



研究最前線 ②

- 簡単、低コスト、確実な遺伝子診断法を開発
- 言語を操る知的コンピュータを創る

特集 ⑧

- 研究倫理への取り組み
- 社会との調和を目指して —

SPOT NEWS ⑩

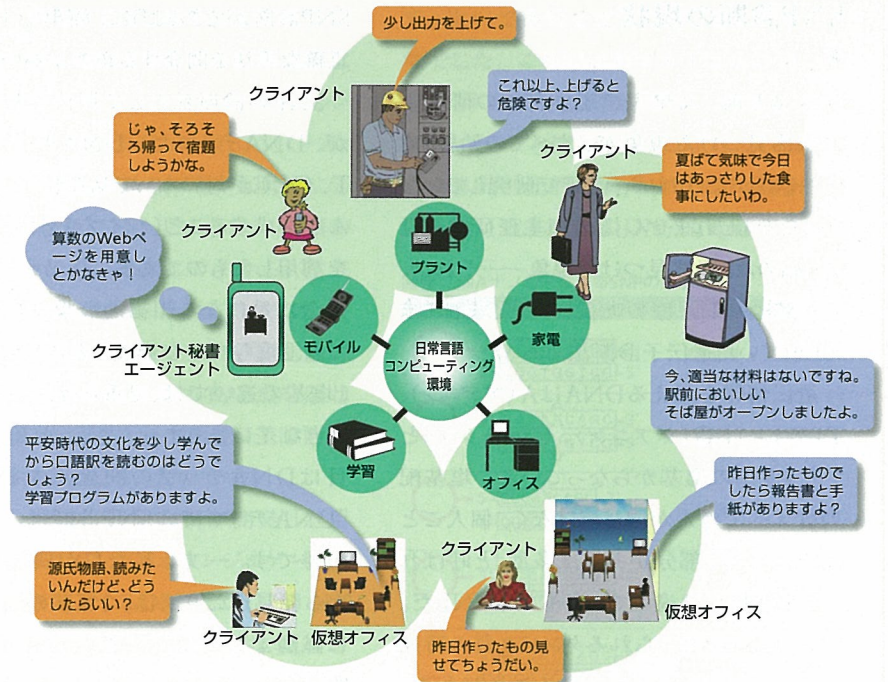
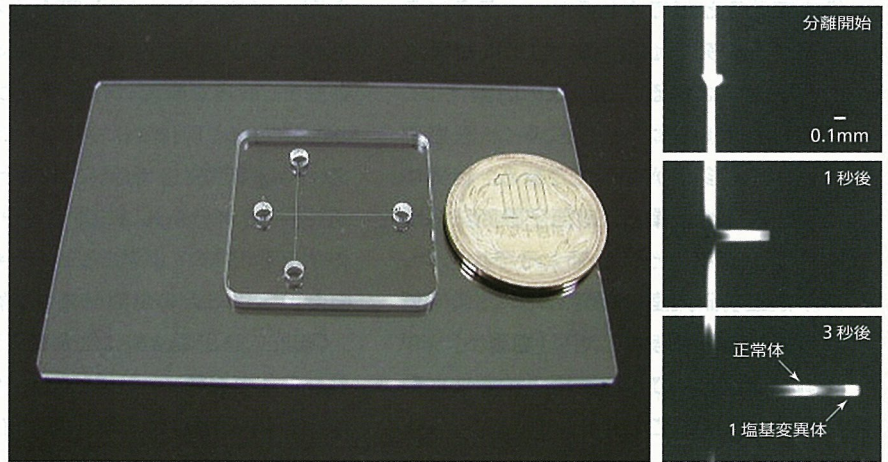
- 細胞膜内の情報伝達にかかわる領域を
光で操作することに成功

TOPICS ⑪

- 谷畑主任研究員が理事に就任
- 「国際ナノテクノロジー総合展」に出展
- シンポジウム「ゲノム科学の統合的推進に向けて：
日本の計画・世界の計画」を開催
- 新主任研究員、新チームリーダー紹介
- 松本 元グループディレクター 逝去

原酒 ⑫

- NY(片田舎) 発、日本人の教育事情



(上) マイクロチップ電気泳動による正常体と1塩基変異体の分離

(下) 日常言語コンピューティングの実用化イメージ
「言語を操る知的コンピュータを創る」から

簡単、低コスト、 確実な遺伝子診断法を開発

中央研究所
バイオ工学研究室
主任研究員 前田瑞夫



前田主任研究員

バイオ工学研究室では、生体由来物質と人工物質とを結合させた複合体「バイオコンジュゲート」を用いた遺伝子診断法を開発している。「もともとの専門は高分子合成です。自分の得意なものを、いま重要だといわれている生命科学の分野に役立てることができたら……。そういう視点から研究をしています」と前田瑞夫主任研究員は語る。近未来の医療として期待されているオーダーメイド医療では、遺伝子診断が不可欠である。世界中の研究機関や企業が、遺伝子診断法の開発にしのぎを削っている。そういう中、バイオ工学研究室が開発した、簡単で低コスト、そして確実にSNP(1塩基多型)^{※1}を調べることができる遺伝子診断法に熱い視線が注がれている。

● SNP診断の現状

「4年ほど前、九州大学工学部での研究中に偶然見つけた現象が、すべての始まりです。それがなければ、理研で研究していなかったかもしれません」と前田主任研究員は語り始めた。偶然見つけた現象——それは、オーダーメイド医療の実現に向け、まさに求められていた遺伝子診断法であった。

遺伝情報を伝えるDNAはA(アデニン)、T(チミン)、G(グアニン)、C(シトシン)という4種類の塩基からなっている。塩基配列はすべての人が同じではなく、個人ごとに違っている部分があり、「多型」と呼ばれる。1塩基だけ違っているものがSNPだ。SNPがあると、作られるタンパク質の時期や量、機能に違いを生じることがある。SNPには、病気のかかりやすさ、薬の効きやすさや副作用などと関連しているもの

のあることが分かっている。

現在、理研横浜研究所遺伝子多型研究センターをはじめ世界中で、病気のなりやすさや薬の副作用などと関連するSNPのデータベース作りが進められている。近い将来には、患者がどのようなSNPを持つかを調べてデータベースと照合することで、その人にとって副作用がなく最も効果の高い薬を、最適な量だけ投与することができるようになると期待されている。これがオーダーメイド医療だ。病気になりやすいSNPを持つことが分かれば、食生活や運動などの生活習慣に注意することで発症を予防したり、がんなどの早期発見も可能になる。

「現在、SNPの診断には大型の装置や特殊な試薬が必要で、整備された研究機関でなければできません。オーダーメイド医療を実現するためには、一般の病院や薬局でもSNP診断ができるように、簡単に迅速そして正確な手法を開発する必要があります」

SNPの診断法として期待されているのが、DNAチップだ。DNAチップは、AとT、GとCが対になって結び付いて2重らせんを形成すること(ハイブリダイゼーション)を利用したものである。「しかし、DNAは完全に対になる相補的な塩基配列でなく、2重らせんを形成することがあります。1塩基の違いでは、2重らせんの形成率に大きな差はありません」と、前田主任研究員はDNAチップの問題点を指摘する。「DNAチップでのSNP診断は、本質的に困難です。一方、私たちが偶然の出来事から発見した方法は、1塩基の違いを明瞭に識別することができます」

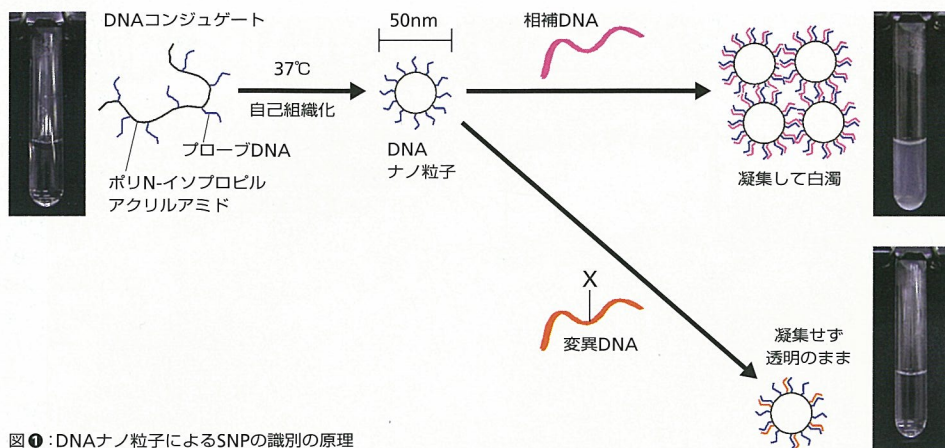
● DNAナノ粒子によるSNP診断

前田主任研究員が開発したSNP診断の新技术が図①である。試験管(左端の写真)に入っている透明な液は、ポリN-イソプロピルアクリルアミドという人工高分子に、DNAを重合させたバイオコンジュゲートの水溶液だ。コンジュゲートとは結合という意味で、人工物質と生体由来物質を結合させた複合体が「バイオコンジュゲート」である。この場合は、DNAを結合させてあるので「DNAコンジュゲート」と呼ぶ。DNAの末端にはあらかじめビニル基を入れ、人工高分子との重合が簡単にできるようにしている。高分子合成を専門とする前田主任研究員ならではのアイデアである。

1個の人工高分子には、9個の塩基からなる1本鎖DNA(プローブDNA)を約10本結合させてある。「この人工高分子は37℃で縮む性質があるので、温度を上げていくと縮んだ人工高分子同士が集まって、沈殿します。DNAコンジュゲートでもそうなることを期待していたのですが、温度を上げて沈殿しなかったのです。これはまったく予想外の出来事でした」

調べてみると、DNAコンジュゲートが20個くらい集まって、直径50nmほどの目に見えないDNAナノ粒子を形成していたのだ。水に溶けにくい人工高分子は内側に集まり、水に溶けやすいDNAは外側を向いている。DNAは負の電気を帯びているので、DNAナノ粒子は反発し合って、水中で安定に散らばり、沈殿しないことが分かった。

偶然の出来事は、これだけではなかった。プローブDNAと相補的なDNAを加えると、2〜3分で白濁したのだ。プローブDNAが2重らせんを形成したことでDNAナノ粒子が凝集し、目に見える大きさにな



図①: DNAナノ粒子によるSNPの識別の原理

ったためである。ところが、1塩基だけ違う変異DNAや、1塩基だけ長いDNAを加えても凝集せず、透明なままだ(図②)。「白濁と透明。両者でこんなに明瞭な違いが出るとは思っていませんでした」と、前田主任研究員は当時の驚きを語る。

「これはSNP診断に応用できると考え、研究を続けています。DNA試料を注入するだけでよく、濁っているかどうか肉眼で識別がつかますから、電気も顕微鏡も必要ありません。DNAチップでは反応に数時間かかりますが、この方法は2~3分で結果が出る。塩基の配列も長さも完全に相補的なDNAの場合だけ白濁するので、間違った診断をするおそれがありません」

前田主任研究員は、DNAナノ粒子によるSNP診断法を「誤診なき迅速、無電源、完全診断」と表現する。すでに39個の塩基からなるDNAでも1塩基の違いを識別できている。しかし、実用化にはまだいくつかの課題がある。まず、DNAナノ粒子が2重らせんを形成することによって、なぜ自己凝集して白濁するのか、そのメカニズムを明らかにする必要がある。感度を上げ、少ない試料で診断できるようにしなければならぬ。現在は100 μ l(マイクロリットル)のDNA試料が必要だが、1nl(ナノリットル)つまり10万分の1にしなければ実用化は難しいだろう。研究室では細川和生主任研究員を中心に、nlレベルの試料同士を混合できるマイクロチップの開発を行っている。

前田主任研究員は、この方法はSNP診断以外にも使えると言う。「人工高分子に結合させる生体由来物質を、DNAではなく、さまざまな受容体に変えることができます。環境ホルモンやタンパク質など、いろいろなセンサーに展開できるはずだ」

● ハイブリダイゼーションと電気泳動の利点を融合

● バイオ工学研究室では、もう1つ別なタイプの遺伝子診断法を開発している。

遺伝子を診断するための手法には大きく2種類ある。1つは、2重らせんの形成(ハイブリダイゼーション)を利用して配列を認識するもので、DNAチップが代表的である。もう1つは塩基数の違いを利用するもので、DNAシーケンサーに代表される手法だ。DNAシーケンサーでは、DNAを細いガラス管(キャピラリー)の中に入れて電気泳動させる。キャピラリーに電圧をかけると、DNAは負の電気を帯びているので陽極に向かって流れ出す。その際、DNAの長さの違いによって移動速度が違うので、塩基数の違いで分離することができる。

「1塩基の違いでは2重らせんの形成率に大きな差はないので、ハイブリダイゼーションによってSNPを検出するのは難しい。一方、電気泳動は1塩基の長さの違いも明確に分けられます。しかし、SNPは塩基の種類が1つ違うだけで長さは同じですから、電気泳動でSNPを検出することはできません」と前田主任研究員は現状の遺伝子診断法の問題点を指摘する。「両者の良い点を兼ね備えた、新しい原理に基づく遺伝子診断法を提案できないかと考えたのです」

図③が、前田主任研究員が開発した手法である。ここでもバイオコンジュゲートが活躍する。標的とするDNAに相補的なプローブDNAをポリアクリルアミドと結合させ、キャピラリーに充填しておく。アクリルアミドは電気を帯びていないのでおまりのようになり、電圧をかけてもプローブDNAは

※1: SNP (1塩基多型) single nucleotide polymorphism。個人間の1塩基の違い。500~1000塩基に1個のSNPがあり、ヒトゲノム全体では300万~500万カ所のSNPがあると考えられている。

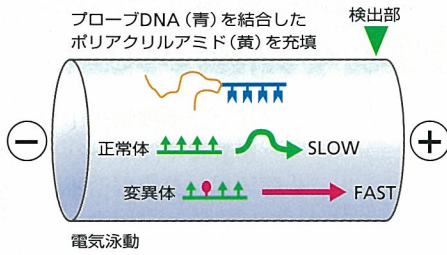
ほとんど動かない。そこにDNA試料を注入する。「狙っていることは簡単です。正常体の、相補的なDNAの方は寄り道してプローブDNAと2重らせんを形成しながらゆっくり進みますが、1塩基が変異したDNAはプローブDNAを素通りします」と、前田主任研究員は原理を解説する。その結果、変異体は早く、正常体は遅く、検出部にたどり着く。こうしてSNPを分離する。

これが、前田主任研究員が開発したアフィニティー電気泳動である。アフィニティーとは、抗原と抗体が結び付くような生体における特異的な親和力のことだ。ここでは、AとT、GとCが特異的に結び付く親和力を利用している。「アフィニティー分離という考え方は特に新しいものではありません。しかし、これまでの研究はすべてキャッチ・アンド・リリース、つまり目的遺伝子を捕まえて、次いで条件を変えて解き放つという方法でした。これではわずかに1塩基の違いを見分けることは困難です」。問題点はDNAチップと同じというわけだ。これに対し、前田主任研究員の方法は、相補的なDNAも1塩基変異のDNAもそれぞれピー

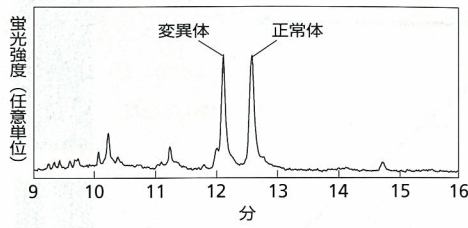
図③: DNAナノ粒子によるSNPの識別結果

粒子表面	DNA試料	凝集
	相補鎖	する
	置換	しない
	欠損	しない
	挿入	しない
	末端置換	しない
	末端延長	しない

図③：アフィニティー電気泳動の原理



図④：c-K-ras遺伝子（PCR産物）のアフィニティー電気泳動による正常体と変異体の分離



※2：コドン

アミノ酸を指定する遺伝暗号。

3つの塩基の配列で1つのアミノ酸を指定する。

※3：理研ベンチャー

理研の研究成果に基づく特許権を実用化するために、研究者が設立に参画した企業。当研究所が、経済社会の発展、科学技術の振興などの観点から有意義である企業を「理研ベンチャー」として認定し、支援している。

監修：中央研究所

バイオ工学研究室

主任研究員 前田瑞夫

クとして現れるのが原理上の特色である。「これなら誤診のおそれはありません」

c-K-rasというがん遺伝子は、12番目のコドン※2に1塩基変異があると肺がんや子宮がんを引き起こすことが知られている。研究室では、c-K-rasの12番目のコドンを含む63塩基のDNAについて、アフィニティー電気泳動を行い、正常体と変異体の分離に成功している(図④)。「DNAチップは、標的遺伝子の有無は分かりますが、どのくらいの量があるかという定量性には欠けています。アフィニティー電気泳動は、正常体と変異体の両方を検出できるため、その比から量も分かる。これも大きな特徴です」

マイクロチップ電気泳動

SNP診断として有望なアフィニティー電気泳動だが、キャピラリー電気泳動装置は1畳大の実験台を占領するほどの大きさで、価格も1000万円を超えるため、実用化の大きなネックとなる。「私たちはアフィニティー電気泳動を実用化するため、キャピラリー電気泳動装置と同じようにSNP診断ができるマイクロチップを開発しました」(図⑤)。

キャピラリーに対応するのが基板上に作った細い溝(チャンネル)である。チャンネルにDNAコンジュゲートを充填し、DNA試料を注入して電気泳動させる。すると、わずか数秒で正常体と変異体に分離できる(図⑥)。従来の装置では、キャピラリーの長さが30cmあるため、検出まで10分ほどかかっていた。なお、マイクロチップの製作には、半導体の微細加工技術が必要だが、一度鋳型を作ってしまうと、シリコンゴムを流し込むだけで量産できる。1枚当たりの原価は数十円程度だ。研究

室では、試作機も製作している。検出のための顕微鏡やCCDカメラ、データを取る込むコンピュータなどを合わせても1台20万円程度でできる試算だ。

マイクロチップ電気泳動によって装置の小型化、試料の少量化、時間の短縮、低コスト化などが可能になり、実用化に徐々に近づいている。研究室では、理研ベンチャー※3も視野に入れながら、3年後の実用化を目指して準備を進めている。「日本の生命科学研究は、DNAチップやPCR法、蛍光タンパク質など、基本技術の多くを欧米に依存しています。私たちは、日本オリジナルのバイオ基盤技術を世界中に普及させたいと考えています」

バイオコンジュゲートの可能性

「生体由来物質にコンジュゲートした人工高分子の性質を利用して、遺伝子機能を制御したいですね。例えば、バイオコンジュゲートを利用して、生体内で治療薬などの有用物質を作らせるといったアプローチを考えています」と、前田主任研究員は今後の研究展開を語る。

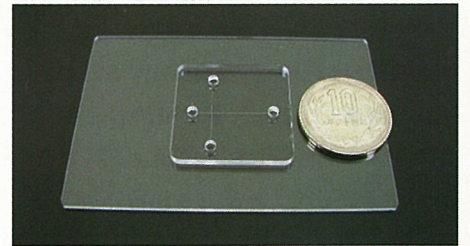
人工高分子の構造は光や熱、化学物質など、さまざまなシグナルで変えることができる。例えば、温度や光で結合が外れるように設計した人工高分子は、がんの治療に役立つだろう。がん治療用のタンパク質を作り出すDNAにその人工高分子を結合させたバイオコンジュゲートを使えば、特殊なカテーテルにより光または熱を加えたがん細胞だけでDNAを発現させ、治療薬を作り出すことが可能になる。

「DNAナノ粒子による遺伝子診断は、まだメカニズムが分かっていないので、実用

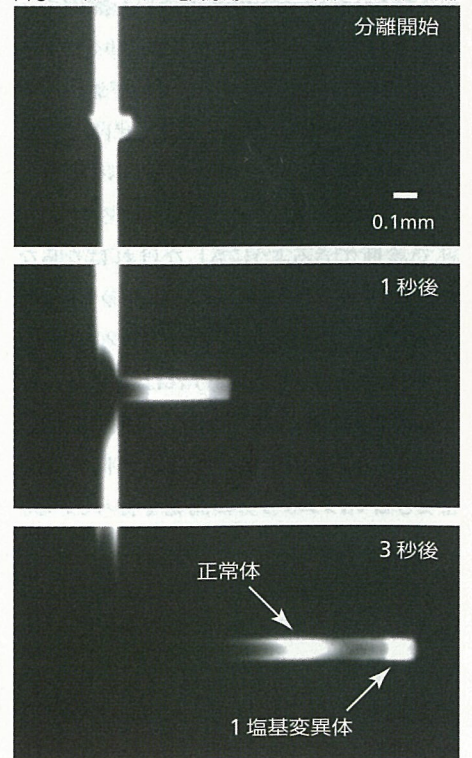
化は少し先になるかもしれません。しかし、この手法は、個人を識別するケミカルバーコードやDNAコンピュータなど、まったく次元が違うところに応用できる可能性があります。そういう夢も追いかけていきたいですね」と前田主任研究員は話を結んだ。

バイオ工学研究室は、生体物質と人工高分子を結合させる新しい手法によって、生命科学分野だけでなく、情報分野にも大きな革命をもたらすだろう。

図⑤：マイクロチップ電気泳動



図⑥：マイクロチップ電気泳動による正常体と変異体の分離



言語を操る知的コンピュータを創る

脳科学総合研究センター

知能アーキテクチャ研究グループ 言語知能システム研究チーム

チームリーダー 菅野道夫



菅野チームリーダー

2004年、私たちが普段使っている言葉で操作できるコンピュータの試作機が誕生する。開発を進めているのは、菅野道夫チームリーダーが率いる言語知能システム研究チームである。「私たちは、言語学に基づく言語の意味体系をコンピュータに埋め込むことで、言語を操る知的なコンピュータを実現します」と菅野チームリーダーは語る。研究チームでは、言語学者と情報工学者が連携した独自の研究体制で、「コンピュータの言語化」に挑んでいる。

● ヒトの脳のソフトウェア——言語

● 学習したり、アイデアがひらめいたり、相手の意図や感情を理解し行動する。そのようなヒトの脳が持つ機能を、脳の情報処理の仕組みを模して実現する脳型コンピュータの開発が、脳科学総合研究センターの「脳を創る」領域で進められている。

「私たちのチームも『脳を創る』領域に属しています。この領域の他のチームでは、例えば脳の神経回路の仕組みを模したハードウェアの研究などを行っています。一方、私たちが注目しているのはヒトの脳のソフトウェア、すなわち言語です。ヒトと他の動物との決定的な違いは、ヒトには複雑な言語を操る能力があることです。ヒトの知的機能は、高度な言語能力によって支えられているのです。私たちは言語を操る知的なコンピューティング環境の実現を目指しています。これは脳型コンピュータのハードウェアを補うソフトウェアとなるでしょう」と菅野チームリーダーは語る。

菅野チームリーダーは、「美しい」「大きい」などの単語が持つ意味のあいまいさを

数量化してコンピュータに処理させる「ファジ理論」の専門家でもある。ファジ理論によるコンピュータ制御技術は、家電製品や音声・画像認識など、さまざまな分野に応用され、大きな成功を収めている。

「ファジの研究はその後、言葉によるコンピューティングへと進んでいきました。しかし、ファジ理論で扱えるあいまいさは単語レベルです。そのうちに、単語レベルだけでは物足りなくなって、言語システムの意味自体をコンピュータに理解させたいと思うようになりました。言語システムを扱うには、言語学の知識が必要だと考えていたときに出会ったのが、M. A. K. Halliday先生です。先生が創始した選択体系機能言語学は、言語の意味を扱う最も強力な理論だと思います」

Hallidayシドニー大学名誉教授は、文化人類学の祖といわれるイギリスのB. K. Malinowskiの流れをくむ言語学者である。Malinowskiは、1930年代に西太平洋の文化を調査した。その際、ある島の漁民の会話を英訳しようとした。ところが、単純に単語を英語に置き換えただけでは、イギリス人にはまったく意味が通じない。言語(テキスト)が発せられたときの状況の「コンテキスト」や文化的背景などの「コンテキスト」が分からないと、テキストの意味が通じない。Malinowskiは、コンテキストと言語は分けることができないと主張した。

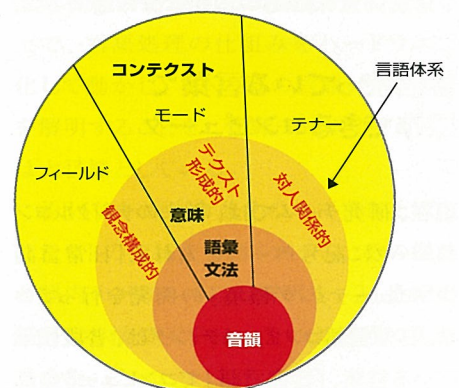
その考えを受け継ぐHalliday名誉教授の選択体系機能言語学では、コンテキストの中に言語体系を置き、コンテキストと言語を有機的に結び付けた4層構造を考えている(図①)。コンテキストの要素には、言語が使用されている場面(フィールド)、会話している人たちの社会的役割関係(テナ

一)、そして言語を伝えるための話し言葉や文字といった伝達様式(モード)が含まれる。「コンテキストとは、例えば家庭で料理をしている場面で母と娘が話し合っているところ、あるいは、電子メールで明日の試験問題について学生同士が文字でやり取りをしているところ、といったことです。ヒトが相手の言葉を理解できるのは、このようなコンテキストを含めた言語の意味について、あらかじめ共通の理解があるからです。「極端に言えば、相手が何を言うか知っている。だから相手の言葉が分かるのだ」とHalliday先生は言います」

● コンテキストを含めた意味体系をコンピュータに埋め込む

● コンピュータが言語を理解する場合にも、あらかじめ言語に関する知識が必要だと菅野チームリーダーは考えている。「コンピュータに言語を理解させる研究開発の歴史を見ても、当初は、言語を操るための文法をコンピュータに入れ、言葉を形式的に扱ったり、学習させていく方法が主流でした。しかしその後、言語に関する知識をあらかじめコンピュータに埋め

図①：選択体系機能言語学における言語体系



コンテキストベース	状況タイプ、ジャンル構造（談話の構造）、フィールド（言語活動領域）、テナー（役割関係）、モード（伝達様式）のシステムネットワーク
意味ベース	観念構成的意味、対人関係の意味、テキスト形成的意味のシステムネットワーク
語彙文法ベース	語彙文法（観念構成的、対人関係的、テキスト形成的）のシステムネットワーク
表現ベース	テキスト表現手段（音韻、文字）のシステムネットワーク
知識/コーパス	汎用辞書/状況特化辞書

図②：記号ベースの構造

選択体系機能言語学ではヒトが扱う言語のコアの部分の意味は、時代や地域、民族にかかわらず共通性があると考える。ヒトがかかわる状況のタイプは10億種類くらいに分類できると菅野チームリーダーは推定している。

込み、意味を扱う方向に変わってきています。私たちも後者の方法を取ります」

ただし、語の意味を他の言葉で説明した従来の辞書のような語彙の知識だけでは、状況に応じた意味をうまく扱えない。コンテキストを含めた言語の意味体系をコンピュータに埋め込むことが重要だと菅野チームリーダーは考えている。コンテキストを含めた意味体系自体を言語学的に記述したデータベースを「記号ベース(セミオティックベース)」と呼んでいる。記号ベースは、選択体系機能言語学に基づく4層構造を持ち、コンテキストと言語を有機的に関連付けたデータベースである(図②)。

「記号ベースは、ヒトの言語活動を通じて創り出される、あるいは交わされる意味を、コンテキストとともに記述しようというものです。あるコンテキストで使用される言語の意味は限られています。コンテキストを状況タイプに分類し、それぞれの状況で使われる意味をすべて記述します」

ここで、言語(テキスト)の意味はコンテキストの要素(フィールド・テナー・モード)に対応して、学習や思考に関する意味(観念構成的意味)、対人的な行為にかかわる意味(対人関係的意味)、コンテキストに関連した適切な表現に関する意味(テキスト形成的意味)の3つの相に分けられる。

● 普段使っている言葉で操作できるコンピュータ

● 現在、研究チームでは、従来のデジタルコンピュータに記号ベースを入れた「日常言語コンピューティング環境」の開発を行っている。日常言語コンピューティングは、普段使っている言葉、「日常言語」でコンピュータを操

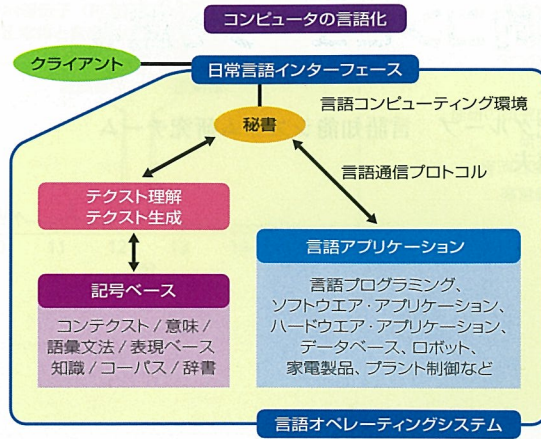
作するものである。日常言語は、方言や性別、年齢、職業などによって異なる言葉遣い、さらには個々人の独特の言い回しも含む。

日常言語コンピューティングの心臓部は記号ベースを用いてテキストを理解したり、テキストを生成(作文)する機能領域である(図③)。利用者(クライアント)と接する入り口が、日常言語インターフェースだ。ここに利用者専用の「秘書」の機能を持たせる。秘書は利用者の年齢や性別、職業、趣味などの属性ばかりでなく、どのような言い回しをするのかといった利用者の「言語モデル」を持つ。その言語モデルと記号ベースにより、利用者の普段使っている言葉を理解する。「例えば、言葉の省略が多い人の場合には、その人の属性や普段の言い回し、状況から、省略された部分を適切に補って言葉を理解する必要があります」

秘書は利用者の言葉の意味を理解した情報をその意味とともに、コンピュータネットワーク上で通信する。日常言語コンピューティングでは、コンピュータ内ですべての情報が言語で伝えられ、処理されるのだ。「これまでのコンピュータは情報を最終的にはすべて数値に置き換えて処理しています。私たちは、ヒトの脳のように言語に基づいて情報処理をしようと考えています。すなわち“コンピュータの言語化”です。これは大きなパラダイムシフトだと思います」

● 現在、研究チームが日常言語コンピューティングで開発している具体的なアプリケーションは、ワープロ機能や、操作方法を手助けするヘルプ機能などである。

「これらの操作や機能にかかわるコンテキストや言語の意味、語彙文法を扱える記号ベースを作っています。記号ベースとともに、経済産業省が7年間、100億円の予



図③：日常言語コンピューティングの技術要素

利用者の言葉は秘書と記号ベースで理解され、その内容をコンテキスト・意味・語彙文法・表現に書き出した言語プロトコルにより、言語アプリケーションへ伝えられる。言語アプリケーションには、アプリケーションの操作や機能がすべて言語で書かれている。その知識と言語通信プロトコルの情報を結び付けて処理の指示を出す。言語オペレーティングシステムは言語コンピューティング環境を管理するための、言語で書かれたOSである。日常言語コンピューティングの最下層には従来のOSやアプリケーションソフトがあり、具体的な処理が実行される。

算で完成させた汎用電子化辞書や、状況に特化した辞書なども用います。さらに、例えばワープロ操作を指示するときに利用者と秘書との間で実際にどのような言葉が使われるのかを調べるコーパス収集実験を何回も行いました。同じ意味でも人によってさまざまな言い方があります。それらをすべてコンピュータに入れ込みます」

● 最初に日常言語コンピューティングを利用する場合、まず利用者のことを知るために、年齢や性別、仕事や趣味など基本的な質問を秘書が行う。会話を進めるうちに、秘書は利用者の日常言語を学習していく。

● 例えば日常言語コンピューティングで出張報告書を書く場合を想定してみよう。秘書に「昨日の出張の報告書を書きたい」と言うと、秘書は「ワープロを起動し、出張報告の書式を開きました。報告書の日付は今日でいいですか?」と質問する。利用者は「いや明日にしよう」と答える。「タイトルは、『名古屋営業所出張報告書』でいいですか?」と、秘書は利用者の昨日のスケジュールを参照して質問することもできる。

「この文字をちょっと大きくして」と言うと、「ここ」というのはタイトルの文字列のことで、この利用者がこの状況で「大きく」といった場合には「14ポイント」だと理解して、処理を実行する。自信がない場合には「この大きさがいいですか」と利用者を確認を行う。

● MITの“OXYGEN”

● 日常言語コンピューティングと類似のプロジェクトがある。米国・マサチューセッツ工科大学(MIT)のコンピュータサイエンス研究所(CSL)が中心になって進めているOXYGENプロジェクト(1999年9月～

図4：日常言語コンピューティングの実用化イメージ

監修：脳科学総合研究センター
 知能アーキテクチャ研究グループ
 言語知能システム研究チーム
 チームリーダー 菅野道夫



2004年8月)である。音声中心でハードウェアの開発も含まれるが、言語で操作できるコンピュータの実現を目指す点では日常言語コンピューティングと目的は同じである。

「私たちとOXYGENでは、言語の意味を扱う方法論に違いがあります。私たちは選択体系機能言語学に従い、記号ベースという道具を用意していますが、OXYGENは自然言語処理をベースとする従来の人工知能の技術です。コンピュータ全体を言語化するという発想も彼らにはありません。従来の方法では状況に応じた意味をうまく扱えないと思います」

● 2004年、試作機が完成する

● 言語知能システム研究チームは、2000年4月にスタートし、2005年3月に5年の任期が終了する。研究チームには、言語学を専門とする常勤研究者2名、非常勤研究員6名が在籍し、情報工学者とともに研究開発を行っている。Halliday名誉教授にも、随時助言を求めている。言語学と情報工学がこのように密接に連携した研究体制は、世界的にも例がない。

「私たちは『日常言語コンピューティング環境』を開発するため、5年間の詳細なスケジュールを立てました。最初の2年半で

システムを設計し、後半で開発を行います。特許戦略も考え、最初の1年で基本特許を日米欧で出願しました。2004年8月には試作機のデモンストレーションを行います。将来は日常言語コンピューティングを実用化するコンソーシアム(共同事業体)ができればいいと考えています」

● 日常言語コンピューティングは、ワープロ機能だけでなく、教育・学習や電子ショッピング、情報検索など、さまざまな用途での実用化が期待される(図4)。「日常言語コンピューティングでは、老人とのよもやま話もできるでしょう。話が脱線しても相手の感情に合わせて適切な会話をする必要があり、高度な機能が求められます。本の検索では、タイトルや著者名だけでなく、例えば『日本の物語でかわいい動物と神様が出てくるもの』と内容を言えば探してくれます。このように言葉を使って誰もがコンピュータを利用することができます。日常言語コンピューティングの目的の1つは、情報技術を使いこなせる人とそうでない人の情報技術格差、デジタルデバイドを解消することです」

● 言語を操るヒトの脳のメカニズムに迫る

● コンピュータのソフトウェアと、ヒトの脳の

ソフトウェアである言語には決定的な違いがあると菅野チームリーダーは指摘する。

「現在のデジタルコンピュータのハードウェアとソフトウェアは、別々に作られたものです。一方、言語はヒトの脳の神経回路、ハードウェアが生み出したものです。ですから言語体系の構造と脳の言語を扱う領域の構造は似ているはずですよ」

失語症の研究を行っている山鳥^{あつし}重神戸学院大学教授(前・東北大学教授)らの研究によると、右利きの人の場合、左脳に音韻と語彙文法を処理する領域があり、その周りを意味処理の領域が囲み、右脳にコンテキストを扱う領域がある。

「この構造は選択体系機能言語学の考えと同じです。ただし現在の脳科学では、言語を扱う場所の計測はできるようになってきましたが、神経回路に言語の意味や語彙文法がどのような形式で表現され、理解と生成がなされるのか、そのメカニズムはまったく分かりません。言語を操るコンピュータの開発により、言語を操るヒトの脳の構造や仕組みを推定できるのではないかと期待しています」

● 日常言語コンピューティングは、従来のデジタルコンピュータを利用しているが、将来的にはヒトの脳の仕組みを模した人工の神経回路からなる脳型コンピュータ上で、言語処理の仕組みをハードウェア化して動かし、ヒトの脳の言語メカニズムを解明することを、菅野チームリーダーらは大目標としている。

約35億年の生命進化の末に築き上げられたヒトの複雑な言語システム、その機能と脳内のメカニズムの解明を、21世紀の脳科学・情報工学はいよいよ射程に入れ始めた。

研究倫理への取り組み

社会との調和を目指して

当研究所では、ライフサイエンス関係の研究センターの相次ぐ立ち上げによって、血液や細胞、遺伝子などヒトに由来する試料を用いる研究や被験者を対象とする研究が急増しています。このような「人を対象とする研究」においては、インフォームド・コンセントや個人情報の保護など、倫理的な配慮が不可欠です。当研究所では研究が適正に、そして円滑に実施されることを目指し、「人を対象とする研究に関する倫理規程」を制定し、2003年4月1日から施行しました。本規程では、遺伝子解析をするしないにかかわらずヒト由来試料を用いる研究、fMRI(機能的磁気共鳴映像装置)による測定など被験者を対象とする研究、疫学研究など個人に関する情報を用いる研究等広く人を対象とする研究について、配慮すべき倫理的事項や申請の手続きなどを定めています。また、研究倫理に関する研究者の意識の向上に役立つ最新の情報提供に力を注ぐとともに、情報の発信などを積極的に行い、研究が社会の理解と信頼に基づいて行われるよう取り組んでいます。

これまでの取り組み

近年、生命の設計図であるゲノムの塩基配列を読み取る遺伝子解析が急速に進み、ヒトゲノムは2003年4月に解読完了が宣言されました。また「ポストゲノム」研究はすでに始まり、今後、生命の本質についての理解がさらに進むとともに、疾患の原因を遺伝子レベルで明らかにすることで治療や予防にも大きく貢献すると期待されています。一方、個人の遺伝的な特徴や体質が明らかになることで、就職や

保険契約における差別など倫理的・法的・社会的な問題が生じるおそれがあるとも指摘されています。

遺伝子解析に限らず、人を対象とする研究を行うにあたっては、人間の尊厳と人権を尊重しなければなりません。そのためには、倫理面について配慮すべき事項を明確にし、適切な審査体制を整えるとともに、それを遵守する必要があります。それらなしに、社会の理解と信頼を得ることはできません。

当研究所では、2001年2月にヒト由来試料を扱う際の配慮すべき倫理的事項や安全衛生面を定めた「ヒト材料取扱要領」と「ヒト材料の入手、保管、廃棄等について」を施行しました。また、各支所又は研究センターには、必要に応じ研究倫理委員会を設置し、倫理的・科学的な面からの審査を受けてきました。

しかし、人を対象とする研究全体を統一的にカバーする研究倫理に関する規程はありませんでした。

2001年度、当研究所は、研究倫理に関する体制整備のため、国内外の大学・研究機関を対象に、審査体制などについて大規模なアンケート及びヒアリング調査を行いました。調査結果や研究倫理委員会でのこれまでの問題点などを参考に、議論を重ねて制定したのが「人を対象とする研究に関する倫理規程」です。

日本初、研究倫理課の設置

当研究所において、研究倫理に関する業務を担っているのが、安全管理部研究倫理課です。研究倫理への取り組みを充実させるため、2002年4月の組織改革によ

って、安全管理部(旧安全管理室)に研究倫理課が設置されました。研究倫理課は、和光本所の研究倫理業務だけでなく、各支所等の研究倫理業務を統括・調整します。国内の教育・研究機関の多くは、研究倫理に関する業務を事務部門が業務の一部として、あるいは研究者自らが担当していることが多く、研究倫理に関する業務を行う部署を独立して設けている例は、他にありません。

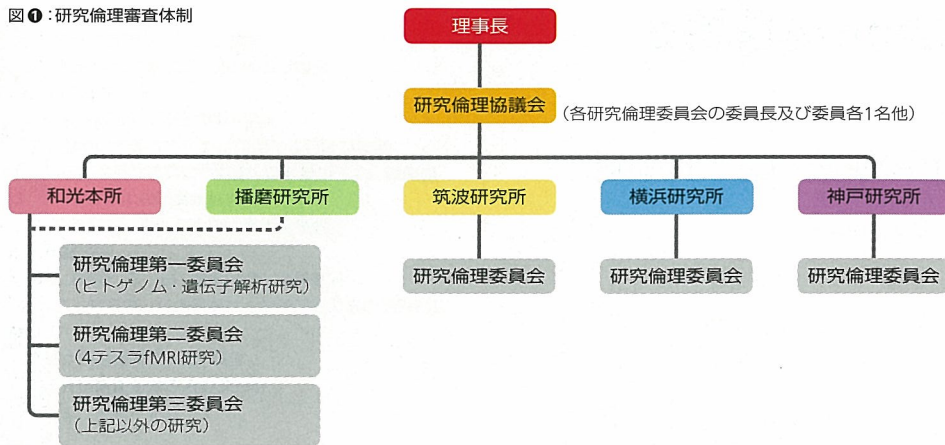
「人を対象とする研究に関する倫理規程」の概要

遺伝子解析研究において守るべき指針として、2001年3月に文部科学省、厚生労働省、経済産業省の3省合同で制定した「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」があります。またヒトES細胞や疫学研究など特定の研究領域についても、国の指針が制定されています。しかし、当研究所では、国の指針がない研究も数多く行われています。

表①:「人を対象とする研究に関する倫理規程」
第3条 基本精神

- 人間の尊厳と人権を尊重すること
- 科学的又は社会的利益よりも個人の権利の保障が優先されること
- 研究は人類の知的基盤、健康及び福祉に貢献する社会的に有益なものであること
- 被験者又は提供者の選択においては、平等・公平であること
- 事前に十分な説明を行い、被験者又は提供者から自由意思に基づく同意を受けること
- 個人情報の保護を徹底すること
- 研究倫理委員会による事前の審査により研究の適正性が確保されること
- 研究結果の公表を通じ研究の透明性を確保すること

図①：研究倫理審査体制



※：ヘルシンキ宣言
1964年、世界医師会の第18回総会（フィンランド・ヘルシンキにて開催）で採択されたヒトを対象とする医学研究の倫理的原則。2000年の修正において、対象範囲が医生物学研究からヒトを対象とする医学研究（個人を特定できるヒト由来試料を用いる研究及び個人を特定できるデータを用いる研究を含む）にまで拡大された。現在多くの国における研究の倫理面に関する規範となっている。

監修：安全管理部研究倫理課
課長 加賀屋 悟
尾崎 明
鈴木美香

「人を対象とする研究に関する倫理規程」は、国の指針がない研究についても対象としている点が大きな特徴です。遺伝子解析をするしなにかかわらずヒト由来試料を用いる研究、被験者を対象とする研究、診療情報や遺伝情報など個人に関する情報を用いる研究のすべてを対象としています。また、規程の名称には、「ヒト」ではなく「人」という表現を用いました。

本規程におけるもう一つの特徴が、基本精神（第3条）をはっきり示していることです（表①）。世界医師会の「ヘルシンキ宣言※」を基本とし、他の指針等も参考に8項目を定めました。特に、被験者等の選択においては、経済的理由や社会的立場などによらず平等・公平でなければならないことを明確にしました。

被験者又は提供者の保護については、一歩踏み込んだ言及をしています。インフォームド・コンセント（事前の十分な説明と、自由意思に基づく文書による同意）の重要性は今日、社会的にも認識されています。また、被験者又は提供者が未成年者などの場合は、本人の代わりに保護者などから同意（代諾）を受ける必要があることも「ヘルシンキ宣言」をはじめとする多くの指針等で定められています。しかし、代諾に関しては、さまざまな解釈が可能です。そこで本規程では、代諾を受けている場合でも「ただし、本人が拒否の意思を示した場合においては、その意思を尊重しなければならない」（第12条2項）と定め、本人の意思が最大限に尊重されなければならないという立場を明確にしました。

本規程によって、和光本所においてはこれまで脳科学総合研究センターに設置

していた研究倫理委員会等を、和光本所全体の研究倫理第一委員会、第二委員会、第三委員会と改組しました。播磨研究所で実施される研究計画については、和光本所の委員会が対応することとしています。また、筑波、横浜、神戸の各支所については、これまで通りそれぞれの研究倫理委員会が審査されます（第11条）（図①）。

さらに、各研究倫理委員会の相互調整を行う研究倫理協議会を新たに設置しました（第10条）。現在は各支所の研究倫理委員会ごとに申請書の様式、審議方式、審査結果の公開方法など、さまざまな点で違いがあります。研究倫理協議会は、このような違いについて調整を図るとともに、理研全体の研究倫理への取り組みに関し検討・助言します。

● 社会との調和に基づく研究のために

安全管理部は、安全管理課と研究倫理課からなります。安全管理課では、放射線、化学物質、高圧ガス、組換えDNA実験や微生物実験などの管理を行っています。特に組換えDNA実験や微生物実験は、研究倫理課とも密接に関連する事項であり、強く連携を取っています（図②）。

また、研究倫理課では、人を対象とする研究に関する業務だけではなく、動物実験の管理に関する業務も行っています。動物実験においても、人を対象とする研究と同様に、研究倫理面である動物福祉について十分配慮しなければなりません。欧米では、動物実験の実施及び実験動物の福祉についての法令があります。わが国

では「動物の愛護及び管理に関する法律」、「実験動物の飼養及び保管等に関する基準」ならびに学会等が定めた指針等がありますが、動物実験の適正な実施について明確に定めた法令はなく、各研究機関の自主的管理に委ねられています。当研究所でも規程等を定めて動物実験を行っていますが、この規程等についても動物福祉の観点から明確化するべく見直しをしています。

研究倫理に対する考え方は、個人によりさまざまです。研究が適正かつ円滑に行われるためには、すべての研究者が研究倫理に対して高い意識を持って研究を実施する必要があります。そのため研究倫理に関する国内外の動向や関連法令などについての講習会を行うなど、最新情報の提供にも力を注いでいます。

生命科学をめぐる社会環境は急激に変化しています。今後も社会の動向を見据え、規程の見直しや倫理審査体制の再編を行い、ライフサイエンス分野においても先導的役割を担っている研究機関として、研究倫理に関し積極的に取り組んでいきます。

図②：研究倫理課と安全管理課（組換えDNA実験、微生物実験担当）のメンバー



細胞膜内の情報伝達にかかわる領域を 光で操作することに成功

特殊な脂質環境が神経細胞の成長に必須であることを証明

(2002年12月23日、文部科学省においてプレスリリース)

当研究所は、情報伝達に重要な働きをする細胞膜内の特殊領域(脂質マイクロドメイン)をレーザー光で操作することに成功し、神経細胞の成長に脂質マイクロドメインが重要であることを証明した。理研脳科学総合研究センター神経変性疾患修復機構研究チームの上口裕之チームリーダー、中井陽子研究員による研究成果。研究チームでは、レーザー光照射によりフリーラジカル^{※1}を発生する蛍光分子を脂質マイクロドメインに付着させ、レーザー光を短時間照射することで、照射部分の脂質マイクロドメインを不活性化することに成功した。さらに本技術を用いて、神経軸索突起^{※2}の先端部(成長円錐^{※3})に存在する脂質マイクロドメインが、軸索突起の伸長に必須であることを証明するとともに、成長円錐内での機能局在も明らかにした。今回開発した技術は、細胞膜内の微小環境により制御される情報伝達にかかわる場所を、選択的に解析することを可能にするものである。また、脂質マイクロドメインは、個体発生や免疫システム、アルツハイマー病や後天性免疫不全症候群など多彩な生理的病理的現象に関与しており、さまざまな分野への貢献が期待される。

● 生体の細胞膜を構成する脂質とタンパク質は、細胞膜上に均一に分布するのではなく、特定の分子同士が集合あるいは分散した不均一な局在を示す。このような細胞膜微小領域は、主としてコレステロールとスフィンゴ糖脂質から構成される数十から数百nmの大きさで、脂質マイクロドメインと呼ばれている。この領域は、秒から分単位で離散・再構築を繰り返し、そこには多

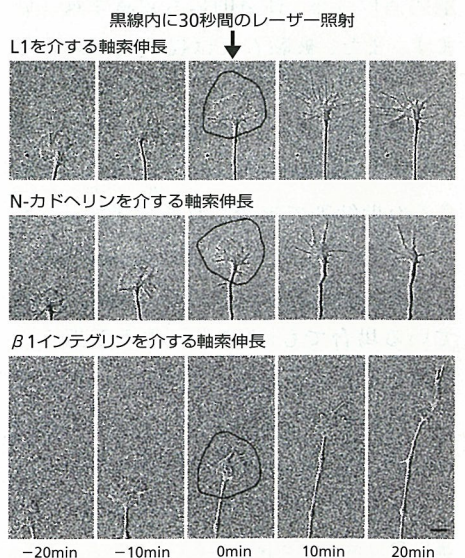
くの重要な情報伝達分子が会合しており、細胞内情報伝達のプラットフォームと考えられている。

● 研究チームでは、顕微鏡下でレーザーを照射し、照射野内の特定分子の機能を無くす(顕微鏡下レーザー分子機能不活性化)技術を応用。脂質マイクロドメインにのみ存在するスフィンゴ糖脂質を特異的に認識する物質に、蛍光色素(FITC)を付加した化合物を作製した。FITCは、480nm近傍の波長の光が照射されると、フリーラジカルを発生する性質がある。よって顕微鏡下で同波長のレーザー光を細胞の一部の領域に照射し、FITCからのフリーラジカル発生を誘起することにより、照射部近傍の分子を破壊することができる。FITCから発生したフリーラジカルの到達距離は、4nm未満と極めて微小な範囲に限られており、その影響はほぼ脂質マイクロドメイン内のみにとどまる。

● この新たに開発した方法を用いて、神経軸索突起の成長過程における脂質マイクロドメインの関与を解析した。発生・再生過程の神経軸索突起の先端部(成長円錐)の細胞膜上には、その周囲環境との接着を媒介する分子が発現している。これら接着分子は、外界からの刺激に応じて神経細胞内へ情報を伝達することにより、軸索突起の伸長を制御する。軸索伸長を促進する代表的な接着分子(L1、N-カドヘリン、 β 1インテグリン)を解析した結果、L1とN-カドヘリンは脂質マイクロドメイン内外両方に存在するが、 β 1インテグリンは脂質マイクロドメイン外にのみ存在することが明らかになった。成長円錐の脂質マイクロドメイン

を不活性化すると、L1とN-カドヘリンを介した軸索伸長は停止したが、 β 1インテグリンを介した軸索伸長は影響を受けなかった。また成長円錐を細分化して解析したところ、成長円錐の先端縁近傍に存在する脂質マイクロドメインがL1とN-カドヘリンを介した軸索伸長に必須であり、成長円錐中心部の脂質マイクロドメインは軸索伸長には関与しないことが明らかになった。

● 今回、脂質マイクロドメインの機能を急速かつ部位選択的に操作できる画期的な方法を確立し、神経成長過程における脂質マイクロドメインの重要性とその機能局在を解明したことは、情報伝達メカニズム解明に重要な知見を与えるものである。さらに、脂質マイクロドメインが関与するさまざまな疾患の病態解明や治療法開発への貢献も期待される。本研究成果は、米国の学術専門誌『The Journal of Cell Biology』(12月23日号)に掲載された。



神経細胞体から伸長した軸索突起の形態
成長円錐の脂質マイクロドメインを破壊すると、L1とN-カドヘリンを介した軸索伸長が停止する。

※1:フリーラジカル

不対電子を持つ不安定な化学種で、反応した他の分子の構造に影響を及ぼす。

※2:神経軸索突起

神経細胞から伸びる細長い突起で、電気的情報を遠隔部位に存在する他の神経細胞や筋肉細胞などに伝える。複雑かつ精巧に張り巡らされた神経軸索突起のネットワークが、脳神経系の働きの中心的役割を担っている。

※3:成長円錐

神経発生・再生過程において、伸長している軸索突起の先端部に形成される手のひらの形をした領域。

監修:脳科学総合研究センター

神経変性疾患修復機構研究チーム

チームリーダー 上口裕之

■ 谷畑主任研究員が理事に就任

4月2日、谷畑勇夫主任研究員（中央研究所RIビーム科学研究室）が理事に就任しました。役職員として長年にわたり当研究所の発展に尽力してきた堀佑司理事は、3月31日をもって退任しました。



谷畑 勇夫 (たにはた いさお)

兵庫県生まれ。1971年、大阪大学大学院理学研究科修士課程修了。理学博士。1978年9月、カリフォルニア大学ローレンス・バークレー研究所研究員。東京大学原子核研究所助教授を経て、1986年4月より理化学研究所リニアック研究室（現・RIビーム科学研究室）主任研究員に就任。2000年9月1日から2001年8月31日まで主任会議長を務める。56歳。

■ 「国際ナノテクノロジー総合展」に出展

当研究所は2月26日から3日間、幕張メッセで開催された「国際ナノテクノロジー総合展」(主催:nano tech実行委員会/副委員長:丸山瑛一 理研フロンティア研究システム長)に参加しました。本展示会では、研究成果を分かりやすく説明するため、CGを使った映像で研究内容を紹介したほか、14研究成果をパネルで解説。最近のナノテクノロジーに対する関心の深さもあり、研究者との間で熱心な質疑応答が繰り返されていました。なお、期間中に約24,000名の方が会場を訪れました。

■ シンポジウム「ゲノム科学の統合的推進に向けて:日本の計画・世界の計画」を開催

シンポジウム「ゲノム科学の統合的推進に向けて:日本の計画・世界の計画」(主催:日本学術会議・生化学研究連絡委員会、日本学術会議・生物物理学研究連絡委員会、理化学研究所ゲノム科学総合研究センター[GSC])が3月11日、理研横浜研究所で開催されました。当研究所からは、榊佳之プロジェクトディレクター(GSCゲノム構造情報研究グループ)が「21世紀のゲノム研究の展望」、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)が「構造プロテオミクス研究の展開」と題して講演しました。本シンポジウムは、戦略的国家プロジェクトが進められているゲノム科学に関する研究に携わる研究者から現在の研究状況を聞くとともに、ゲノム科学の将来像を展望していくことを目的として開催。当日は約250名の関係者が参加しました。——1



■ 松本 元グループディレクター 逝去

脳科学総合研究センター 松本元グループディレクター(脳型デバイス・ブレインウェイ研究グループ)が3月9日、逝去されました。松本グループディレクターは、ヤリイカの人工飼育に世界で初めて成功し、ヤリイカの巨大神経細胞の興奮現象のメカニズムを解明しました。1997年に通産省工業技術院電子技術総合研究所から当研究所に移られ、さらに脳と同じ原理の情報処理システムとしての脳型コンピュータを開発することで、脳を理解することを目指していました。謹んでご冥福をお祈りします。

■ 新主任研究員、新チームリーダー紹介

新しく就任した主任研究員、チームリーダーを紹介いたします

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

<中央研究所 主任研究員>



極微デバイス工学
研究室
石橋 幸治

①1960年10月12日 ②京都府 ③大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程 ④理化学研究所半導体工学研究室 ⑤極微デバイスの作製、物理と応用

⑥為せば成る(と信じた) ⑦読書、囲碁

<免疫・アレルギー科学 総合研究センターチームリーダー>



免疫工学研究グループ
B細胞機能研究チーム
王 継揚

①1961年11月19日 ②中国 ③九州大学大学院医学系研究科博士課程 ④九州大学生体防御医学研究所、千葉県がんセンター

⑤Bリンパ球の終末分化に伴うゲノムの変異と組み換えのメカニズム ⑥感謝の気持ちを忘れないこと ⑦旅行



免疫疾患制御
研究グループ
免疫シャペロン分子機能
研究チーム
鵜殿 平一郎

①1959年4月18日 ②長崎県 ③長崎大学大学院医学研究科博士課程 ④岡山大学医学部 生体防御医学

講座、長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 免疫機能制御学講座 ⑤免疫系における分子シャペロンの機能研究 ⑥生かされている ⑦読書、散策

僕らが普段、意識しないで振る舞っている日本人らしい礼儀作法。それは日本人だったら生まれつき当たり前身に付いているものと思い込んでいたが、どうやら違うらしい。これはNYの補習授業校に通う子供たちの授業風景を見学して感じたことだ。

●
僕らは普段、NY州の郊外ブルックヘブン国立研究所(BNL)で研究ずくめの生活を送っているが、珍しく課外活動をするという企画が持ち上がった。タイトルはなんと「出前授業」。最前線の科学者が補習授業校を訪問して特別授業をするという、とても夢のあるテーマなのである。補習授業校は毎週土曜日に開校していて、平日地元で英語のクラスしか受けていない子供たちに、日本の学校と同じようなカリキュラムをフォローさせるための補習校である。僕らはその貴重な数コマのクラスの1つを特別授業という形で使わせてもらった。この日はホワイト・プレインズの閑静な住宅地にあるW校を訪問。小学校5年生と6年生の2クラス、一番元気な年ごろだ。校舎自体はアメリカの学校なので、僕らの知っている日本の小学校とは明らかに造りが違う。廊下が広い、天井が高い——2倍くらいあるのではなかろうか。ところが、すれ違う人々(職員、父母の方々)は日本人ばかり、すれ違いざまにつぶやくような声で「どうも」「失礼します」「こんにちは」なんて。ここはまさに日本の学校なのである。

●
授業ではパワーポイントを使い、地球などのマクロのスケールから僕らが研究で扱っているようなクォーク・レベルのミクロの世界までを徐々にスケールダウンして見せ、彼らの知っている最小の単位に比べ、最前線でどんなに小さいものの研究をしているかを子供たちに想像してもらおうがメインテーマだ。木→葉っぱ→ハエ→複眼→ウイルスと、スケールが小さくなるたびに子供たちの歓声(&うめき声)が上がる。その途中、風船などの小道具を使って子供たち一人一人に加速器物理の本質を問う(?)実験をしてもらったりもする。講師は竹谷篤研究員。子供たちの興味を引き付け、友達のように質問に答えていく。さすが同じ年代の子を持つお父さん、お手の物だ。予想通り反応がいい。質問を思い付いた子供たちが一斉に手を上げる。竹谷氏の話では、日本の学校で同じものをやったときよりも、こちらの子の方が積極的らしい。普段はアメリカ式に生活しているからだろう。

●
しかし指されるまでは決して勝手に質問を始めたりはしない。これには驚いた。しゃべった者勝ちという風潮のあるお国柄なので、少なからず子供たちもその影響を受けて、授業は收拾の付かないものになると予想していたからだ。統制の取れている理由は先生方にあるようだ。大事なお客様を招待しているのだから、決して迷惑をかけることなど無いようにという精神が、子供たちに行き渡っているのが分かる。ここでは国語などアメリカの学校では習えない科目を勉強するということ以上に、規律や礼儀作法などを徹底して指導しているようだ。やがて彼らが親御さんの仕事の事情で帰国したときに、日本の学校で問題なくやっていくためには、こういったマナーがとても重要になるらしい。

●
なにはともあれ、各クラスに一人か二人、「科学者の卵」候補たちがいた。知りたくて気になって、質問せずにはいられない性分の持ち主たちである。彼らの好奇心が規律に縛られること無く、将来自由に羽ばたいていくことを願うばかりである。



筆者近影



補習授業校での授業風景、講師は竹谷篤研究員。

理研ニュース

5

No.263: May 2003

発行日——平成15年5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ビア

制作協力——有限会社フォトンクリエイト

再生紙(古紙100%)を使用しています。