JST News

Vol.3/No.6
2006/September
9月号

Special Report

やってくる ユビキタス社会

独立行政法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

JST News
Vol.3/No.6
2006/September
9月号

東京のあるデパートの屋上庭園では、携帯端末を情報ボードに近づけると、そこにある草花の情報が得られるようになっており来るユビキタス社会の一端を体験できるようになっています。

What is JST?

社会技術研究開発センター
Japan Science and Technology Agency

社会技術研究開発センター（RISTEX）では、現代社会が直面している諸問題の解決を図ることを目指して、社会技術研究開発事業を実施しています。

社会問題解決に重要と考えられる「安全・安心」、「情報と社会」、「脳科学と社会」、「科学技術と人間」という４つの研究開発領域を中心に、各領域の研究推進の担い手となる領域総括のマネジメントのもと、広く社会から募集し、選考された研究開発プロジェクトを推進します。

個別分野を越えた幅広い視点から多分野の研究者などが協力し、社会におけるさまざまな関係者の参画を促しながら研究開発を進めていき、生じた研究成果は種々の形で公開します。具体的な問題を解決することを通じて、より良い社会を築くことに貢献します。

編集長
福島 三喜子
編集委員
古旗憲一　長谷川奈治
佐藤雅裕　笹月俊郎
和木文敏　飯島邦男
瀬谷元秀
制作協力
サイテック・コミュニケーションズ
（株）学習研究社 科学創造研究所
表紙画
五十嵐仁之
デザイン
グリッド
写真撮影・提供
由利修一
YRPユビキタス・ネットワーキング研究所
産業技術総合研究所
甲斐荘正恒
富士バイオメディックス
宇宙航空研究開発機構

C O N T E N T S

03 People
TRONからユビキタスIDへ
坂村 健　東京大学教授
YRPユビキタス・ネットワーキング研究所所長

04 Special Report
いつでも、どこでも、何でも、誰でも
ユビキタスで変わる私たちの暮らし
私たちが直面する社会問題の解決の切り札と期待される「ユビキタス・ネットワーク」は、どんなことができ、生活はどう変わっていくのだろうか。

08 R&D
新発想のNMR構造解析技術
タンパク質の時代に帆を上げる「SAIL」法

10 Commercialization
新薬開発支援からがん診断まで
トランスポーターが開く医療支援技術

12 Information
情報関連分野の動向が一望
「情報管理Web」で多くの人に

14 Trend
融合からの発展
ナノテクは進化する

15 Column
冥王星の運命
青野由利　毎日新聞論説委員 科学環境部編集委員兼務

16 Entertainment
セレンディピティーの達人たち
米軍青年パイロット

JST Newsについてのご意見・ご感想は、以下のE-mailアドレスまでお寄せください。
jstnews@jst.go.jp

TRONからユビキタスIDへ

日の丸OSなどと呼ばれたTRONプロジェクトの提唱者、坂村健さんは、いま、ユビキタスコンピューティングの導師となっている。独自の哲学と発想で進める研究開発に、世界の注目が集まる。

東京大学教授
YRPユビキタス・ネットワーキング研究所
所長
坂村 健

よく喋る。相変わらず。

「このところ、アジアによく行くんです。7月には上海の復旦大学に共同研究センターをオープンさせたばかり。技術展示コーナーも作り、基礎技術の展示だけでなく、上海の町並みを再現してユビキタス・コミュニケータ（小型端末）を利用した観光ガイドのデモなどもやっています」

ユビキタスとは、あまねく存在するという意味のラテン語由来の英語。あらゆる物や場所に個体識別番号（uコード）入りの微小な電子タグをつけ、端末で読み取ってコンピュータと情報をやりとりすることで多様なサービスを実現させる。これが坂村さんがいま普及に力を入れているユビキタスIDシステムである。

「一般の人がわかって使えるまでに10年はかかります。専門家でないとなかなか理解できない最先端だけど、重要なことは理解されているので、世界的に注目されている」

オーストラリア政府に頼まれ、タスマニアに共同研究所を作った。韓国、タイ、ベトナム、台湾と、協力要請は引きも切らないという。

国内でも、国土交通省、総務省、農林水産省といったところと、実証実験などを進めている。「ユビキタスは、産官学民すべての協力体制が必要なビッグなプロジェクト」なのだ。

80年代初めにTRONプロジェクトを始めたころは「国の金は一銭も貰（もら）わない」と宣言し、志を同じくする企業を結集した。チップ、OS、パソコン、応用システムと幅広いサブプロジェクトがあったTRONは、何を目指しているのか、一般人にはいささかわかりにくかった。ただ、坂村さんは当初から「どこでもコンピュータ」の時代が来ると見通し、それにふさわしい体系の確立を目指すのが目的だと語っていた。まさに、ユビキタス・コンピューティングの先駆けだったのだ。

20年以上に及ぶTRONプロジェクトの歴史には、成功も失敗も、軋轢（あつれき）も葛藤もあった。だが、坂村さんは「浮き沈みなんて感じていない。常に向上心を持ち、努力し続けてきただけ」。受け答えに余裕が見える。

「米国がやっているからと、国が金を出して後追いしてもダメですよ。哲学のない研究開発は意味がない。米国の一番いいところは、人と違うことをやれということ。そこを真似せず、形だけ真似してもダメ。今の日本、すごく危機感がある」

人と違うことをやり続けてきた坂村さんだからこその重みが、言葉にある。かつての「風雲児」は、「斯界の大御所」になっていた。

（朝日新聞　高橋真理子）

YRPは横須賀テレコムリサーチパークの略称

いつでも、どこでも、何でも、誰でも

ユビキタスで変わる私たちの暮らし

「ユビキタス」という言葉をよく耳にする。「神のごとく至るところに存在する」という意味のラテン語から転意し「いつでも、どこでも」といった意味に使われており、今後のコンピュータ・ネットワーク社会の行方を象徴する言葉とされる。「ユビキタス」はどんな社会を予言しているのだろうか?

「ベジタリアンの私は、スーパーのカレーコーナーに行くと必ず、動物性タンパク質の入っていない製品はどれかなと思うんです。そんなとき、『君たちの中で私が食べられるのはどれ?』と聞いて、『はい、私です』と答えてくれたら便利ですよね!」と「ユビキタス社会」への期待を話すのは国立情報学研究所副所長の東倉(とうくら)洋一さんだ。

「ユビキタス社会」の特徴の1つは「コミュニケーション革命」が起こることだという。コミュニケーションはこれまで、“人と人”の間に限って成立していた。それが、“人と機械”に広がり、ユビキタス社会では“人とカレー”といった“人と物”さらには“物と物”のコミュニケーションが可能になる。

イメージは、カレーのパッケージに小型のコンピュータが付けられていて、東倉さんはそこから情報を読み取ることのできる携帯端末を持っているという感じである。

「ユビキタス社会」とは一言でいうと「どこにでもコンピュータがあり、それらが、互いにネットワークでつながることで、あらゆる情報のやり取りが可能になる社会」のこと。このとき、コンピュータは私たちの目に触れない

＊CREST
戦略的創造研究推進事業のうち、チーム型研究を指す。文部科学省が設定した社会的インパクトが大きい戦略目標のもとに、JSTが研究領域を定め、その領域ごとに研究課題を公募する。採択された研究代表者は数人～20人程度のチームを編成して、戦略目標の達成へ向けた研究を推進する。
詳細は、http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/

＊＊社会技術研究開発センター（RISTEX）
社会の諸問題の解決に向けた研究開発を行っている。
詳細は、目次ページ、または
http://www.ristex.jp/

「場所に情報をくくりつける」というユビキタスの考え方が、障害者のサポートにもつながる。

形になり、計算を行うだけでなく、センサーなどを使って周りの状況を認識する機能も備える。つまり、究極の「ユビキタス社会」とは「コンピュータが空気のような存在になる社会」であり、私たちは、知らず知らずのうちに現実社会とネット社会を縦横無尽に行き来することになる。

何がどう変わるのか

「ユビキタス社会」がもたらすものを東倉さんはさらにこう話す。

時間と空間から開放され、これを超越して生活できるようになる。つまり1人の人間が自分のいる空間と相手のいる空間に同時に存在できるようになるということだが、この状況は一部現実になっている。例えば、ケータイ（電子マネーなど電話以外の機能を持つ携帯電話のこと）でメールを打ちながら会議に出たり、テレビ電話で話をしながら料理をする人達がいる。

また、これまでには考えられないくらい多くの情報に触れることができるようになり、私たちの能力は拡大し、強化されるだろう。

そして、利用者にとっては、「いつでも」「どこでも」という便利さと同じくらい「今だけ」「ここだけ」「これだけ」「あなただけ」という選択が重要になるともいう。それはどういうことか。東倉さんはケータイがこれほどまでに普及した理由も、電話番号と所有者個人が一対一で結びついた“だけ”の世界を実現させたことが大きな要素だと考えている。

かつて、男の子が女の子の家に電話をかけるときには緊張したものだ。その理由は、「誰が出るかわからない」というところにあった。時には、お父さんが出て、気まずい思いをすることもあっただろう。しかし、ケータイはどこにいてもかけられる上に、基本的に出るのは特定の相手である。ケータイの普及は、多くの人が、「自分の電話があったらいいな」と考えていたことの現われといえる。

自分が期待する相手“だけ”につながる。すなわち、必要な物“だけ”を簡単に見つけることができるのもユビキタス社会の特徴だ。

坂村さんが1989年、東京・六本木に実験的に建てたTRON電脳住宅の外観(右) と内部の様子(左)。
扉、天井、壁など家のあらゆるところにコンピュータが組み込まれている。
電話を取ると電話機近くの音響機器の音量が自動的に下がったり、外に気持ちの良い風が吹いていれば窓が自動的に開くなど、家自らが判断し、快適な環境を提供してくれるようになっていた。

広がる利用の可能性

昨年5月、総務省は「ユビキタスネット社会憲章」を出した。この中に“「ユビキタスネット社会」とは、2010年には実現可能な次世代の情報通信技術社会だ”と書かれている。

この「ユビキタスネット」すなわち「ユビキタス・ネットワーク」という言葉は2000年に野村総合研究所が示した、将来の情報社会構想の中に登場した。また、2001年に政府が掲げたIT国家戦略「e-Japan戦略」の中にも使われており、2010年の実現に向け具体的な計画がなされている。最近、e-Japan戦略はユビキタス（ubiquitous）やもっと多くの人を対象にしようという意味のユニバーサル（universal）などの頭文字である“u”をとって「u-Japan」と言われるようにもなっている。

世の中が「ユビキタス・ネットワーク」にこれほどまでに力を入れるようになったのは、それがこれから直面するさまざまな社会問題の解決の切り札となることが期待されているためだ。

高齢者が住みやすい環境の整備、遠隔医療など患者中心の医療の実現、交通事故の削減や渋滞の緩和、地震・台風などの災害対策をはじめ利用の可能性は枚挙にいとまがない。

日本で生まれた「ユビキタス」

20年余り前の1984年、「ユビキタス」の考え方は日本で生まれた。提唱者は現東京大学教授の坂村健さん。坂村さんは当時、「どこにでもコンピュータがある時代が来る」と考え「どこでもコンピュータ」と名づけた。同じ考えを持っていた米国ゼロックス社パロアルト研究所のマーク・ワイザーが、1991年に出した論文に「ユビキタス・コンピューティング」という言葉を使ったことがきっかけで、以来、ユビキタスという言葉が使われるようになった。

厳密には「ユビキタス・ネットワーク」は「どこでもネットワークが使えること」。一方、坂村さんやマーク・ワイザーが唱えた「ユビキタス・コンピューティング」は「あらゆるモノの中にコンピュータが入り、それらがネットワークで結ばれること」であった。しかし、今では時と場合により、ユビキタスの意味するところは少しずつ違っているようだ。

坂村さんは「ユビキタス・コンピューティング」を実現するため、今も先頭に立って研究を続けている。特に1984年当初から手がけているTRON（The

Real-time Operatingsystem Nucleus）は、その「実時間OS」という特徴と誰もがタダで使えるオープンアーキテクチャだったことにより、携帯電話のOSとして高いシェアを占めている。

モノとの会話を楽しむ

坂村さんが所長を務めるYRPユビキタス・ネットワーキング研究所（3ページ参照）で、「どこでもコンピュータ」を見せてもらった。

通された応接室にはテーブル、ランプ、背の高い植木があり、壁には1枚の絵がかけられていた。いたってシンプルで居心地の良い空間だ。言われるまで気付かなかったが、この応接室の家具という家具にはすべて小さな黄色いタグが付けられている。このタグに手のひらほどの大きさの読み取り機、「ユビキタス・コミュニケータ」をかざすと、タグに付いているucode（ユーコード）がピピッと読み取られ、無線でサーバーにつながり、家具の情報が映像と音声とで案内される。絵の場合は、作者やタイトル、作品の解説などである。ランプについては、「ユビキタス・コミュニケータ」を通して替え電球の注文もできるという便利さだ。

デモンストレーションルームでは、他にもさまざまなアイデアを見ることができる。例えば、視覚障害者のための白杖と誘導用ブロックの組み合わせでは、誘導用ブロックの下に埋め込まれたコンピュータからの情報を白杖の受信機が受け取り、「3メートル先に十字路があります」「この先工事中で行き止まりです」と音声で知らせてくれる。

ほかにも、薬箱をセンサーにかざすと、薬の飲み合わせについて教えてくれるシステムなどもある。どれも小型で使い勝手もよく、すぐにでも私たちの生活の中に入ってくるのではないか、と思われるものばかりだった。

こんな暮らしが当たり前になるのはいつなのか？「10年後かな？　広く社会で使われるには技術だけでなく制度設計もしなければならないので」と坂村さん。

最近、この坂村流ユビキタスはアジア諸国への広がりを見せている。

知識バリアフリーを目指して

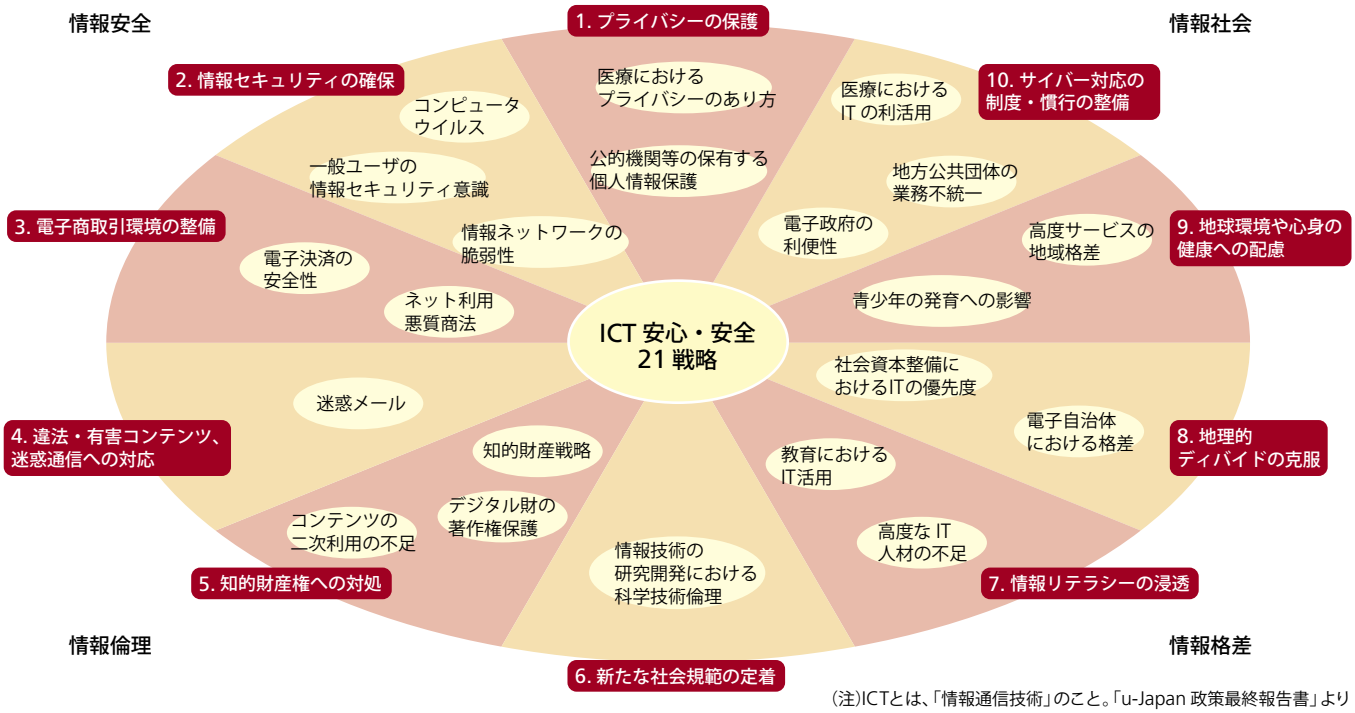
ユビキタス社会を支えるネットワークやコンピュータの技術を使って、どんな新しいことができるのか、という視点から研究を進める若手研究者たちがいる。

産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センターの西田佳史さんと本村陽一さんは「ユビキタスは日常を目に見える形にしてくれる技術だ」という。JSTのCREST*では、日常モニタリングを小さい子供の事故予防に役立てようとする研究プロジェクトが西田さんを研究代表者として進められている。小さい子供の事故原因

超音波タグを付けた子供たちが実際に遊んだ部屋（右上）。クッション、テーブル、おもちゃがある環境で子供たちがどういう行動をとるかがわかる。得られたデータをもとに作られたシミュレーションアニメ（右下）。病院から集めた事故情報を分析することで、ある月齢の子供が起こしやすい事故がわかる（下）。

「ICT安心・安全21戦略」

優先的に取り組むべき課題として、社会影響度が高く、対応策が不十分な21課題を10分野の中から、抽出し、それらの解決策を利用環境整備の重点戦略として策定。



(注)ICTとは、「情報通信技術」のこと。「u-Japan 政策最終報告書」より

は、気付きにくい、見えない日常の典型例だというわけだ。

実際には、センサーを取り付けた実験室内で、乳児と母親、おもちゃに超音波タグを付けて、乳児の行動を観察した。この結果をもとに、室内での事故を予知するソフトが開発され、昨年の12月から、ベネッセコーポレーションが運営する「子供の事故予防」サイトで利用できるようになっている。

利用者は、子供の「月齢」と、“つかまり立ち”など最近できるようになった「行動」を入力する。これだけで、子供が起こすかもしれない事故の再現動画を見ることができ、その予防策がわかる。ポイントは、利用者が入力した内容が蓄積・分析されることで、新たに価値のある情報・知識となり、他の利用者のために生かされるようになっている点だ。研究現場と実社会とが直結していることで、常に生きた情報を入手できると同時に、供給できる。この双方向のネットワークもまた、ユビキタスの技術である。

今後、このサービスには病院から集めた事故のデータベースが盛り込まれる予定だ。実際に起こった子供の事故を提示することで、見逃しがちな危険への注意喚起を行おうというのだ。「病院には子供たちのケガの情報が集まっている。今まで使われることのなかったこの情報を、必要としている親たちに届けるんです」と、西田さんはユビキタスが提供できる重要なサービスの1つは、こうした「知識の循環、知識バリアフリー」だという。

安心・安全のユビキタス社会へ

夢のような便利さが手に入るかもしれない「ユビキタス社会」だが、やはり影の部分も予想される。

今より多くの人が、しかも無意識のうちにネットワークやコンピュータを利用することになるだろう。そのとき、どんな不都合が生じるのか？　中央大学教授で、JSTのRISTEX**が公募した「ユビキタス社会のガバナンス」に関する研究の総括を務める土居範久さんは「何が起こるかなんてわからない。何でも起こりえます」ときっぱり言う。「安心・安全のユビキタス社会を実現するには、私たちユーザー側の心得も大切。今、パソコンを使う人はウイルスのガードを張っているでしょ。しかし一方で、個人では防げないこと、予測できないところを探る必要が別にあります」。

そのために行われたのが「ユビキタス社会のガバナンス」に関する研究というわけだ。「ケータイ技術の知識不足から生じる危険予測」などのテーマについてフィジビリティスタディが終わったところで、今後、本格研究が始まる。「研究で明らかになった問題点は技術面でカバーできるのか、それとも新しい法律を作らなくてはいけないのかなどを検討し、世の中に発信していくのが私たちの役目です」という。

この研究には、東倉さんも坂村さんもアドバイザーとして関わっている。坂村さんは「インターネットのようにいつの間にか私たちの生活に入り込んでいた、というようでは問題が起こるだろう。だから、私たちは今、こういう世界がくるというのを宣伝しているんです」と話す。東倉さんは「ユーザーのレベルによって利用できる範囲を変えるなど、サービスの提供方法に工夫が必要になるだろう」と言う。安心・安全のユビキタス社会のためには多少の枠の存在も仕方がないという考えだ。それがガバナンス、統治ということになる。

全員参加のユビキタス社会は、すぐそこまで来ていると強く感じた。

（サイエンスライター　池田亜希子）

新発想のNMR構造解析技術

タンパク質の時代に帆を上げる「SAIL」法

「ゲノム解析の次は」と、世界各国が生命科学研究のターゲットにするタンパク質。
立体構造の解明がタンパク質の機能を知る鍵だが、頼りの武器であるNMRにはまだ壁がある。
それを突破する手法を編み出した知恵者たちがいる。

タンパク質の構造と機能を網羅的に解析する「タンパク3000プロジェクト」が進んでいる。最終年度にあたる今年までに解析したタンパク質は2738（2005年10月）を数える。構造を調べるおもな手段はX線結晶構造解析法とNMR（核磁気共鳴）法だ。

高分子量が苦手のNMR

X線による構造解析はタンパク質の分子量がいくら大きくても大丈夫だが、調べる材料をよい結晶にすることが前提になる。少量の材料を効率よく結晶化するロボットが活躍するなど、多くの工学的な進歩に支えられて解析能力は確かに向上した。しかし、生体内でタンパク質が機能を発揮するのは決して静的な結晶状態ではない。水溶液中であり、ゆらぎもある。どんな物理状態においても構造を解析できる NMRへの期待はおのずと高まる。

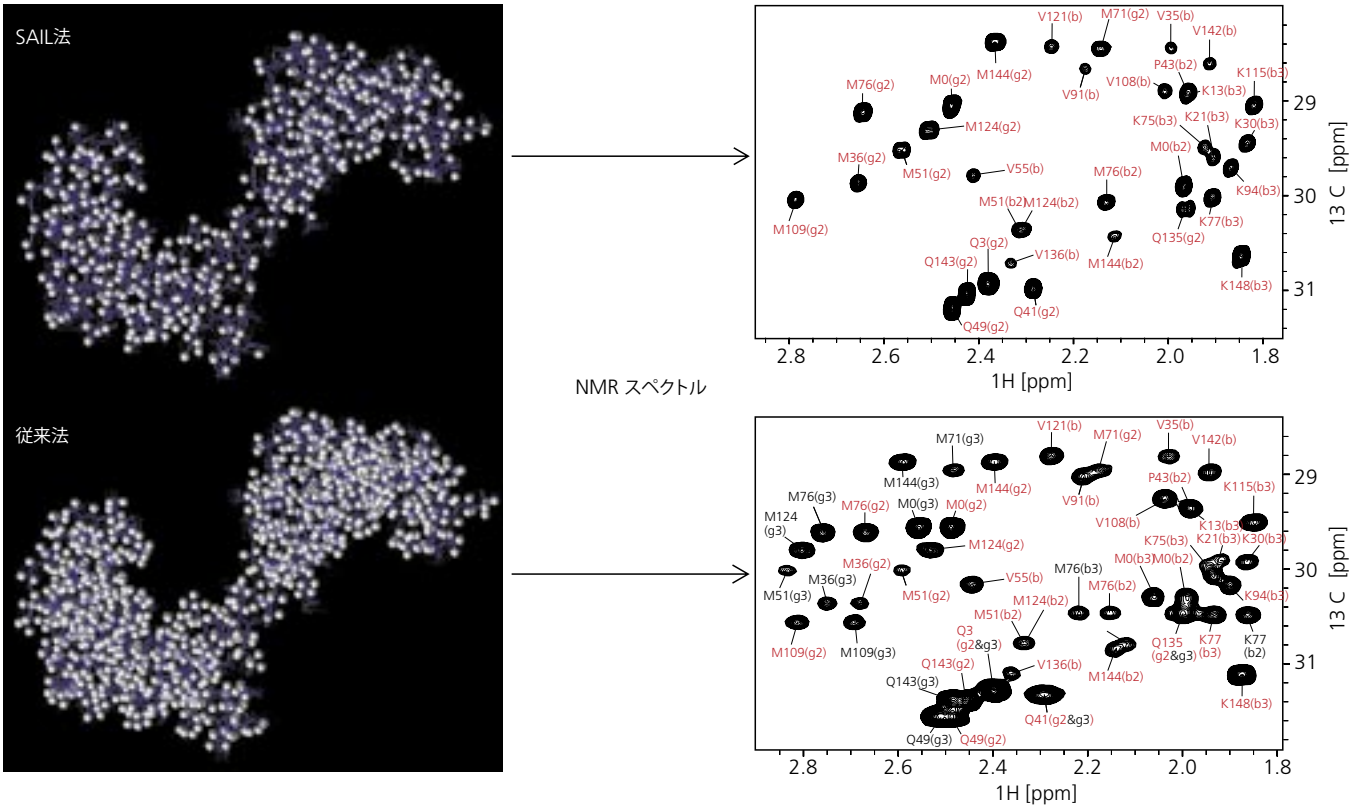
NMRは、強い磁場中の試料にラジオ波を照射し、得られるスペクトルを解析して分子内の水素の相対的な位置を知り、これをもとに分子の立体構造を決定する技術だ。だが、これまで世界からプロテイン・データバンク（PDB）に登録されたタンパク質のうち、NMRで構造解析されたものの98%以上は25kDa*（キロダルトン）を下回る比較的小さい分子に限られている。分子量の大きいタンパク質は観測が困難なうえ、分子のも

＊kDa：Daは^{12}C原子1個の質量を12Daとした原子・分子の質量単位。タンパク質によく使われる。

＊＊SAIL：Stereo-Array Isotope Labelingの頭文字。日本語で「立体整列同位体標識法」。

※この研究はJST戦略的創造研究推進事業チーム型研究CREST（平成8～13年、13～18年）によって支援されている。

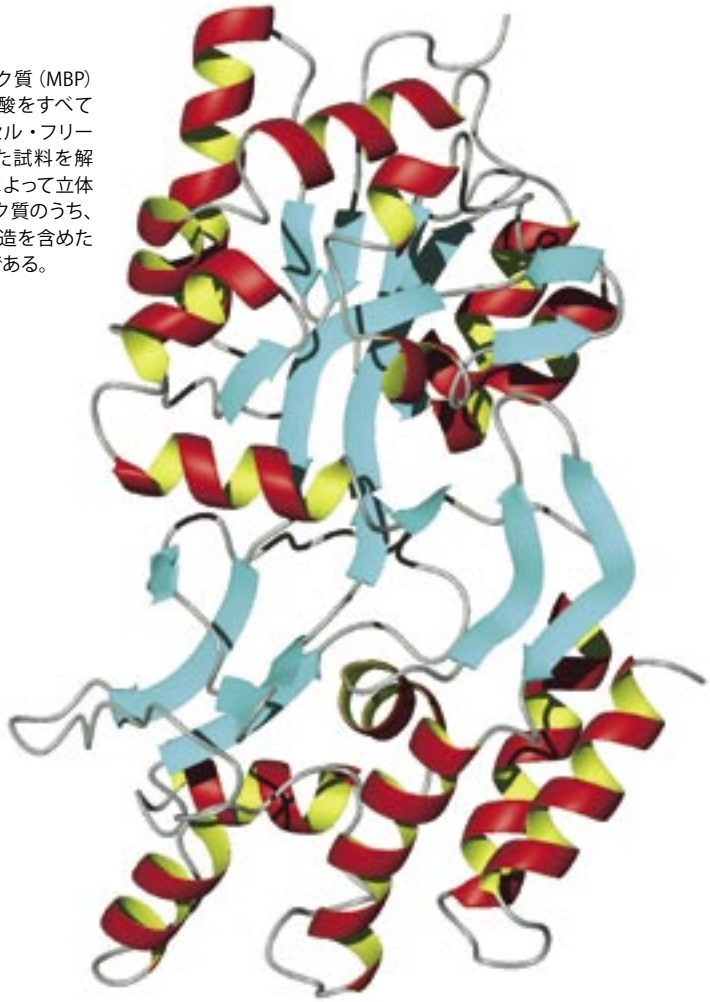
※本技術の詳細はNature 440 (2006) 52－57。



タンパク質のひとつカルモジュリンの構造。通常含まれる水素原子(左図下)とSAIL法で間引きした水素原子(左図上)を白い球で示す。右はそれぞれのNMRスペクトル。

つ水素原子が膨大な数にのぼるため情報量が多すぎて解析が難しい。ところが、創薬の対象として期待がかかる重要なタンパク質の多くは50～60kDaと、ふつうに解析できる大きさの倍以上もある。NMRの解析能力をなんとか高めることはできないか。

いろいろの方法が工夫されたが、解析可能な分子量が大きくなると今度は精度が下がるなど、思うようにはいかない。世界的なNMR研究者である甲斐荘(かいのしょう)正恒・首都大学東京客員教授は、「答えを出すのが難しいなら問題のほうをやさしくしてしまおう」と考えた。力まかせの正面突破ではない知将の作戦だ。



マルトース結合タンパク質（MBP）の姿。構成するアミノ酸をすべてSAILアミノ酸にして、セル・フリー系でタンパク質合成した試料を解析した。MBPはNMRによって立体構造が判明したタンパク質のうち、アミノ酸側鎖の精密構造を含めたものとしては過去最大である。

必要情報を残して間引く

甲斐荘グループがSAIL**と名付けた新しい方法は「試料を最適化する技術」。その鍵は、タンパク質の部品である20種類のアミノ酸をNMRで解析しやすいものに変換しておくことにある。変換したアミノ酸を使って目的とするタンパク質を合成し、これをNMRにかけると、高分子量のタンパク質でも精度の高い解析情報が短時間で得られる。

NMR では、試料中の水素を安定同位体の重水素（^{2}H）に置き換えてやると検出されない。立体的にどの位置にある水素を置き換えれば必要十分な情報が得られるかを見定めて、アミノ酸20種類すべてについて、水素の一部を重水素で置換。炭素を^{13}C、窒素を^{15}Nに置換したものも含め、6年がかりで「SAILアミノ酸」を勢揃いさせた。こうして不必要に煩雑な情報を間引いてやると、解析能力は大幅にアップする（前ページの図）。

アミノ酸合成を担当した寺内 勉さんは「最先端の合成法を駆使した挑戦的な仕事です」と、並んだ小さな試験管の底にあるそれぞれ5mgほどの白い粉末を示す。

次に、このアミノ酸を使って構造を知りたいタンパク質を合成する。これがSAIL法の第2の関門だ。大腸菌からタンパク合成系だけを抽出したセル・フリー（無細胞）系にタンパク質をつくらせることにした。生きた大腸菌をまるごと使うと、タンパク質が代謝されて目的以外のものも混入する。これを回避できるセル・フリー系なら、生きた大腸菌使用時の10倍、10%の収率（対アミノ酸）が見込める。

甲斐荘グループは、実際にこの方法で41kDaあるマルトース結合タンパク質を合成し、その水溶液中の立体構造を側鎖も含めてNMRによって高精度で描き出し、世界を驚かせた（上の図）。

次世代標準技術に育てる

SAIL法のめざすところは、高度な知識と経験をもつ専門家向けの技術には留まらない。50kDaのタンパク質も解析できる使い勝手のよい方法として「世界で広く使ってもらいたい」（甲斐荘さん）。

2006年3月には米国で基本特許が成立。日本と欧州8カ国での申請も早晩承認される見通しだ。04年秋に起業した「SAIL テクノロジーズ株式会社」（横浜市）は、寺内さんを社長にSAILアミノ酸を大量に合成して販売し、この方法を次世代の世界標準技術に育てる基盤を築こうとしている。

独自技術を日本のお家芸として囲い込むのではなく、世界に広めるために、SAILアミノ酸やタンパク質をさらに低価格で提供してビジネスとして成り立たせたい。「SAIL法は構造生物学の基盤技術のさらにその土台。方法の確立を軽んじては世界への貢献はあり得ない」と、甲斐荘さんたちは資金もエネルギーも消費する立ち上げの時期を奮闘する。

この5年間の「タンパク3000プロジェクト」では、タンパク質をいかに数多く解析するかが中心課題だったが、次期はさまざまの疾患に関連するタンパク質など、さらにねらいを絞って解析が行われるはず。解析の難易度はより高くなると予想され、SAIL法はその有力な手段として期待されている。

（サイエンスライター　古郡悦子）

新薬開発支援からがん診断まで

トランスポーターが開く医療支援技術

生物の細胞を包む細胞膜や細胞内の膜構造には、物質を通過させる通路にあたる膜輸送タンパク質が備わっている。これらのトランスポーターと呼ばれるタンパク質の種類や機能についての研究が進むなか、大学発の研究を企業で商品化する試みが進められ、順調に成果をあげている。

現在、製薬業界では新薬開発の競争がいちだんと激しくなっており、その一方で、新薬開発のコストとリスクは高まる傾向にある。そのため、開発の効率化が業界全体の大きな課題となっており、1つの打開策として、非臨床試験や臨床試験のアウトソーシング化が進んでいる。

そうした製薬業界の支援に近年積極的に取り組んでいる（株）富士バイオメディックス（鈴木晃代表取締役；以後、富士バイオ）が、トランスポーター研究の産学連携に参画している。そのキーパーソンとなっているのが、同社の取締役会長で杏林大学名誉教授の遠藤仁氏である。遠藤名誉教授が大学であげた研究成果をもとに、同社が実用化に向け、JSTの委託開発事業*を利用して開発したのが、ヒトのトランスポーターを使った「薬物の体内動態予測システム」である。

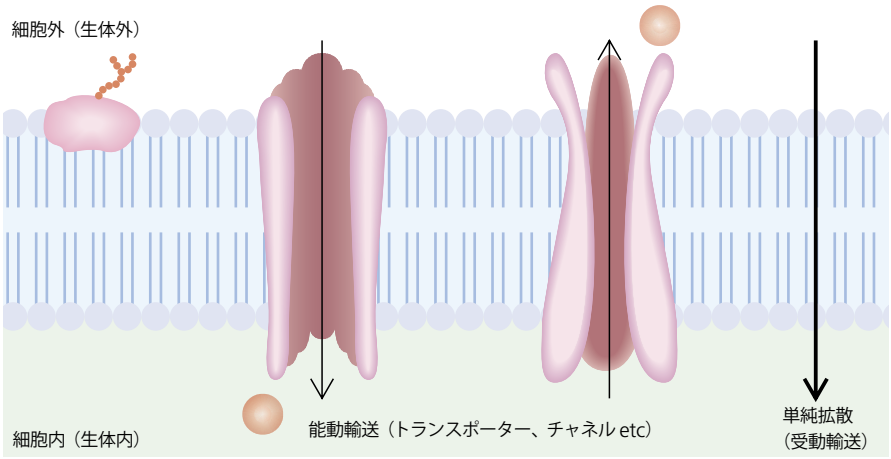
＊独創的シーズ展開事業委託開発とは
（平成16年度まで、委託開発事業として実施）
大学などの優れた研究成果を実用化する企業に開発費を支出し、成功すれば無利子で返済、不成功の場合は返済不要（リスクはJST負担）という制度。
詳細は　http://www.jst.go.jp/itaku/

薬の通り道

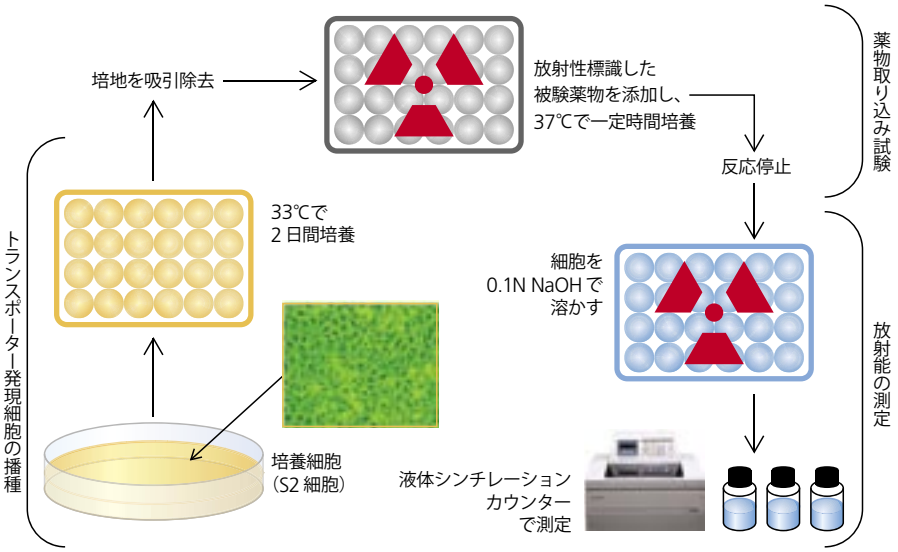
細胞膜などの生体膜は脂質二重層でできており、脂溶性の低分子物質は受動拡散によって自由に通過できる。しかし、無機イオンや水溶性の有機物質は、膜に埋め込まれたタンパク質からなる「通路」しか通過できない。このトランスポーターと呼ばれるさまざまな種類の膜輸送タンパク質は、エネルギーを使ったり、輸送される物質の濃度差により、細胞が必要とする物質や薬物を選択的に認識して取り込んだり、不要な物質を排出したりする（下の図）。

よく知られているイオンチャネルも広い意味でのトランスポーターだが、ここでは狭い意味で、糖やアミノ酸などの有機物質の輸送を仲介する膜輸送タンパク質を「トランスポーター」と呼ぶことにする。イオンチャネルは1種類の物質（イオン）しか通さない。一方、トランスポーターの場合は通過物質に対する選択性はさほど厳密ではなく、特に薬物も運ぶものでは、1種類のトランスポーターが認識して通過させる物質の種類に幅がある。「トランスポーターには、通過させる物質をあまり選ばない『甘さ』があります。なぜそうなのか不思議ですが、まだ理由はよくわかっていません。きっと、厳密な特異性だけでなく、このような『甘さ』もあるおかげで、生体は機能していけるのでしょうね」と遠藤教授は話す。

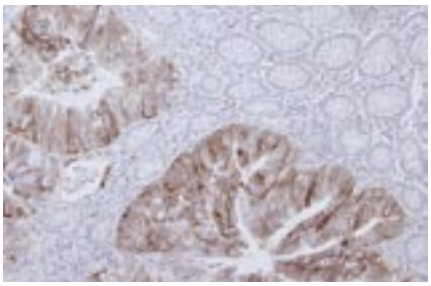
現在のところヒトの体全体で400種類以上のトランスポーターが見つかっており、遠藤教授も1997年以降、20種類ほど見つけている。トランスポーターのうち、薬物も認識して通過させるものは「薬物トランスポーター」と呼ばれる。いうなれば「薬の通り道」である。これを利用して、細胞に効率よく取り込まれる薬剤を絞



細胞膜にある膜輸送タンパク質は物質の取り込みや排出を担っている。



ヒトの薬物トランスポーターを発現させた培養細胞を使った薬物取り込み試験法。



ヒトの大腸がんを、LAT1というトランスポーターに対する抗体を使って染色したもの。がん組織は茶色にくっきりと染め出されている。(倍率×10)

り込むシステムを開発しようというのが、富士バイオと遠藤教授の最初の共同研究のテーマだった。

薬物動態予測システムの開発

このプロジェクトで、もともとヒトの腎臓に存在する薬物トランスポーターを培養細胞に発現させ、これを用いて、薬物が細胞にどの程度取り込まれるかを試験管レベルで調べるシステムが構築された。細胞に取り込まれた薬物の量は、放射性標識した薬物を添加して一定時間培養し、薬品で細胞を溶かして、放射能測定装置（シンチレーションカウンター）で測定する（上の図）。この「薬物動態予測システム」を使うことで、生体がもっている薬物輸送機能を試験管内で代替することができ、薬物が生体内でどう振る舞うかを予測できる。つまり、ヒトでの臨床試験を行う前に、その薬物がどの程度人体に取り込まれるかを予測できるのだ。

富士バイオ側でこの開発に携わった小淵沢研究所の成川新一氏によると、「開発期間の前半2年は杏林大学で技術や情報を伝授してもらい、後半2年は研究所を拠点に診断システムを完成させた」そうで、まさしく大学と企業の連携プレーである。「開発にとりかかった時点で、使う予定のトランスポーター7種のうち1種類は、ヒト遺伝子の全長配列がまだわかっていませんでした。開発3年目にやっと他所でその遺伝子が単離され、それを参考に開発を進めました。特に苦労したのは、そのあたりでしょうか」「開発の路線がはっきりしていて、敷かれた線路の上を走るように進んだという気がします。企業としての開発では、通常、予算をどう確保するかで苦心するのですが、このプロジェクトでは、あまりお金の心配をせずに必要な試薬などをふんだんに使えた点もありがたかったですね」と振り返る。

遠藤教授も、「このシステムの開発は成功し、完了と同時にビジネスが始まりました。こんな例は珍しいと思いますよ」と話す。「そして、トランスポーターを応用できる分野はこれにとどまらないのです」

がんの悪性度診断への応用

現在も、富士バイオと遠藤教授の連携で、トランスポーターを使った新たな技術の開発が進んでいる。そのターゲットはがんである。がん細胞は盛んに増殖するが、そのためには、新たな細胞を作り出すタンパク質、ひいてはその原料となるアミノ酸を大量に必要とする。そこに目を付けたのが、トランスポーターを使った「がんの新しい悪性度診断法」である。

がん細胞が無制限に増殖する仕組みを探る中で、正常細胞とがん細胞では必須アミノ酸を取り込むトランスポーターが異なっていることが突き止められた。がん細胞には「がんに特異的な必須アミノ酸トランスポーター」が発現しているのである。次に、がん細胞のトランスポーターだけに特異的に結合する抗体を作って、がん細胞を染め出す方法が考案された。こうすることで、がん細胞あるいはがん組織を識別できる（上の写真）。

患者に苦痛のない方法をという観点から取りかかっているのが、尿を対象とする診断法の開発である。尿中には泌尿器系の臓器から細胞が脱落して排出されてくるので、こうした細胞を尿から採取して、腎臓がんや膀胱がんなどの悪性度を診断しようというのだ。この尿中細胞の診断システムの開発は、「現在実施中の手術材料や生検試料による大腸がん、前立腺がんの悪性度診断の次に取り組むテーマ」とのことだ。がんの悪性度診断そのものに関していえば、大腸がんですでに実用化が見込まれる段階にきているという。

「がんの悪性度診断システムの開発は、社会への貢献度が大きいものだと考えています。でも、がんが悪性だと診断できたとしても、それで患者さんが救われるわけではありませんよね。やはり究極のゴールは治療だといえるでしょう」と遠藤教授はいう。そして、「トランスポーターを使ってターゲットを絞れば、治療の効果も高められるはずです」と、今後の展望を熱く語った。

（サイエンスライター　船田晶子）

情報関連分野の動向が一望

「情報管理Web」で多くの人に

『情報管理』は科学技術振興機構が編集・発行する月刊誌で、内外の情報関連分野の最新動向、最新技術、事例に至る幅広い内容をタイムリーに発信している。
本年４月に「情報管理Web」を新設し、記事全文の無料公開を開始した。

山本富美子さんは、アステラス製薬のつくばにある研究所で、図書と情報関係の仕事をしている。製薬会社ということもあり、研究所にある本や雑誌は、薬学や医学関係が多いが、図書館や情報関係の雑誌は、新しい号が出ると山本さんが所属する「研究支援室」のスタッフの間で回覧される。先に読んだ人が、注目記事に付箋をつけて回すなどして情報の共有をはかっている。しかし、回覧された雑誌は東京にある事業場の図書館に送られてしまうため、後でもう一度読もうと思っても冊子は手元にない。そこで、活用するのが電子ジャーナルだ。

情報関連分野の記事や特集を掲載し続けて約50年の歴史を持つ月刊誌『情報管理』が、4月からWebサイトを開設し、記事全文の無料公開を始めたことは、山本さんにとって朗報だった。

「（情報管理の）Webサイトができて、とても助かっています。冊子が手元にあるわけではないので、雑誌の内容がすべてWeb上で見られるというのは、とても便利です」と山本さんは話す。「また、全文が無料で読めるというのには驚きました。有料ですと、（予算の制約上）読むのを諦めてしまう人も多いので、無料にすることで、より多くの人に見てもらえるのではないでしょうか」

「情報管理Web」トップページ（右）の左欄のジャンル別・特定テーマ別の各項目を選択すると、それぞれのタイトル一覧（左）が表示される。

幅広くより多くの読者に

これまでも、J-STAGE（科学技術情報発信・流通総合システム）に登載された『情報管理』の記事を読むことはできたが、冊子体の定期購読者に限られ、IDとパスワードが必要だった。4月からは、「情報管理Web」（http://johokanri.jp/）にアクセスすれば、誰でも無料で読むことができる。

『情報管理』の編集事務局を担当する科学技術普及課の木村美実子課長（JST・研究基盤情報部）は、「これだけインターネットが普及し、誰もが情報発信者になれる時代ですから、情報関連分野の記事をタイムリーに発信しているこの雑誌を、もっと幅広くたくさんの人たちに役立ててもらいたいと思います」と話す。

これまでの読者は主に、大学や研究機関などの図書館・情報センターの業務に携わる人、企業の情報担当者—など、いわば情報の専門家だった。それを、情報に関心のある一般の人にも広げたいというのだ。

ただし、完全に電子ジャーナルに移行したのではなく、これまで通り冊子も発行しており、希望者は有料で購読できる。「情報管理Web」開設

にあたり、冊子を継続購読するかについて購読者に確認したところ、購読者はそれまでの2割減になったが、それでも多くの人が冊子を希望していることがわかる。

電子ジャーナルを多く活用しているアステラスの山本さんでさえ、「Webは自分でアクセスしないと見られませんが、冊子は手元にあれば、目を通すこともできますし、一覧性の点からも冊子体を好む人は多いのではないでしょうか」と話す。

Webならではの機能

「情報管理Web」はネットならではの使いやすさも備えている。まず、サイトから冊子体一括ダウンロードができる。また、過去10年分のバックナンバーも見ることが可能だ。著者名、キーワードからの全文検索もできる。トップページの左側には、▽バックナンバー▽ジャンル別▽特定テーマ▽お知らせ、といった項目が並び、そこから読みたい記事を拾い出すこともできる。

「ジャンル別」の欄は、▽図書館、情報センター▽学術情報流通▽コンテンツ、情報加工、データベース▽情報提供、利用▽情報技術▽知的財産▽情報政策、情報倫理、経営、に分かれている。「特定テーマ」としては、▽アジア▽デジタルアーカイブ▽電子ジャーナル▽特許、がある。連載講座、集会報告、エッセー、オピニオン、図書紹介などは、記事の種類によって分類されている。

これらのジャンルからもわかるように、『情報管理』は、ただ単に「情報の管理」に関する記事だけではなく、内外の情報関連分野のさまざまな動向や事例を扱っている。

たとえば、8月号では、「企業における個人情報保護対策の実際」と題して企業の担当者が執筆している一方で、国立国会図書館が始めたポータルサイト「Current Awareness Portal」について解説している記事もある。また、「電通情報センター」における情報提供サービスについての記事もあり、関係者にとっては見逃せない内容だ。

記事抄録ページ(左)の下のPDFへのリンクをクリックすると、記事の全文が読める。

「情報管理Web」には、「資料アラート」の機能もついており、登録しておくと新着論文のお知らせメールが届く。タイトル、著者、公開日、URLなどのリストが送られてくるので、忙しい人にとっては便利だ。

利用状況は上々

「情報管理Web」が4月に開設されてから、4カ月がたつが、利用状況はどうなっているのだろう。JSTによると、トップページのアクセス数は、月平均約4000件、最新号の冊子体一括ダウンロードが月平均1200件ほどあるという。『情報管理』に掲載の記事はJ-STAGEに登載されているが、このJ-STAGEの中での個々の記事のアクセス数は、月5000～6000件になる。また、最新号だけでなく、「前の月の冊子体一括ダウンロードが約800件あり、過去の記事も読まれるようになった」そうだ。

ここで、もう1人の読者の声を紹介したい。阿部信一さんは、東京慈恵会医科大学の学術情報センターに勤務している。この医学情報センター(図書館)には、約23万冊の媒体が収められているが、5万が図書で6万が和雑誌、12万が外国の雑誌だという。阿部さんは、この医学図書館の仕事を約20年続けているベテランだ。

「読みやすさでは、紙媒体のほうが見やすいのですが、バックナンバーを調べるときに、Web版は便利です。特に、ここ2、3年のバックナンバーは役立ちます」と阿部さんは話す。『情報管理』でチェックする内容は、科学技術の最新の動向についてだという。医学の世界は日々、変化・発展しているので、常に最新の情報は欠かせない。外国の図書館の紹介なども参考になることが多いという。

内容も充実

「情報管理Web」が開設されたことで、雑誌の内容にも変化が現れそうだ。JST担当者は、「今後も現場の方の役に立つ内容を中心としますが、Webでの無料公開に対応し、専門的な記事には用語解説をつけたり平易な表現を心がけたりして、理解しやすい記事にしていきたいと思います。Web版では、参考文献のURLをクリックすれば、そこにとべるリンク機能がありますので、ぜひこちらも利用して欲しいと思います」と話している。電子ジャーナルとしての特徴を活かした読みやすさ、使いやすさの向上と、内容の充実が今後も期待される。

(ライター　村上朝子)

融合からの発展
ナノテクは進化する

ナノテクという言葉が世の中に広まって、どれぐらいになるだろう。最近では光触媒などナノテクを利用した製品もいくつか見られるようになった。

ナノとは、10^{-9}（10億分の1）のこと。そんな小さな世界を研究している成果のシンポジウムが先日開かれた。3連休の初日にもかかわらず、朝早くから会場は満席。この分野への期待の大きさがうかがえた。

ナノとは、仮に地球（直径1万3000km）を1mとしたとき、その10億分の1の1ナノメートルは約13mmに相当し1円玉より小さくなるような、微小の量。

これから作る ナノテクの学問分野

このように一般的になったナノテク。しかし、まだナノテク学科というようなものはない。「ナノテクは、全ての学問分野に含有されているともいえますが、今後発展させるためには、分野の壁を乗り越えて、融合させることが必要です」と研究者は口をそろえる。

そこで、JSTは平成14年度にナノテクに関する10の研究領域を定めた（研究課題数117課題）。これらを1つのバーチャルラボとしてとらえ、研究領域を超えた情報交換やシンポジウムの開催など、10領域があたかもナノテクノロジー研究を共有しているような共同研究環境を作り、融合が進むような形をとっている。これまでの4年間で、どんな成果を生み出しただろうか。

会場では、半導体工学とバイオを結びつけることによってできたバイオセンサーなどの診断技術、ナノサイズの組成や構造の制御で生まれた特殊な性質をもった化学物質をつかった生体材料や薬物を運ぶ技術、最新の加工技術を使いナノ構造を制御することによってできた光や磁気材料・デバイスなどが紹介された。

このように、物理、化学、工学、生物、医学などのさまざまな分野が結びつき、情報、医療、エネルギーなど多彩な分野で、生活を豊かにする成果が生まれようとしている。

問題点を乗り越えて

パネルセッションの中では、「まだ、融合して新たに産業ができるという意味でのナノテク市場はない」という遅れを指摘する声や、「米国では、新産業を生み出せる新しい人材を大学などで育てるという考えだが、日本はまだ産業があるから学問分野があるという考えだ。日本でも新たな考えを取り入れないとダメ」という声、「若手研究者の立場がまだ不安定で研究に身が入りにくい。もう少し若い人が喜んで研究に参加できるような仕組みを作ってほしい」などの問題点も指摘された。

その一方で、融合から新しく生まれ、従来の分野に縛られないナノテクの研究分野こそ、これらの問題を解決することができると期待する声も高かった。

ポスターセッション会場などあちこちで熱心に議論をしている研究者たちを見た。これらの研究からさらに融合が進み、やがて新しいナノテク分野が大きく育って、われわれの生活をより便利にしてくれるだろうとの期待を胸に会場をあとにした。

（JST　住本研一）

パネルセッション風景

青野由利

毎日新聞論説委員
科学環境部編集委員兼務

「科学の営みはそれ自体で独立しているのではなく、歴史的・文化的背景の上に成り立っている。こんなところに、科学への親近感を増すヒントがあるのではないだろうか。」

冥王星の運命

気に入った天文学の講義がある。以前に米国のハーバード大学で聴講した一般教養のコースだ。毎回の講義の終わりに天体に関係のある音楽を流したり、ストーンヘンジと夏至の関係を示すパフォーマンスがあったりと、茶目っ気のある授業だった。2人の教官が担当していたが、そのうちの1人の名前を最近のニュースの中に見つけた。国際天文学連合（IAU）の「惑星定義委員会」の委員長、オーウェン・ギンガリッチ博士である。

「惑星の定義」を促す観測技術の進歩

IAUは1919年の設立以来、天体命名の任務を負っている。このところの重要案件は、「惑星の定義をどうするか」だった。これまで明確な定義はなかったが、さして困らなかった。それですまなくなったのは、観測技術の進歩によって太陽系に新たな天体が次々と見つかるようになったためだ。

中でも物議をかもしたのは、2005年7月に米国のグループが公表した「太陽系第10惑星」の候補天体の発見である。当時は「いまさら第10惑星?」という気がしたが、問題は大きさが冥王星を上回ると考えられることだ。冥王星が惑星なら、この候補天体だって惑星だ。そう主張する人が出てくるのは避けられない。

冥王星を惑星とすることのほうに無理がある、という意見も多い。地球の月より小さいし、他の惑星と違って公転軌道が大きく傾いている。むしろ、「エッジワース・カイパーベルト天体」と呼ばれる仲間に分類するほうがしっくりくる。とはいえ、これまで「惑星」と信じられてきた冥王星を格下げしていいものか。

「惑星定義委員会」が8月16日に公表した定義案からは委員の苦労がしのばれる。冥王星を惑星の地位にとどめつつ、地球など古典的な8惑星と区別する「プルートンズ（冥王星族）」という概念を提案している（このコラムを読者が読むころには、委員会案の採否が確定しているはずだ）。

科学は歴史的・文化的背景の上に成り立つ

冥王星の運命とは別に、委員会の構成にも興味をそそられた。7人の委員の中に作家が入っているし、ギンガリッチ博士は天文学史が専門だ。日本の国立天文台の渡部潤一助教授のように、科学啓蒙書のライターとしても活躍する天文学者も複数いる。確かに、太陽系の惑星は科学的見地だけで決められない。ギンガリッチ博士は「科学的、文化的、歴史的問題について議論した」とコメントしている。

そう思って考えると、文化や歴史が大事なのは惑星の定義に限った話ではない。科学の営みはそれ自体で独立しているのではなく、歴史的・文化的背景の上に成り立っている。ライフサイエンスでも、素粒子物理学でも同じだ。ギンガリッチ博士の講義が楽しかったのも、そこをきっちり押さえていたからだろう。科学への親近感を増すためのヒントは、案外そういうところに潜んでいるのではないだろうか。

ーセレンディピティー、それは偶然を幸運に変える才能ー

セレンディピティーの達人たち

vol.6　米軍青年パイロット

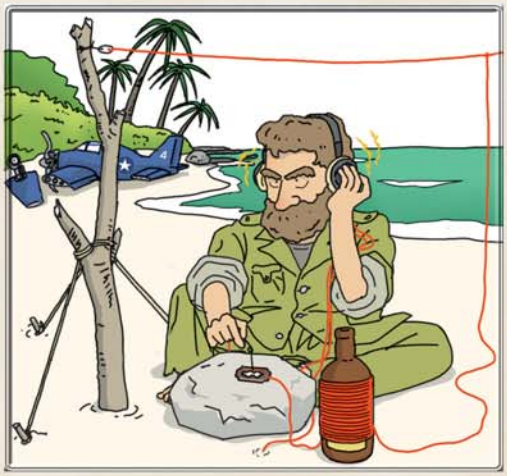
大発明や大発見は、偶然という幸運に巡り会ったときに成し遂げられることが多いようである。
今回紹介する、ある米軍青年パイロットは、偶然を利用して驚くべきアイデアを思いついた人だった。

太平洋戦争のさなか1943年、無人島に米軍機が1機不時着した。飛行機は大破したが、青年パイロットは無事脱出した。幸い果物や魚など、食物には困らなかったが独りぼっちで生きていかねばならない。

無線機が壊れているので通信はできないが、レシーバーは使えそうだ。コードはあるが電気はない。かみそりはあるがヒゲを剃ったところで女性と会えるわけでもない。安全ピンで止めたグリーンのパイロットマフラーももう不要だ。ああ、何て寂しい生活……。ところが！

数ヶ月後、日本兵が彼を見つけたとき、彼はラジオを聴いていたというのだ。どうしたことか？電池も発電機もなかったはずなのに。

まず長いコードを海岸に張り、アンテナにした。起電力が発生し、電波の電気信号が流れる。それを錆びたカミソリと安全ピンの針で検波！つまりカミソリを海水につけて半分錆び付かせ、ちょうど半導体の役目をする部分に針先を当てたのだ。レシーバーは無事だったので、電気信号を音に変えて聞くことができたのだった。このできごとは、日本兵の驚きと共に日本国内に伝えられ、新聞記事になったという。



ひらめき実験工房

延長コード、ソーラー電卓の中のシリコンダイオード、メロディカードの圧電スピーカーなどで、ラジオを作る方法を紹介します。

用意するもの

10m程度の延長コード（短いものをつなげて10m程度にしてもよい）・ソーラー電卓（100円ショップで買える）・メロディカード・ボールペンの先もしくは鉛筆キャップ・リード線・クリップ・セロハンテープ・カッターナイフ

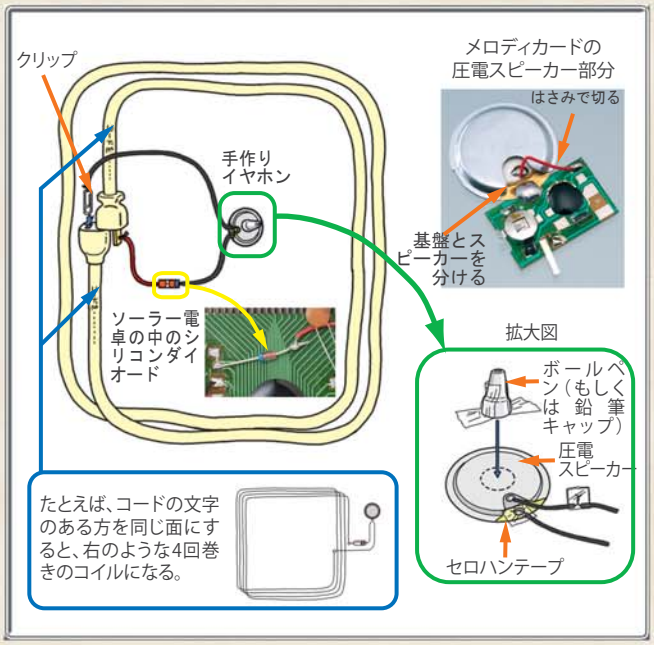


Photo by 斉藤秀明・大野真人 ＊ Illustration by 西山直樹

この記事は、学研科学創造研究所が作っています。関連の詳しい記事は、ホームページでご覧ください。http://www.gakken.co.jp/kagakusouken/

「セレンディピティーの達人たち」シリーズは今回で終了です。来月からは「落語で発見！お江戸の科学」が始まります。お楽しみに！

JST News
Vol.3/No.6
2006/September

発行日/平成18年9月
編集発行/独立行政法人　科学技術振興機構　総務部広報室
〒102-8666　東京都千代田区四番町5-3　サイエンスプラザ
電話/03-5214-8404　FAX/03-5214-8432
E-mail/jstnews@jst.go.jp　ホームページ/http://www.jst.go.jp

ISSN 1349-6085