流れを汲む清



駒込・理化学研究所で実験を行う中谷宇吉郎

水研の研究員に就いた。

雪の結晶の研究に着手するのは、1932年（昭和7年）のこと。以後、雪と氷は中谷の生涯の研究テーマとなる。師と仰ぐ寺田からは1934年（昭和9年）、雪の研究を行うため仮設で建てられた寒いトタン板張りの実験室の完成に対し、「雪の研究所は大変結構ですから七百日の家を振り出しにして将来七万円、七十万円と段々に大インスチテュートに発展することを蜀望します」との激励の手紙が送られている。しかし、寺田は翌年の大晦日、他界する。中谷による世界最初の人工雪が誕生する3ヶ月前のことであった。

中谷は1962年（昭和37年）4月11日、骨髄がんで永眠する。その遺品は、中谷が最後の研究フィールドとしたグリーンランドの氷の下に納められている。

参考文献：

「中谷宇吉郎の生涯」

（太田文平著、学生社）

「雪と氷の科学者 中谷宇吉郎」

（東晃著、北海道大学図書刊行会）

「中谷宇吉郎 雪の科学館 通信」

（中谷宇吉郎 雪の科学館）

※「中谷宇吉郎 雪の科学館」については TOPICS コーナーで紹介

執筆・文責：嶋田庸嗣（広報室）

超伝導ウィグラーでの世界最高磁場を達成

(2000年3月30日、科学技術庁においてプレスリリース)

当研究所は、(財)高輝度光科学研究センターと協力し、国際科学技術センター (ISTC: International Science and Technology Center) を通じて、ロシアのノボシビルスク市にあるブドカー原子核物理学研究所 (BINP: Budker Inst. of Nuclear Physics) と共同で超伝導ウィグラーを開発した。今年の1月から SPring-8 (大型放射光施設) の試験施設で組み立て試験運転を行っていたところ、超伝導ウィグラーとしては世界最高である10.3テスラを達成した。

一般に超伝導ウィグラーは、電子(または陽電子)蓄積リングの直線部に挿入する強力磁石であり、強い磁場で電子ビームの軌道を曲げることによって高エネルギーX線を発生させる装置である。これまでの超伝導磁石の線材は主にニオブチタンが用いられており、この場合は、8.0T(テスラ)を越える磁場を実現することは困難で、もっとも強力とされるものでも、New Subaru (日本・姫路工業大学) 8.2テスラ、VEPP-2M (ロシア・ブドカー原子核物理学研究所) 8.0テスラ、PLS (韓国・浦項) 7.68テスラ、CAMD (米国・ルイジアナ州立大学) 7.56テスラであった。

このような背景のもと、理化学研究所は、米国・欧州連合・日本が中心となって運営する、国際科学技術センター (ISTC) を通じて、1996年以来ロシアのノボシビルスク市にあるブドカー原子核物理

学研究所 (BINP) と共同で、3ポールからなる高性能超伝導ウィグラーの開発研究を行ってきた。本年1月から SPring-8 の組立調整実験棟において、同ウィグラー単体での組み立て試験運転を行っていたところ、2月には、超伝導ウィグラーとしては世界最高である10.3テスラを達成した。

今回組立試験を行っている超伝導ウィグラーは図に示すように、クライオスタット内に液体ヘリウム漬けとなっており、4.2Kに保たれている。その外側は、断熱のため真空中に保たれており、2枚の銅の熱遮蔽板(おのおの20K、80K)で囲まれている。また、超伝導磁石は3つのポールで構成されており、中央のポール部は3つのコイルが巻かれていて、最内部のコイルがニオブ3スズ、残りはニオブチタンでできている。中央部が10テスラ、外側が1.9テスラとなるよう設計している。



世界最高磁場を達成した超伝導ウィグラー

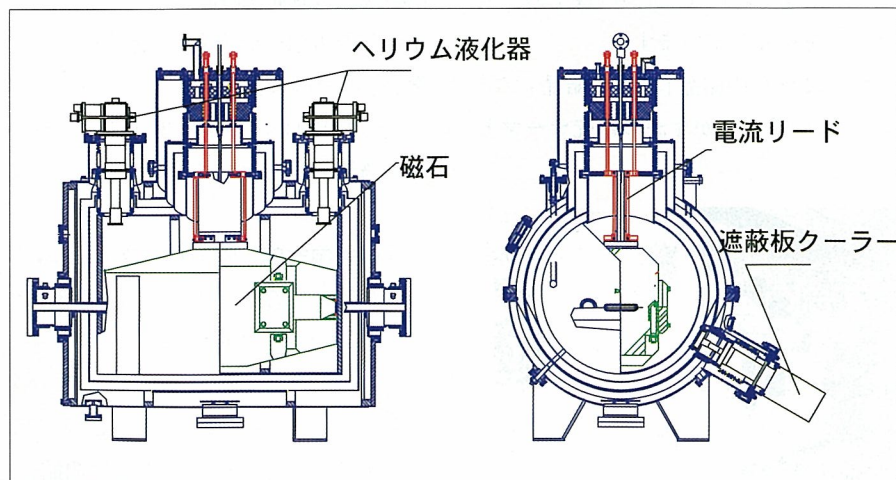
今回の成果で、超伝導磁石が10テスラという強い磁場を達成できたのは、中心コイルの線材にニオブチタンとニオブ3スズを用いて、臨界磁場を大きくしたことによる。ニオブ3スズはニオブチタンと比べても非常にろく扱いが難しいとされてきたが、線材を安定に製作する技術を確認した。

このような強磁場の超伝導ウィグラーを電子蓄積リングに設置すると、高エネルギーのX線が得られる。特に SPring-8 のような高エネルギーの電子蓄積リングに設置した場合、これまでになかったMeV領域のX線が得られ光源としての能力がさらに高まる。

このように高いエネルギーのX線はいろいろな分野において極めて利用価値が高い。例えば、重金属に照射すると対生成反応により低エネルギー高強度陽電子源が得られ、陽電子顕微鏡などに利用できる夢が広がる。また、ベリリウム9に照射して光核反応によって放射能のないきれいな中性子源を実現することができる。特に高輝度陽電子源が実現することも夢ではないといえる。

文責：広報室

監修：(財)高輝度光科学研究センター
放射光研究所 主席研究員
(元・理化学研究所 X線放射物理学研究室 副主任研究員)
原 雅弘



超伝導ウィグラー全体図

遺伝子多型研究センター、新チームリーダー紹介

新しく就任した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



遺伝子多型タイプ
ピング研究・支援
チーム
なかむらゆうすけ
中村祐輔



遺伝子多型・機能
相関研究チーム
こやまくみこ
小山公美子

① 1967年1月16
日 ② 神奈川県
③ 杏林大学保健

学部 ④ 大阪大学助手、(財) 癌研究会
癌化学療法センター研究員 ⑤ ヒトゲ
ノム解析、遺伝子機能解析 ⑦ 旅



遺伝子多型情報
解析研究チーム
つのだたつひこ
角田達彦



心筋梗塞関連遺
伝子研究チーム
たなかとしひろ
田中敏博

① 1966年2月3
日 ② 鹿児島県
③ 東京大学大学

院医学系研究科 ④ 東京大学医学研究
所ヒトゲノム解析センター助手 ⑤ 循
環器疾患の分子遺伝学 ⑥ 大器晩成
⑦ クラシック音楽



慢性関節リウマ
チ関連遺伝子研
究チーム
やまもとかずひこ
山本一彦

① 1952年2月12
日 ② 神奈川県

③ 東京大学医学部 ④ 九州大学生体
防御医学研究所、東京大学医学部内科
教授 ⑤ 自己免疫疾患の遺伝子研究
⑥ 調和 ⑦ ワイン



変形性関節症関
連遺伝子研究
チーム
いけがわしろう
池川志郎

① 1957年8月25
日 ② 兵庫県

③ 東京大学医学部 ④ 心身障害児総合医
療療育センター整形外科 医長、東京大学
医科学研究所・分子病態研究施設助手、ヒ
トゲノム解析センター助手 ⑤ 骨・関節
の病気 ⑥ よく生きる ⑦ スポーツ(ラ
グビー、テニス、スキー)

フロンティア研究システム フォトダイナミクス研究センターの
住居表示変更のお知らせ

7月3日よりフォトダイナミクス研究センターの住居表示が以下の通り変更になりました。

〒980-0845

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 519-1399

※電話・FAXの変更はありません。

中谷宇吉郎 雪の科学館

中谷宇吉郎博士の博物館「中谷宇吉郎
雪の科学館」が、生誕地である石川県加
賀市片山津温泉にあります。中谷博士の
幼少期から、第四高等学校、東京帝国大
学、理化学研究所、ロンドン留学、北海
道帝国大学と経歴をたどり、博士のひと
となりを紹介しています。

さらに、「雪の結晶」、「氷の結晶」ゾ
ンでは、中谷博士が生涯の研究テーマと

した雪と水の謎を、綺麗な写真とともに
わかりやすく解説しています。

また、片山津温泉では、生誕100周年
を記念して様々な記念行事が計画されい
ます。「寅彦と宇吉郎の絵画展」のほか、
中谷博士の研究が源流のひとつになって
発足した雪氷の研究者の団体「日本雪氷
学会」の全国大会(10月1日～5日)が
予定されており、10月2日には一般向
けの講演会も行われます。

○「中谷宇吉郎 雪の科学館」

石川県加賀市潮津町イ106番地

(北陸本線「加賀温泉」下車)

電話：07617-5-3323

開館時間：9:00～17:00

休館日：水曜日(祝日は開館)

年末年始



第4回理研アドバイザー・カウンシル (RAC) を開催

理研は、8年前より研究所全体の研究計画及び運営についての外部のレビュー・助言システムを取り入れるため、理研アドバイザー・カウンシル (RAC) を実施しています。今回、第4回RACを6月4～7日にわたり開催しました。

5日は、和光本所において午前10時より開始され、小林俊一理事長による理研の運営全般に係る説明のあと討議があり、その後、新設された発生・再生科学総合研究センター、植物科学研究センターおよび遺伝子多型研究センターの内容説明がありました。

5日午後は主任研究員研究室とフロンティア研究システム、6日午前には脳科学総合研究センター、午後はゲノム科学総合研究センターの活動に係る説明と討議が行われました。

また、7日には都内のホテルにおいて、全体会議が開かれRACから理研へ報告が行われました。8日はオプションツアーとして播磨研究所の見学が行われ、全日程を終了しました。

今回のRACは、特に各研究組織ごとのアドバイザー・カウンシルの報告事項、提言についての検討、理研全体としての研究組織構造の妥当性についての検討、および理研の将来性についての助言が付託事項となっています。



第4回RACのメンバーは国内外の著名な研究者14名（日本7名、外国7名、議長：ヘンリー・G.フリーセン カナダゲノム会議議長）です。

研究室名変更のお知らせ

下記の研究室名が6月1日より変更になりましたのでお知らせします。
低温物理研究室（旧マイクロ波物理研究室）

受賞のお知らせ

受賞名	受賞者		受賞業績	受賞年月
日本物理学会 第1回核理論新人論文賞	RIビーム科学研究室	望月優子	中性子星グリッチの起源を説明するエキゾチックな「核の棒」形成とそのダイナミクス	1999年9月
韓国光学会名誉会員	光工学研究室	山口一郎	光工学に関する研究	2000年2月
1999年度有機合成化学 奨励賞	有機金属化学研究室	侯召民	新規希土類金属活性種の開拓と高選択的有機合成反応への応用	2000年2月

支所だより

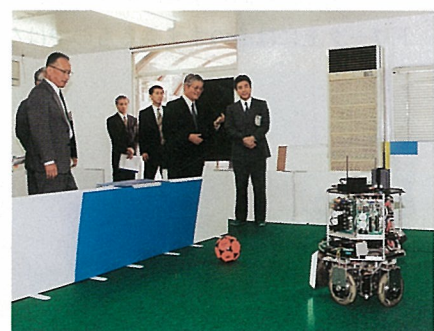
中曽根大臣、和光本所を視察

中曽根弘文文部大臣兼科学技術庁長官は5月25日、和光本所を視察しました。当研究所からは、小林俊一理事長らが同行、最先端の科学に携わる研究者たちの説明に、中曽根大臣は熱心に耳を傾けていました。

午前は、小林理事長から自然科学の総合研究所としての取り組みについて、当研究所の概要説明を受けたのち、「リングサイクロトロン」、「タンパク質の解析施設」、「3自由度独立駆動型全方向移動ロ

ボット」などを見学し、それぞれ矢野安重・加速器基盤研究部長、ゲノム科学総合研究センターの横山茂之プロジェクトディレクター、生化学システム研究室の遠藤勲主任研究員より説明を受けました。

午後には、脳科学総合研究センター (BSI) を見学しました。伊藤正男所長による同センターの概要説明のほか、神経蛋白質制御研究チームの西道隆臣チームリーダーがアルツハイマー病に関する最新の研究成果を披露し、中曽根大臣は、



アルツハイマー病克服の可能性について熱心に質問しました。その後、情報基盤研究棟の「4Dシアター」を見学し、戎崎俊一・情報基盤研究部長が計算科学の今後の可能性について説明しました。



脳の引き込みを巡って



筆者近影

生き物の知能の理解をめぐる、今世紀前半の数学者、A. チューリングの貢献は興味深い。ひとつは知能を機械におきかえる形としてチューリング機械を提案したことである。明確なデータとルールを用いて計算を実行する機械を示し、その後、デジタル計算機の原理として発展し、現在に至る。一方で、彼はその短い人生の中で、もうひとつ、まったく別のアプローチを残している。チューリングの拡散不安定性と呼ばれる原理である。生物の形態形成では1つの細胞が複雑な形の個体へと自発的に変化し、一見、物質の世界の法則に矛盾するように振舞う。彼は化学反応の系で局所の反応が拡散で相互作用すると、かえって空間的に一様な状態が不安定化し、不均一な構造へと自発的に発展する可能性を示した。要素(部分)の意味や性質が要素自体では決まらず、それらが相互作用する結果として、全体が意外にもより複雑な秩序をもった形で実現するのである。チューリング機械が、現在の情報社会の基本原則として大きな発展を遂げたのに対し、後者の生物の自発的な発展の原理は、依然技術とは遠いところにあると言わざるをえない。自発的に発展する系は、ルールを与える手間が省ける一方で、思い通り操作する思想には相反する。

今世紀、科学技術が支える情報化の中で社会が激変していくところを私たちは経験した。そしてこの過程で情報というものの変質してきたことに注意したい。機械に乗せることができた情報が科学技術の支える社会で強調されて、それ以外の部分はかえって闇に入ってしまった。人間にとっての情報を見直すためには、機械と生物の対比としての生物原理に立ち戻る必要がある。

文化人類学者のエドワード・ホールデンは、様々なレベルで作られたコンテキストが個々人の情報環境を与え、隠れたルールとして働く様子を述べ、その重要性を指摘している。コンテキストは全体性の高い情報であり、分解できないことから、ネットワーク上にはそのまま乗るものではない。データだけが遠隔

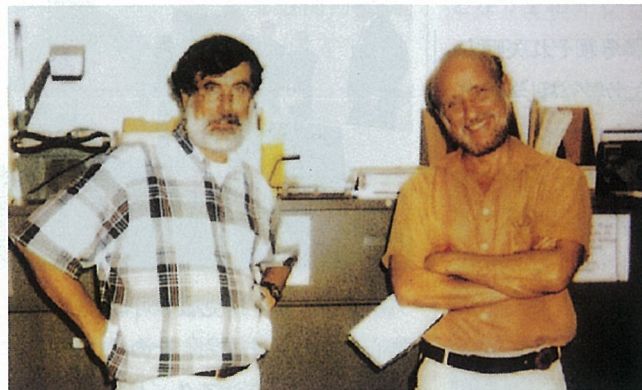
地に転送されるネットワーク社会では、もとのコンテキストが伝えられ

ないだけでなく、思いもよらない新たなコンテキストを生んで、私たちの情報化社会は殊のほか複雑な様相を呈している。

このように、背景となるコンテキストが人間の意味的な活動で重要な働きをしているとすれば、それは当然脳活動としても捉えられるはずである。私たちはこのような問題に対して、脳の神経活動、特に神経集団の振動活動の引き込みに着目して研究を進めている。引き込みの原理とは、生物の概日リズムなど、生物システムの様々なレベルで観察される自発的な時間空間パターン形成の原理の一種である。引き込みが成立したり壊れたりすることで、脳の中に表現されるまともな情報環境が、リアルタイムに様々な変化できることになる。同じデータでも新たな意味を発見する過程など、コンテキストの動的な変化を追い掛けることは、新たな情報の原理の解明にむけて極めて興味深い。

脳の中で引き込みが起きていることを最初に指摘したのは古く、N. ウィーナーによる脳波のパワースペクトルの形からの推定である。一方、脳の神経細胞の測定技術は、その後、細胞個々の微視的な活動の測定を経て、神経集団の活動を時間空間パターンとして測定する段階へ移ってきた。これらは神経という要素の分析的な研究を踏まえたうえで、その間の相互関係として、再び全体性の問題に立ち入る操作的な方法を与えるものである。要素に還元できない神経回路の理論研究に新たな展開がもたらされると期待される。

20世紀までに様々な角度から提起され、未解決のまま残された問題を抱えて、私たちは新たな世紀に入る。そこで脳の世紀と呼べる展開があるとすれば、それは情報化社会の延長線上ではなく、脳が提起する新たな情報の世界の上に展開していくものであり、そのような一歩を目指して研究を進めたいものである。



アリゾナ大学でゼミの折のスナップ (1998.7)。マクノートン教授(左)は海馬のシータリズムの実験研究で滞在先のホスト。ウィンフリー教授(右)は生物リズムの引き込みの理論の草分けで私の海馬の引き込みの研究のゼミに顔を出して下さった。

脳科学総合研究センター (BSI)
知能アーキテクチャ研究グループ
創発知能ダイナミクス研究チーム
チームリーダー 山口陽子

理研ニュース No.229 July 2000

発行日：平成12年7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