

理研ニュース

2

2000 No. 224

2 ● 研究最前線

- ・においを感じるメカニズムを探る
- ・原子核で究める宇宙のダイナミズム

8 ● 特集

- ・放射光利用連携研究がスタート

9 ● SPOT NEWS

- ・50Tflopsの分子動力学専用計算機完成

10 ● TOPICS

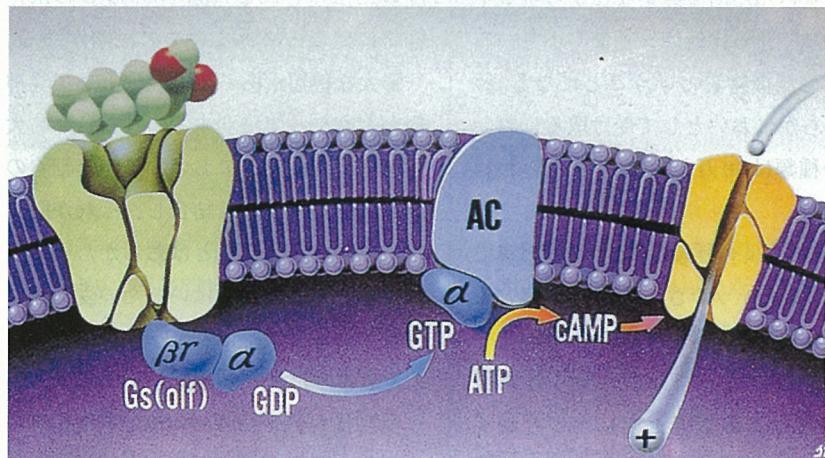
- ・理研シンポジウム「核融合研究の現状とミュオン触媒核融合」を開催
- ・「地震に関連した電磁気現象の最新の知見」に関するシンポジウムを開催
- ・第4回特許・技術フェアを開催
- ・故坂口謹一郎博士をしのぶ「坂口記念館」が開館
- ・平成12年度 理化学研究所一般公開のお知らせ

11 ● 支所だより

- ・理研-RAL 支所だより

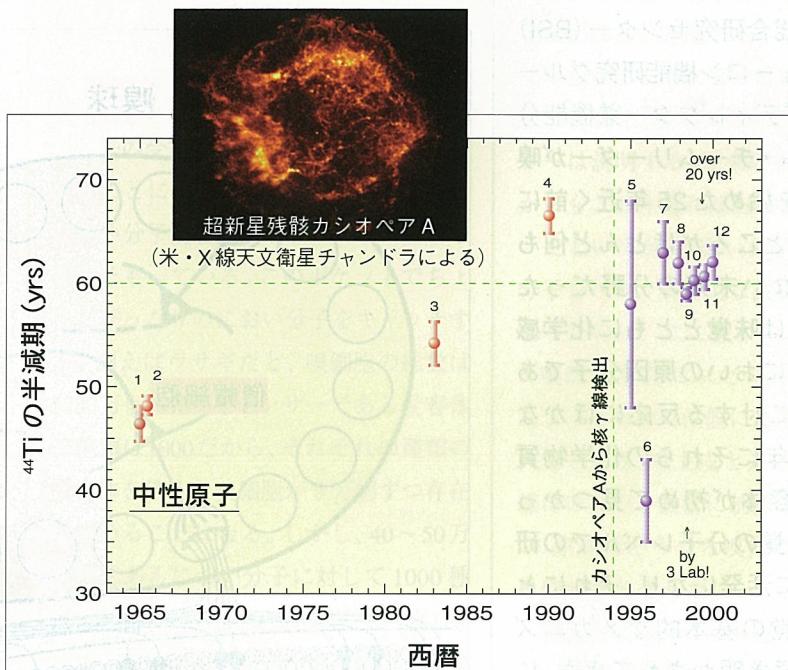
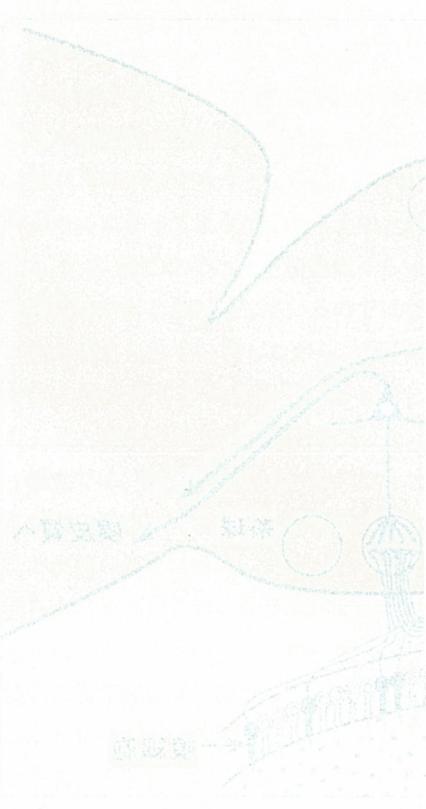
12 ● 原酒

- ・天才教育の可能性



におい分子受容機構

～「においを感じるメカニズムを探る」から
新規な分子生物学的アプローチで分子機構を解明する



チタン44の半減期測定の歴史

～「原子核で究める宇宙のダイナミズム」から

チタン44の半減期は、これまでに複数の方法で測定されており、その結果が異なることがあります。これは、測定法や試料の性質によるものです。



理化学研究所

においを感じるメカニズムを探る

においが遠い記憶や感情と結びついているのはなぜだろう。「あなたにとって懐かしいにおいは何ですか」と尋ねると、多くの人が「味噌汁のにおい」「日に干したふとんのにおい」「磯のかおり」などと答える。そう答えるとき、その人の頭には記憶の中の具体的な光景のひとつひとつが浮かび上がっているに違いない。においは記憶の最良の手がかりといわれてきた。野性動物にとって、嗅覚は食物のありかを知ったり、交尾の相手や危険な天敵の存在を知らせたりする大切な役割をしていることはいうまでもない。そのにおいの感覚、つまり嗅覚系は、視覚や聴覚など他の感覚系に比べてなかなか研究が進まない領域だった。

理研 脳科学総合研究センター(BSI)の森憲作ニューロン機能研究グループ・グループディレクター兼機能分子研究チーム・チームリーダーが嗅覚系の研究を始めた25年近く前には、基本的なところがほとんど何もわからっていない未知の分野だったという。嗅覚は味覚とともに化学感覚と呼ばれ、においの原因分子である化学物質に対する反応にはかならない。91年にそれらの化学物質に対する受容体が初めて見つかった。以来、嗅覚の分子レベルでの研究がにわかに活発になり、それによって嗅覚の基本的なメカニズムが次第に解き明かされてきた。においは鼻から脳にどのように伝達されるのだろうか。なぜ、記憶や情動と深く結びついているのだろうか。

におい分子をつかまえる

食卓に用意されたカレーライスのおいしさなどにおい。その「におい分子」の正体は、カレー粉に含まれる各種のスパイスや煮込んだ肉や野菜などから空気中に揮発してくる比較的分子量の小さい有機物質や無機物質ということになる。わたしたちがにおいとして受け取るにおい分子の種類は40万とも50万ともいわれている。

こんなに多くの種類のにおい分子は鼻でどのようにキャッチされ、それを脳はどんな具合に処理し、識別するのだろうか。

まず、鼻に入ったにおい分子は鼻腔の奥のほうにある嗅上皮にたどり着く(図1)。ここには嗅細胞とよばれる感覚細胞が並んでいて、数千万個あるといわれるこれらの細胞の先端には繊毛

があって、そのさらに先端におい分子受容体が存在する。受容体がにおい分子をキャッチすると、その情報が嗅細胞の電気信号として第1次中枢である脳の嗅球に伝わり、さらに大脳の嗅皮質に伝達される(図1)。嗅覚の伝達経路にはこのような3つの段階がある。

膨大な種類があるにおい分子を嗅覚神経がどうやって識別するかは、長い間、大きな謎であった。におい分子が嗅細胞の表面にある受容体と結合し、それが脳に電気信号を伝えることはおおかた予想されたものの、それではいったい受容体は何種類あって、脳はどうやってこんなにたくさんのにおいを識別するのだろうか。

受容体の数が少なければ、キャッチしたにおい分子が何であるかを解読するのには脳の仕事ということになる。こんなにたくさんのにおいに対応するために受容

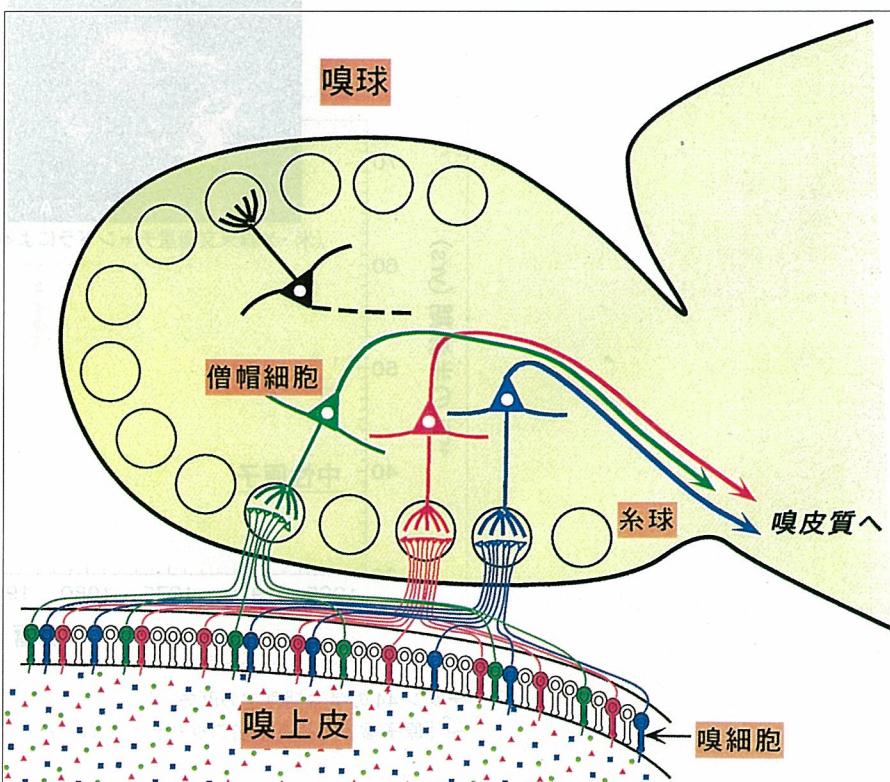


図1 鼻と脳のつながり方

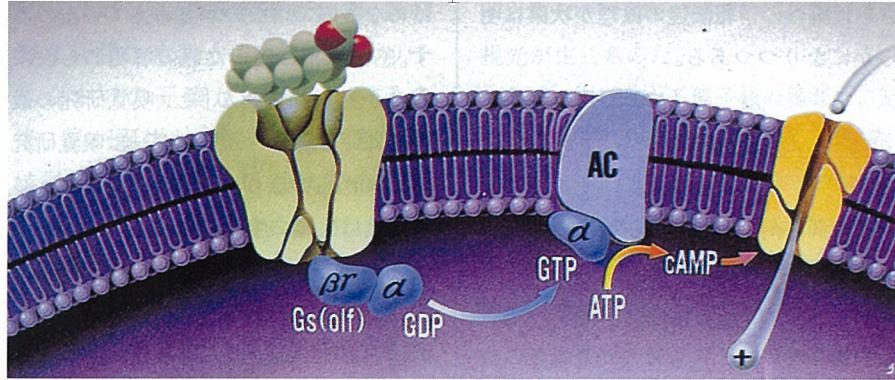


図2 におい分子受容機構

体がいちいち用意されているとは考えにくく、いくつかの受容体が相当幅広くにおい分子を検出するのだろうと考える研究者が多かった。けれども、誰もその受容体を同定することができず、この問題には容易に結論がでなかった。

1000種類もある受容体

「40万以上といわれる膨大な種類のにおい分子をキャッチするために、約1000種もの受容体が嗅細胞に存在することが91年にコロンビア大学のL. バックとR. アクセルによってようやく明らかにされました。以前にはだいたい20種類ぐらいの受容体で何とか対応しているのではないかと考えられていましたから、受容体がこんなにたくさんあるとは驚きでした」と、森チームリーダーは語る。

視覚では、視細胞は赤・緑・青のたった3種類の受容体であらゆる色を受け取ることが知られているが、これに比べると、明らかにされたにおい分子受容体の数は確かに多い。ヒトの場合では免疫系の受容体に次ぐ数である。嗅上皮にはセンサーが1000種類も並んでいることになる。そして、嗅細胞は1000種類の受容体レパートリーのなかから1種類を選

んで配備していることもわかつてき。

つまり、脳が「今かいだにおい分子はどの受容体に結合したか」という情報を得ればにおいの識別ができるわけで、そのためには「どの嗅細胞から電気信号が発信されているか」がわかれればよいことになる。

におい分子受容体のしくみ

さて、脳への経路をたどる前に、におい分子の受容体とはどんなものなのかを見ることにしよう。嗅細胞が備えているにおい分子受容体は、ポケットのような構造をもっている。このポケットでちょうどぴったりのにおい分子をキャッチする。例えばウサギだと、嗅細胞の総数は5000万個であり、センサーである受容体の種類は1000だから、それぞれの種類の受容体を備えた嗅細胞が5万個ずつ存在していることになる。しかし、40~50万種類もあるにおい分子に対して1000種の受容体では1対1には対応できない。

「受容体とにおい分子のあいだにはもっとゆるやかな関係が作られているようなのです。ひとつのポケットの構造にぴったり当たる分子でなくとも、それによく似た構造をもっている分子であ

ればポケットが受け取るしくみになっているんです」

受容体はGTP結合タンパク質共役型で、細胞膜を7回貫通する構造をもち、アデニル酸サイクラーゼの活性化を介して信号の伝達を行っている（図2）。

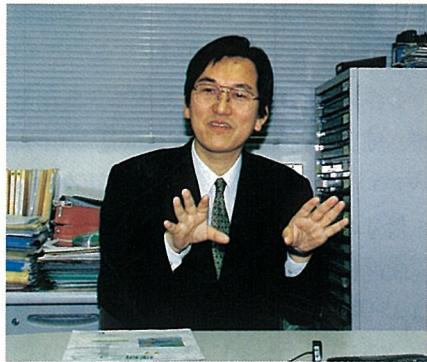
最近、さらにわかったのは、嗅上皮には4つの扇型のゾーンがあることである。それぞれのにおい分子受容体は4つのゾーンのうちの1つに選択的に存在し、ひとつのゾーンのなかではランダムに配置されていることも判明した。

嗅細胞から嗅球へ情報入力

1種類の受容体をもつ嗅細胞は嗅上皮に数千から数万個あることになるが、「同じ種類の嗅細胞から出したいくつの配線は、すべて脳の嗅球のなかにある嗅糸球とよばれる入力端子のうちの特定の端子につながるようになっています（図1）」と、鼻から脳への伝達を森チームリーダーは説明する。従来の生理学的な研究からもこの仕組みはある程度予想されていたというが、におい分子受容体という分子レベルで具体的な説明がつくようになったのは、ここ数年のことだ。

嗅球は左右にふたつあるが、左右でちょうど対称な位置にある糸球に情報が入力される。嗅上皮と糸球のあいだの配線はぴったり厳密に制御されているらしい。糸球はどうやら嗅覚の基本的な機能単位であるようだ。

嗅上皮には4つの扇型のゾーンがあるが、それと対応するゾーンが嗅球にも分かれて存在することがわかつた。嗅細胞から伝わってきたにおいの情報は、嗅球のなかで特定のゾーンに伝達される。「くさいにおい」はゾーンIで認識する、



森チームリーダー そういう具合だ。つまりにおいの質による分類のメカニズムがどうやら存在しているらしい。しかし、においの質とはなんなのかはまだわかっていない。

「それぞれのゾーンには細胞接着分子であるOCAMが関係しているんです。この接着分子は嗅細胞から嗅球への配線と嗅球にある僧帽細胞とのシナプス形成にも絡んでいるようです」

このようにして、嗅細胞から嗅球へ、

さらに脳への情報伝達の原理が次第に明らかになりつつある。

さらに高次脳機能の解明へ

長い間、糸口の見つからなかった嗅覚の研究は、分子生物学や電気生理学、光学測定法などの手法を使って、どうやら基本的なメカニズムが見えてきたところだ。研究はさらに複雑な脳の上位中枢部分へと進む。嗅球から大脳皮質に情報が伝達され、識別されるプロセスである。

一方、においの感覚はどうして快・不快と直接結びつくかというと、嗅球は脳の扁桃体や視床下部といった情動を司る部分近くにあり、情動を担当するシステムに影響するためと考えられている。

「ですから、嗅覚の研究はまだあまりわかっていない人間の快・不快や好き・嫌いのような情動を解明していくきっかけ

になるのではないかと考えているのです。感情障害といった病の解明にも役に立つかかもしれません」と、嗅覚研究の最前線にいる森チームリーダーは嗅覚研究のこれから広がりを見通す。

今後は大脳の嗅皮質におけるにおいの情報処理システムが解明されるとともに、においによるイメージ形成や記憶との関連もおいおい明らかになっていくに違いない。嗅覚の研究最前線は脳を知るうえでもますます重要で、目の離せない分野になってきたようだ。

文責：広報室

監修：脳科学総合研究センター

ニューロン機能研究グループ

グループディレクター

機能分子研究チーム

チームリーダー 森憲作

取材・構成：古郡悦子

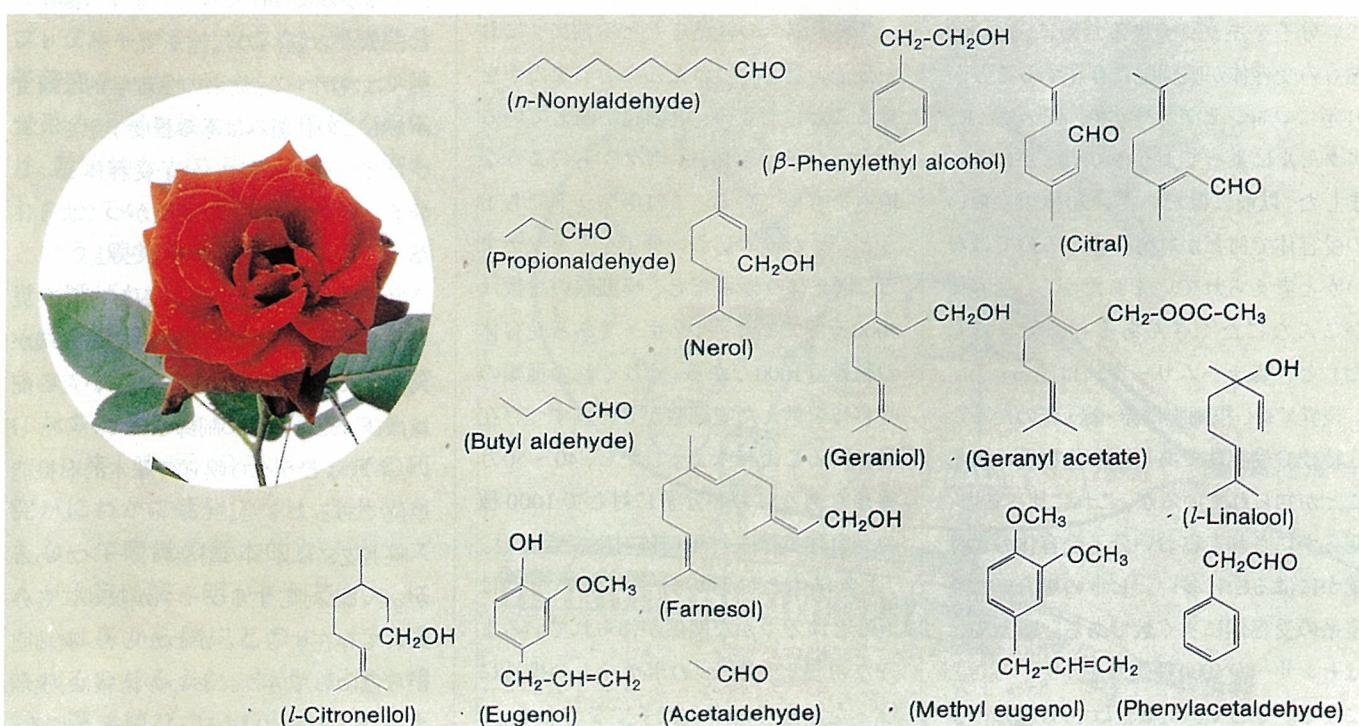


図3 バラの花から発せられるにおい分子

原子核で究める宇宙のダイナミズム

ビッグバンによる宇宙誕生後、最初の3分間に水素からヘリウム、リチウムまでの元素が作られた。その後、星が誕生し、重い星の内部では核融合反応によって鉄までの元素がゆっくり作りあげられた。さらに、星の終末期である超新星爆発によって、星内部で生成された元素や爆発時に合成されたより重い元素が宇宙空間にばらまかれていった。やがて、こうした元素を材料として太陽系が作られ、人類の誕生にまで至った。

「太陽系も私たちの体も、元素の組成は大変似ています。太陽系の元素の量の微妙なバランスが現在の私たちをあらしめたともいえます」とRIビーム科学研究所の谷畠勇夫主任研究員は言う。重さの点からみれば、人体のじつに99.97%を原子核が占めているそうだ。

「我々の研究室では、RIビームを使って原子核の構造・反応自体を調べると同時に、原子核が宇宙の進化の中でどのような働きをし、どのように多様化してきたのかを究め、私たちの存在の所以を解き明かそうとしています」

そして最近、ひとりの新しい女性研究者の登場によって新たな成果が生まれ出されている。

超新星爆発とチタン44

超新星爆発について記述した古書は世界中にある。たいてい長期にわたり非常に明るく光って見えることが述べられているが、この光らせる要因は原子核の崩壊にある。崩壊で生じたガンマ線や陽電

子と周りの物質との相互作用によって可視光が生じるのだ。

崩壊の主役となる原子核の種類は、時間の経過とともに変わっていく。爆発当初は⁵⁶Ni(ニッケル56)が主役で、⁵⁶Co(コバルト56)に崩壊し、⁵⁶Coはさらに⁵⁶Fe(鉄56)に崩壊する。⁵⁶Niの半減期は6日、⁵⁶Coの半減期は77日である。爆発後1500日もたてば、その主役は交代する。⁴⁴Ti(チタン44)が⁴⁴Sc(スカンジウム44)を経て⁴⁴Ca(カルシウム44)に崩壊する現象が主になってくる。1994年、NASAのガンマ線観測衛星「コンプトン」によって、⁴⁴Tiの崩壊に伴う核ガンマ線が史上初めて、カシオペア座にある超新星爆発の残骸であるカシオペアAから検出された。

「この核ガンマ線の検出は、天文研究者にとって非常にエキサイティングな出来事でした」と語るのは、天文畠の出身の望月優子RIビームファクトリー研究協力員<以下、研究員と略>。

歴史的資料からカシオペアAの年齢が約320年であることがわかっており、ま



谷畠主任研究員

た可視光の観測からカシオペアAまでの距離も新しく精度よく求められた。あとは⁴⁴Tiの半減期がわかれば、検出された核ガンマ線の強度からわかる現在の⁴⁴Tiの量をもとに、超新星爆発時に⁴⁴Tiがどれくらい生成されたかを導き出せる。⁴⁴Tiは超新星爆発する親星の深部で、爆発時の強い衝撃波の後方でのみ作られる。

「ちょうど、そこから上は爆発によって宇宙空間にばらまかれる、その下はつぶれて中性子星になるという境で作られます。それゆえ⁴⁴Tiの生成量は、超新星爆発のメカニズムを説明しようとする多

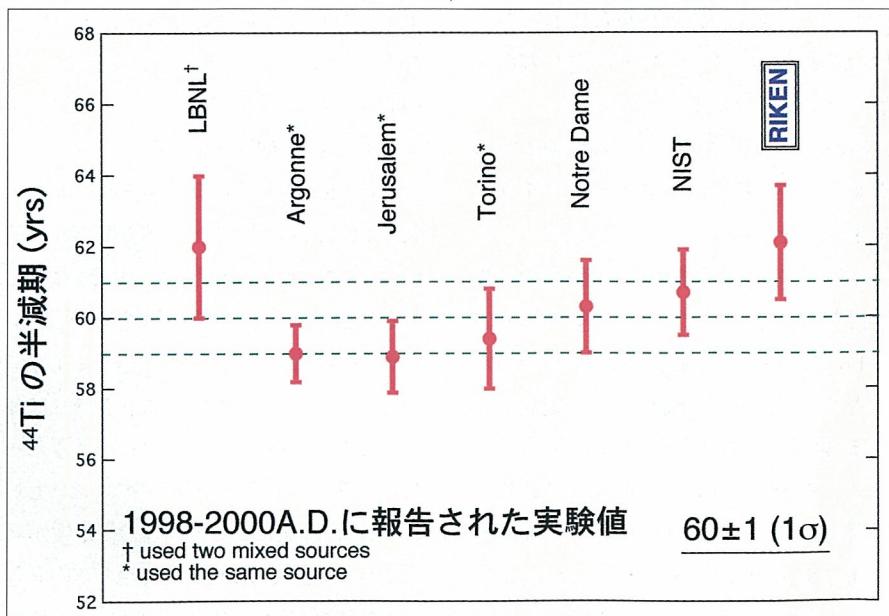


図1 最近2年間に報告されたチタン44の半減期（理研グループの最近の結果を含む）。

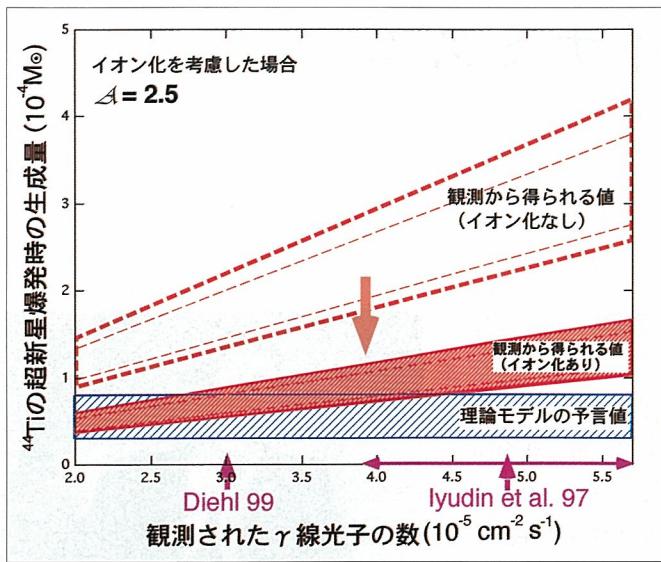


図2 超新星爆発時に作られるチタン44の質量（太陽質量単位）。超新星残骸の進化の過程における原子核のイオン化の履歴を考慮すると、今まで問題視されてきた、観測から求められる値と理論モデルの予言値との食い違いを埋めることができる。

数の理論モデルのどれが正しいのかの判定に使えるのです」と望月研究員は天文研究者たちの興奮の理由を説明する。しかし、それまで報告されていた⁴⁴Tiの半減期は、39年から67年と大きなばらつきがあった。まずは⁴⁴Tiの半減期の確定が必要だ。そこで世界中の原子核実験施設で⁴⁴Tiの半減期の測定が競って行われるようになった（表紙の図）。⁴⁴Tiのように人間の寿命程度の半減期の測定は難しく、測定手法が重要となる。

RIビーム科学研究所でも新しい測定法を開発した。RIビーム施設で⁴⁴Tiをまず作り、その数を数えながら標的物質の中に埋め込み、崩壊個数を測定し寿命を導くというものである。

「我々の実験の最大の利点は、他の実験グループが2年から5年もの歳月をかけて半減期を測定しているのに比べ、たった2週間の測定で同レベルの精度の結果を得たということです。その結果は62.1±1.6年。各国の施設でも似たような値が報告されており、半減期60年が定説となりました」と谷畠主任研究員（図1）。

ところが、この半減期をもとに超新星爆発時の⁴⁴Tiの生成量を求めるとき従来の理論モデルの3倍くらい多くなり、モデルの予言値が観測値とは合わないという結果となってしまった。

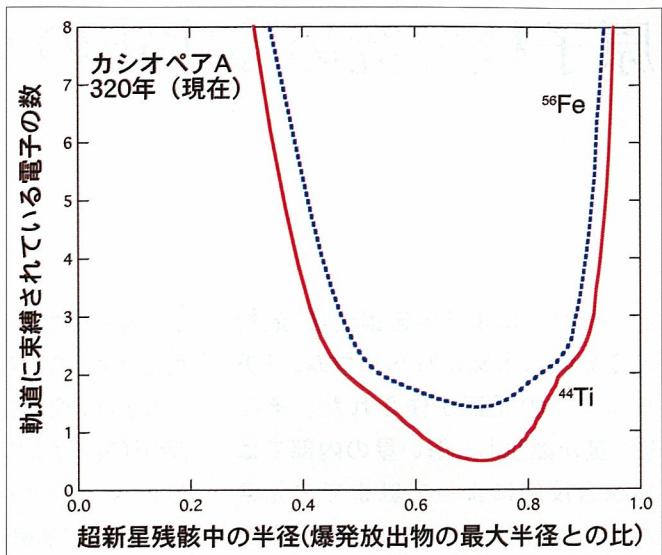


図3 チタンと鉄の現在のイオン化状態を示す計算の一例。

ン化されるが、爆発から時間が経っているのでまわりの物質は希薄で、電子の再結合は進行が非常に遅くなる。

「いつリバースショックに巻き込まれたのか、それにより各場所の⁴⁴Tiがどの程度イオン化されたのか、その後1個の電子を再結合するのにどれくらい時間がかかったのかなどによって、⁴⁴Tiの生成量に対するイオン化の効果の影響は異なってきます。最も効果を發揮すると、観測から導かれる生成量を2.5分の1から3分の1に押えることができ、従来のモデルと観測値との間に重なる部分ができる」と望月研究員はにっこりしながら話す（図2）。

今後のX線天文衛星による観測によって、⁴⁴Tiが超新星残骸中でどんな空間分布をしているか、また現在どのくらいイオン化されているかがはっきりし、その履歴にも答えができるという（図3）。望月研究員も谷畠主任研究員もこれを楽しみに待っている。

中性子星のグリッヂの謎を解く

望月研究員が⁴⁴Tiの研究に先駆けて行っていたのが、中性子星のグリッヂ研究だ。超新星爆発が起きると、その芯として中性子星が残される。中性子星は超高密度で超強磁場をもち、回転している。その結果、電磁波がパルス状に観測されるので、パルサーとよばれる。パルサー

では電磁波の放出とともに徐々に自転速度が落ちていくが、ある時突然、自転速度が急上昇することがある。これをグリッヂといい、1969年にベラパルサーで初めて観測された。ベラパルサーの1回のグリッヂにおける回転エネルギーの増加は、太陽の全放射エネルギーの100年分に相当するという莫大なもので、この増加はわずか2分以内に起こっている。私たちの銀河系では現在までに700個以上のパルサーが観測されており、グリッヂはパルサーに普遍的な現象だと現在では考えられている。ベラパルサーも1969年以降11回グリッヂを起こしている。

グリッヂの起源の説明として最も広く受け入れられているのは、米国のP.W.アンダーソン教授と伊藤直紀上智大学教授によって1975年に提唱された「渦糸のなだれ的ピンはずれ」説で、これは超伝導体からの類推が基になっている。

中性子星は外殻、内殻、コアの3層からなっているが、「渦糸のなだれ的ピンはずれ」説では内殻が主役である。内殻は原子核（中性子過剰核）と中性子の超流体（摩擦が全くない流体）、電子から構成されている。超伝導体では量子磁束が生じ、これが不純物でピン止めされているように、超流体では渦糸が生じ、これ

が原子核でピン止めされている。渦糸の内部は常流動であり、原子核も常流動なので、2つが重なれば超流体の中性子のクーパー対を損なうことがなく、エネルギー的に安定となるからだ。

ベラパルサーでは渦糸が全部で 10^{17} 本あるといわれ、このうちの 10^{13} 本が1度に原子核のピン止めが外れてなだれ的に外殻方向に流れ、超流体の角運動量を外殻に受け渡すというのが「渦糸のなだれ的ピンはずれ」説である。

この説により瞬時の膨大な回転エネルギー移行を説明することはできるが、どのようなメカニズムでなだれ的ピンはずれが起きるのかは、この四半世紀、謎だった。望月研究員は満員電車にヒントを得て、渦糸を溜め込む仕組みと、溜め込んだ渦糸が1度にピンはずれを起こす仕組みを初めて微視的なモデルで説明した。

『核の棒』と渦糸の斥力

通常の原子核は球形である。しかし渦糸の存在を考えると、渦糸と原子核とができる限り重なったほうがエネルギー的に得になる。つまり渦糸内の原子核は、近傍の原子核と連鎖反応的に融合して渦糸に沿った棒状原子核になった

ほうが安定化することを望月研究員は導き、これが動力学的にも可能なことを示した（図4）。『核の棒』ができると、渦糸はこれによってさらにしっかりとピン止めされることになる。『核の棒』が形成されるのは、内殻がコアと接する部分の赤道面に近い個所である（理研

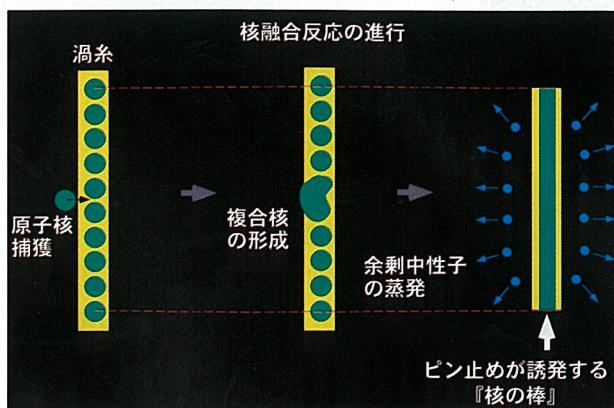


図4 『核の棒』の形成過程。



望月 RI ビームファクトリー研究協力員

ニュース No. 222、8ページの図参照）。

通常は内殻の中央から外向きに進んでいく回転軸と平行な渦糸が、この個所で次々と内部に棒状原子核を形成し強くピン止めされて溜められていく。そしてある時、近傍の渦糸からの局所的な斥力が無視できなくなり、1本はずれる。はずれた渦糸は超流体に乗ってピン止めされた渦糸より高速に回転し、ピン止めをポンポンはずしながら、通り過ぎていく。こうしてなだれ的にピン止めはずれが起きる。

「望月説はポイントが明確で説得力があります。今後いろいろな研究者が検証することになるでしょうが、この分野の発展に寄与することは間違ひありません」と谷畠主任研究員も大いに評価する研究に対し、昨年の日本物理学会の秋の分科会において第1回核理論新人論文賞が授けられた。原子核物理と天文学を自在に結ぶ研究の今後が楽しみだ。

文責：広報室

監修：和光本所

加速器研究施設統括責任者

RI ビーム科学研究室

主任研究員 谷畠勇夫

RI ビームファクトリー研究

協力員 望月優子

取材・構成：由利伸子

放射光利用連携研究がスタート

1999年10月より、播磨研究所において放射光利用連携研究がスタートしました。これは理研を中心として、大学などの有機的な連携により、それぞれの研究ポテンシャルを結集して、SPring-8を利用した新しい科学領域、技術領域を切り開くプロジェクト研究です。

「メンブレンダイナミクス（膜結合蛋白質の構造と集合の動的変化研究）」と「ストラクチュローム（蛋白質集団の系統的構造解析研究）」の2研究グループが、研究期間7年の予定でスタートしました。

1. メンブレンダイナミクス（膜結合蛋白質の構造と集合の動的変化研究）

感覚器や脳、筋肉などの生体機能は、膜蛋白質を中心とした種々の生体分子のダイナミックな働きを通して実現されています。本研究グループでは、この膜蛋白質などの集合体形成機構の解明やダイナミックな構造変化の研究を、その機能の解明とともにを行うことを目的として、3つの研究チームを設けています。

(1) 生体マルチソーム研究チーム
脳・神経細胞などに存在する膜蛋白質複合体（マルチソーム）の電子線結晶学などによる構造解析研究に基づいて、細胞情報伝達機構の詳細を解明します。



(2) 速度論的結晶学研究チーム

速度論的X線結晶構造解析法により、ATPを用いて機能を発揮する蛋白質などの機能の仕組みを、その動作機構に基づいて明らかにします。

(3) 翻訳後修飾による動的調節機構研究チーム

情報伝達系蛋白質の膜上における集合体形成、細胞内局在、転移、細胞膜から膜へのシグナル伝達の過程における翻訳後修飾の役割を構造の面から解明します。

2. ストラクチュローム（蛋白質集団の系統的構造解析研究）

本研究グループでは、高度好熱菌(*Thermus thermophilus HB8*)をモデル生物として取り上げ、基本的生命現象に

係わる蛋白質群についてX線結晶構造解析を行い、細胞内における蛋白質・核酸、蛋白質・蛋白質間の相互作用の様相ならびに蛋白質の立体構造と分子機能との相関関係を、蛋白質や核酸の立体構造に基づいて系統的に解明することを目的として、3つの研究チームを設けています。

(1) 遺伝情報系蛋白質研究チーム

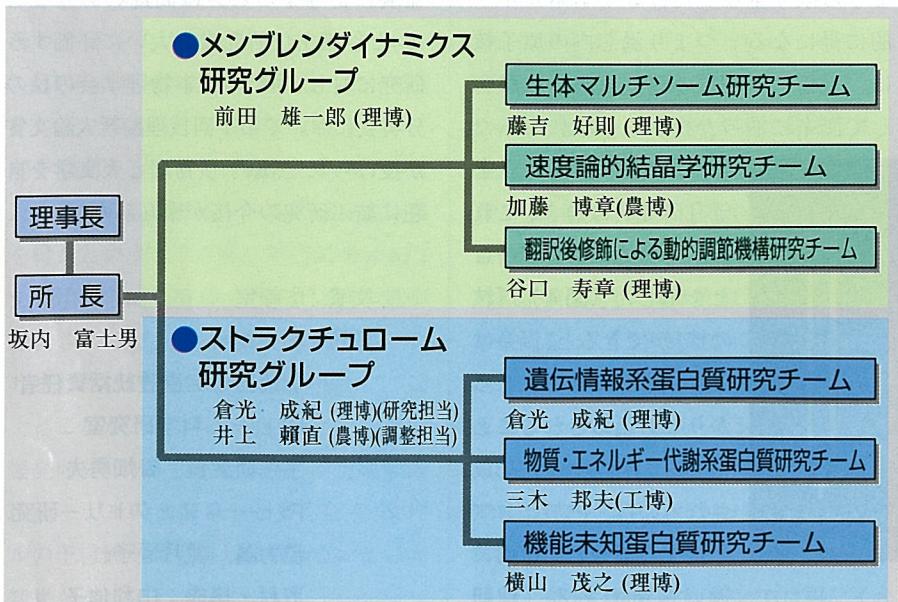
遺伝子DNAの複製・損傷修復・転写・翻訳に関する全ての蛋白質について、立体構造を解明し、構造に基づいてそれらの機能の解明を行います。最終的には遺伝子DNA-多種類の蛋白質群-リボソーム顆粒の間で起こる相互作用の動態について、電算機シミュレーションを行います。

(2) 物質・エネルギー代謝系蛋白質研究チーム

栄養素の取り込みから、その分解によって得られるエネルギーを利用した生合成に至るまでの代謝ネットワークに関する全ての蛋白質について、立体構造を解明し、構造に基づいてそれらの機能の解明を行います。最終的には、代謝の全過程の熱力学的バランスをシミュレーションによって構築します。

(3) 機能未知蛋白質研究チーム

機能が知られていない蛋白質について、立体構造を解明し、各蛋白質の機能を推定・解明します。最終的にはこれらの蛋白質が担う、未だ知られていない新しい生命現象の解明を目指します。



50Tflops の分子動力学専用計算機完成

当研究所は、50Tflops の分子動力学専用計算機 WINE-2 を完成させた。この計算機は、これまで世界でもっとも速いとされていたマシンの約 18 倍の速さがある。これにより、当研究所が開発を進めている世界最高性能の分子動力学シミュレーション用超高速専用計算機 MDM (Molecular Dynamics Machine) の完成に向けて大きく前進した。

分子動力学シミュレーションは、タンパク質などの生体高分子の構造や動き、結晶の構造や固体の物性、蒸発や液化などの相変化、割れ目の伝播などを研究するのに広く用いられている。これらのシミュレーションのためには、多数の原子の間に働く静電力や分子間力を扱う必要がある。しかし、これまでには、扱える原子の数が数万個程度に限られていたため、十分な精度の計算ができなかった。

情報基盤研究部・戎崎俊一基盤研究部長を中心とする研究グループは、計算機の用途を限定することにより、高速・高性能なシミュレーションが可能になると想え、分子動力学シミュレーション用の超高速専用計算機 MDM の開発を進めている。MDM は、原子の間に働く静電力や、分子間力をフーリエ変換を使って高速に計算するためのシステムと、静電力の実空間部分や分子間力を計算するシステムとを合体したものである。それぞれのシステムを分けて専用計算機とすることにより、高性能・超高速のシミュレーションが可能となる。

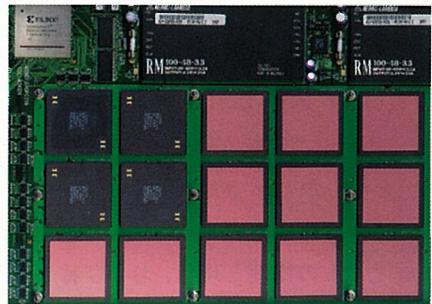
研究グループでは、前者を WINE-2 システム、後者を MDGRAPE-2 システムと名付けた。この 2 つのシステムのうち WINE-2 システムが完成、また、MDGRAPE-2 システムに使用するための LSI である MDGRAPE-2 チップの開発に、日本 IBM 東京基礎研究所の協力

を得て成功した。これにより、MDM の完成に向けて大きく前進したことになる。

WINE-2 システムには、特別に開発された専用 LSI (WINE チップ) が用いられている。WINE チップは、66MHz のクロックで駆動され、その計算性能は 20Gflops (1 秒間に 200 億回の演算をする) である。これは現在もっとも速いパソコン用 CPU である Pentium III チップ (733MHz 版) の約 27 倍の速さとなる。このような高性能は、チップを専用化し無駄な部分を徹底的に削ることにより達成された。

この WINE チップを 2688 個並列接続したものが WINE-2 システムで、そのピーク性能は 50Tflops を超える。これは、現在世界でもっとも速いとされている米国サンディア研究所の ASCI RED マシンの約 18 倍に当たる。これまでに測定した実効性能では、約 10Tflops となり、この性能も ASCI RED マシンの 5 倍となっている。

一方、MDGRAPE-2 チップと名付けた LSI は、100MHz のクロックで駆動され、演算性能は 16Gflops ある。このチップを 4 個搭載した PCI カードも完成し、パソコン用コンピュータに接続して動作が確認された。今後、MDGRAPE-2 チップを 3000 個程度並列接続することで、MDGRAPE-2 システムを完成させる。あわせて、WINE-2 のソフトウェアの整備とハードウェアの拡張によって



WINE-2 ボード

実効性能を 30Tflops 程度まで向上を見込んでいる。これによって、全体として 100Tflops の MDM を完成させる予定。

用途を絞り無駄をなくした専用計算機は、汎用計算機に比べて 100 倍から 1000 倍高い演算性能が得られる。このような専用計算機のアプローチの有用性は、1995 年に東京大学教養学部が開発した世界最初の 1 Tflops マシン GRAPE-4 でも実証されている。これは「銀河の衝突」や「星団の進化」のシミュレーションを行うための専用計算機で、MDM はその流れを汲むものである。MDM ならば、百万個の原子を含んだシミュレーションが可能で、水中で働く生体高分子の大規模なシミュレーションが実現できると予想されている。

当研究所では、さらにこの考え方を進めて、分子動力学シミュレーションだけでなく、電子状態のシミュレーションや、ゲノム系列解析用の専用計算機の開発を提案している。これらの専用計算機の目標性能は、1Pflops (1 秒間に 1000 兆回の演算) に達する。

文責：広報室

監修：情報基盤研究部

基盤研究部長 戻崎俊一

理研シンポジウム「核融合研究の現状とミュオン触媒核融合」を開催

1月6日、和光本所・大河内記念ホールで理研シンポジウム「核融合研究の現状とミュオン触媒核融合」（主催：ミュオン科学研究室）が開催されました。

このシンポジウムは、21世紀のエネルギー源として期待が集まっている「核融合」を何らかの形で実現しているトカマク、ヘリオトロン、ミュオン触媒の3つの“方式”的原理と現状、および将来計画をとりあげ、それぞれの“方式”に携わる研究者の学術的コミュニケーションをはかることを目的として開催したものです。また、ミュオン触媒核融合周辺の研究活動についても活発な議論が交わされました。



「地震に関連した電磁気現象の最新の知見」に関するシンポジウムを開催

フロンティア研究システムの地震国際フロンティア研究グループは、昨年12月20日から21日の両日にわたって「地震に関連した電磁気現象の最新の知見」に関する国際シンポジウム（共催：宇宙開発事業団）を和光本所・仁科ホールで開催しました。

このシンポジウムには、約60名の内外の研究者が参加、うち海外からの参加者はロシアから5名、中国から4名、米国から2名、その他、ギリシャ、台湾、フランスなどから、あわせて約20名にのぼりました。上田誠也グループディレクターの開会のあいさつに続いて、最近の研究成果が次々に発表され、和やかな雰囲気の中で白熱した討論が



行われました。シンポジウムの翌日22日には、同グループと気象庁で共同研究を行っている長野県の松代にある気象庁精密地震観測室を訪問、見学しました。

第4回特許・技術フェアを開催

第4回特許・技術フェアが1月21日、和光本所にて開催されました。同フェアでは15件の特許技術が出展され、各出展者はパネルと試作品を展示しました。今回は、38社47人の参加者があり、質問コーナーでは熱心な質問がかわされました。



故坂口謹一郎博士をしのぶ「坂口記念館」が開館

「酒の博士」として親しまれ、初代副理事長として当研究所の和光移転に尽力した故坂口謹一郎博士（坂口研究室・主任研究員、東京大学名誉教授）の記念館が99年11月、新潟県頸城村に開館しました。「坂口記念館」は、蔵人らとの交流の場となった「留春亭」を核に、坂口博士の業績をしのぶ「酒杜り館」、日本酒のきき酒を体験できる「樂縫庵」、坂口博士が愛した“雪椿”の庭園「雪椿園」から成っています。

坂口博士は、日本の応用微生物学を近代化し、今日のバイオテクノロジー産業や基礎微生物学の発展に大きく貢献、（株）科学研究所時代の1949（昭和24）年から4年間研究室を主宰しました。その後、理研の副理事長として、駒込から和光へ移転する際にはその土地取得に尽力し、長岡治男初代理事長とともに特殊法人「理化学研究所」の礎を築きました。



蔵人らとの交流の場となった「留春亭」

○坂口記念館

新潟県頸城郡頸城村大字鶴ノ木新田148
電話：0255-30-3100
開館時間：10:00～18:00（4月～9月）
10:00～16:00（10月～3月）
休館日：月曜・祭日の翌日・年末年始

平成12年度理化学研究所一般公開のお知らせ

科学技術週間<平成12年4月17日(月)～23日(日)>の行事として、理研では、下記の日程で一般公開を行います。研究室、施設の公開をはじめ、講演会、各種のイベントを行います。多数の方のご来場をお待ちしております。

詳細はホームページ [http://www.riken.go.jp] をご覧下さい。

場所	公開日
和光本所	4月15日(土)
ライフサイエンス筑波研究センター	4月19日(水)・22日(土)
播磨研究所	4月16日(日)【予定】
フォトダイナミクス研究センター(仙台)	4月22日(土)
地震防災フロンティア研究センター(三木)	4月15日(土)

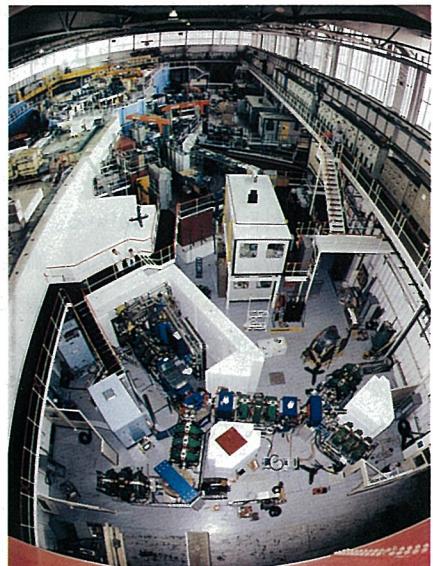
支所だより

理研ーRAL支所だより

理研ーRAL支所はイギリスのラザフォード＝アップルトン研究所内(RAL)に設置されています。RALはイギリス最大の基礎科学研究所で、ロンドンの西約100km、オックスフォード市の近くに位置します。理研はRALのISIS中性子散乱実験施設内に理研ーRALミュオン科学研究施設を建設し、理研ーRAL支所を1995年4月に開設しました。

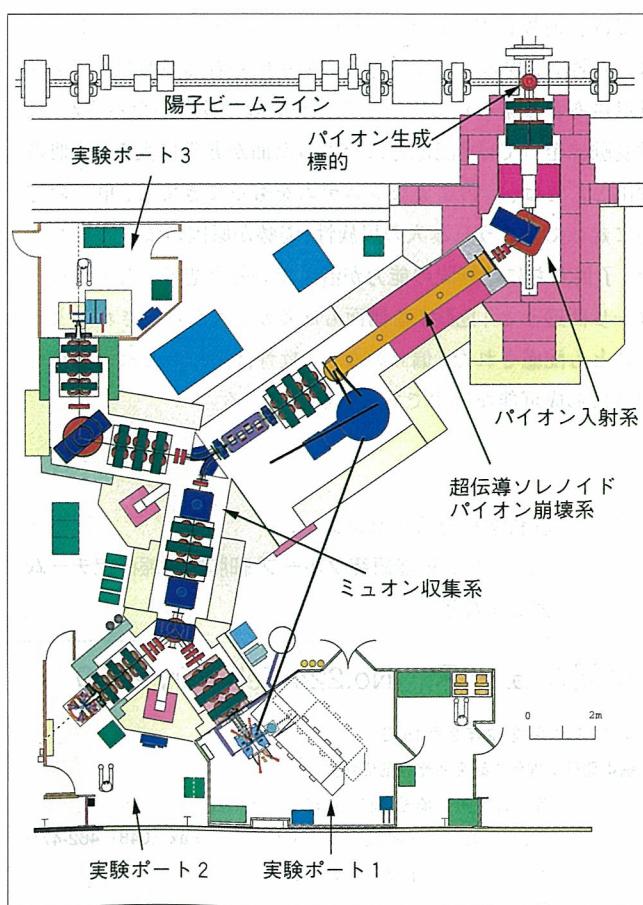
1990年4月、理研ーRALミュオン施設建設予算が科学技術庁より認可され、同年9月に理研と英国科学工学研究会議(SERC)との間でミュオン科学研究に関する国際研究協力協定が締結されました。1991年後半から施設建設が開始され、1994年11月に、ミュオンビームの発生に成功し、それ以後、ミュオンを使ったテスト実験と並行して実験施設建設が継続されました。1996年6月

にトリチウムを使ったミュオン触媒核融合実験が開始され、ミュオン施設全体の建設は完了。建設にあたっては、施設の重要な機器は全て日本国内で製作し現地に輸送・設置しました。ミュオン施設の概要図と建設完了間際の鳥瞰写真を示します。概念図で、ISIS施設の800MeV陽子ビーム(200mA)が左から右へ生成標的を貫通し、そこで原子核反応によりパイオニアを生成します。パイオニアは運動量分析され、5.5mの超電導ソレノイド電磁石に導かれ、



飛行中にパイオニアからミュオンに崩壊します。更に、ミュオンはポート1(ミュオン核融合実験)、ポート2(mSR物性実験)、ポート3(原子核・素粒子基礎物理実験、その他)に輸送され、各々の実験が行われています。

現在までに134件の実験課題が理研の実験課題採択委員会に提出され、延べ約100人の研究者が実験に参加しています。研究活動の詳細は「理研ーRAL支所だより 第3号」や「RIKENーRAL Annual Report No.2 (1998)」に掲載されています。なお、Annual Reportは、インターネット(<http://nectar.nd.rl.ac.uk/>)でご覧いただけます。



ミュオン科学研究室
松崎禎市郎



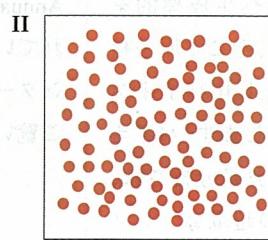
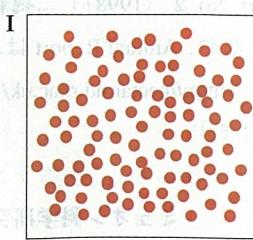
天才教育の可能性



趣味がこうじて脳研究をするようになった。原稿の依頼を受け何を書こうか考えていたころ、お受験がらみの幼児殺害事件が起きた。受験に対する考え方は色々あるが、脳の研究をしている立場からみて、小学校受験は非常に興味深いものがある。私の考えでは、小学校受験自体、受験に対する姿勢さえ間違えなければ、子供の能力開発という意味ではかなり良い内容に思う。高校、大学受験の単一能力をみる試験に比べ、能力選別システムとしては一番優れているのではないかと思った。要するに記憶力だけにたよったペーパーテストができるだけではだめなのである。形状認識能力、空間認識能力、推理能力、概念化能力、観察力、繊巧性も含む運動能力などが試される。小学校受験のために必要な能力は天才教育に必要な内容に近いものがある。やり方さえ間違えなければ、各能力のベースラインをかなり引き上げることができるのでないかと思った。

アメリカに意図的に天才を育てる目的としている集団がある。そのためのノウハウがいくつかあり、確かに信じられない能力を發揮する子供達がいる。例えば、下の図は赤い玉が99個と100個のグループであるが、訓練により、一瞬にしてその数とその差を言い当てることが可能になる。その時の情報処理は極めて直感的であり、本人自身もどうして区別できるのかわからないが、判別可能なのである。その他、できるだけ多くの情報を取り入れ、それをアウトプットする訓練を積むと、「勘」と呼ばれる一見能力開発が難しそうな能力も引きだせるようになる。また、脳の中で、物事を視覚化する能力も天才教育には重要なように思われる。私自身の分野に当てはめるならば、方程式が頭の中で、イメージとしてグラフ化でき、グラフが物の動きとして生き生きと視覚化できたとき、何かがひらめき、発見があるのでないかと思う。これもまた、訓練により身に付く。彼らにとっては、何かを記憶することは他の能力に比べ簡単なことのようであり、大人が信じられないような量とスピードで行なわれる。そのあと、本能とは異なる（生得的な概念化とは異なる）、物に対する概念化が起きているように思えた。よって、ある規則性を持たせた絵を繰り返し繰り返し見せ続けるとある時その法則性に気がつき、それを表現するよう

I, II のパネル上のドットの数は幾つでしょうか。また、どちらが多いでしょうか。その差は幾つでしょうか。



図：I. 99個, II. 100個

になる。また、ある時からただオウム返しに言葉を覚えているのではなく、概念を持って理解するようになるが、この概念化能力も訓練により平均以上に開発できるように思われた。

ちなみに、天才教育を受けた子供たち（彼らは胎児期より高い教育を受けているが詰め込み教育を強制されたわけではない）がその後どうなっているかの追跡調査もある。かなり高い確率で、世界の重要なポジションについている。私の知る限り投資家が多い。投資家として成功するには、忍耐力、集中力、分析力と同時に瞬時の判断力が必須である。上記の教育で、瞬時の判断力を得意とする人々が育ちやすいのはなんなくわかる気がする。情緒的に問題があるかといえばそうでもなく、むしろ情緒豊かな、人間としても立派な方が多い。仮に欠点があったとしても自己分析能力が発達しているため努力による修正緩和が可能なのである。また、高学歴者が多いにもかかわらず、学歴に対する執着もそれ程ない。入学、卒業にそれ程苦労しなかったためだろうか、価値観が单一ではないためだろうか。ただ、比較的共通している彼らのもつ自覚症状として、ヒトにもまた関心が薄く（あるいは対応が苦痛）、普通に対応していると冷たいと思われてしまいがちなため日々努力しているというものである。彼らにとって絶対なのは、彼らの内なる目、内なる価値観なのである。

では、何故日本では天才が育ちにくいのだろうか。1つには、小学校受験のような多様な能力を問われる試験は、中学受験以後あまり見られなくなることが原因ではないだろうか。大学受験に至っては、記憶力にたよった面が非常に大きい。他の理由としては、どのようなシステムをもってきても、単一の方向に走ってしまう日本人の民族性、姿勢が原因のように思われた。子供たちには無限の能力が潜んでいると思う。天才教育には一歩間違うと「危険」な側面もあるが、人から愛されるということも配慮された（偏りのない）教育は調和のとれた人格も同時に形成可能なはずであると信じている。

脳科学総合研究センター

ニューロン機能研究グループ 細胞内情報研究チーム
尾崎美和子

理研ニュース No.224 February 2000

発行日：平成12年2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