

JST NEWS

Topics
01  “コホート研究”を知っていますか？
計画型研究開発「日本における子供の認知・行動発達に影響を与える要因の解明」の成果

Topics
02  生きた動物の脳の中をのぞく！
脳の中のお医者さん「ミクログリア細胞」のはたらきを観察することに成功

Close up

めしべの
誘惑

植物の
花粉管誘導
物質を発見
140年来の
謎を解明

Vol.6
2009

No.3
June

6 月号





科学技術振興機構の最近のニュースから……

JST Front Line 03

Close up

植物の花粉管誘導物質を発見—140年来の謎を解明

めしべの誘惑 06

植物のめしべは、おしべで作られた精細胞を卵細胞へと誘い、受精する。その仕組みの一つである花粉管誘引物質はどこにあるのか？多くの生物学者が追い求めた140年来の謎が、今、解明された。

Topics 01

計画型研究開発「日本における子供の認知・行動発達に影響を与える要因の解明」の成果 “コホート研究”を知っていますか？ 10

Topics 02

脳の中のお医者さん「ミクログリア細胞」のはたらきを観察することに成功 生きた動物の脳の中をのぞく！ 12

ようこそ、私の研究室へ 14

前中一介 兵庫県立大学大学院工学研究科電気系工学専攻 教授

理科の先生がオススメする 私のイチ押しデジタル教材 単位換算機能と映像で学ぶモルの世界 16

先端の「科学」と「技術」を体験し理解できる場所—日本科学未来館。

vol.03 超伝導コース



対話と実験を通じて先端科学技術への理解を深める「日本科学未来館 実験工房」。子どもから大人まで、全員が考え・理解できる参加型のプログラムを紹介。



本日のプログラム

超伝導とは？

実験1:電気抵抗と温度の関係

実験2:マイスナー効果を体験しよう

実験3:ピン止め効果を体験しよう

超伝導の使い道

「超伝導ってなんだろう？」

リニアモーターカーとMRI(磁気共鳴画像)装置、この2つに共通した技術が「超伝導」だ。それだけではない。広く導入されれば世界のインフラを革命的に変える、電気抵抗を0(ゼロ)にできる夢の技術なのだ。

そんな超伝導体を実際に手にとって、「マイスナー効果」や「ピン止め効果」といった、ふだんの生活では見たことのない世界を体験できるのが、実験工房の『超伝導コース』だ。

高温超伝導体のほかに、 -196°C の液体窒素とネオジウム磁石を使って、3つの実験が行われた。まずは、豆電球とコイルを使用し、電気抵抗と温度の関係性を確認。次に、マイスナー効果の実験で、液体窒素で冷やした高温超伝導体に、ネオジウム磁石を近づけたときの反応を観察した。磁石が反発しあうのとは異なる原理で、どの向きからネオジウム磁石を近づけても反発す

るという、参加者全員がハッとするような不思議な現象。さらに、ネオジウム磁石が宙に浮くというピン止め効果を観察することができた。

高温超伝導体が発見されて20年以上経つが、未だそのメカニズムは解明されていない。しかし、



東京工業大学・細野秀雄教授らによる鉄系超伝導の発見を機に、近年、研究が加速されている。電気抵抗が0の送電線が実現すれば、1万キロメートル離れた国が太陽光発電した電気を送電するなど、地球規模のエネルギー問題を解決する、突破口になることが期待される。

<http://www.miraikan.jst.go.jp/event/school/>

JST Front Line



新しい国際共同研究プログラムのスタート、日本人研究者の論文引用「世界一」の話題、
画期的なたんぱく質観察手法の開発、「科学的なお化け屋敷」イベントなど、6つのニュースをお届けします。

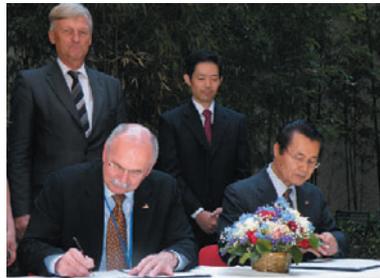
NEWS 01 新規事業



戦略的国際科学技術協力推進事業「共同研究型」がスタート。 ドイツ研究振興協会(DFG)と国際共同研究プログラム実施に合意。

JSTは、ドイツ研究振興協会(DFG)との間で新たに国際共同研究プログラムを実施する覚書を締結。ナノテクノロジーの分野での国際共同研究を推進することに合意しました。2009年度より開始した「戦略的国際科学技術協力推進事業(共同研究型)」の最初の協力として、文部科学省とドイツ連邦教育研究省(BMBF)との合意に基づいたものです。

単一国だけでは解決できない、国際的に共通する課題の研究を推進することは、日本の科学技術力や外交力の強化にもつながる重要な活動です。JSTでは2003年度から「戦略的国際科学技術協力推進事業」として、政府間合意などに基づき、文部科学省が特に重要なものとして設定した協力対象国・分野における、日本と他国の研究者との間の活発な研究交流を



4月15日(水)、東京で覚書を締結するDFGのマティアス・クライナー会長(左)とJSTの北澤宏一理事長。

推進。最近もスペイン、クロアチア、シンガポールと覚書を締結するなど、着実に活動を進めています。

そのなかで、これまでの枠組みを超えたより大規模な国際共同研究を実施したいという要望が、関係各方面から寄せら

れるようになりました。「共同研究型」は、こうした声に応じて開始したもので、支援金額は1課題あたり5000万円から1億円、支援期間は3~5年間といずれも拡大。2国間のみならず3国以上の交流にも対応可能なものとなっています。

日本とドイツはナノテクノロジー分野において国際的に高い技術水準にあり、重点的な研究資金の投入による研究開発の強化を推進しています。また、JSTとDFGは2006年以来、ナノエレクトロニクス分野での研究交流プログラムを実施し、これまでに16件の採択課題を推進してきました。こうした実績を踏まえ、さらなるステップとして大型の国際共同研究を実施することにより、相乗効果が生まれ、日独双方の科学技術のさらなる発展が期待されます。

NEWS 02 第1位

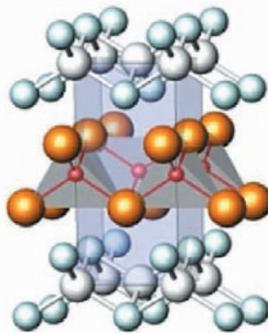


鉄系高温超伝導物質に関する神原陽一・東京工業大学特別研究員の論文が2008年の科学論文引用回数ランキング第1位に!

東京工業大学応用セラミックス研究所の神原陽一・特別研究員の論文が、2008年に掲載された科学論文の引用回数ランキングで世界第1位に選ばれたと、アメリカの文献情報会社トムソン・ロイターが発表しました。日本人の論文が第1位になるのは、1999年の江成政人氏(大阪大学・当時)以来のことです。

対象となったのは2008年2月にアメリカの化学会誌「J.American Chemical Society」に掲載された、絶対温度26度で電気抵抗ゼロの超伝導になる鉄系化合物の発見に関する論文です(論文責任者: 細野秀雄教授・東京工業大学フロンティア研究センター)。

鉄ニクタイト系超伝導物質の結晶構造



鉄やヒ素をほかの物質に置き換えても超伝導を示す可能性があることから、新たな超伝導物質の発見につながると、世界中の研究者が注目しています。

これまで鉄は超伝導の発見を阻害する代表的成分とされてきました。そんな常識を覆し、鉄の化合物で高い転移温度を示したこの発見は、世界中に新たな超伝導ブームを巻き起こしつつあります。論文の引用回数は249回で、第2位を2倍以上も引き離しており、世界的な注目度の高さをあらためて物語の結果となりました。

神原氏は、2008年設置されたJST超伝導研究特別プロジェクト「新規材料による高温超伝導基盤技術」研究領域の専任研究員でもあります。今回のニュースは、日本の超伝導分野の研究の発展を、さらに後押しすることになるでしょう。



戦略的創造研究推進事業CREST「生命現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術」研究領域
研究課題「磁気共鳴法による生体内分子動態の非侵襲計測」

生きた細胞内ではたらくたんぱく質を、直接調べる方法 「インセルNMR」による新しい観察手法を開発!

たんぱく質がはたらく様子を、試験管内ではなく生きたままの細胞内で観察する新たな手法を、京都大学大学院工学研究科の白川昌宏教授らが開発しました。

生きている細胞内と、試験管内とは環境が大きく違い、たんぱく質のはたらきなども異なると考えられます。このため、生命現象の真理に近づくために、生きた細胞内でたんぱく質がどうはたらくのか、観察する方法の開発が求められていました (下図参照)。

この課題を解決する手法として指摘されていたのが、原子核が固有の周波数の電磁波と相互作用する「核磁気共鳴 (NMR) 現象」を利用した、インセル (in cell) NMR と呼ばれる方法の活用です。しかしこの方法は、たんぱく質を NMR 観測が可能な状態にして細胞内に導入する必要があり、ヒトなどの高等生物ではその導入は成功していませんでした。

白川教授は2006年に、アフリカツメガエルの卵母細胞を使ったインセル

NMR に成功しています。その経験を生かして、今回、ヒト細胞において、細胞透過性ペプチドを付加したたんぱく質が、薬剤処理した細胞に効率よく導入されることを発見。この手法を用いて3種類のたんぱく質をヒト細胞に導入し、細胞内でのたんぱく質からの信号を計測することに成功しました。

白川教授らはこの研究により、細胞内では、たんぱく質が試験管内よりも構造安定性が低下していることを見出しました。これは、従来の通説を覆す可能性のある大きな発見です。また、細胞内に投与した薬剤が細胞内でたんぱく質と結合する様子も観察しています。これにより、インセル NMR が薬剤設計・探索に応用される可能性が広がりました。

そのほか、細胞内外でのたんぱく質の構造の相違や、たんぱく質が細胞内の酵素の作用を受けて切断される様子、細胞内のほかのたんぱく質と相互作用する様子の研究が可能となることも、実際の解析例を挙げて示しています。

細胞内と試験管内では、たんぱく質の構造や機能、性質が異なる!?

細胞内には、たくさんのたんぱく質、核酸、脂質がひしめいており、試験管内の環境とはまったく違います。このため、たんぱく質の構造、性質、はたらきも、大きく異なると考えられますが、これまでは、細胞内のたんぱく質を生きたまま観察する方法がなく、精製したたんぱく質を試験管の中で観察しなければならませんでした。今回の研究成果は、この問題の解決に大きく道を拓くものです。



研究開発戦略センター (CRDS) 設立5周年記念 科学技術シンポ「イノベーション誘発のための研究開発戦略」を開催。

研究開発戦略センター (CRDS) の設立5周年を記念した科学技術シンポジウム「イノベーション誘発のための研究開発戦略」が4月21日 (火) に開催されました。

CRDS は、社会のニーズに応え、社会ビジョンを実現させる科学技術の有効な発展に貢献することを目的に、2003年に設立。以来、科学技術政策・戦略の立案者と研究者の意見交換の場の形成につとめるとともに、科学技術分野全体の俯瞰、内外の科学技術レベルの比較、重要分野・領域・課題の抽出を行い、数々の研究開発戦略の提案を行ってきました。

現在、世界は未曾有の経済危機に直面し、これを克服するためのイノベーションの創出が求められています。今回のシンポジウムは、設立5周年という契機に



会場の東京・一橋記念講堂は立ち見も出るほどの盛況で、科学技術政策への関心の高さが感じられました。

当たり、成果を振り返るだけでなく、そうした状況で、研究開発戦略提案のあり方を考える機会とするべく、企画されました。

第一部「研究開発戦略センターの活動成果」で、5年間で蓄積してきた CRDS

の成果を紹介した後、第二部「国・大学・企業の研究開発協力のあり方について」では、日本経団連の榊原定征副会長 (東レ代表取締役社長) が、イノベーション推進のための産学官連携の現状と課題について講演。それらを受けて、第三部「これからの科学技術イノベーション政策と研究開発戦略」では、「科学技術政策からイノベーション政策への転換」をテーマに総合討論を行いました。どのような視点と手法に立って研究開発戦略を立案、実行すべきなのか、産学官を代表する多彩なパネリスト・コメンテーターが、忌憚のない議論を展開。吉川弘之センター長を迎えたばかりの CRDS にとり、今後の活動への原動力を得られるシンポジウムとなりました。



企画展「お化け屋敷で科学する! — 恐怖の研究!」 6月22日(月)まで、日本科学未来館にて好評開催中!

東京・お台場の日本科学未来館では、6月22日(月)まで、企画展「お化け屋敷で科学する! — 恐怖の研究!」を開催しています。

「お化け屋敷」と「科学」というと、一見、無関係に感じられるかもしれませんが。しかし、近年の脳科学の研究は、お化け屋敷で体験する「恐怖」などの心の動きの基盤となる脳の仕組みを徐々に明らかにし、過度な恐怖に対する治療や予防に対する解明が進んでいます。さらに、心霊写真、幽体離脱、第六感などのいわゆる超常現象さえ、脳科学での説明が可能になってきました。今回の企画展では、会場内にお化け屋敷を設置し、実際に恐怖を体験することで、そうした最先端の脳研究の成果を、身をもって理解できる場となっています。

お化け屋敷の企画・制作は、2008年まで開催されたフジテレビ「お台場冒険王」でお化け屋敷を手掛けたチームが担当。最先端の科学の裏づけも加わり、映像・音響・特殊効果を駆使した本格的な

あなたも実際に「恐怖」を体験!!



お化け屋敷を実現しました。「実験室」「飼育室」「薬品庫」など、お化け屋敷内の各部屋の名称にも、研究施設にちなんだものとなっており、恐怖を味わった後は、「科学トビックス学習エリア」で、その恐怖を思い出しながら、恐怖を生み出す

脳の仕組みや、恐怖克服のためのヒントなどを学んでいくことができます。

お化け屋敷を体験せずに、学習エリアのみを観覧することも可能。お化け屋敷が好きな人も苦手な人も、一緒に恐怖について学べるイベントです。



将来10年を見通した今後5年の「JST長期ビジョン」を策定。 自らの手で未来構想を描くことにより、科学技術の振興を目指す。

JSTはこの3月に、自らの未来構想となる「JST長期ビジョン」を、役職員自らの手で策定しました。

世界情勢の変動のなか、わが国では、科学技術に基づく新たなイノベーション創出への期待が近年ますます高まっています。こうした状況を踏まえ、JSTのあるべき姿を役職員自らが主体的に考え、描くことが重要であり、昨年7月来、策定作業を進めてきました。

策定作業は、若手・中堅職員からなるプロジェクトチームの調査・検討活動を中心に、全職員からの意見募集、役員による検討会議が有機的に連携しながら進められ、多様な意見に基づく熱心な議論が展開されました。その結果の骨格は、「ミッション」(使命、存在意義)、「バリュー」(行動規範)、「ビジョン」(目指す姿)として結実し、JSTのこれからの活動の指針となります。この「長期ビジョン」の下、JSTは、社会からの期待に応え、日本の科学技術振興にとって不可欠な役割の担い手となることを目指します。

JST長期ビジョンの「ミッション」「バリュー」「ビジョン」

～科学技術ネットワークの構築・発展を目指して～

ミッション (使命、存在意義)

私たちは、国民の幸福で豊かな生活の実現に向けて、新しい価値の創造に貢献し、国の未来を拓く科学技術の振興を進めます。

バリュー (行動規範)

- ① 挑戦し、変革を続ける。
- ② 積極的に発信し、十分に対話する。
- ③ 多様なパートナーと連携し、協働する。
- ④ 世界的視野と先見性を持つ。
- ⑤ 高い専門性を持つ。
- ⑥ 公正性と透明性を保つ。

ビジョン (目指す姿)

- ① 学と産の間の科学技術ネットワークを築き、科学技術に基づくイノベーションの創出に貢献します。
- ② 科学技術の発展を担う人材の育成・活躍を支援するとともに、国民と科学技術に携わる者との双方向交流のための環境をつくることに貢献します。
- ③ 国際社会における国の科学技術面での先導的役割の一翼を担い、地球規模の課題に応える科学技術の推進に貢献します。



東山哲也

ひがしやま・てつや

名古屋大学大学院理学研究科教授。理学博士。1971年生まれ。山形県鶴岡市出身。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。同研究科助手を経て、2007年より現職。日本植物形態学会奨励賞、日本植物学会奨励賞受賞。植物を中心に、生殖を達成させる鍵となる分子情報の解明を目指している。

Close up 植物の花粉管誘導物質を発見 — 140年来の謎を解明

戦略的創造研究推進事業さきがけ「生命システムの動作原理と基盤技術」研究領域／研究課題「花粉管ガイダンスの動的システムの解明」

めしべの誘惑



植物のめしべは、おしべで作られた精細胞を卵細胞へと誘い、受精する。

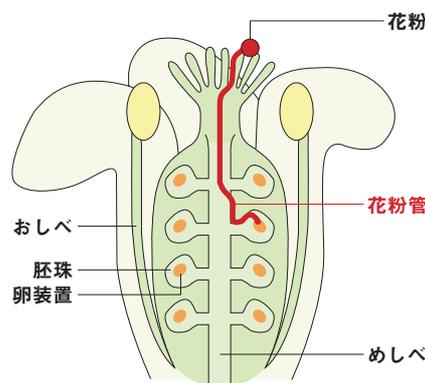
その仕組みの1つである花粉管誘引物質はどこにあるのか？ 多くの生物学者が追い求めた140年来の謎が、今、解明された。

花粉管の伸びやすさが誘引物質発見の障害に。

中学校の理科の授業で、花粉管が伸びる様子を観察した記憶はあるだろうか？ 寒天溶液をスライドガラスにたらして固め、花粉を散布。顕微鏡で観察すると、花粉から管のようなもの＝花粉管がニョキニョキと伸びてくるのが観察できる。

花粉管は、おしべで作られた精細胞の運び屋となり、めしべの胚珠の中の卵細胞へこれを届けて受精させるために伸びる（右図参照）。ここで、1つの疑問が生まれる。花粉管が胚珠へ、さらに卵細胞へと迷わずに伸びるのはどうしてか？ 1869年、フランスのヴァンティエムが、この疑問に1つの道筋を示す。花粉管と一緒に胚珠をまいたところ、花粉管が胚珠を目指して伸びはじめたのだ。この観察から、ヴァンテ

植物の受精の模式図



花粉がめしべの先につくと、精細胞を乗せた花粉管が伸び始める。花柱を通して胚珠、さらにその中の卵装置に達すると精細胞を放出。卵装置の中の卵細胞と結びつき、受精する。

ィーゲームはこう結論づける。胚珠には、花粉管を誘う何かが含まれているのだ。こうして、世界中の植物学者が、「花粉管誘引物質」の探究に取り組みはじめた。

しかし、あるはずの誘引物質は見つからなかった。原因の1つは、花粉管の伸びやすさにある。誘引物質があってはじめて花粉管が伸びるのなら、伸びる場合にのみ存在する物質を捜し出せばよい。しかし、困ったことに花粉管は誘引物質がなくても無目的に伸びる。だから、伸びる方向を見極めさせている物質が何なのかを探さなければならないのだ。誘引物質が何かを特定する論文が発表されても、すぐさまそれを批判する論文が出される。混沌とした状況が140年も続いた——その謎が、名古屋大学大学院の東山哲也教授によって解明されたのだ。



【トレニア】*Torenia fournieri*

インドシナ半島原産の、ゴマノハグサ科の一年草。和名はハナウリクサ。夏から秋にスミレのような花をたくさん咲かせることから、ナツスミレ、バンドスミレともいう。暑さに強く、夏の花壇でよく見られる。ふつうは胚珠（種子を作るもとなる部分）に包まれている卵装置がむき出しになっているという特徴を持つ。花言葉は「可憐」。

STEP 01 トレニアとの出合い。

流行にあえて背を向け 理想の植物を追い求める。

東山教授は東京大学の大学院生だった1994年から花粉管誘引物質の謎に取り組みはじめた。当時は、シロイヌナズナなどのモデル植物の遺伝子機能解析が進み、注目されはじめていた時代だった。しかし、東山教授はあえてその流れに背を向ける。「長い間、誘引物質が見つからなかった理由の1つは、一般的な植物では卵装置が胚珠に包まれ、癒着していることです。これでは卵装置だけを生きた状態で取り出し、観察することができません」

受精の瞬間を目でとらえ、花粉管の動きを詳しく観察できれば、誘引物質の特定に近づける。しかし、卵装置が胚珠に隠されているのは難しい。それはモデル植物でも同様だから、遺伝子機能解析が進んでいるとはいえ、この研究に最適とは考えられない。どこかにもっとふさわしい植物があるはずだ——まだ見ぬ理想の植物との出合いを求め、東山教授は調べはじめた。文献をあさり、これはと思う植物があれば入手し、観察してみるが、うまくいかない。気持ちがなえかけていたとき、文献の中の一文が目飛び込んできた。「卵の部分が胚珠の外に飛び出している」——ゴマノハグサ科の

一年草・トレニアに関する記述だった。

胸の高鳴りを抑えながら詳しく調べてみたところ、たしかに、卵装置がむき出しになった特異な形態をしている（下図参照）。この植物なら、受精の瞬間をとらえ、誘引物質の謎を解明できるかもしれない。入手方法を調べてみたところ、意外にも近所の園芸店で買える、身近な植物だった。

「こんなにユニークな構造だから、さぞや珍しい植物なのだろうと思っていたので、驚きました。花鉢を買ってきて研究室に飾っていたら、あるスタッフがひと目見て、『あ、トレニアね』と言ったくらいです（笑）」

知らんぷりしていた卵装置に向け花粉管が伸びはじめた!

トレニアと出合った東山教授は、早速、体外受精をさせようと試みる。まず必要なのは、受精の舞台となる培地を、胚珠と花粉、どちらも培養できるように整えることだ。胚珠と花粉の性質は大きく異なるため、何度も壁にぶつかったが、試行錯誤を繰り返して、最適な培地の開発に成功する。

あとは培地の上に花粉と胚珠を置けば、花粉から伸びた花粉管が胚珠の外側に突き出した卵装置に向かっていき、めでたく受精——となるはずが、花粉管はいっこうに卵

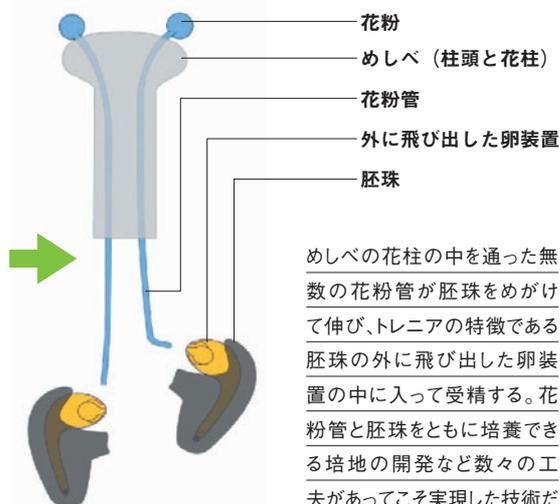
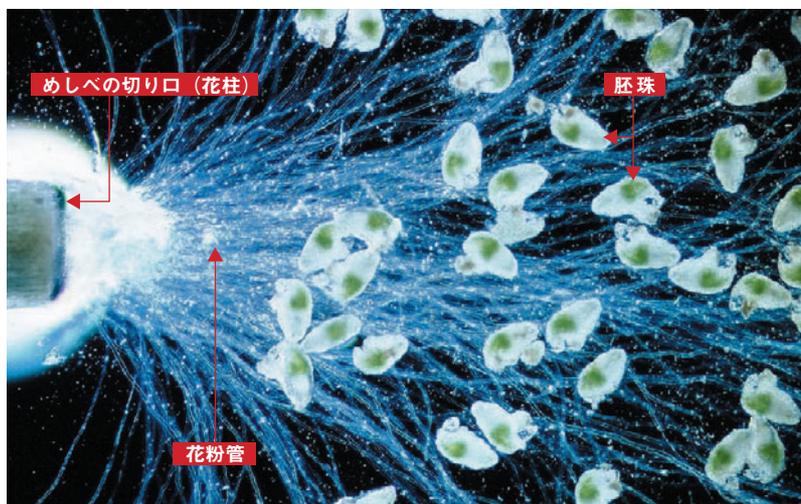
装置のほうに向かわない。ガラス管で卵装置を花粉管に近づけてみても知らんぷり。勝手な方向に伸びてしまう。いったい、どうしてうまくいかないのだろうか。悩み続けた末に、ふと思いついてあることを試してみた。

「花粉のままではなく、めしべの花柱を通った花粉管を、胚珠と一緒に培養してみました。すると、花粉管が明らかにこれまでとは違う挙動で、くるくると回るようにして卵装置に向かい、受精をはじめました。あのときのうれしさは忘れられませんね」

花柱とは、柱頭をてっぺんとした柱のような部分で、これまでの研究から、花粉管を胚珠の一手前まで導く一本道のトンネルのような役割を果たしていることがわかってきた。しかし、それだけでなく、誘引物質に応答する能力を花粉管に与えるという、もう1つの重要な役割を果たしていたのだ。

その後も工夫を重ね、1998年、東山教授は植物の受精の瞬間の動画記録に世界で初めて成功する。人為的に胚珠の位置を動かすと、花粉管が胚珠の卵装置の後を追って伸びる様子も記録された。花粉管誘引物質の存在が確かに証明され、長年の謎を解明する準備が整ったのだ。

トレニアの体外受精技術の開発



STEP 02

場所の同定から物質の同定へ。

場所は助細胞と判明！ さて、誘引物質は？

花粉管誘引物質が卵装置に存在することを証明した東山教授は、続いて「場所」の同定に取り組みはじめた。卵装置には中央細胞、2つの助細胞、卵細胞がある（右図参照）。そのうち、誘引物質があるのはどこか、確かめようというのだ。そこで、マイクロレーザーで一ひとつ細胞をつぶしていき、誘引が起こるかどうかを調べていった。誘引物質が含まれている細胞をつぶせば、誘引がストップするというわけだ。考え方はシンプルだが、実験は容易ではなかった。

「植物の生殖細胞は、染色体がゆるんでいるせいか、レーザーを吸収しにくく、なかなかつぶれないのです。何度も試してみるうちに、細胞膜のあたりを狙うとよいことが見えてきて、ようやく前に進めました」

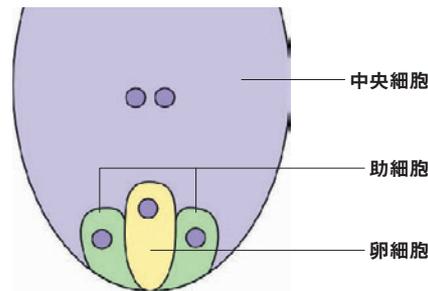
実験結果はクリアだった。2つの助細胞のうち1つでも残っていれば誘引は起こる。しかし、2つともつぶしてしまうと、誘引はストップする。助細胞にこそ誘引物質が存在するとみてまちがいない。

2001年に発表した論文は世界中から注目を集め、花粉管が誘引されて卵細胞の中に入り込む瞬間の電子顕微鏡写真は、アメリカの科学雑誌『サイエンス』の表紙を飾った。アメリカの大学が、遺伝学的アプローチから、モデル植物であるシロイヌナズナでも助細胞に誘引物質が存在することを示唆したのは、それから4年後の2005年のことだ。トレニアの研究が世界をリードするかたちで、謎の解明まで、いよいよあと一歩というところまでたどり着いた。

残された謎は、ズバリ、花粉管誘引物質とは何か。ある実験が、そのヒントを与え

卵装置の模式図

誘引物質を出している可能性のある4つの細胞



誘引の最終的な目標は、花粉管が運んできた精細胞と卵細胞を結びつけ、受精させること。しかし、誘引物質が含まれている可能性は卵細胞に限らず、助細胞にも中央細胞にもあると考えられた。

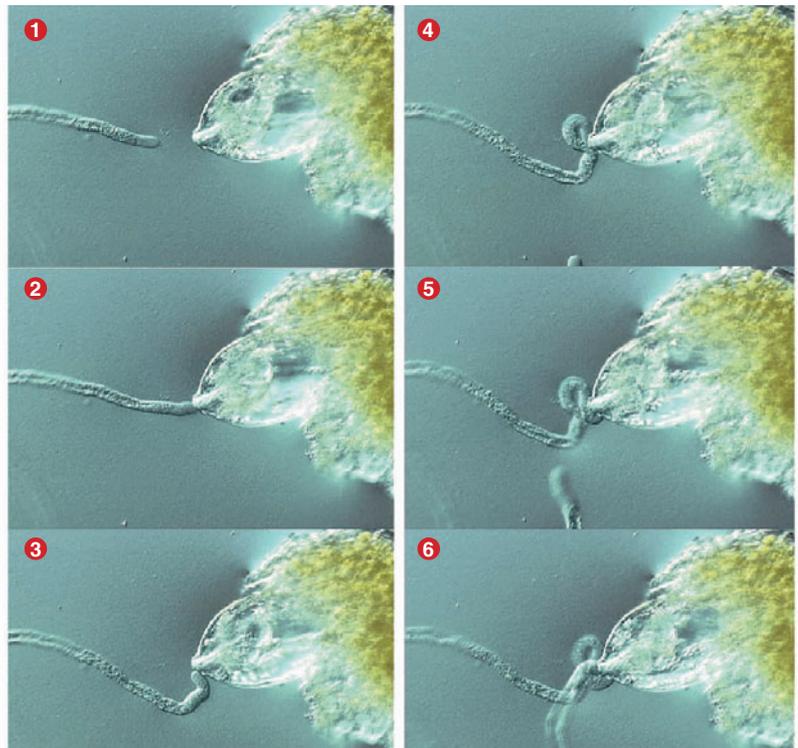
てくれた。トレニアに極めて近く、やはり卵装置がむき出しになっているアゼトウガラシという植物がある。その胚珠をトレニアの胚珠と並べたところ、トレニアの花粉管は、間違えずにトレニアの胚珠へと向かった。この結果から、極めて近い種であっ

ても誘引物質は異なっているとわかる。だとすると、誘引物質はそれぞれの種の細胞自体が作りだしている物質だろうと推測される。細胞が作る物質としてもっとも考えやすいのはたんぱく質だ。ならば、助細胞から作られるたんぱく質を調べれば、そこから誘引物質が見つかる可能性が高いのではないか。早速、その仮説を確かめてみることにした。

遺伝子解析から 2つの「ルアー」を発見。

トレニアから卵装置を取り出し、顕微鏡で観察しながら助細胞だけを集める。それを遺伝子解析し、さかんに発現する遺伝子はどれか、トレニアを構成する物質のなかでも助細胞だけに見られるものはないか、遺伝子からどんなたんぱく質が作りだされるのかななどを調べていく。その結果、助細胞から花粉管が進入してくる部位に放出され、しかも細胞と細胞とのやりとりのシグナルで使われやすいたんぱく質を、2つに

助細胞による花粉管の誘引



Nature
(2009年3月19日号:ネイチャー提供)

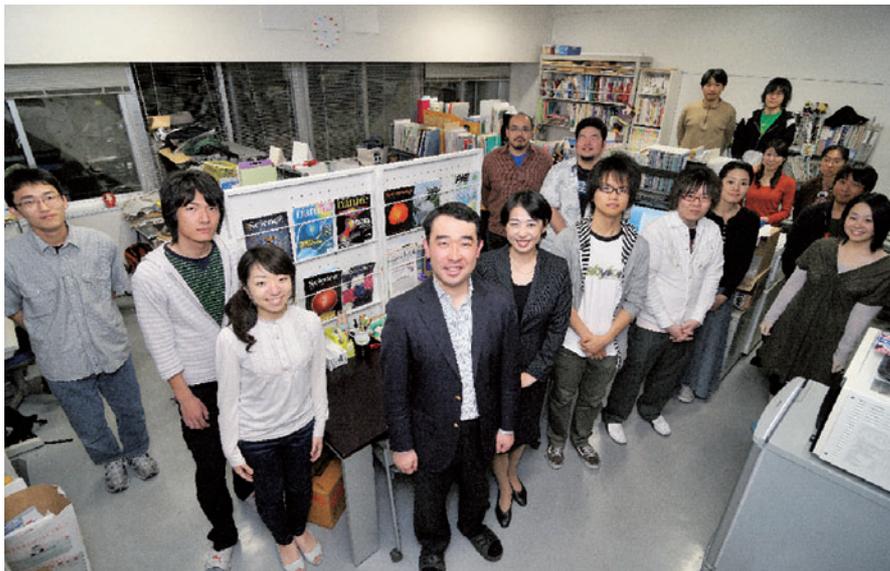


花粉管誘引物質を発見した論文の掲載されたイギリスの科学雑誌「Nature」の表紙。花粉管を誘導して、「Nature」の頭文字の「N」を描いた写真が飾った。

撮影/奥田哲弘



東山教授を中心とした、名古屋大学大学院理学研究科・生殖分子情報学研究室のメンバーたち。向かって右隣の佐々木成江特任准教授は、教授の奥様だ。



絞り込んだ。そこからさらに、大腸菌を用いてこの2つのたんぱく質を作り、トレニアの花粉管と一緒に置き、誘引が起こるかどうか調べることにした。ところが、実験を始めてもまったく誘引が起こらない。さすがに「そううまくはいかないか」と思っていたところに、いきなり6割近くの花粉管が誘引されるという事態が発生した。

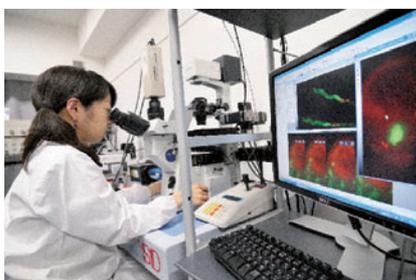
「実験を担当していた妻が、クリスマス休暇でたんぱく質の精製をしばらく中断しました。そこに、グルタチオンという、たんぱく質の折りたたみに関する物質が混ざっていたんです。まさに、クリスマスプレゼントです」

たんぱく質は、分子組成は同じであっても、折りたたみ方が異なれば示す性質も変わる。今回、作り出した大腸菌によるたんぱく質も、本来あるべき姿で折りたたまれているとは限らない。それが、グルタチオンによって「たたみ直された」ことで、本来の性質をとり戻し、誘引するようになったというわけだ。

その後も研究や検証を重ねた末、花粉管誘引物質であると確かめられたこの2つのたんぱく質は、釣りで魚をおびき寄せるのに使うルアーにちなみ、「ルアー1 (LURE1)」 「ルアー2 (LURE2)」と命名された。140年の謎を解明したこの発見は、世界中から大きな注目を集め、イギリスの科学雑誌『ネイチャー』の表紙を飾ることとなった(左下写真参照)。

心強いメンバーたちに支えられて。

ルアー1とルアー2が花粉管誘引物質だと証明するために、これらのたんぱく質の発現を抑える物質を助細胞に注入し、花粉管の誘引が阻害されることを実験によって確認した。この実験には、東山教授が開発したレーザーマイクロインジェクターという装置が欠かせない。通常の装置よりも顕微注入する先端が細いため、細胞を壊さず、しかもより正確に物質を注入できる。東山教授は、当初、この装置の操作は専門家でなければ難しいだろうと考えていた。しかし、学部生のなかに、優れた技術とセンスを持ち、装置を使いこなせる者がいたため、



個性豊かなメンバーたちは、それぞれの得意を生かし、最新の装置を使って研究を進めている。

研究のスピードをアップさせることができた。

今回の発見は、東山教授を支えるメンバーたちの存在抜きには語れない。2007年、名古屋大学に教授として赴任して、これまでの助手という立場から一転し、十数人の

メンバーの協力を得たことが大きな転機となった。東京大学時代からの気心の知れた仲間はもちろん、アメリカでシロイナズナの誘引物質の研究に携わってきた研究員など、個性に富んだ面々が集まった。

「僕ができない実験をしてくれるメンバーがここには何人もいます。1人だけでは、2年間でここまで成果をあげるなど絶対にできませんでした。メンバーには心から感謝しています」

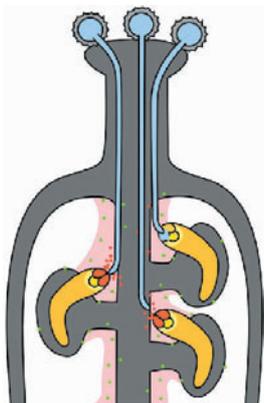
めしべの誘いに導かれ 謎への挑戦は続く。

こうして、140年来の謎は解明された。しかし、受精のメカニズムには、花粉管が胚珠を選ぶ仕組みなど(左図参照)、まだまだ謎が残されている。その1つが、誘引物質のシグナルを花粉管側が受け取るシステムだ。東山教授らのチームはすでにこの謎にも取り組み、成果をあげつつある。

「受精前のタネから分泌される、あるたんぱく質が、誘引物質に対する応答能力を花粉管に与えるらしい、ということがわかってきました。今、AMOR(アモール=「その気にさせる」)と名づけたこのたんぱく質の遺伝子を突き止めるために、12万個の花からの精製を進めているところです」

1つの謎が解明されるとまた新たな謎が生まれ、それがさらなる探究を呼び、科学の進歩につながっていく。「わたしの謎を、解明してごらんさい」——そんなめしべの誘いに導かれるように、東山教授たちの挑戦は、まだまだ続いていく。

残された謎



トレニアなどの場合、1つの個体に複数の胚珠が含まれている。しかし、伸びてきた花粉管は互いにほとんど争うことなく、別々の胚珠を目指し、受精する。いったいなぜだろう？

“コホート研究”を知って

01 Part

疫学の手法の1つとしてのコホート研究。

疫学の始まりは1850年代のコレラの流行から。

コホート研究とは、大勢の人を長期にわたって追跡調査するもので、疫学で用いられる研究手法の1つである。

疫学というのも、一般には耳慣れない学問分野かもしれない。今回の研究開発プロジェクトの研究統括である山縣然太郎・山梨大学大学院医学工学総合研究部教授によれば、疫学とは、病気や健康の原因と結果の関係（因果

ジョン・スノーの地図



関係)を明らかにする学問なのだという。そして、その研究には観察的な研究方法が用いられる。

疫学の歴史は古く、1850年代にイギリスの麻酔科医ジョン・スノー(1813～1858)がコレラの大流行に際して行った調査にまで遡る。スノーは、ロンドンの地図にコレラ患者を記入していき、コレラの感染と飲料水との関係に気づいた(左下地図参照)。

コレラの生理学的発症のメカニズムの解明からではなく、観察的研究によって、環境と病気の因果関係を明らかにし、真実を突き止めたこの事例は、疫学の典型とされている。

因果関係がもっとも明確にわかる手法、コホート研究。

疫学に用いられる観察的研究手法はいくつかあるが、大勢の人を長期間追跡調査するコホート研究は、もっとも時間とお金のかかる研究手法だといえる。単純な理由のようだが、ここにこの手法の最大の難しさがある。それでもコホート研究が必要とされるのは、山縣教授によれば、「因果関係をもっとも明確に理解することができる」手法だからだ。

「コホート研究」に対して「ケースコントロール研究」という手法がある。これは、調査時点の状態や、調査時点から過去をさかのぼって被験者の記憶を調査対象にする。そのため、被験者の記憶のあいまいさなどにより誤った結論が導かれ、因果関係が逆転してしまう危険があるが、コホート研究にはそうした危険がない。それは、コホート研究が、調査開始時点を起点にして、未来へ向けて時間の流れどおりに被験者の生活を観察していく研究手法だからだ。

スノーがロンドンの地図にコレラ患者を記入したところ、集中的に患者がいる区域があった。そこは、ある水道会社のポンプによって水が供給される区域であった。

社会に役立つ情報を追跡調査で知ります。



研究統括

山縣然太郎 (やまがた・ぜんたろう)

1986年、山梨医科大学(現・山梨大学医学部)卒業。現在、山梨大学大学院医学工学総合研究部社会医学講座教授。2007年より山梨大学保健管理センター長を兼任。専門は公衆衛生学、疫学、人類遺伝学。

「ライフコースリサーチというのですが、人々の生活をずっと追いつけていくことで、やがて社会に本当に役立つ情報がわかってくるんです」と山縣教授は言う。

世界的に成果をあげつつあるコホート研究。

コホート研究の事例は海外に多い。なかでも、もっとも有名なのが、アメリカのハーバード大学で行われている「フラミンガム研究」だ。現在、生活習慣病の原因として知られるものの多くが、この研究の成果によって明らかにされてきた。また、イギリスもコホート研究の盛んな国で、長いものでは、すでに50年もの間継続して調査している事例もある。

いっぽう、日本での事例はまだ少ないながらも、山縣教授らが甲州市で20年来取り組んでいる調査をはじめ、1961年から40年以上続けられている福岡県久山町の「久山町研究」などがあり、着実な成果をあげている。また、国立がんセンターが全国10カ所あまりの地域の保健所を中心に行っているコホート研究も、開始からすでに20年が経過し、近年その成果が報告されつつある。

いますか



子どもの社会性の発達を知るための5年間の研究開発プロジェクトが終了した。
このプロジェクトで用いられたのは、コホート研究という耳慣れない研究手法だ。
いったい、どのような研究で、どのような成果を社会へ発信するものなのか。



子どもの社会性の発達を コホート研究で知る。

「すくすくコホート」と名づけられた研究開発プロジェクトは、2004年から2008年までの5年間行われた。その目的は、子どもの社会性の発達を科学的に明らかにすることにある。

ここでいう社会性とは、「相手の気持ちができること」「相手の立場に立てること」「良好なコミュニケーションをとり、円滑に社会生活をおくることができること」の3つ。そして、こうした子どもの社会性の発達には、一人ひとり多様なパターンがあることが予測され、その多様なパターンがなぜ起きるのかを明らかにするためには、その原因と結果（因果関係）をはっきりさせる必要があると考えられたのだ。そのため、今回のプロジェクトでは、因果関係の解明に適したコホート研究の手法が用いられた。

また、子どもの社会性の発達を知るために、脳科学、医学、心理学、教育学など多くの領域の研究者が参加した領域架橋型であることもこの研究開発プロジェクトの大きな特徴といえる。

子どもの社会性の発達を どのように見るか。

「すくすくコホート」は、大阪府、三重県、鳥取県の3地域で行われた。大阪府と三重県では、450人を超える乳

児と養育者が参加して、0歳からの成長が数カ月おきに追跡調査が行われた。鳥取県では100人の児童が参加して、5歳からの成長が数カ月おきに追跡調査が行われた。

また、並行して、社会性を客観的に測定するための研究方法の開発も行われた。今回採用された実験手法の1つ

協力者の観察風景



調査は、平成16年から平成20年にわたり、参加する幼児（児童）の親へのアンケートと、親子の行動観察によって行われた。

つに、対戦型の積み木ゲーム（ジェンガ）をやるときの、子どもの頭の動きの大きさで、社会性の発達を測定するという方法がある。社会性の発達が低い子どもは自分のことしか考えず、対戦相手の行動に興味がないので頭の動きが少ない。したがって、ゲーム中の

頭の動きが大きいほど、「相手のことを考える」社会性が発達しているというわけである。

このほかにも、既存の脳科学の知見を応用した方法などにより、「親にほめられる子ほど社会性の発達が高い」ことや、「皮肉を理解する脳の領域が、科学的に明らかにされた」ことなどが、この研究開発プロジェクトの成果として、次々と発表されてきた。

将来の大規模コホート研究に向けて。

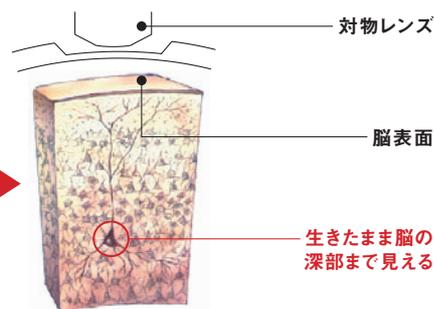
じつは、今回のプロジェクトは、コホート研究としては規模が小さく、基礎研究という位置づけになる。当初、3年間の基礎研究後に大規模コホート研究が計画されていたが、5年の研究期間で、研究手法や実施方法を着実に検討する、という選択がなされた。日本では歴史の浅いコホート研究には、解決すべき問題が多くあったのだ。

その意味で、個別の成果以上に、今回のプロジェクトの大きな成果として山縣教授があげるのが、この5年間で大規模コホート研究を行うための基盤づくりができたことである。また、コホート研究を担う人材の育成にも着実な効果を上げてきた。

「現段階でコホート研究を成功させるための手法・経験を、日本でいちばん持っているのが、われわれです。今回の研究開発プロジェクトのノウハウを使えば大規模な研究所を持っているイギリスにも匹敵できる研究ができると考えています」と山縣教授は語る。

社会に本当に役立つものは、生活している人間の観察から生まれてくると山縣教授は言う。今後、今回培われた経験を生かした大規模コホート研究が、必要とされる分野・領域で行われ、よりよい社会を作るための礎となることを期待したい。

生きた動物の脳の中を



【二光子レーザー顕微鏡】

従来の蛍光顕微鏡のレーザー光では、観察対象の蛍光発色を促すだけのエネルギーを加えるのに波長の短い光が使われていた。今回、使用された二光子レーザー顕微鏡は、レーザー光を一点に集中させ、密度を高めることで、エネルギーの弱い波長の長い光でも十分に観察対象を蛍光発色させられるようになった。また、波長の長い光は障害物に遮蔽されにくいことから、生体に照射した場合、深部まで浸透するため、脳内の細胞の活動を観察できるようになった。

胎児の脳の不思議に触れて 脳内を観察する技術の開発に取り組む。

ライフサイエンスの研究が進むにつれ、ヒトや動物の、生きたままの細胞の様子を画像化する技術の開発が求められてきた。特に未だその解明が十分に進んでいない脳の活動を、生きたままに観察する技術は、多くの研究者から注目を集めている。

これまでも、体の深部にまで浸透する近赤外光を用いた近赤外線分光法（NIRS）や、強い磁場を照射した際に起こる分子の核磁気共鳴をとらえる機能的核磁気共鳴画像法（fMRI）が、脳の活動の画像化に利用されてきた。しかし、こうしたイメージング技術は、脳の広い範囲の活動を把握するには適していたものの、脳を構成する一つひとつの神経細胞の活動をつぶさに観察するには適していなかった。

そこで、自然科学研究機構生理学研究所の鍋倉淳一教授らの研究グループは、脳内の神経細胞の微細な活動を観察できる顕微鏡の開発に取り組んできた。

鍋倉教授は、かつて在籍していた九州大学で、産婦人科の医師として勤務しながら、胎児の行動の研究に取り組んでいた。その際、脳内の神経細胞の活動を可視化する技

術の必要性を強く感じていたという。鍋倉教授がこう説明する。

「九州大学は胎児の行動研究では有名で、胎児は成長とともに一定のリズムを獲得することが明らかになっていました。分娩間近になると、きっちり30分間隔で、目を動かしたり、排尿したりといった行動を観察できるんです。わたしも超音波を用いて観察していたんですが、超音波を用いている限り、胎児の様子は観察できても、脳の中で何が起きているのかわかりませんでした。ですから、生きたままの脳内を観察できる顕微鏡の開発に取り組むことにしたんです」

脳の発達期と、脳障害の回復期には、神経回路の再編成という共通点がある。鍋倉教授の研究ターゲットは、脳の機能回復のメカニズムにも広がっていった。

改良に改良を加えた顕微鏡 1mmの深さまで観察可能に。

神経細胞のような微細な対象物を観察するため、これまでは蛍光顕微鏡が用いられてきた。この顕微鏡は赤外線やレーザー光を照射して、観察対象が発した蛍光をとらえて画像化するのだが、赤外線やレーザー

光は体の深部にまで浸透しないため、表面近くしか観察することができなかった。そのため鍋倉教授は、レーザー光を集中させることで深部への浸透を可能にした二光子レーザー顕微鏡の改良に取り組んだ。

従来の蛍光顕微鏡のレーザー光に含まれる光子が1つ（一光子）であるのに対して、一点に集中させたレーザー光は高密度になるため、光子が2つ（二光子）になる。こうすることで、エネルギーの弱い波長の長いレーザー光を用いても、観察対象の蛍光発色を強めることができるようになった。波長が長ければ、それだけ対象物に遮蔽されずに浸透することができるため、二光子レーザー顕微鏡は、表面のみならず、深部の細胞の活動を観察することができるのだ。

ただし、レーザー光を一点に集中させれば、エネルギーが高まるため、観察対象を損傷してしまう恐れがある。顕微鏡で観察することで細胞を傷つけてしまうようでは、生きたままの脳内の活動を知ることはできない。この問題の解決策はあるのか？

「使用するレーザー光はフェムト秒（1000兆分の1秒）単位の短さのパルスにしました。これなら観察対象に加わるエネルギーを、ごくわずかに抑えられます」

のぞく!

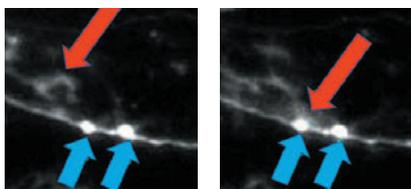
従来のイメージング技術では、脳の活動は広い範囲でしか把握できなかった。

しかし、脳の深部にまで浸透するレーザー光を用いた顕微鏡が開発されたことで、

「脳の中のお医者さん」と呼ばれるミクログリア細胞の驚くべき活動がライブ撮影された。

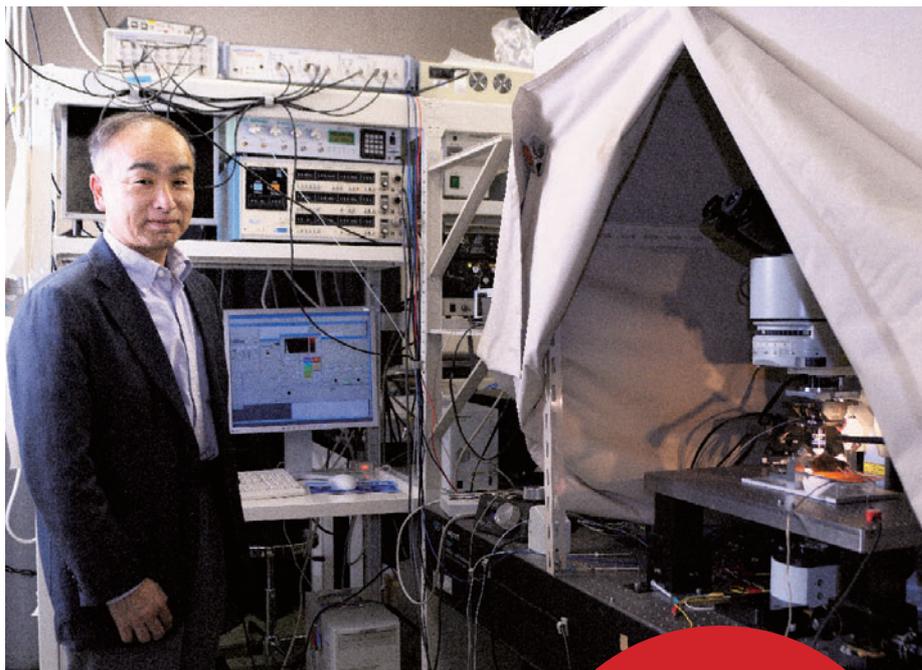
ミクログリア細胞がシナプスを“触診”

ミクログリア細胞がシナプスに手をのぼしている



(左)瘤状に見える神経細胞どうしが接しあうシナプスに、ミクログリア細胞が接近している。

(右)シナプスにミクログリア細胞が接触。正常ではきっちり5分間触診しているが障害回路では1時間以上かけて精密検査を行っていることが観察された。



鍋倉淳一

なべくら・じゅんいち

1981年、九州大学医学部卒業。1987年、九州大学大学院医学研究科卒業。同年、米国ワシントン大学研究員となり、ジェフ・リヒマン教授の下、神経回路の発達の研究に携わる。その後、東北大学医学部助手、秋田大学医学部（第一生理学）助教授、九州大学医学部（第二生理学）助教授などを経て現職。

高エネルギーのレーザー光であっても、ほんの一瞬、照射されるだけなら、損傷を与えることは少ないというわけだ。

こうして開発された二光子レーザー顕微鏡は、生きたマウスの脳の表面から1mmの深さまで観察することに成功。これによって、マウスの大脳皮質の全層にわたる微細構造を観察できるようになった。

神経細胞を診断、修復する ミクログリア細胞を映し出す。

まず、鍋倉教授が観察対象としたのが、“ミクログリア細胞”と呼ばれる免疫細胞だった。この細胞は、脳卒中などで損傷した脳を修復したり、傷ついて不要となった部分を取り除いたりするはたらきがあると考えられてきた。そのため、「脳の中のお医者さん」とも呼ばれている。しかし、生きた動物の脳内でのミクログリア細胞の観察はできなかったため、本当に脳を修復しているのか、どうやって修復の役割を果たしているのかが、わからなかった。

「脳卒中で脳が損傷した中心部分は神経細胞が死滅していますから、これを修復することは難しい。ただし、周辺部分なら、傷つきながらも死なないでいる神経細胞も多い

ので、患者さんによっては劇的な回復を見せる方もいます。神経細胞どうしのつながりが再編成されて、新たな回路が生まれることで、完全ではないものの、元の脳のはたらきが回復したと考えられているわけです。そこにミクログリア細胞がどうかかわっているのかを、明らかにしようと思いました」

そこで、二光子レーザー顕微鏡で、マウスの脳を観察したところ、ミクログリア細胞が、神経細胞にはたらきかけて、あたかも「検査・検診」しているかのような様子ははっきりと映像で記録された。

上の写真は、実際は動画で撮影されたものだ。神経細胞どうしがつながり合うシナプスが瘤のように映し出されている（写真・上）。そこにミクログリア細胞が近づき（写真・左下）、触れていることが見てとれる（写真・右下）。長時間観察していると、損傷のない正常な神経細胞では、1時間に1回、正確に5分間、まるで聴診器を当てるようにシナプスを「触診」する様子が観察された。

これに対して、脳梗塞のように損傷のある神経細胞では、シナプスの周囲に絡みついて、1時間以上にわたってじっくりと「精密検査」。しかも、まるで「損傷の修復が困難」と判断

したかのようにミクログリア細胞が離れると、損傷したシナプスがなくなっていることもしばしば観察された。このことから、ダイナミックなミクログリア細胞の活動は、脳神経の障害の回復や、発達段階での不要な神経回路の消滅に、重要なかわりがあることが考えられるのである。

「これまで予想されてきた通り、ミクログリア細胞は脳のお医者さんだということはわかりました。しかし、修復時に何をやっているのかは、まだわかりません。ですから、これからはミクログリア細胞がいかにして神経細胞を修復しているのかを明らかにしていきたい」

今後、ミクログリア細胞のメカニズムが明らかになれば、脳の機能回復分野の可能性を大きく広げてゆきましょう。

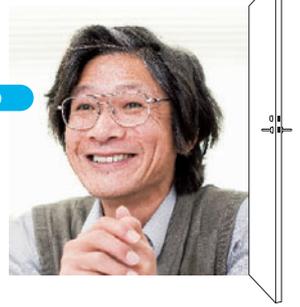


ようこそ 私の研究室へ

戦略的創造研究推進事業ERATO
「前中センシング融合プロジェクト」

研究総括

前中一介



思い詰めれば小さなチップに多くの機能が詰まる!

絆創膏型の人体活動モニタリングシステムを開発します。

PROFILE

前中一介 (まえなか・かずすけ)

兵庫県立大学大学院工学研究科
電気系工学専攻 教授

1959年、兵庫県生まれ。80年、神戸市立工業高等専門学校電気工学科卒業。82年、豊橋技術科学大学工学部情報工学系卒業。84年、同大学大学院情報工学専攻修士課程を修了し、同大学工学部電気電子工学系の教務職員(助手)となる。89

年4月に母校、神戸高专講師。90年、工学博士。93年、姫路工業大学工学部電子工学科助教授。04年、組織改編により兵庫県立大学大学院工学研究科助教授。07年より現職、また、同年12月よりERATO「前中センシング融合プロジェクト」研究総括。



発電や通信機能まで備えて 安価で手軽な絆創膏型センサ。

「体に超小型センサを装着して、その人の健康状態や心理状態を24時間見守るシステムの開発を前中センシング融合プロジェクトとして立ち上げました」

最初のシステムの導入例としては、職業ドライバーが考えられるという。ドライバーの過労運転によるバスや輸送トラックの事故が社会問題化しているからだ。

「独居老人の孤独死を防ぐ、患者さんが実行したりハビリテーションの客観的評価、あるいは予防医学への貢献など、開発するシステムはこれからの社会でさまざまな役立つはず」と前中一介さんは強調する。

当面は計測する値として、体温、脈拍、血圧、発汗、運動量(3軸加速度)の5種類の人体データと、気温、気圧、日照、湿度、騒音の5つの環境データを想定。これらを計測するセンサすべてを、数ミリ角の1枚のシリコンチップの中に埋めこむ。それだけでも大変なことだが、さらに、計測したデータを処理する演算回路と通信機構、それらを駆動するための発電機構までチップの中に集積しようとしている。しかも、目標とする形態が、いっそうハードルを高くする。

「体のあちこちに、手軽に貼れる絆創膏みたいなものになりたいと考えています。2~3週間使ったら剥がして、洗うなり捨てるなりできるようなものです」

つまり、このチップは安価に製造できなくてはいけない。使い捨てコンタクトレンズ並みか、それ以下の価格でなければ、普及は望めない。「実際に世の役に立つものを作れ。論文を書くための研究はするな」——助手時代に師事した恩師の教えが、前中さんの胸に刻まれている。



トコトン思い詰めることで 不可能が可能になる。

「半導体産業が花形だった時代に、1つのシリコンチップにセンサとデータ処理回路を作り込む、『集積化センシングシステム』というテーマに出会いました」

ラジオ工作に励む少年だった。電気(電子)回路が好きで、修士課程修了後、回路の研究をする助手のポストに応募した。採用された研究室にあったのが、当時大学では珍しいIC(集積回路)の試作設備だ。そこで、ICの製造技術を応用した集積化センシングシステムの開発に取り組む。

助手時代に開発した多次元磁気センサは国際学会で注目を浴びた。母校、工業高等専門学校の講師になってからはマイクロジャイロスコープの開発に挑戦。「シリコンでジャイロは可能か、と議論されていましたが、僕は素朴に棒を作って振ればジャイロになるだろうと考えてははじめました」

こうした機械的な可動部分を含む集積回路のことをMEMS(微小電気機械システム)といい、分野こそ助手時代と変わらないが、機械という新たな要素が加わる。

「機械のことはまったくの素人で、やろうとしていることが難しいことなのかどうかもわかりませんでした。当時、MEMSの教科書もありませんから、設計に必要な計算をするための微分方程式を考えるとところから始めなくてはなりません。試行錯誤を積み重ねて、三歩進んで二歩下がるような日々が続きました」

模索の末、開発したシリコンマイクロジャイロは、その後、デジタルカメラの手ぶれ防止技術の基になった。開発に成功できたポイントは何だろうか。

「大切なのは、トコトン思い詰めること。1

つのことを朝起きてから寝るまで考え続ける。そうすると、何日もわからなかった答えが寝ている間にフッと浮かんで、ガバッと目が覚める、なんていう経験をします」

こうしたブレイクルー体験があるからこそ、一見、不可能にも思える絆創膏型センサの開発に取り組めるのだろう。



電源からソフトまで 周辺の要素技術を融合する。

「プロジェクト名の“センシング融合”には分野の融合という意味を込めました。周辺技術も含めた開発が、目指すシステムの実現には不可欠だからです」

取材して印象に残ったことがある。開発するシステムの仕様を尋ねると、白紙のままにしてあるという。計測項目は暫定的だし、データ通信の頻度や発電する電力などの目標値もない。

「プロジェクトが始まって1年半。現在、素子、回路、マイクロパワー、ソフトウェアの4グループに分かれて、それぞれが要素技術を開発している段階です。システムとしての最適な仕様は、各技術を見渡しながら決めていくほうがうまくいくと考えています」。まさに、融合によって問題解決を図るプロジェクトなのだ。

さらに、取材時に印象的だったことがもう1つ。プログラミングのデバッグで悩む学生に対して、親身になって指導する前中さんの姿だ。助手時代、初めて指導した学生たちの卒業旅行に同行した際、彼らに胴上げされた。今でも、その時の感激を「この仕事をやっていて本当によかったなあ」と語る。師弟関係を越えて、学生と一緒に挑戦する仲間、という思いが強い。けれども、「最近の学生さんはドライな関係を好む」と少し寂しそうだ。

PZT (※) スパッタリング装置



この装置でシリコンウエハ上にPZT薄膜を形成。加速度センサーの重要な材料だが、薄膜形成自体が難しい。



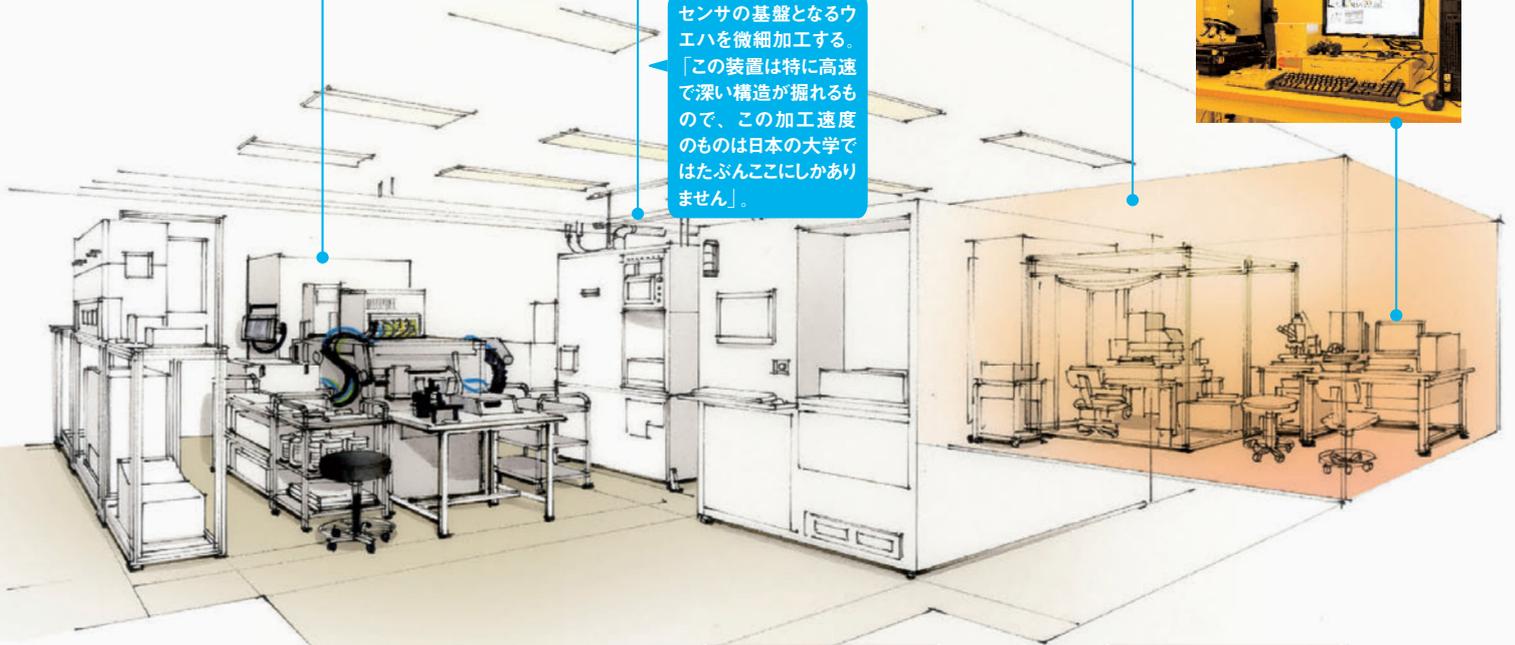
センサの基盤となるウエハを微細加工する。「この装置は特に高速で深い構造が掘れるもので、この加工速度のものは日本の大学ではたぶんここにしかありません」。

イエロールーム



フォトエッチングをする部屋。フォトレジストが感光してしまわないように黄色い照明を使っている。

各部屋の様子が画面でモニターできる。各部屋の状況把握やメンバーの居場所確認に便利。



分析・計測室

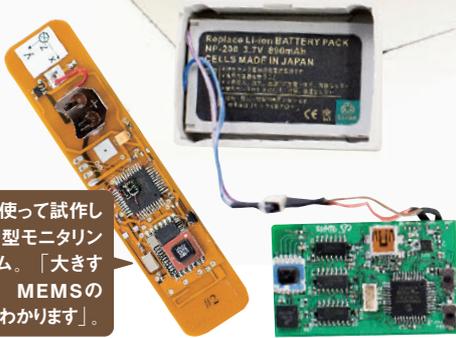


薄膜の状態などを調べる高分解能のもの、簡便に扱えるものの2種類の電子顕微鏡がある。

ソフトウェアグループ室



ハードウェア（センサ、回路など）の開発と同時並行でソフトウェアの開発も進行中。



市販品を使って試作した絆創膏型モニタリングシステム。「大きすぎてダメ。MEMSの必要性がわかります」。

研究の概要

前中センシング融合プロジェクトは、健康維持や事故防止に役立つようなセンサシステムの構築を目指す。センサは絆創膏を貼り付けるようにして人体に装着し、計測データの処理回路や駆動電源、通信機構を備える。貼り付けられたセンサは、血圧や脈拍などの体の状態、および気温や湿度などの環境を常時計測し、無線ネットワークを介して、定期的にデータを住居や職場、病院などに設



4つのピース(プロジェクトチーム)で社会に役立つセンサシステムの構築を目指す。

置されたベースステーションに転送する。また、危険を察知した場合は、利用者に警告を発したり、関係者に通報したりする。

プロジェクトチームは4グループに分かれており、それぞれが担当した領域の開発を並行して行う。①素子グループはシリコンチップ上に集積化したセンサ群、②回路グループはセンサからの出力データの処理や通信機能を実現する回路、③マイクロパワーグループは小型軽量で実用的な使用に耐えうる電力発生機構、④ソフトウェアグループはシステム全体を制御するソフトウェア。

※PZT/チタン酸ジルコン酸鉛。圧力を加えると電圧を発生するピエゾ圧電効果を示すことから、センサの材料として利用される。

4万人以上の先生が活用中!
理科授業に役立つデジタル教材。

〈理科ねっとわーく〉は、
小・中・高等学校の授業で使える
“理科教育用デジタル教材”を集めたWebサイト。
授業の単元に対応した約45,000点の
動画・静止画で構成される
約110タイトルのデジタル教材の
活用例を毎月1タイトルずつ
ご紹介します。

第3回

理科の先生がオススメする

私のイチ押しデジタル教材

単位換算機能と映像で学ぶモルの世界

授業例

立教新座中学校高等学校

渡部智博先生

高校1年

「物質量」

授業の狙い

化学反応が定量的に進行することを理解し、物質量の考え方もとついで説明できるようになることを狙いとする。

1 1モル(mol)は 6.02×10^{23} の粒子の集団であることを学ぶ。

生徒の思考: 1molは、日常生活で扱っている数量をはるかに上回る数なんだ……。

2 デジタルコンテンツのアニメーション「1molとは?」を見て理解を深める。

生徒の思考: 解説の途中にでてくる「Q(質問)」に答えていくと、少しずつ理解が深まるなあ。

3 実物で実感したいという興味や関心がわいてきたところで、「1mol体感実験!」を見る。

生徒の思考: キャプチャ機能を利用して反応の前後を比べるとわかりやすい!

4 物質量の考え方が、本当にわかったかどうかを自ら確かめてみたいという意欲を持つ。

生徒の思考: 「単位換算機能」を利用すると、どのような物質についても物質量の計算を簡単に確認できるようになった!

単位換算機能と映像で学ぶモルの世界

中学校における「化学反応と質量の関係」、高校における「物質量の概念」を、アニメーションと実験映像、そしてそれらと関連づけられた「単位換算機能」を使って、直感的に無理なく理解できるようにしたデジタル教材です。

1molとは?

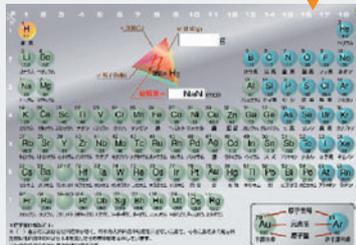


1mol体感実験!



単位換算機能

単体や化合物の単位(質量、体積、粒子数、物質量)を変換するための機能。実験映像表示中に三角すいアイコンの上部にある球の部分をクリックすると使用できます。



オススメポイントはココ!!

質量標準を決める最先端の研究も必見です。



高校で化学を学ぶうえで、「物質量」や「モル」を理解することが大切であることは誰もが認めるところですが、つまずきやすいことも確かです。

物質量を学ぶためには、中学校で学んだことを理解していることが前提です。本コンテンツには質量保存の法則や定比例の法則も含まれているので、復習として生徒に見せておきたいと思います。

一方、発展的な学習に展開したいときには、「アボガドロ定数の精密測定に挑戦!」を見せることができます。精密測定の方法と理論だけでなく、質量の基準への利用が期待されている話題は、生徒たちに物質量を学ぶ意義を示すためにも有益です。

教育関係者向け

理科ねっとわーく

http://www.rikanet.jst.go.jp/

非営利・教育目的という条件で、ホームページ上での簡単な利用者登録だけで、無償で利用できます。

一般向け

理科ねっとわーく

一般公開版

http://rikanet2.jst.go.jp/

〈理科ねっとわーく〉のデジタル教材のなかから一般公開が可能なものを、インターネットで公開しています。登録の必要はなく、どなたでも無料で閲覧できます。

一般の方もご覧いただけます!