

サイエンス & テクノロジー

京都産業大学
理学部 & 工学部
からのメッセージ

VOL. 5

01 微積分

が導いた

宇宙の法則

万有引力の
発見は数学の賜物 正岡 弘照 教授

02 脳と心の

不思議に迫る

記憶や言語活動に関与する
遺伝子と分子機構を求めて

別所 親房 教授

03 個人

適応が

情報社会を変える

画一的な便利さから多様な豊かさへ
河合 由起子 講師

04 地中の

地震予測に
新たな可能性を拓く

電磁波を追え!

筒井 稔 教授

05 紙

キレ1枚で!?

有害微生物を識別

世界で初めての画期的な工夫
糖鎖マイクロアレイを利用して 福井 成行 教授

リンゴが樹から落ちるのを見て、ニュートンが万有引力の法則を発見した、というエピソードは有名です。しかし、彼の真に偉大なところは、単にリンゴを落とす力を見ただけではなく、その力を一般化し、リンゴの落ち方も、惑星や彗星の運行も同じ法則を用いて説明したことです。この業績により、古典力学が切り開かれたのです。古典力学は、ニュートン力学とも呼ばれるほど、ニュートンと聞けば物理学者をイメージしますが、ライプニッツとは別々に、微積分法(曲率法)を発明した数学者でもあります。この微積分法の発明が、万有引力の法則の発見へとつながりました。今日では、ロケットの軌道計算や経済の分析など、幅広い分野に応用されている微積分法。微積分法が万有引力の法則を産み出す過程を、正岡弘照先生に語っていただきました。

リンゴは落ちる？ 月は落ちない？

物体と物体があれば、ふたつの間には引きつけ合う力が働きます。これが万有引力です。万有というとおり、どのような物体にも働いているのです。リンゴが樹から落ちるのは、リンゴという物体が、地球という物体の引力によって引っ張られているからです。ところで、こんな疑問を持ったことはないでしょうか「リンゴは地球に向かって落ちるけれど、月は落ちてこないのだろうか？」もちろん、地球の引力は月に対しても働いています。その力が月をして、地球の周囲を回らせているのです。月が落ちてこないのもリンゴが落ちるのも、同じ法則を用いて説明できることを発見したのが、みなさんご存知のアイザック・ニュートン(Isaac Newton 1642-1727)です。

偉大なる「数学者」ニュートン

ニュートンは「万有引力の発見者」として広く知られていますが、より正しく言い換えるなら

らば、ヨハネス・ケプラー(Johannes Kepler 1571-1630)が発見した惑星の運行に関する法則などから、数学的に導き出された結論として、万有引力の法則を発見したのです。ケプラーの法則から、万有引力の発見にいたるまでには、多くの数学的証明が積み重ねられていて、その過程のなかでニュートンは微積分法を創造しています。このことは、観測された現象を、数字(ことば)を使って記述するための、新しい文法(微積分)が作られたとも言えます。これは、新しい言語が作られた、と言ってもいいほどの画期的なことでした。この業績から考えると、ニュートンは万有引力を発見した物理学者であると同時に、微積分法を発明した偉大な数学者でもあるのです。

速度は距離÷時間ではない？ 一微分

ニュートンがいかにして微積分法を用いたかを紹介する前に、微積分をまだ習っていない人

ポテンシャル論ってどんな学問？

ポテンシャルとは力の源を表す物理学の概念で、位置エネルギーの本質部分や電圧の本質部分のことをこう呼びます。その数学的諸性質を研究する学問のことをポテンシャル論と呼んでいます。ポテンシャル論が対象とするのは、平面や空間ですが、リーマン面と呼ばれる多様体も含まれます。リーマン面には、球や浮き輪などの表面のようなもの(閉リーマン面)や、図のようなたこ足のよう伸びていく3次元的な図形の表面のようなもの(開リーマン面)があります。開リーマン面の1点Pに電荷をおいて、たこ足が伸びていった果て(理想境界と呼ばれる)の電位を0にします。このとき、P以外の点で電圧が生じるリーマン面を双曲型、生じな

いリーマン面を放物型と呼びます。それぞれの面上で1点から出発し分散していくブラウン運動を計算してみると、双曲型では、大部分の粒子は時間が無限に経過していくと、理想境界に到達します。それに対して、放物型では、大部分の粒子は時間が無限に経過していくと、何回も出発した点の近くまで戻ってきます。

微積分

宇宙の法則

が導いた

万有引力の発見は数学の賜物

のために、その考え方を説明しましょう。まず、微分です。数学の教科書でもよく説明に使われる、速度を用いて考えてみましょう。速度は距離÷時間で定義されます。新幹線が新大阪から東京までの550kmを2時間30分で移動すると、速度は $550 \div 2.5 = 220$ km/hとなります。しかし、現実の新幹線は、途中で駅などに停まったりしますから、ずっと同じ速度で走っているわけではありません。220km/hが表しているのは、新大阪-東京間の速度の平均にすぎないのです。

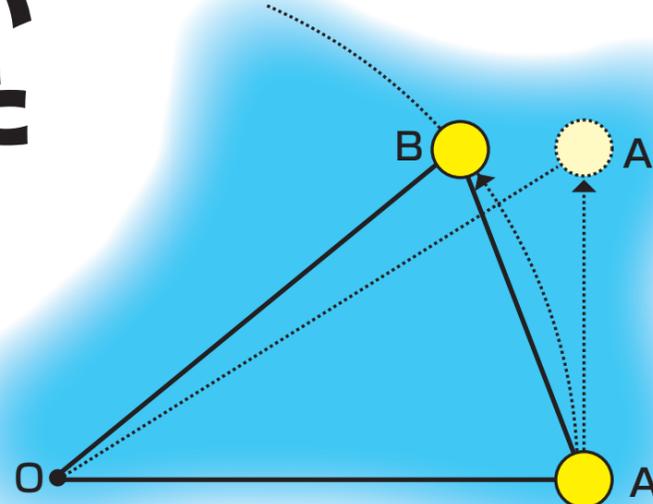
理学部・数理科学科
正岡 弘照 教授

PROFILE
京都大学理学研究科修士。理学博士。専攻はポテンシャル論。中学生のころから数学に興味があり、高校時代には大学レベルの数学書を読んでいた。そこから数学を研究するために必要な厳密な定義や、物事を分析的に考える姿勢を自然に学び取った。現在は、ポテンシャル論の研究対象である理想境界に関する研究をしている。

それでは、ある瞬間の速度—たとえば、新大阪を出発して60分後の速度—はどうやって求めればよいのでしょうか。実は、微分法を用いることで瞬間の速度が求められるのです。微分法の考え方は次のようになります。新大阪を出発して60分後の新幹線の位置(新大阪からの距離)を205kmだとします。そして、61分後の位置を209kmだとすると、この1分間での平均速度は、 $\frac{209-205}{61-60} = 4$ km/m(240km/h)となります。これを10秒間、1秒間、0.1秒間、と小さくても計算は同じようにできます。そして、時間の長さを限りなく0に近づけたとき、新大阪を出発して60分後の速度が求められるのです。

速度から移動距離を求める 一積分

積分とは微分の逆の操作で、複雑に変化するものを、計算しやすく細かく切り分けていき、それ



を足し合わせることで、全体像がどんなに複雑であって計算ができるようにする計算法です。先ほどの新幹線の例で言うと、各時間の速度が分かっているとき、それを積分すれば移動した距離がわかります。たとえば、60分後から10分間で移動した距離を求める場合、60分後は4km/m、61分後は3.8km/m...69分後は3.5km/mと分かっていたら、求める移動距離は、 $4 + 3.8 + \dots + 3.5$ というようにして求められます。しかし、このままでは1分以内の速度変化に対応できません。そこで、微分と同様に、1分ごとから、10秒ごと、1秒ごと、0.1秒ごとと小さくしていきます。そして、切り分ける時間を限りなく0に近づけたとき、正確な移動距離が求められるのです。

微積分を駆使して宇宙の真りに到達したニュートン

それでは、ニュートンが万有引力の法則を発見するまで、微積分をどのように使ったかを見ていきましょう。ニュートンは、ケプラーの第2法則から、惑星には常に太陽からの引っ張る力が働いていることを、積分の考え方を用いて証明しました。ケプラーの第2法則とは「面積速度一定(一定時間に太陽と惑星を結ぶ線が描く軌跡の面積は等しい)」というものです。図で惑星がAにいて、A1の方向へ動こうとしているとします。惑星に外から何の力も加わらなければA1に動きますが、実際にはBへと動きました。描く軌跡はOAが共通なので、面積速度一定を満たすためには、三角形OAA1と三角形OABの高さが同じでなければいけません。そのため、公転する惑星には原点Oに向かう以外の力が働かなくてはならないことになります。そして、AとA1の距離を縮めて、限りなく0に近づけると、実際の公転軌道にあてはまります。積分法の考え方を用いることで、面積速度一定から太陽の引力を示したのです。また、ニュートンは、惑星がその公転軌道の中心に向かう加速度(速度の瞬間的な変化のこと/速度を微分して求められる)を、微分法を用い

ADVICE
高校生へのメッセージ

中高では、教科書をきちんと勉強することが大切です。数学というのは、厳然たる定義があります。この定義をもとに、きちんと数学の体系が成り立っているわけです。高校までの数学は、残念ながら概念をきつままでしか扱っていません。自分の経験からして、定義をもとに、厳密に証明するということがないまま、なんとなく分かったような気になっていたと思います。で

もう一人の微積分発見者—ライプニッツ
ニュートンとは別に、異なった視点から微積分法を確立した数学者がいました。それがゴットフリート・ライプニッツ(Gottfried Wilhelm Leibniz 1646-1716)です。両者はどちらが先に微積分を発見したのかをめぐって熾烈な争いを展開しました。発表はライプニッツが先でしたが、ニュートンが微積分を発見したのは、ライプニッツの発表より10年ほど前のことでした。今日、微積分で一般的に用いられているのは、ライプニッツが考案した記号であり、軍配はライプニッツに上がったようにも見えます。しかし、ニュートンは、自分が考案したアイデアを盗まれたのではないかと疑っていたようです。当時の数学者の間で、微積分法の発見が、数学史上の一大事件であったことを物語るエピソードではないでしょうか。

て算出し、ケプラーの第3法則と併せることで、引力が距離の2乗に反比例することも導き出します。惑星の位置ベクトルは、公転半径r、公転周期Tで表される時間tの関数になります。この位置ベクトルを2回微分すると、惑星の加速度が求められ、これは $\frac{r}{T^2}$ に比例する式になります。この計算結果に、ケプラーの第3法則「惑星の公転周期Tの2乗と公転半径rの3乗は比例する」を当てはめると、 $\frac{1}{r^2}$ に比例するという結果が得られます。rは惑星から太陽までの距離ですから、太陽が惑星におよぼす引力は、距離の2乗に反比例していることが証明されるわけです。これらの計算結果から、どの惑星も太陽からの引力を受けていて、その力は太陽までの距離の2乗に反比例するという法則が導かれました。この法則は、太陽と惑星だけでなく、惑星とその衛星など、あらゆるものにあてはまりました。ニュートンが導き出した万有引力の法則は、アルベルト・アインシュタイン(Albert Einstein 1879-1955)が登場するまで、物体の運動をもっとも正確に説明する理論として君臨し、現在でも、一定の条件下では十分有用なものです。そして、その理論は数学を駆使することで導き出されたものだったのです。

すから、大学に入って、数学を本格的に勉強すると、記述法まで違うので、ショックでしたね。数学というのは、数学を使って世界を記述していくのですが、そのための文法、つまり定義や、微積分法等の法(仕組み)を理解することが、なによりもまず必要です。数学的な考え方の方法論をきっちり身につけていると、数学の面白さが広がっていきます。

21世紀は「脳の世紀」といわれ、宇宙の果て、物質の究極とともに、脳は（自然）科学の最後のフロンティアになっています。心が脳からいかにして生じるか？それを解明しようと、世界中の科学者がいま激しい競争を繰り広げています。脳科学では、「知る」、「治す」、「創る」、「育てる」を重点目標に、応用研究も盛んに行なわれています。一人一人の脳活動（心といってもよいかもしれませんが）が簡単に見えるようになれば、教育の方法は劇的に変わらざるを得ないでしょう。そして名人やノーベル賞受賞者のひらめきを誰もが追体験できるようになるかも知れません。またニューロコンピュータ、バイオコンピュータなどといった学習機能をもったコンピュータや、学習するロボット、それにサイボーグも、やがて実現するでしょう。物理学を出発点にして、脳・神経の研究に精力的に取り組んできた別所先生に、学習・記憶のメカニズムを中心に、分子神経科学のこれまでの成果と、ご自身の研究の一端をお話いただきました。

記憶や言語活動に関与する
遺伝子と分子機構を求めて

脳と心の不思議に迫る

長期記憶の秘密

心にしみる思い出——、私たちは忘れられない記憶を何気なくこんなふうに表示します。実際、長期記憶が形成される回路の神経細胞では物質代謝が起り、核の中へ「物質が染み入り」、DNAが興奮して神経の形態が変化するので。

記憶は学習によって獲得された情報の保存と再生ですが、保持される時間によって、短期記憶（数時間程度）と長期記憶とに分けられます。近年この2つの記憶には、分子神経科学上からも大きな違いがあることが分かってきました。繰り返し学習によって、短期記憶がそのまま長期記憶に移行するのではなく、長期記憶の形成では、脳の神経細胞の中で予想もしなかった遺伝子発現が起こるのです。

アメフラシの奇蹟——「たかがアメフラシ、されどアメフラシ」簡単な学習、潜在記憶の謎を解く

このことが確かめられたのは、エリック・カンデル（Eric R. Kandel, 2000年ノーベル生理学・医学賞受賞）等によるアメフラシ^{※1}（写真①）を用いた研究でした^{※2}。アメフラシは、「水口」という器官を強く刺激されると、エラを引っ込めます。水口からの刺激が腹部神経節にある感覚神経を興奮させ、感覚神経末端から味の素に似た神経伝達物質^{解説①}であるグルタミン酸が放出され、隣接する運動神経の受容体^{解説②}に結合し、運動神経が興奮してエラが引っ込むのです（無条件反射）。次にエラ引っ込めがおきない弱い刺激を条件刺激として水口に与えます。そして、その直後にエラ引っ込めを起こす強い刺

激を頭や尻尾に無条件刺激として与えます（図①）。この刺激操作を繰り返すと、水口に弱い刺激を与えるだけでエラが引っ込むようになります。まさに、条件刺激である鈴の音だけで唾液を出すパブロフの犬の条件反射学習にそっくりです。

強い刺激は、感覚神経に側面から接する介在神経（図①）を興奮させます。介在神経の軸索末端からは神経伝達物質セロトニンが放出され、感覚神経上の受容体（図②）に結合し、複雑な物質代謝が起って感覚神経が強く興奮します^{解説②}。その結果、感覚神経の軸索末端ではカルシウムイオン（Ca²⁺）が大量に流入し、大量のグルタミン酸が放出され、運動神経が強く興奮してエラが収縮するので^{解説②}（図②）。これと同様の仕組みがパブロフの犬の脳にも当てはまると推定されますが、犬の脳は複雑なため、い

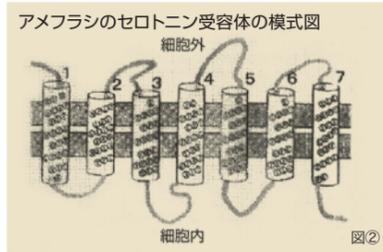
理学部・物理科学科 別所 親房 教授

PROFILE

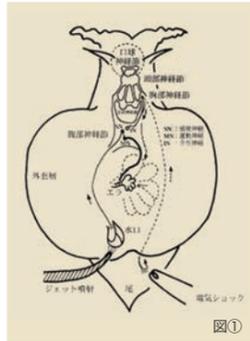
京大大学院理学部（物理学科）卒。専攻は生物物理学、分子脳科学。量子力学の父 Schrödinger 博士の「生命とはなにか？」を読んで発奮し、DNAの二重らせん構造の発見者 Crick 博士にあこがれ、生物物理の研修員になって、生物物理学、分子生物学の分野に進む。20年前に米国 Stanford 大学に留学し、Scheller 博士の下で、アメフラシの分子神経科学を始めた。Scheller 博士を介して、憧れの Kandel 博士とも知り合う。今から60年前の湯川秀樹博士の「これからの自然科学は物質から精神へ向かうだろう」の予言は的中し、その方向に進んできた自分を振り返って、「思えば遠くに来たもんだ」と感慨深い。島根県立大社高校OB。



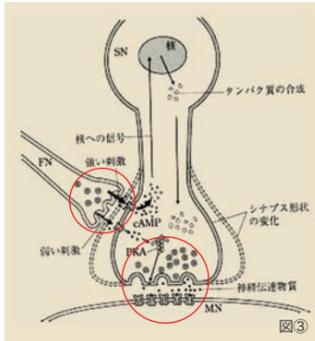
写真① アメフラシ



図②



図①



図③

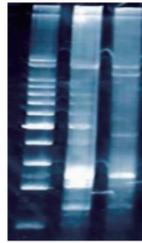
まだ解明はされていません。

「心に染み入る」とき、神経細胞では何が起る？

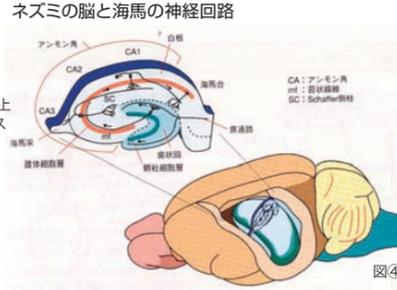
この実験には、もう一つの重要なポイントがあります。長期記憶ではシナプスの新生が、感覚神経の軸索末端で起っているのです。強い刺激や繰り返し刺激を受けた感覚神経では、Ca²⁺やタンパク質リン酸化酵素の一部が神経細胞の核の中にまで入り込みます。これが「染み入る」とたとえられる現象です。核内のCa²⁺または環状アデニンモノヌクレオチド（cAMP）に応答するタンパク



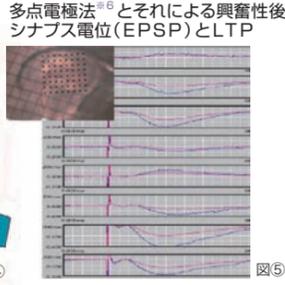
写真② 足場の上のマウス



写真③ 単に泳がせただけのマウスの遺伝子発現（写真まん中）と水迷路学習させたマウスの遺伝子発現（写真右）



図④



図⑤

質がDNAに結合し、眠っていた特定の遺伝子にスイッチが入り、シナプスの成長を促す新しいタンパク質が合成されていきます。そして最終的にはシナプスの形態が変わり、新しいシナプスも作られます（図③）。ちなみにアメフラシを使った一連の研究・実験で、私達は長期記憶に関わるセロトニン受容体の候補遺伝子をクローニング^{※3}し、その構造を明らかにしました。

短期記憶ではシナプス周辺の細胞膜の興奮が短時間続くだけですが、長期記憶の場合は新しいシナプス結合と神経回路が形成され、神経の興奮が長時間、安定的に続くのです。この長期記憶の仕組みは、神経細胞の役割分担や神経伝達物質と受容体が違って、知能記憶をするネズミやサル、そして人間にも共通すると考えられます。カンデルは主にアメフラシを用いた学習・記憶の研究でノーベル賞を受賞し、長期記憶の解明にも大きく貢献したのです。

マウスの海馬で知能学習、頭在記憶の仕組みが分かる

ただ、アメフラシがいかに素晴らしいモデル生物だといっても、複雑な学習や記憶の研究には不向きです。この分野では、50年前、自転車事故で側頭部を強打して重度のテンカン症になり、海馬除去手術を受けて、テンカンは治ったものの短期記憶健忘症に陥った患者、H・Mさんの研究が契機になりました。現在ではモデル生物にマウス（写真②）を使った詳細な研究が発展し、その仕組みが徐々に解明されてきました。マウスは水を張った水槽に入れられると、そこ

から出ようと泳ぎ回ります。その水槽の中に見えないように足場を置いておくと、最初は偶然に足場にたどり着いていたのが、同じことを何回か繰り返すうちに足場に向かって泳ぎ出すようになります。マウスは足場を記憶したのです。このとき、脳の側頭葉にある海馬^{※5}を、外科的にまたは薬物で損傷すると、マウスはデララメに泳ぎ、短期記憶ができなくなります。

短期記憶は、高頻度の電気刺激(HFS)で海馬神経の後シナプス電位(EPSP)が大きくなり、興奮が2-3時間持続する長期増強(LTP)と呼ばれる現象によると考えられています。このとき、強い電気刺激でMg²⁺ブロックがはずれ、NMDA型のグルタミン酸受容体が開き、Na⁺が流入してK⁺が流出し、さらにCa²⁺が流入して、LTPが起るのです。そしてHFSを4発以上与えると、LTPは長時間続き、新しい遺伝子発現がおきることが確かめられています。このことは「水迷路学習」をさせたマウスと、足場を置かず単に泳がせただけのマウスの海馬の遺伝子発現を比べてみると分ります。水迷路学習をしたマウスの海馬には、学習させていないマウスには見られない遺伝子の発現が認められるのです（写真③、図⑤）。

脳の高次機能—言葉(学習)のさらなる解明へ

現在、多くの脳研究者の興味は、海馬から大脳皮質の長期記憶に関わる神経活動と遺伝子の解明に向かっています。

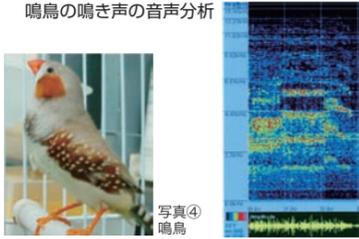
他方、脳・神経科学のもう一つの焦点は、学習や記憶よりも高次の機能である、認知や意識です。私は、九官鳥の音声学習と娘の言葉学習の類似性に興奮した脳研究の出発点に戻り、アメフ

ADVICE

物理は脳を必要とし、脳は物理を必要としている

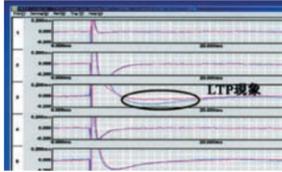
高校生のみなさんには、物理学の研究室なのに、マウスやその脳を使って脳・神経科学の研究をやっているなんて想像もつかないかもしれません。しかし、脳・神経は自然が作った最高の物質系です。問題は、生体電気パルスの伝播と神経結合の物質過程から、いかにして精神が生じるか？です。物理科学は、デカルト以来、精神の問題を脳に置き、物質の運動と構成に集中して、自然の謎—物性、物質の究極、宇宙の始まりなどを次々と解明してきました。しかし今や、生命と精神に対しても、その有効性が試されていると思います。また

脳と心を解明するためには、物理だけでなく、数学、化学、生物学、心理学、医学、工学など、すべての科学と技術を総動員することも必要です。卒業生の多くは、システムエンジニアになりますが、中には、脳神経の研究者もいれば、バイオテクノロジー、医療の分野に進んだ人もいます。また若くして世界的なIT企業の社長になった人もいます。高分子機能材料、ナノテクからITまで、活躍できる分野は様々ですが、今後は、健康、環境の分野でも、ますます必要とされてくると思います。



写真④ 鳴鳥

鳴鳥の脳のLMAN（歌声学習に関する神経核の一種）でのEPSPとLTP



図⑦

ラシの学習・記憶の研究で培った考え方と実験方法を総動員して、モデル生物の鳴鳥とマウスの音声学習に着目し、言葉学習の仕組みに取り組んでいます（写真④、図⑥）。最近、鳴鳥の脳・神経活動を多点電極法^{※6}で測定したり（図⑦）、鳴鳥の発声に伴って発現する遺伝子をクローニングしたり、マウスの脳で超音波の発声に伴って言語遺伝子といわれるFoxP2が発現変化することを見つけた。マウスと鳴鳥の音声学習の研究を足がかりとして、いつかヒトの言葉学習を分子レベルで解明したいと、私は心を弾ませ、日夜、知恵を絞っています。

- ※1 アメフラシは俗名ウミシシ。海に棲む軟体動物。簡単な学習行動を示し、哺乳類の数倍ほどの大きさの神経細胞を持っています。この神経細胞は、場所によって役割が決まっていますが、基本的な仕組みは哺乳類のものと同じです。ですから非常に観察しやすく、脳・神経系を研究するには最適です。カンデルはまたとないモデル生物を発見したのです。
- ※2 脳の研究には、2通りのアプローチがあります。一つは非侵襲的（あるがままの状態）で人間の脳活動を見る方法で、今の脳ブームの火付け役となった、核磁気共鳴イメージング(MRI)や光トモグラフィーなどがあります。この方法は、大雑把に人間の脳・神経活動に伴う脳血管の血流や血液の酸化・還元状態をそのまま見ることが出来ます。もう一つは、脳を構成する神経細胞の構造と働きから見ていく分子神経科学的方法で、この場合はモデル生物を使った実験が中心になります。
- ※3 ウィルスなどを使って、大腸菌などの中で増殖させた遺伝子の中から特定の遺伝子だけを取り出すこと。
- ※4 勉強など言葉で覚える記憶。頭在記憶と違い、スポーツなどで覚える潜在記憶（手続き記憶）と区別する。
- ※5 人間をはじめ哺乳類では、記憶を司るのは大脳の下の両側にある海馬（図④）と考えられています。感覚器官からの情報は一旦大脳皮質に集められ、そこから海馬へ送られ、再び大脳皮質へ送られます。長期記憶を保持しているのは大脳皮質であることがほぼ分かっています。海馬は短期記憶を長期記憶に変換する中継所だと考えられています。
- ※6 脳スライスの1点または2点で電気刺激を与え、各電極ごとの電気的な反応を調べる方法。

解説①：一連の神経細胞間の化学物質の受け渡しは、すべてシナプスと呼ばれる部分を介して行われます。神経細胞は樹状突起を延ばして情報を受け取り、軸索を使ってその情報を他の細胞に伝えますが、いずれの場合も他の神経細胞とはごくわずかな間隔をあけて接しています。この間隔の周辺がシナプスです（図③赤○部分）。1960年代、学習・記憶は、「学習分子」・「記憶分子」によっておきるのではないかと考えられていました（分子説）。しかし、その後、シナプスの変化によって起きるという考え（シナプス説）が有力となり、さらにシナプス間を神経伝達物質と呼ばれる化学物質（分子）が移動することがわかってきました。

解説②：神経細胞の内外には、カリウムイオン（K⁺）やナトリウムイオン（Na⁺）の濃度差ができて約-70mVの静止電位が生じています。神経細胞が刺激を受けると、細胞膜に流入するイオンチャンネルが開き、Na⁺が流入し、K⁺が流出して約+100mVの活動電位が生じます。この電気信号は、細胞体の根元から軸索の末端へ向かって伝えられていきます。末端のシナプスでは、電気信号によって、Ca²⁺チャンネルが開きCa²⁺が細胞内に流入することで、グルタミン酸などの神経伝達物質（NTM）の入った袋が破れて、NTMがシナプスに放出されます。NTMを受け取った後の神経細胞では、受容体と呼ばれるチャンネルからNa⁺が流入し、K⁺が流出して再び活動電位が発生します。電気信号はシナプスで一旦、化学信号となり、信号を受けた細胞で再び電気信号へと変換され、次のシナプスへと次々に伝えられていくわけです。しかもこの一連の流れは必ず一方通行です。

コンピュータは画一的なものじゃない

現在の一般的な情報検索技術では、同じキーワードを入力して検索すると、どんなユーザが使っても同じ検索結果が返ってきます。「そんな当たり前じゃないか」と思う人もいるかもしれません。しかし、本来コンピュータとは、プログラムを工夫することで、一人ひとりに対して違った振る舞いができる情報機器です。誰が使っても同じ結果でなければいけないという理由はありません。

例えば、野球の試合結果を調べたいとき、TigersファンとGiantsファンとは読みたい中身が大きく違ってきます。もし自分の応援するチームが負けた試合であっても、好きな選手が活躍したことや、監督の次に勝つためのコメントや分析についての情報が欲しいこともあります。この場合は、どちらのチームの詳細情報を入力したいのかが大きく異なるわけです。

このように「ある人にとっては必要であるが、他の人にとっては不要である情報」をその人ごとに選別し、その人にとって必要と思われる情報を提供することを「個人適応技術 (personalization)」といいます。

個人適応を実現するためには、大きく分けて3つの方向からのアプローチがあります。1つ目は、書き手 (webサイトの制作側) が、その記事についてどんな印象を持って書いているのか、ユーザがどんな情報を好んで見ているのかを分析する技術。2つ目は、検索結果をユーザの要求に応じたものとする技術。3つ目は、集めた情報をユーザにとって使いやすいように、様々な情報と融合させる技術です。

個人適応の様々な応用

情報の個人適応は、インターネットの中だけではなく、現実世界に応用することもできます。

たとえば、テーマパークの随所にセンサーとカメラを設置しておきます。ある人が1日、そのテーマパークで遊んだ記録を、自動的に集めて、一つの画面に納め「テーマパークの思い出日記」を帰る時に渡す、ということもできます。この仕組みは、そのまま工場の視察や点検結果をレポートにまとめることなどにも応用できます。

さらに、3次元情報と融合させることで、ドライバーの気分や状況 (時間や乗車人数) に適応した道路を推薦してくれるカーナビゲーションシステムも可能となります。従来の「最短経路」や「最速経路」といったルート選択だけではなく「楽しい」「ゆっくり」「景色を見ながら」といった感性に合わせたルート選択もできるようになるでしょう。

情報技術の発展により、私たちの生活は以前と比較にならないほど便利なものとなりました。

例えば、インターネットには膨大な数のwebページが公開され、世界中のどこからでもその情報を見ることができます。

しかし一方で、私たちが得た便利さの分だけ、私たちの生活は豊かになったと言えるでしょうか。

溢れるほどの情報の中から、本当に欲しい情報・必要な情報を選び出せているのでしょうか。

この課題に取り組んでいる河合先生に、これからの情報技術についてお話いただきました。

個人適応が

画的な便利さから多様な豊かさへ

情報社会を

変える

個人適応を支える技術1 印象の評価

1つ目の技術は個人適応の核となる部分で、私もこれまでにいくつかのソフトを開発しています。世界中の情報を集めてきて、ユーザの嗜好に合わせて記事を推薦する「MPV (My Portal Viewer)」や、感性情報を分析する「YAKAKASHI」などです。

これらのソフトは、webサイトの記事を自動的に集めて、自然言語処理を施し、印象値を出すことでサイトや記事の印象を評価します。具体的にどのような技術なのかと言うと、最初に、集めてきた文章を品詞ごとに切り分けていきます。そして、名詞の出現頻度と、形容詞の意味内容を調べます。このとき、形容詞は独自で作成した感情辞書に基づいて分析されます。感情辞書とは、ある形容詞がどういった感情の組み合わせで使われる言葉なのかをデータベース化したものです。

理学部・コンピュータ科学科
河合 由起子 講師

PROFILE

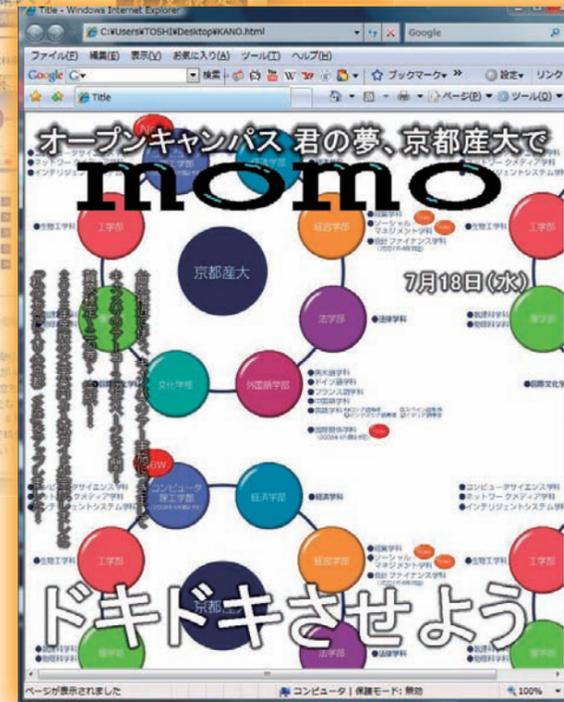
奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科修了。博士 (工学)。専攻は情報工学。小学生のころ、兄が作ったコンピュータプログラムを見て、コンピュータが人に合わせて変わり得るということに興味を持つ。以来、研究活動においても「人にとって使いやすいものとは何か」をずっと考えながら取り組んでいるという。プログラムは実際に作ってみてはじめて、不便なところや足りない部分が見えてくるものという考え方で、机上の議論だけではなくプロセスや経験を重視した研究スタイルをとっている。2005年に「FIT (情報科学技術フォーラム) ヤングリサーチ賞」を受賞。

個人適応を支える技術2 検索の個人適応

2つ目の技術は、冒頭で述べた課題を克服するための技術です。現在の検索サイトでは、同じキーワードを使えば必ず同じ検索結果となってしまいます。本来、検索プログラムとは、ユーザが探し出した情報に少しでも近いサイトや記事を探し出すべく開発・改良されるもの



京都産業大学のHP



左上と同じ内容を雑誌の表紙風にしたもの

なのですが、このシステムを逆用して、検索結果の上位に表示させることがビジネスとなっているのが現状です。これでは、ユーザが読みたい情報や価値のある情報がずっと下位になってしまいかねません。検索でヒットしても、それが1万件目であれば、ほとんどのユーザは目にする事ができないのです。

これを解決する改善策として「サブピックとなるキーワードの重み付け」を考えています。たとえば、「京都産業大学」というキーワードで検索した場合、提案するシステムがサブピックとなるキーワードをユーザに推薦します。もし、あなたがその中で「理学部 大学入試」というサブピックキーワードに興味があれば、それぞれのサブピックの重要性を選ぶことができます。これまでは、

そのサブピックキーワードがあるかないかの0、1でしたが、サブピックに0.3や0.5など欲しい数値を与えることで、それぞれの重み付けに応じた検索結果を得られ、欲しい情報に近づけるのです。

個人適応を支える技術3 個人適応に基づいた情報融合

3つ目は、集めてきて評価した情報を基に、ユーザにどのように見せていくのか、という見せ方に関する技術です。せっかくユーザごとに異なる情報を提供できるので、画面のデザインもユーザごとに変えればよい、という発想です。

たとえば、インターネットから集めてきたニュースを、ユーザが愛読している雑誌や新聞風に並べ替えることで、読みやすくすることができます。また、デザインをデータベース化しておけば、ユーザ自身が自由に選んだり、内容によってデザインを変えることもできます。

左の図は、京都産業大学のHPとそれを雑誌の表紙風に並べ替えたものです。2つのページは全く同じ内容ですが、見せ方を変えるとこれだけの違いができます。

重要となってくる技術と 社会性とのバランス

個人適応に関しては、私たちはまだ十分に情報技術の恩恵を受けているとは言えません。今後の情報技術は、この分野をより洗練させる方向に進むことでしょう。

しかしながら、この技術には大きなジレンマがあります。完全な個人適応は、コンピュータのあり方として一つの理想ですが、個人の嗜好に偏り過ぎてしまえば、人々の共通情報を奪い取ってしまう可能性も潜んでいます。ある程度の情報の共有は、社会生活を送る上での前提なので、情報の共有が極端に少なくなれば、社会問題となることも考えられます。

コンピュータがユーザに推薦する情報内容のバランスを取ることも重要となってくるでしょう。アメリカ人がイラク戦争についての情報を集めた時に、アメリカ側からの情報に偏らないように、ユーザの嗜好に反するような記事も見せるといった、バランスの取り方が求められます。

私の開発した「FNR (Fair News Reader)」というソフトがバランスを取る役割を果たします。世界中のニュースを集めて分析し、ユーザの嗜好に合わせてながら、反対意見も提供するソフトです。

便利さだけでは、私たちは豊かになれません。これからの情報技術には、より広い目で見たい「使いやすい」やあえて不便を残した「人に対する優しさ」が求められるようになるでしょう。

ADVICE

今ある物に満足せずいつも疑問を

大学に入学するまでに、きちんと学んできてほしい教科は、まずは数学です。数学が物づくりに必要なのは言うまでもありません。しかし、同じくらいに大切なのが、国語力、つまり現代文です。どんなにいいものを作っても、うまく人に伝えることができないければ、作った成果も半減してしまいます。物事を理解する読解力と、アイデアを人に伝える表現力が大切なのです。

うまく人に伝えるということは、さらに大きく捉えれば、広く世の中に受け入れられるということでもあり、意外と文系的な要素も必要となってきます。理系志望だからといって国語や社会などの教科を疎かにせずに、しっかりと力をつけてください。

そして、現状にある製品に満足せずに、「なぜ使いづらいのだろうか?」「どこが改良できるのか?」を常に考えてください。大学では、そういった疑問に対して徹底的に取り組むことになります。

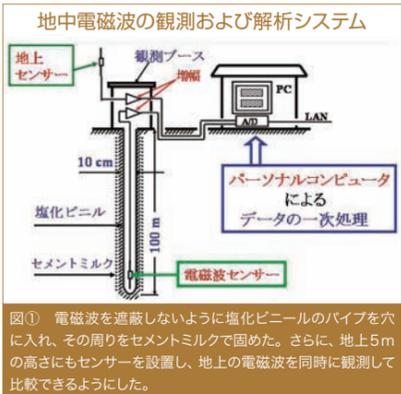
地中でも電磁波は伝わる？

「地震、雷…」には共通点があります。それはどちらも電磁波を出すという点です。それも、携帯電話のように連続したものではなく、ごく短い時間のパルスというものです。雷はともかく、地震も？と思われるかもしれませんが、地震に伴って地中から電磁波が発生しているだろうということ、近年、地震学者も認め始めています。

地震はプレートの変動や活断層のズレにより起こります。岩石が圧力を受けると電磁波を発生させることは知られていますから^{※1}、地中の岩石も破壊されると電磁波を発生（地中励起）することは十分考えられます。だとすれば、長年電磁波を研究してきた私にとっても、地震はきわめて身近な存在です。私は目を地上から地下に転じ、それを検出しようと考えたのです。

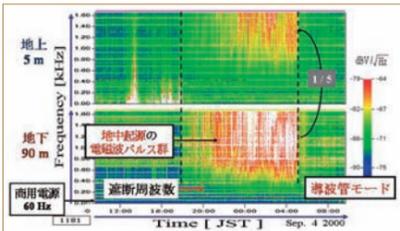
※1：圧電現象：圧電効果ともいわれる。力学的エネルギーが電氣的エネルギーに変換されること。クォーツ時計はこの原理を逆に利用しています（逆圧電効果）。

'98年、私たちは大学のキャンパスの端に深さ100mもの穴（ボアホール）を掘り、そこへ電磁波をキャッチするセンサーを入れました（図①）。



図① 電磁波を遮蔽しないように塩化ビニールのパイプを穴に入れ、その周りをセメントミルクで固めた。さらに、地上5mの高さにもセンサーを設置し、地上の電磁波を同時に観測して比較できるようにした。

世界初となる試みです。さらに検出した電磁波は、増幅して周波数ごとの強さを画面に表示できるようにしました。そして2年後の2000年の5月から10月にかけて、明らかに地中起源と思われるたくさんの電磁波パルスを検出しました。それは鳥取県西部地震の引き金になったと考えられるプレートの移動期間と見事に一致しました。世界で始めて、地中で起きた電磁波パルスを捉えることに成功したのです（図②）。



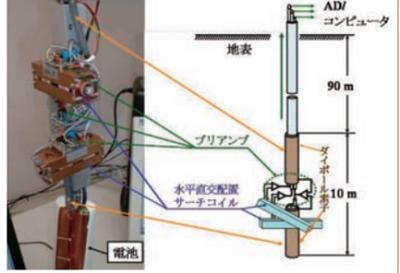
図② 縦軸に周波数、横軸に時間を取り、地上と地下の両方で検出した電磁波パルス（電界成分）の強さを色で表わせるようにしたスペクトル画面。地上の12時から18時にかけてのスペクトルは雷雨によるもの。地下にはほとんど影響がないことがわかる。18時から4時過ぎまでには、地下、地上でほとんど同じ形のスペクトルが表われている。地中の方が強度が強いことから地中起源のパルスと考えられる。

方位と震源までの距離をどう計るか？

次の課題は電磁波がどこで発生した（波源）のか、つまり、どの方向から、どれぐらいの距離を伝播してきたかを突き止めることです。電磁波の進む方向は、垂直方向の電界成分と、水平方向の磁界成分によって決まります。上記の観測で捉えたのは電界成分だけですから、今度は磁界成分も取り出さなくてはなりません。そこで、独自のセンサーを考案し（図③）、キャッ

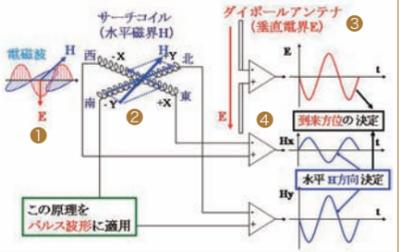
チした電磁波の到来方向を図④で示した方法で抽出し、コンピュータ画面で見ることのできるような解析システムを開発しました（図⑤）。なお、このシステムでは特別な解析方法を使っています。

電磁波パルス到来方位測定用センサーシステム



図③ 地中電磁波検出用センサー：磁界の水平成分を東西と南北の直交成分に分けて検出するサーチコイルと、垂直成分の電界を検出するダイポールアンテナからなっている。

電磁波センサーと到来方位決定方法



図④ 電磁波の電界成分をE、磁界成分をHとする。①地表付近の自然電磁波の電界ベクトルは地表面に対してほとんど垂直と考えられているから、磁界は水平方向となる。②水平面内にサーチコイルを直交配置すれば磁界ベクトルが検出できる。③垂直方向のダイポールアンテナで電界ベクトルを検出すれば、④電磁波の進む方向はE×Hが示すベクトルの方向となるから電磁波の到来方位が決められる。



図⑤ 研究室では24時間、5種類のモニター画面が写し出されている。

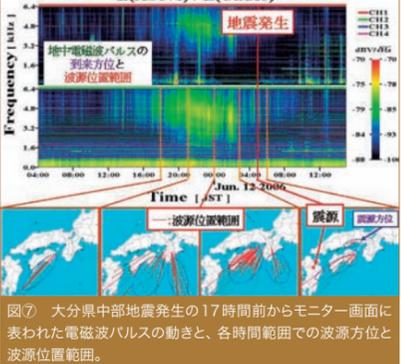
波源までの距離は、大気中に放出される電磁波の伝播を考えて決定できます^{※2}。'04年1月に観測した熊野灘沖地震による電磁波パルスのデータを、その理論に適用したところ、波源までの距離が130kmとなつて、気象庁の発表した震源域と一致したのです（図⑥）。

※2：電磁波は、垂直上向きから一定の放射角以内では大気中へ渡れることが知られています。大気中の電磁波の波源までの距離の算出の仕方は、すでに理論的に確立しています。

この成果を'05年11月にプレス発表すると、大手紙からは「地震予測に新たな可能性を拓く成果」として大きく取り上げられ、アメリカの地球物理学連合からは講演の依頼が舞い込むなど、大きな反響を呼びました。

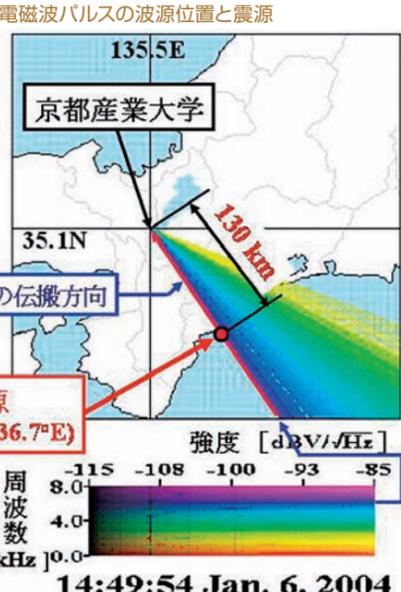
地震発生予測の実現に向けて

また'06年6月12日に起きた大分県中部地震では、気象庁が発表した地震発生メカニズムとも多くの点で一致するデータを得ることができました（図⑦）。



図⑦ 大分県中部地震発生時の17時間前からモニター画面に表われた電磁波パルスの動きと、各時間範囲での波源方位と波源位置範囲。

電磁波パルスの観測は、これまでの、地震発生直前までは何もキャッチできない地震計などによる力学的な測定とは違って、その前兆現

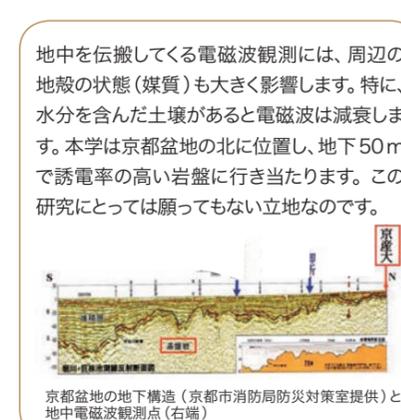


図⑥ 図④で示したデータ解析方法によって得られた地中電磁波パルスの各周波数成分の到来方位（扇状）。この成分内の最高周波数成分が波源方位であることがわかったので、それに沿った130kmの位置が、検出された地中電磁波パルスの波源位置。それが震源と一致した。

象も捉えることができますから、地震予測の可能性は一気に広がります。ただ、一地点での観測では波源をリアルタイムで特定することはできません。そこで'06年11月からは、名古屋大学が三重県に持っている地震観測施設の一部を借りて、京都と同じ観測を始めました。将来はさらに二、三ヶ所観測拠点を増やし、より緻密に波源を特定していきたいと考えています。

今後の課題としては、パルスそのものの強度を測定し、地震の規模との関係を細かく見ていくこと、また時間とともに移動する波源と震源との関係についての研究も必要です。地震研究者が最も知りたい、電磁波を検出した時点から地震発生に至るまでの時間関係については、データを大量に集め、彼らのもつ情報と擦り合わせながら、共同で研究していくことが必要です。

この春からは、いよいよ京都大学の防災研究所との共同研究も始まります。様々なデータを集め、ひずみの溜まっている場所を特定できるだけでも、地震発生予測の実現に大きく近づくことができます。世紀の大発明へ向けて夢は大きく膨らむばかりです。



京都盆地の地下構造（京都市消防局防災対策室提供）と地中電磁波観測点（右端）

地中の電磁波を追え！

地震予測に新たな可能性を拓く

《地震、雷、火事、オヤジ》——日本には古くからこんな言い回しがあります。

人間にとって恐ろしいものをその度合いの強い順番に並べたものです。

4番目は現代では死語になりつつありますが、地震がトップに来るのは昔も今も変わりません。

地震をいかに予測するか、いやそこまできなくても、

その原因となる地殻の変動や活断層のずれを

正確にモニターすることができれば、世紀の大発明になることは間違いありません。

地中電磁波パルスの波源位置を特定することで、

地殻変動をモニターするという、地震発生予測に向けて、

全く新しい分野を切り拓こうとしている筒井稔先生に、

学生とともに歩んだこれまでの道のりと、その夢についてお聞きしました。

PROFILE

モットーは人がやっていないこと、困っていることを解決すること。ある時、電磁気関係の学会で、ゲストとして招かれた京大の地震学の尾池先生（現総長）が、地中から出る電磁波に注目しているとお話されたのが大きなヒントになった。それは世界でまだ誰も手をつけていない分野であるだけに、学生時代からずっと電磁波の研究を続けてきた筒井先生は、大いに挑戦意欲をかきたてられたという。小学校の時から、いつもなぜだろう？と考えることが多かった筒井先生。電気や磁石が大好きで、エナメル線を巻いて電磁石を作るなど色々な工作を楽しんできた。中学時代、兄と一緒にこっそり小型のロケットを作って、空き地で打ち上げたのは忘れられない思い出。大学では工学部へ進み、以後電磁波を相手に、実験、また実験に明け暮れる毎日を送ってきた。苦労も多かったが、今になって、その「下積み」が生きてきたことを強く感じるといふ。「本当に研究成果を出そうと思えば、測定も含めて実験をきちんとやっておくこと。教育者としては、自分から進んでやる姿を学生に示すこと」がモットー。'05年には大学特許の第一号も出した。大阪府立池田高校OB。

工学部・情報通信工学科
筒井 稔 教授

ADVICE

高校ではどんな勉強を？

物理の勉強はしっかりやってきて下さい。中でも物づくりが好き、工作が好きなのは大歓迎です。それが夢のあるアイデアを実現させる基になります。そしてそのアイデアは、いつもなぜだろう？と考える好奇心から生まれます。



CLOSE-UP

どんな授業？ 就職は？

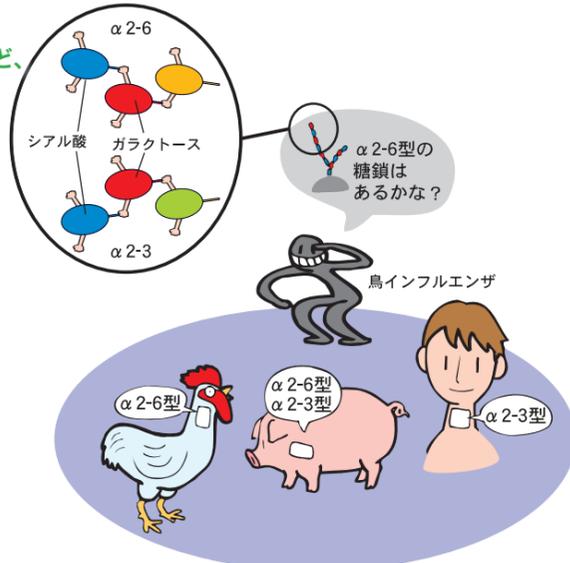
磁界を検出するサーチコイルを作る際には、直径0.2mmの銅線を10,000回巻くなど気の遠くなるような作業をしてきました。独創的な研究には装置や機器を手作りしなければならぬ場面がたくさんあるわけです。自分の手で何でも作ってみること、そうしているうちにやがて生きたデータに巡り合えるのです。成功するかどうかは、このような積み重ねにかかっているともいえます。棚からぼた餅はありません。大学は社会へ出るために必要な知識・技術を身につける場所。中途半端に過ごしては、せつ

かく理工系を出たのにその価値がありません。私の研究室では徹底的に実験を行い、どんな企業に入っても即戦力となれるぐらいの経験は積んでもらおうと思っています。卒論に別冊付録をつけるのもうちの研究室の特徴です。これは本人のためだけでなく、後輩にとっても貴重な資料となります。

でも学生は充実感を持って、楽しく励んでいます。学生のうちから最先端の研究に参加することができます。先輩の中には記念すべき論文の共同執筆者として名前を連ねている人がいることも忘れて下さい。

“糖鎖”って知っていますか。糖の分子が鎖のようにいくつもつながったもの(図①)で、たんぱく質や脂質の先端に付いて細胞が正常に働くのに欠かせない役割を担っています。また血管や気管などにある細胞ではたくさんの糖鎖がその表面を覆い、リンパ球が炎症部位に集まるために、炎症部位に近い血管内皮細胞を見つけるなど、相手を識別する目印の役目も果たしています。反対に、風邪のウイルスなどが喉や気管の粘膜に付くのは、表面を覆う糖鎖の中から結びつきやすいものを狙い撃ちしてくるからです(右イラスト)。糖鎖と結びつくタンパク質には様々な種類がありますが、それぞれは決まった形の糖鎖としか結びつきません。この性質を使えば糖鎖と結びつくタンパク質をもつ細胞を、結びつく糖鎖の種類によって分類することができます。何種類もの糖鎖を小さな一枚の紙の表面にくっつけて並べ、一度にたくさんの糖鎖の中から、目的とするタンパク質の結びつく本命の糖鎖を簡単に選び出せるのが“糖鎖マイクロアレイ”(写真①、図②、図③)です。世界で初めてその開発に成功した福井先生に、その経緯や、今後の医療現場での活用法について聞いてみました。

世界で初めての画期的な工夫 糖鎖マイクロアレイを利用して



伝統あるイギリスの研究所へ

糖鎖とタンパク質が結びつくかどうかを調べるには、糖鎖を紙やプラスチックにくっつけて(固相化)おく便利です。私は永年それを研究テーマにしてきました。ずいぶん以前ですが、イギリスのロンドン大学・インペリアルカレッジの医学部のグリコサイエンス(糖鎖科学)研究所で、所長のフィーザー教授たちが、生体が持つすべての種類の糖鎖に人工の脂質を効率よく結合させる合成方法に成功したことを論文で見ました。糖鎖は水に溶けやすいために紙やプラスチックには付きにくく、しかも、水の中で反応する生命現象を研究する分野では、くっつく相手を調べにくいものの一つです。しかし、糖鎖に脂質をくっつければ何かにくっつくはずだとひらめいた私は、早速手紙を書き、彼らによって人工的に作られた糖脂質(ネオグリコリピッド(NGL))(図②、③参照)を活用する研究に参加したい旨を打診したのです。

紙キレ1枚で!?

有害微生物を識別

希望は早速受け入れられ、私は2001年から1年間、インペリアルカレッジへ赴き、彼らとともに研究を進めることができました。インペリアルカレッジは、青カビからペニシリンを発見した微生物学者のアレクサンダー・フレミング博士が研究していたことで知られている大学です。ロンドンの大学本部の一角にあるフレミングビルディングの壁には、《Chance favors the prepared mind.》(チャンスはそれを求める心を持った人に訪れる)という彼の言葉が刻ま

れた額が置かれています。イギリスへ着いて間もない私の目には、なぜかそれがとても印象的だったのを憶えています。

チャンスはそれを求める心を持った人に訪れる

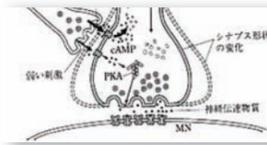
イギリスへ赴いてからの私は、様々な材料を用いてNGLをくっつける(固相化)実験に明け暮れました。そして支持体(くっつけるもの)にはタンパク質の検査で使われているニトロセルロース(NC)の紙が最適だという確信を徐々に深めていきました。ただ、スポットするだけではうまくいかず、どのようにしてくっつけるのが最後の決め手となったのです。ある時、研究室の片隅にある30cm四方で高さ20cmほどの古ぼけた小さな器具が私の目に止まりました(写



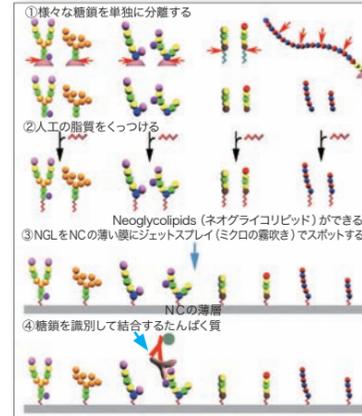
写真①

写真②

細胞の表面にある様々な糖鎖(色のついた団子のようなものが運ばれたもの)



糖鎖マイクロアレイの仕組み、イメージ図



図①

図②



図③

真②)。今は誰も使わなくなって半分埃をかぶったその器具は、注射針の先から出てきた少量の試料に窒素ガスを吹き付けて、下にセットしたTCL(薄層クロマトグラフィー)(写真②左端)の表面のシリカゲル層に少量の試料を均等に噴霧するものでした。突然、あるアイデアがひらめいた私は、さっそくNGLをその注射器に入れ、NCの紙の表面に噴霧してみました。若干の試行錯誤はありましたが、なんとNCの紙に噴霧されたNGLは、ちゃんと紙の表面に固相化されることを発見しました。この方法ですと、名刺の半分ほどのサイズのNCの紙に300種類程度のNGLを並べて、糖鎖を識別できるタンパク質との結びつきを目で見てただけで調べられました。そして、世界で初めてとなる固相化糖鎖を貼り付けたこの紙キレを、DNAマイクロアレイにならって「糖鎖マイクロアレイ」と名づけました。

鳥インフルエンザウイルスをもっと詳しく調べる

糖鎖マイクロアレイが従来の検査用プレートに比べ優れている点は、まず試料が極めて少量で済み^{※1}、貴重な糖鎖を有効に使うためにも好都合な点です。またくっつくくっつかないかの反応を一目で見ることができ、しかも一枚に何種類もの糖鎖を並べるわけですから、同じ条件で多くの試料が分析できます。それでは、糖鎖マイクロアレイはどんな研究に役立つのでしょうか。一つには鳥インフルエ

ピロリ菌の秘密—胃潰瘍はピロリ菌が直接の原因ではない?

ピロリ菌は'83年オーストラリアのバリー・マーシャルとロビン・ウォレンの2人の医者が自分たちの胃の中から発見した。それまでは胃酸で酸性の強い胃の中に菌が棲みつくと誰も考えもしなかった。ピロリ菌は実はウレアーゼという酵素を持っていて、尿素を取り込み、CO₂とN₁₅(アンモニア)に分解することで自分の周りを中性に保ち、強力な胃酸から身を守っていたのだ。まさに意外な裏技をもっていたわけだ。バリー・マーシャルとロビン・ウォレンは、

その成果がきっかけとなって'05年ノーベル生理学・医学賞を受賞した。意外な話はもう一つある。胃潰瘍がなぜできるか。これはピロリ菌が直接胃壁をただれさすからではない。ピロリ菌を見つけた好中球(リンパ球の一種)は、それを取り込み、過酸化水素を出して自爆し、ピロリ菌を殺そうとする。その際、その過酸化水素が周りの細胞も殺してしまい、胃の粘膜が保護されなくなり、胃酸がた

ンザウイルスの型を調べたり、ピロリ菌の毒性度の違いを調べるといった、有害微生物の識別があります。

現在、鳥インフルエンザを引き起こすウイルスは、抗体を用いて、HとLで示されるタンパク質の型でH5L1型などとして分類されています。しかし、どのようにして鳥インフルエンザウイルスが人に感染するように変化するかについて詳しい仕組みはまだほとんどわかっていません。現在唯一わかっているのは、鳥インフルエンザウイルスの表面のタンパク質HAは、鳥の気管支を覆うシアル酸と呼ばれる糖がα2-6結合したものを^{※2}を識別し、それにくっつき鳥に感染することだけです。鳥インフルエンザは基本的には人間に感染しないとされているのは、人間の気管支を覆うそのシアル酸はα2-3型結合だからです。鳥ウイルスがブタなどに感染して、次にヒトへ媒介されるのではないかとされているのは、ブタの気管にはα2-6、α2-3結合の両方の型のシアル酸があり、ブタに感染したウイルスが体内で変異をして、α2-3型結合のシアル酸にもくっつくウイルスが誕生すると考えられているからです。

しかし、糖鎖の結合の仕方は実に複雑ですから、鳥インフルエンザウイルスは糖鎖のもっと別の部分を識別している可能性があります。それを調べるにはたくさんの種類の糖鎖を用意して、HAとの結合を試してみることが必要です。鳥やブタに感染しているウイルスのHAがどのように変異しているかを監視できれば、人への感染の危険性を予知できるかもしれません。

たくさんの種類の糖鎖を目的に応じて並べた糖鎖マイクロアレイがあれば、検査が簡単で、その結果も瞬時に知ることができます。とくに鳥インフルエンザが多発していて、しかも十分な検査設備のない東南アジアの国々にとっては、簡単に検査ができる糖鎖マイクロアレイは利用価値の高いものだと思います。また、日本国内においても、ウイルスの抗原性や遺伝子を解析できる施設は限られていますし、毒性が強いウイルスは、普通の研究施設ではなかなか扱えません。糖鎖マイクロアレイはウイルスHAタンパク質を遺伝子工学的に合成したものをを用いて調べることもできますから、安全で手早い検査

ができるのです。

ピロリ菌ももう恐くない?

糖鎖マイクロアレイは、この他にも様々な可能性を広げてくれます。ピロリ菌の病原性の強弱検査もその一つです。一口にピロリ菌といっても胃潰瘍を起こすような病原性の高いものと、そうでないもの、抗生物質が効くものと効かないものなど、様々な種類があることが知られています。しかし、現在のピロリ菌の検査では、ただいるか、いないかだけしかわかりません^{※3}。そこで糖鎖マイクロアレイを使って、多くの人たちの胃に棲みついているピロリ菌がどの糖鎖に反応するかを調べ、結合する糖鎖の違いによってピロリ菌の種類を区別しようと考えています。この研究は信州大学医学部と共同で計画しています。また信州大学医学部では胃の中でピロリ菌が棲みつけない場所があることを発見していて、そこにはある特殊な糖鎖が存在することがわかっています。この糖鎖の形を詳しく調べ、それを薬として胃全体に行きわたらせるようにできれば、本格的なピロリ菌治療への道も開けるかもしれません。

※1 検査プレートだと200pmol程度必要だが1pmolで済む。
 ※2 糖鎖の先端にあるシアル酸の、9個ある炭素のうちの2番目が、その手前のガラクトースの6個ある炭素のうちの6番目に結合した型(左ページ上イラスト参照)。
 ※3 現在のピロリ菌の検査は、尿素を飲み、胃の中でピロリ菌によってできたアンモニア(N15)がゲップに含まれているかどうかを調べる簡単なものが主流です。これはピロリ菌が尿素を分解する酵素を持っているのを利用しているわけですが、病原性を持っているかないか、抗生物質が効く効かないかなどについてはわかりません。

ADVICE

高校生へのメッセージ

高校時代には生物と化学の両方を学んできてほしいと思います。とくに生物では、生き物や体の成り立ちに興味を持つことが大切。知識だけではダメです。興味を持って、自分から何でも調べてみようという態度が私たちの研究のベースになります。数学はできるにこしたことはありません。また将来への目標を持つことは大事ですが、与えられた環境の中で全力を尽くすという姿勢も欠かせないと思います。進学状況としては、研究職、技術職として就職するステップとして、約3分の1の学生が大学院へ進学しています。

これまでタンパク質の検出では知られていたNC。脂質でもNCの紙につくことを世界の誰一人として考えてもみなかったと思います。まさにチャンスは求めるものに訪れるのです。同時に、噴霧する機械が偶然あったことから分かるように、自分が身を置く環境や、場が大切であることも今回つくづく感じさせられました。

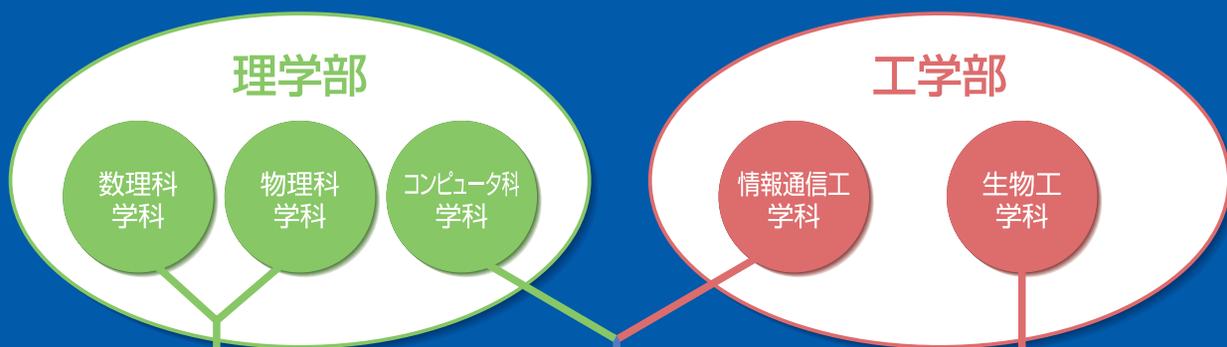
工学部・生物工学科 福井 成行 教授

PROFILE

愛知県田舎の高校を出て、生化学を学ぶために神戸大学理学部へ。そして京都大学薬学部で生化学の研究を始めた。研究室で糖鎖の構造を研究していたのが今日の出発点だ。糖鎖研究で身を立てるしかないと思ったという通り「与えられた環境の中で自分の生きる道を見出すことが大事」がモットー。「若い頃はやりたいことがたくさんある。しかし、あまり高望みをしてかえって結果が出せないようではマイナス。自分が今やれることに最大限努力することが大切だ。こんな一見地味な姿勢が今回の成果を生んだともいえる。



先端領域に広がる理系3学部の学びのフィールド。



サイエンスの最新領域を追究する3学部体制へ。

理学部
大自然の真理を明らかにする。

数理学科
6つの分野に沿って学び、
数学的思考力と発想力を修得。

- 代数学
- 幾何学
- 数学解析学
- 複素解析学
- 情報系の数学
- 応用系の数学

物理学科
ミクロの世界から宇宙まで、
物理的現象にアプローチ。

- 天体・宇宙物理
- 素粒子・原子核
- 地球・気象と環境科学
- 物性物理／理論
- レーザー・電波物性
- 結晶・表面物性

New コンピュータ理工学部
ITのフロンティアを開拓する。

コンピュータサイエンス学科
基礎から段階的に学び、
コンピュータの先端領域を追究。

- 情報科学
- コンピュータシステム
- 情報基盤技術

ネットワークメディア学科
ネットワークを自由に構築し、
利用できる実践力を養う。

- マルチメディア
- webアプリケーション
- モバイル通信

インテリジェントシステム学科
脳科学の領域にも踏み込んで
情報処理の世界を探究。

- ヒューマンインタフェース
- コピキタス
- 知能情報処理

工学部
バイオテクノロジーの
最先端に挑む。

生物工学科
バイオテクノロジーの
フロンティアをめざす。

- 分子機能科学
- 細胞機能科学
- 植物遺伝・育種学
- 生物保全科学

大学院 高度な専門領域を探究し、研究者・エンジニアに必須の力を養成。

数学専攻
物理学専攻

理学研究科

博士前期課程

博士後期課程

工学研究科

情報通信工学専攻
生物工学専攻



お問い合わせ先
POWER UNIV.
京都産業大学 連携推進室

〒603-8555 京都市北区上賀茂本山 TEL075-705-2952
http://www.kyoto-su.ac.jp/
E-mail:renkei-suishin-jim@star.kyoto-su.ac.jp

■理学部事務室 TEL : 075-705-1463
■工学部事務室 TEL : 075-705-1466
■入学センター TEL : 075-705-1437