

# JST News

Vol.2/No.7  
2005/October

10月号

*Special Report*

## 人型ロボットに かける夢



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



2003年8月、ASIMOは小泉首相とチェコ共和国を訪問した。現在は、日本科学未来館など国内20数カ所で活躍中。海外でもその見事な歩きっぷりを見せている。

## C O N T E N T S

### 03 *People*

**ソーラン節の踊りでロボカップ優勝!**  
埼玉県菖蒲町立菖蒲中学校3年生チーム

### 04 *Special Report*

**まだまだ、これから  
人型ロボットにかける夢**

人型ロボットは、あなたの良き隣人になれるか…。センサーやコンピューターを駆使しながら発達するロボット技術。人間に役立つロボットが生活の中にどんな形で登場してくるか、開発の第一人者たちにこれからと夢を語ってもらった。

### 08 *R & D*

**植物学70年の懸案に王手  
見えてきた花芽が付くメカニズム**

### 10 *Local Technology*

**先端材料「超塑性合金」で  
地震の揺れを減らす**

### 12 *Literacy*

**『サイエンス・トンネル』展  
最新科学の美しさに出会う**

### 14 *Information*

**88コースの教材を提供  
手軽に学べる技術者向けeラーニング**

### 16 *Entertainment*

**堀田凱樹が選ぶ  
「10月の本・映像・HP」**

#### 編集長

佐藤年緒

編集委員

古旗憲一 前田義幸

佐藤雅裕 森本茂雄

齋藤仁志 瀬谷元秀

#### 制作協力

サイテック・コミュニケーションズ

表紙はりがねアート

羽田智恵

デザイン

グリッド

#### 写真撮影・提供

由利修一

HONDA

Masao Okamoto

高西淳夫

テムザック

ゼットエムビー

東 健司

マックスブランク協会

## JSTと地域の科学技術振興

*Japan Science and Technology Agency*

これからの地域経済を支える地域発の新産業の創造に向けて、JST（科学技術振興機構）は、産学連携への取り組みをベースに、さまざまな体制で事業を展開しています。

新産業の創出に導くキーパーソンが、「科学技術コーディネータ」と呼ばれる人々です。民間企業などにおいて研究開発の第一線で活躍した人が、これまでに蓄積した経験をもとに、研究者や民間企業との交流を通じて、技術やノウハウの目利きとなります。

地域の特色ある研究開発活動の営みに欠かせない人材として、全国の研究成果活用プラザやJSTサテライト、都道府県の連携拠点機関において活躍しています。

What is JST?

# ソーラン節の踊りでロボカップ優勝!

ごく普通の女子中学生8人からなるチームが、2005年の「ロボカップジュニア世界大会—ダンスチャレンジ部門」で優勝盾を手にした。それは、技術を担当する教諭のロボットに注ぐ情熱が、自然なかたちで実を結んだ結果だった。



埼玉県しょうぶ菖蒲町立  
**菖蒲中学校**  
**3年生チーム**

須釜久恵 伊藤唯 小山田佳奈  
 橋香保里 濱千尋 平井保奈美  
 石島恵 大月美恵子

同中学校技術科教諭  
**中島 進**

People

「2050年までに、人間のサッカー世界チャンピオンチームに勝てるロボットチームを作る」という壮大な目標のもと、1997年から行われているロボカップ。今年の世界大会は7月に大阪で開催され、そのジュニア部門には、世界18カ国から160チームの子どもたちが参加した。

競技は3部門からなり、菖蒲中学校のチーム「ぢにアす」は、ダンスチャレンジ部門のセカンダリ(中学3年から高校生対象)でソーラン節の演技を披露し、みごとに優勝した。チームのメンバーは、中学3年の女子8人からなる。「私たちは、女子バスケット部でも一緒に仲よしです」と話す彼女たち。出場のきっかけは、技術科の担当で、女子バスケット部の顧問でもある中島 進教諭が、授業の一環としてロボット作りをしていることにあった。

「私がロボット好きということもありますが、ロボット作りは、技術的な問題を解決する能力を養うとてもよい課題です」と中島教諭。生徒たちは、材料の加工、装飾、コンピューター・プログラミングなどの様々な課題をこなし、さらにチームプレーの技や戦略を練っていく。

「ぢにアす」が作ったのは、大漁を

祈願した日本の民謡「ソーラン節」を踊るロボット5体と、漁船の「菖蒲丸」。チームの一人である平井さんは、「体育祭でソーラン節を踊ったので、動きをよく知っていました。ロボット5体は、手の関節が曲がり、腰も低く落とすことができ、車輪の足は前後や左右に動かさず」とコメントする。

一方の菖蒲丸は、海にみたてたライン上を走って、網で魚をすくう。「超音波センサーにより、菖蒲丸に合わせて、波のイルミネーションが点灯する仕組みもあります」と小山田さん。

地区大会、関東大会、日本大会を経て世界大会へ。「放課後や休日はすべてロボット作り。昼食の時間もなく、苦しかった」(高橋)。「失敗も多かったが、みんなで協力して優勝できてうれしい」(大月、須釜)、「両親がとても喜んでくれた」(濱)、チーム内には様々な感慨があふれている。

来年は中学を卒業し、それぞれの道を歩む8人だが、「また、このメンバーで挑戦したい」と目を輝かせる。「他国の参加者と英語で話せたのも楽しかったので、将来は留学したい」(伊藤)との声も聞かれた。また、「コンピューター技術を生かして、建築デザイナーになりたい」(石島)との夢も披露された。

中島教諭は「ロボットマニアではない8人が、ここまでやれたことが嬉しい。チームワークが評価されたのではないかと話す。この秋、「ぢにアす」は文化祭で最後の踊りを披露するそうだ。ロボット作りも運動も、のびのび楽しんでこなし、彼女たちの未来に、心からのエールを送りたい。

(サイエンスライター 西村尚子)

# まだまだ、これから 人型ロボットにかける夢

雨の中、「君が…アトム君だね」との問いに、フード付きレインコートの男の子が顔を上げる。そのつくりも表情も人間の少年そのもの。漫画家・浦沢直樹氏が『鉄腕アトム／地上最大のロボット』のリメイク版『ブルートウ』で描く世界は、大胆な写実性ゆえにロボットについて改めて考えさせる。「隣の人はロボット?」という日が来るのかと…。

「昨年末からロボットについての取材が増えている。第2次ロボットブームかな」と北野宏明さん(北野共生システムプロジェクト総括/ソニーコンピュータサイエンス研究所取締役副所長)。

第1次ブームは、HONDAが2足歩行ヒューマノイド(人型ロボット)のP2を一般公開した1997年2月に始まった。9月にはニューヨークの地下鉄の階段を軽やかに上がる宇宙飛行士のようなP3が発表され、その数日後にはソニーのAIBOの愛らしい姿が公開された。ロボットのサッカー大会

ロボカップが始まったのもこの年だ。その後、ソニーのSDR-3Xなど、ヒューマノイドが続々と登場した。

## いろんなものがロボットになる

「第1次ブームは『ロボットはスゴイ、オモシロイ』が基調だったが、今回は『どんな形で生活に入ってくるのか、そろそろ見極めたい』と思っているのでは」と、AIBOの開発に携わり、ロボカップの提案者の1人でもある北野さんは見ている。

実用化に目が向く要因の1つは、この10年の技術開発で、ロボットが着

**ASIMO**(左) 運動能力は進化しており、今では人間と同じ速さで歩くだけでなく、走ることもできる。

**Palette**(右) いろいろな動きやポーズで衣服の魅力を引き出す。モナコ王立バレエ団の衣装を着たこともある。



実に進歩し、安定性を増しているゆえだ。もう1つの要因は、いろいろな機器がロボット化され始めたことだ。人間が操作せずに部屋を掃除する自動掃除機、フィルターのゴミを自動で掃除するエアコンなどが登場している。また、エアバス340などの航空機は各種センサーとコンピューターを搭載し、離陸着陸も含めオートパイロットができ、自律型ロボットの先端を行くものとも捉えられる。

最近では、IT（情報技術）ならぬRT（ロボット技術）という語も新聞や雑誌に登場している。「ITの中で、PC（パソコン）などいわゆるコンピューターの形をしているものはわずかで、カメラなどあらゆる機器にコンピューターが入り込んでいる。RTも同様だろう」と予測する北野さんは、「その時代の人々がロボットだと思えるものがロボット」と考えている。

## RT時代のマネキンロボット

あらゆる機械やシステムがロボット化し始めた今、第1次ブームを牽引したヒューマノイドはどう展開しようとしているのか？ベンチャー企業フラワー・ロボティクス代表の松井龍



## ロボットを街に出そう

ロボットを街に連れ出すには、道路交通法が問題だ。福岡県・福岡市・北九州市は、電動車イスと同じ扱いでロボットが歩道通行できることなどを政府に申請、2003年11月28日にロボット開発・実証実験特区として認定された。

早大は、福岡市の繁華街にあるロボット・ミュージアム「ロボスクエア」にヒューマノイド研究所の分室を置いている。「ここをいわばF1のピットのようにして、ソフトの修正やハードの改造を行い、街中での走行実験を進めている」と高西さん。

北九州市に本拠を置くテムザックの高本さんは、「ロボットが街に出て初めて分かることがたくさんある」という。ウィンカーをつけるなどの安全技術面の発見だけでなく、人との関係が浮き彫りになる。「子どもがロボットの前に飛び出してきて触る。それを見て親がニコニコしている」。車はもちろん車イスの前に子どもが飛び出せば、「危ない」と叱るはずなのに…。特区は、市民のロボット教育の場でもある。



商店街に行くテムザックのロボットたち

ロボスクエアのある川端では、大学や企業の実証実験が度々行われている。「この住人は、ロボットが街中に行く光景を、もはや当たり前として受け入れている」と高木さん。現在では特区を全国展開できるようになっている。ロボットになじむ街の姿を方々で目にするのだろうか。

哉さんはヒューマノイドのビジネス・モデルを作ろうとしている。

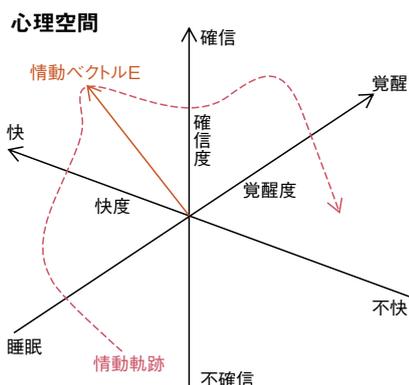
かつてJST北野共生システムプロジェクトにロボット・デザイナーとして参加、小型ヒューマノイドPINOを北野さんたちと作り上げた。

その松井さんが、情報を整理し、不必要な要素を削ぎ落として見出したのがマネキンロボット。「人型でなければ意味がないし、ショーウィンドーの中なので安全性も問題ない」。

開発されたロボットはPalette。衣服を最も美しく見せるのが使命で、無駄のない美しい肢体と顔立ち、そして洋服の魅力を引き出す首や腕の動きが必要だ。モーションキャプチャー（人の動きを取り込む技術）を使ってソフトを開発すれば、スーパーモデルのポーズや動きを再現できる。

「PINOでは経験から最適な動きを計算するAI（人工知能）のアルゴリズムを入れた歩行実験も行ったが、

WABIAN2(左) 両足をついたまま膝を曲げ外に開くなど複雑な運動ができる。アイちゃん(右) その心は心理空間内を刻々と動く。そして心理空間に対応する「驚き・喜び・怒り・恐怖・嫌悪・悲しみ・眠り、通常」の感情マップに沿ってアイちゃんの表情も変化する。



これもロボットの特徴だろう」。AI的要素が入れば、Palette自身が適切な動きを創れるようになる。

Paletteには、カメラの導入も図られている。道行く人の情報を取り入れ、その人たちにアピールするポーズや動きを取るだけでなく、その情報をホストコンピューターに送ればマーケティング情報として活用できる。閉店後は、広い視野をもつ防犯カメラとしてホストコンピューターに繋がる。「ネットワークの動く端末というのも今後のロボットのあり方ではないか」と松井さん。

通常のマネキンは5万～100万円だが、Paletteは100万～200万円の価格帯を考えている。日本SGIの販売網を通して来年から世界展開をしようとしている。ライセンス生産も視野に入れている。ショーウィンドーは季節ごとにテーマが変わるので、そのたびに動きのソフトを開発・提供することになる。「ハード・ソフト両面で有望なビジネスだと確信している」

## シンボルASIMOの10年後

身長120cm 体重43kg、小学1年生のようなASIMOの誕生は2000年。以来HONDAのシンボルとして大活



**援竜** 高さ3.5m、重量5tの世界最大級レスキューロボット。瓦礫の散乱する災害現場で車両用の道造りなどを遠隔操作で行う。近々、2本腕の解体作業マシンとして建設現場に登場する予定。

躍。ニューヨーク証券取引所で取引開始のベルを鳴らし、小泉首相とチェコ共和国を訪問して大統領と握手し、欧州議会の訪問も果たした。

そもそもHONDAのロボット開発は、『誰もが行けない所に行こう』というコンセプトで1986年に始まった』と本田技術研究所上席研究員の広瀬真人さん。誰もが行けない、即ち冒険家しか出向かない所には人間の足

で行くしかない、2足歩行の研究となった。そして2足歩行ヒューマノイドが実現した時に、あらためて使い方が検討され、第3次産業のサービスがよいとの結論が出た。

サービスの本質「もてなし」を提供するロボットは、大きすぎると威圧感を与え、小さすぎると環境に埋没してしまう。電気スイッチに手が届くなど生活空間のさまざまな道具や機器に対応し、かつ大きくないものとして収束した結果がASIMOだ。

もてなしにはコミュニケーションが欠かせない。今、広瀬さんが関心をもつのは、人間と物との関係性だ。パソコン、万年筆、自動車という道具や、イヌやネコなどのペットが、人間を中心とする座標空間でどのような距離と位置にあるかを知りたい。「一種の親密性を表す空間だが、そこでロボットの位置を見出せれば、どんなコミュニケーションを実現すべきかが分かるだろう」。現在のASIMOは、話をしている人の顔を見て応答する、登録された人の顔を認識して名前を呼ぶ、手を出すと握手するなどの能力をもつ。

自動車メーカーにおけるロボット開発の究極の目標は「1家に1台のASIMO」。どんな形で実現されるの

## ロボットを広めよう

ITの発展には青少年の力が大きい。ちゃちなPCでソフトや周辺機器を開発し、アップルIIというスマートなPCを生み出し、さらにソフト開発を加速させた。「AIBOがアップルIIになればと思ったが、時期尚早だったかな。PINOは仕様を公開し、2足歩行の研究開発のプラットフォーム(基盤)として役立ってるのが狙いだった」という北野さん。今後は組み換え可能な高性能ロボット・キットが必要だと考えている。

高西さんも同じで、「どんなロボットにも必要な高性能アクチュエーター、センサー、コントローラーがロボット・コンポーネントとして規格化され、安く手に入るようになれば、研究者も助かるし、企業の製品化開発が加速されると思う」と。IBMがPC参入時にバス(経路接続)規格を公開、これが標準になり、PCコンポーネントを買ってマイ・コンピューターがつかれるようになったのは有名な話。産業用ロボットメーカーには、コンポーネントを売り出す気運はあるようだ。

普及にはロボット競技も力を発揮。「アポロ計画の『月に人を』という使命が宇宙開発を加速したように、2050年にロボットと人間が対等にサッカーをするという命題が開発を進める」と、ロボカップを開催する北野さん。



PINO

か? 「あと10年余で定年ですが、個人的にはそこでASIMOを普通乗用車並みの価格で我が家に入れたい」という広瀬さんが望むのは「ASIMO、冷蔵庫からビールを取ってきて」と頼むこと。これには、生活環境という雑音の多い、さまざまな障害物のある空間の中で、主人の声を認識して理解し、障害物を避けて冷蔵庫にたどりつき、中にある物を寄せてビールのICタグを読み取り、手でつかんでもってくるという行為が必要だ。「今のASIMOには煩雑な環境での自律行動は難しいが、10年あれば解決すると思う」。その先は? 「今までの20年と今後の20年では技術の様相が異なると思うので予測できない」と。

## ヒューマノイドから見る人

実用化・商品化とは違った道で、ヒューマノイドを人間に役立たせようとしているのが、早稲田大学機械工学科ヒューマノイド研究所教授の高西淳夫さんだ。高西さんの恩師の故加藤一郎博士は約50年前にヒューマノイドの研究開発を始めたパイオニア。「そのロボット開発の原点は、人間の動きを工学的に再現し、そこから人間の動きのしくみを知ることだった」と語る高西さんは、これを踏襲しつつ、さらに踏み込んだ。

現在の工学では、さまざまな材料や構造がどんな性質や特徴を持っているかを、数値や式で表すことができる。これを基に設計論が築かれ、イスから本四架橋や航空機までつくられている。簡単に丈夫なイスをつくれる一方で、座り心地のよい人間の構造に適ったイスをつくるには、ともかく何度も座ってもらってトライ・アンド・エラーを繰り返すしか手がない。今の工学には人間の要素がスッポリ抜け落ちているのだ。ロボットを通して、形、構造、動き、材質などさまざまな人間の要素を数値や数式として取得し、人間の要素を入れた工学、新しい設計論をつくるのが高西さんの究極の目標だ。

その試みの1つが、日立の歩行支

援機の開発に2足歩行ヒューマノイドWABIAN2を使うというものだ。高齢者が試しても不具合を適切に表現できない場合が多い。WABIAN2には1つの関節に2個以上のセンサーが付き、全体では100個を越す。つまり非常に精密な測定器なので、WABIAN2が試作機を操作すれば、かかる力など各種データを得られる。

もう1つ高西さんが手がけているのは、ロボットの心の数式表現。10年前から心理学の研究者と共同研究を行い、「情動方程式」と「感受性フィルター」を構築し、ロボットの心を、心理空間の情動ベクトルと感情マップで表している。

情動ベクトルは情動方程式に従って心理空間を動き回る。ある領域に



**ロボリア** カメラ、マイク、人感センサーを搭載し車輪走行。幅27cm、高さ26cm、長さ26cm、重さ約3.25kg。(税込み29万4000円)

来た時は強い喜びを感じるというように、情動ベクトルの位置と感情を対応させたのが感情マップだ。ヒューマノイドのアイちゃんは、感情マップに合わせて、目や口の形を変化させ、喜びや怒りを表す。感受性フィルターを変えると、情動ベクトルの動きが変わり、異なった感情が表れる。「いろいろな感受性フィルターを用意すれば、ロボットのさまざまな個性を表現できる」と高西さん。

この研究も人間の心の研究に応用され始めている。「感受性フィルターの相性研究などから、研究チームのメンバーの組み方などが分かるかも知れない」と。



**アルテミス**  
テムザックの巡回警備ロボット。プログラムされた経路を自動巡回し、エレベーターのボタンを押してフロアを移動することもできる。

## 人間の役に立つ機械

ヒューマノイドの紹介が続いたが、さまざまなロボットを提案してきたテムザック代表取締役の高本陽一さんには、ヒューマノイドへの思い入れは全くないという。「人を含め生物ができないことをやらせるためにRTで作った機械」がロボットで、目的に合わせて最適な形を選ばないと。

9月末に売り出したロボリアは、車輪とカメラを搭載し、携帯電話でコミュニケーションすることができる。留守宅の見張り、高齢者や子どもの見守りなどの機能を発揮する。「いわばこれは自転車。戦車に相当するのがレスキューロボット『援竜』で、これも来年には2本腕の解体作業マシンとしてデビューする予定」。難しいのが普通乗用車だというのが、来年2月には経済産業省の電子タグ実証実験プロジェクトで、電子タグから情報を受け取りながら荷物を運び、人を案内するロボットを開発する。

今後は生活の中にロボットやロボットのな機器が浸透するだろう。しかし、人間の少年のようなアトムの世界ははるか先だ。北野・高西両氏はその狭間を埋めるような構想を抱く。日本の宇宙船にヒューマノイドを乗せようというのだ。「月面に降りたったヒューマノイドがスピーチをし、月面探査すれば世界中が沸く。これは日本にしかできない」。確かにそんな場面を見てみたい。

(サイエンスライター 由利伸子)

# 植物学70年の懸案に王手 見えてきた花芽が付くメカニズム

適当な時間、葉が光を受けると芽の先に花芽が付く。それは葉で花成ホルモンが合成されて芽に運ばれるからだと考えられてきた。しかし、この物質の正体は長く不明のままだった。花芽形成にかかわる遺伝子群の解析から、植物学最大の謎がいま明らかになるようとしている。

R&D

つぼみが付きやがて花が咲くプロセスは、植物の一生のハイライトである。その時期を決める重要な環境因子が日照時間であることは1920年代から知られていた。やがて、日の長さを感じるのは葉であることが実験で確認され、適当な長さの日照を受けた葉で花成ホルモン「フロリゲン」がつくられて芽の先端に送られ、そこで花芽ができるという考えが、広く支持されるようになった。

## 花成ホルモンは幻か

フロリゲンという生理活性物質を想定することは、多くの接ぎ木実験からも理にかなうことと考えられ(図参照)、この名称が提唱されてから約70年、世界の植物学者がなんとかこの物質を取り出して実体を知ろうと、研究を重ねてきた。

それにもかかわらず、誰一人その正体を明らかにすることはもちろん、抽出することにさえ成功しなかった。次第に、そんなものは存在しないのではないかと考える人も増え、懸命に追っていた研究者の多くが他の分

野に転向してしまう有様だった。

最新の教科書には次のような記述がある。

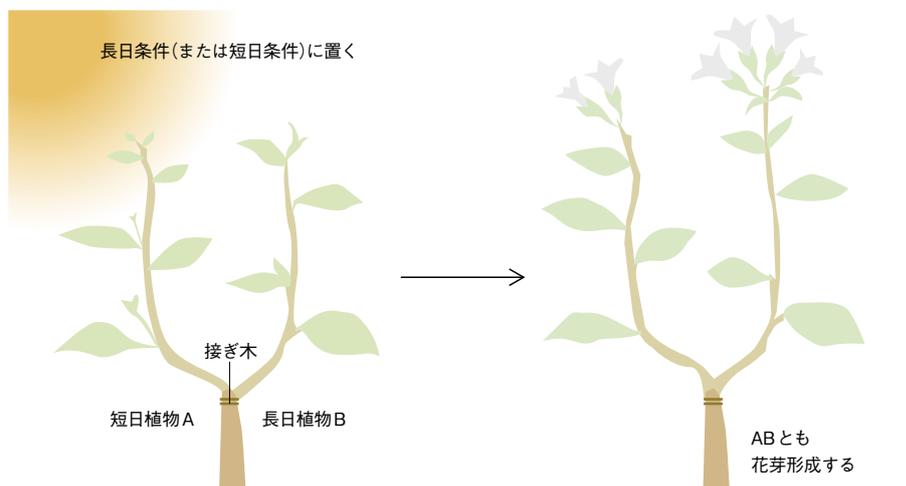
「葉で花芽を形成させる物質が合成され、それが芽に輸送されて、花芽形成を導くと考えられる。このような物質を花成ホルモン(フロリゲン)というが、花成ホルモンの実体は、明らかになっていない」(三省堂「高等学校 生物I」2005年)。

花芽が付く過程を支配する遺伝子群を緻密に解析して、国際的に高い評価を得ている荒木 崇・京都大学理学部助教授が、「フロリゲンは頭の隅には置いていましたが、直接それを探するのは正攻法ではないと思ってきました」と語る背景には、植物生理学者たちの長い努力と無念があった。

そしていま、荒木助教授の研究は、長い間の謎の解明に結びつく兆しを見せている。

## 遺伝子群が連携していた

研究材料はシロイヌナズナだった。「植物のショウジョウバエ」ともいわれ、研究材料として頻繁に使われてきた



適当な日長を受けた葉でフロリゲンがつくられて接ぎ木された枝に移動し、両方に花が付いたことを示す実験。

このアブラナ科の長日植物は、ゲノムのサイズが小さいために、すべての塩基配列が解読された最初の高等植物でもある。春先、路傍で小さな白い花をつけた姿を見かけることがある。

シロイヌナズナの遺伝子に、それが欠けると花が付くのが遅くなる突然変異を起こすものが知られていた。そのひとつがFTと呼ばれる遺伝子だ。シロイヌナズナの染色体地図を作製していた研究グループが見つけた。「この遺伝子に特別な関心を払う人は誰もいなかった」なかで、荒木助教授はFT遺伝子に早くから注目し、クローニングとその機能の解析に成功した。「いずれは」と思い定めてから10年、1999年のことだ。

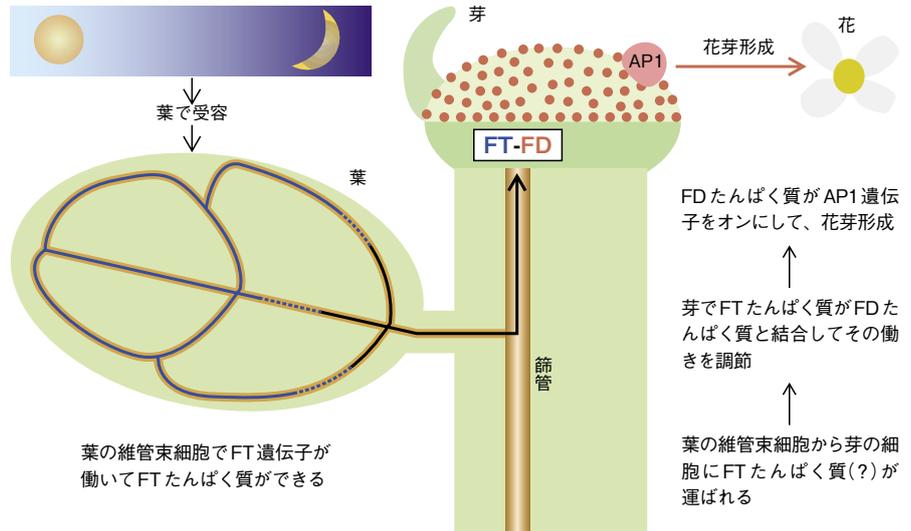
これをきっかけに、FT遺伝子の働きが研究され、日を受けて葉の維管束で発現する強力な花成促進因子であることがわかってきた。だが、FT遺伝子だけでは花芽ができる仕組みは説明しきれない。そこにはさらに入り組んだいくつもの遺伝子のかかわり合いが隠されていた。

FT遺伝子と同じぐらい古くからその存在が知られていた遺伝子にFDがある。「あまり目覚ましい働きはなさそうだと期待もされていなかった」というFD遺伝子だが、これを破壊するとFT遺伝子が働かなくなり、花芽の形成が抑えられることを荒木グループが明らかにした。

早速、FD遺伝子をクローニングしてその働きを調べたところ、FD遺伝子がつくるFDたんぱく質が、花芽形成の最初の段階で働くAP1遺伝子のスイッチを入れることがわかった。しかもそのためにはFT遺伝子がつくるFTたんぱく質が不可欠である。FT遺伝子とFD遺伝子は連携しているようだ。

実験を重ねて、FT遺伝子とFD遺伝子が働く場所について判明したのは次のような事実だった。FD遺伝子が働くのは芽においてだけで、葉の維管束では働かない。一方のFT遺伝子は、葉の維管束の細胞でFTた

### 葉で日を受けてから花芽が形成されるメカニズム



んぱく質をつくり、このたんぱく質が芽で働く。

### 動かぬ証拠に迫る

こうしてFTたんぱく質と花芽形成が、FDたんぱく質とAP1遺伝子を介してようやく因果関係で結ばれた。

「FTたんぱく質こそ、フロリゲンの有力な候補ではないか」。がっちりした論理構成をもつ実験を組み立てて目標を追いつめる荒木グループの視野のなかに、フロリゲンが入ってくるのは時間の問題だった。あとは葉でつくられたFTたんぱく質がどのように芽に移動するかを解明することだ。今年8月12日付『Science』誌に研究成果を発表した。

ところが同じ頃、FTたんぱく質が移動する可能性を考えていた荒木グループとは別の説を、スウェーデンのグループがネットで公表していた。移動するのはFT遺伝子のメッセージRNA (mRNA)ではないかというのだ。しかし、芽でmRNAを検出した、というこの報告は、移動を示す根拠が不十分と思われた。

mRNAが本当に移動したものかどうかを調べてスウェーデン説の正否を確かめようと、荒木グループはシロイヌナズナの数ミリの芽生えどうしを接ぎ木する、次のような実験を計画した。

FT遺伝子が壊れて遅咲きになった突然変異体に、逆にFT遺伝子が

過剰に発現して早咲きになった突然変異体を接ぎ木する。すると、遅咲きの芽は早咲きになる。この時、接ぎ木した早咲きシロイヌナズナのFT遺伝子にあらかじめ特別な目印を付けておく。遅咲き変異体の芽の中に目印付きのmRNAが見つければ、そのmRNAは早咲き変異体から移動したことになる、スウェーデン説が正しかったことになる。結論は間もなく出そうだ。

これまでの成果について「長年の懸案に手がかりを得て溜飲の下がる思い」という荒木助教授だが、詰めはまだ残る。移動するのはFTたんぱく質かmRNAか、あるいは両方の複合体か。FTたんぱく質自体は移動しないがmRNAの移動に欠かせないのか。「何が動くかの動かぬ証拠」(荒木助教授)をつかむまでもう一息だ。

いずれにしても、花成ホルモンが、かつて多くの植物生理学者が夢見た「一つかみで枯れ木に花が咲く花咲か爺さんの灰」のような、振りかければ効果を発揮する単純な物質である可能性は、分子生物学の新しい技術が解き明かす遺伝子の精緻な連携プレーの構図のなかに消え去ろうとしている。それでも、花芽形成のしくみが明らかになれば、「照明や冷暖房によらないで花を咲かせる技術の開発に結びつく可能性はある」と荒木助教授は付け加えた。

(サイエンスライター 古郡悦子)

# 先端材料「超塑性合金」で地震の揺れを減らす

阪神大震災、新潟県中越地震と相次ぐ大地震、いつ起きてもおかしくない東海地震。震災に迅速に対応できる社会の構築と、被害を最小限に抑える技術やシステムの開発が望まれている。そんな技術の一つ、建物の揺れを減少させる制震ダンパー装置を、ナノ結晶の合金で開発中だ。

「われわれのアイデアは、地球が生み出す地震動を、ナノという極微のスケールの構造で吸収しようというものです」と東健司<sup>ひがしけんじ</sup>大阪府立大学教授。材料科学の最新成果を制震ダンパー（地震動減衰装置）に生かそうとしている。神戸製鋼所、竹中工務店と共同で実用化をめざしている装置は、亜鉛とアルミニウムの合金が持つ「超塑性」という性質を利用する。“鉛のように伸びる合金”に地震のエネルギーを吸収させてしまうのだ。

## 機密物質だった注目の合金

超塑性現象が、ビスマスとスズの合金で見つかったのは1934年にさかのぼる。落とせば割れるような硬くてもろい材料でも、ゆっくりと長い時間をかければ、数百倍にも伸ばしたり広げたりできることがわかった。

研究に転機が訪れたのは1960年代。チタン合金（チタン90%、アルミ6%、バナジウム4%）で超塑性現象が見つかった。これにより、性能は優れているが普通のやり方では加工できない工業材料でも、超塑性状態にすれば複雑な形に加工成形できるようになった。軽くて強いチタン合金は航

空機の機体などに使われはじめたが、対共産圏輸出禁止戦略物資の指定を受け、研究開発は表舞台から消えた。

超塑性を持つ金属は、例えば金型の上に薄板材料を置いて高温状態を長時間保つと、金型通りに凹凸が生じて成形できる。ステルス戦闘機もこの技術なしには実現しなかったと言われる。また、ニッケル合金（耐熱材料）による複雑な形状のジェットエンジン用タービンブレードも、超塑性を使って一体成形されている。

超塑性金属が再び脚光を浴びるようになったのは東西冷戦が終わりを告げ、戦略物資の指定が外れてからで、多くの研究者が参入した。軍需の分野なら、ちょっとした部品を成形するのに何時間でもかけられたが、民生応用では遅すぎてコストが合わずに使えない。

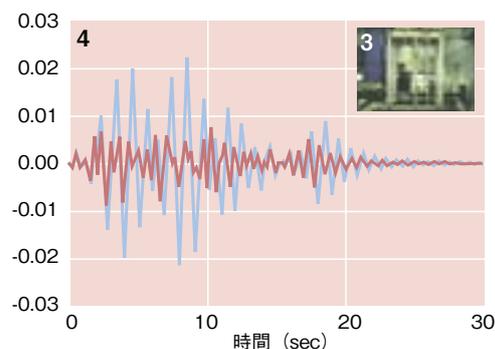
成形する速度を高めるにはいかにすべきか。その方法を1984年に発見したのが東教授だった。亜鉛アルミ合金で従来の10万倍も速く伸びる“高速”超塑性現象を見つけたのだ。世界中の研究者に注目され、東教授の論文の引用件数は最盛期に材料科学の分野で世界の第6位まで行った。

## 超塑性合金制震ダンパー

JST重点地域研究開発推進事業の研究成果活用プラザ大阪での2001年度の育成研究課題に採択され、実用化のために必要な製造技術の開発、装置の設計、試験装置によるテストやデータ収集を実施。さらに昨年度のJST革新技術開発研究事業に採択され、実用技術の育成を図っている。



超塑性制震ダンパーを取り付けた様子(1)。開発された制震デバイスの超塑性合金部分(2)。



大型構造体(3)を過去の地震波を使って揺らしてみると、超塑性制震ダンパーを組み込んだ場合、ゆれが軽減することが確かめられた(4の赤いグラフ)。



“五人衆”による記念植樹。右から2人目が東教授。

## ダンパー製造の必要条件

東教授らはその後、企業とともに自動車のアルミボンネットなどさまざまな応用分野の開拓を進めてきた。そんな中から生まれたのが、竹中工務店の制震ダンパーというアイデア。JSTの研究成果活用プラザ大阪(和泉市テクノステージ)を拠点に、実用化のために必要な製造技術の開発が進められた。

一般に、高層ビルの屋上などに設置されている大型の制震ダンパーは、大きな重りを油圧装置などで動かし、ビルの揺れを軽減させる。一方、個人住宅での普及も始まっている小型のダンパーは、補強器具と同じようなやり方で建物に取り付けて揺れを軽減する。とくに古い建物では過去の基準が緩かったため、それを補うような制震ダンパーの設置は緊急課題となっている。

制震ダンパーの製品化に必要なのは、まず弾性変形によって地震エネルギーを吸収し、地震による建物の変形量を減らし、建物の揺れやひずみ力を下げられる能力。また連続する揺れにも対処でき、装置自体のメンテナンスが不要で、地震がたびたび起こっても常に働くものでなければならない。さらに普及を考えると価格が安くはないといけない。

使用する材料は鉛合金、鋼鉄、合成ゴムなどがあるが、新たに超塑性合金を参入させようというわけだ。強度、寿命、弾性ヒステリシス(応力とひずみの履歴)といった物性値を比較すると、超塑性合金は総合的に欠点が少ないという特徴を持つ。解決すべきは少々高価である点だ。

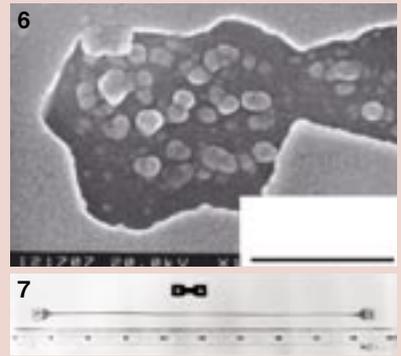
## ナノ結晶が生み出す超塑性

超塑性物質は普通の金属と違ってきわめて均一に変形する(写真7)。応力とひずみ速度と温度との関係を理論的に調べることで、東教授はまず超塑性の“本質”を明らかにした。一方、金属材料では結晶粒を小さくすると強度は上がるのに、超塑性物質では逆に強度が下がってしまう事実がわかっていたが、その謎にも取り組んだ。

その結果、超塑性物質の変形が結晶粒の内部の変形ではなく、結晶粒と結晶粒の境界、つまり粒界がすべることで起こっていることを突き止めた。この日本発の新概念は「粒界塑性」という名前で世界に広まった。そこから、超塑性の性質を生み出す材料プロセスの重要性が認識されることになった。圧延や押し出しという従来の加工プロセスをうまく調整する(条件を最適化する)と、結晶粒の大きさが小さくなり(写真6)、しかも均一となって、驚くほど高性能の材料に生まれ変わるのである。

おもしろいのは、この超塑性を生み出す結晶粒の大きさがナノスケールであるところ。このナノ結晶粒が新しい機能を生み出していく。今回の制震ダンパーの亜鉛アルミ合金も60年代から使われているものだが、機能がまったく異なる「室温で超塑性を発揮する別の物質」。これまた東教授の発明品だ。

錬金術のよき伝統が生き続ける超塑性の研究。家電製品、自動車部品、航空機などへの利用の期待はますます高まっている。ちなみに東教授は2002年、第20回大阪科学賞(なにわのノーベル賞)を受賞した。



このプロジェクトでは、①低コストの制震ダンパー製造法の開発②設計デザインおよびその取り付け方の技術開発——の2つをターゲットに研究が行われた。①については、神戸製鋼所により「ニアネット成形プロセス」が実現した。これは機械加工工程を使わずに、普通の温間鍛造プレス機で最終製品に近い形状に加工するため、安価な製品ができる。②については、亜鉛アルミ合金を既成の鉄製取り付け金具につなげるようにして、普及品の目安である1個1万円程度まで引き下げる道を開いた。

そして木造建築物の直角部分に設置する19cm×19cmの装置を試作した(写真1)。これで大型住宅、伝統木造建築物であれば設置できるようになった。さらに、畳2畳分の木組み構造物を作り、実際に起こった地震波を使ってテストした。8個のダンパーを設置した場合とダンパーを設置しなかった場合では、構造物の揺れに大きな違いが見られることが確認された(写真3と4のグラフ)。

## 住宅用の普及品まであと一歩

実用化段階まできた超塑性合金制震ダンパーだが、次のターゲットは、既存の建物に簡単に設置できるさらに小型の装置だ。具体的には、天井裏に取り付けられる5~6cmのダンパー。この分野の潜在需要は1兆円とも言われる。

また、建築基準法などとの整合性をとり、安全に正しく使われるような仕組みを整備する作業も残っている。そのためには、もう一段の研究開発が必要だが、現在よりさらに革新的で実用的な技術の育成を図っているところだ。

東教授をはじめプラザ大阪を拠点に2001年度にスタートした5つのプロジェクトは順調に進んでいる。将来“甘いシロップ”を回収したいとの願いを込めて、敷地内にカナダ・カエデの記念植樹をしたほど(写真5)。カエデが育ってシロップが採れるのが先か、新技術が完成・普及するのが先になるのか、楽しみだ。

(サイエンスライター 松尾義之)

# 『サイエンス・トンネル』展 最新科学の美しさに出会う

日本科学未来館で9月16日から11月17日まで公開中の『サイエンス・トンネル』展。ドイツの基礎科学研究を代表する、マックスプランク研究所の制作した展覧会だ。研究者がとらえた科学の最先端をビジュアルに見せてくれる。

Literacy

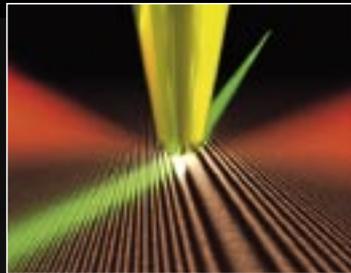
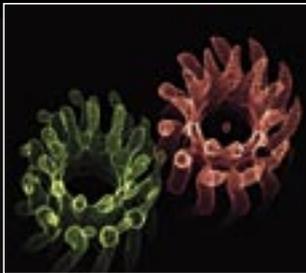
光速をめざして、私はペダルを漕いだ。目の前の画面にはドイツの美しい街並みが映し出され、漕ぐ速度にしたがって、後ろに飛び去っていく。自転車のようなこの装置は、漕ぐ速度が時速30kmに達すると、光速に近づいたときに見える風景が現れるよう設定されているのだ。そのとき、果たして風景はどのようになるのだろうか。

日本科学未来館では、ドイツのマックスプランク研究所(運営機関はマックスプランク協会)制作の『サイエンス・トンネル』展が開かれている。上記の装置はその展示の一部だ。

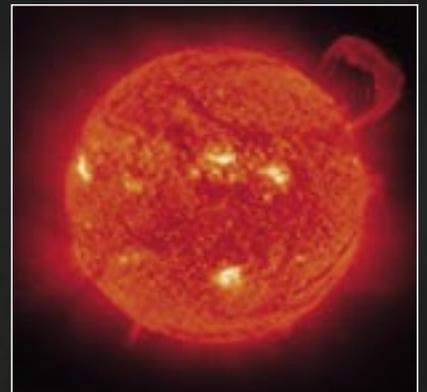
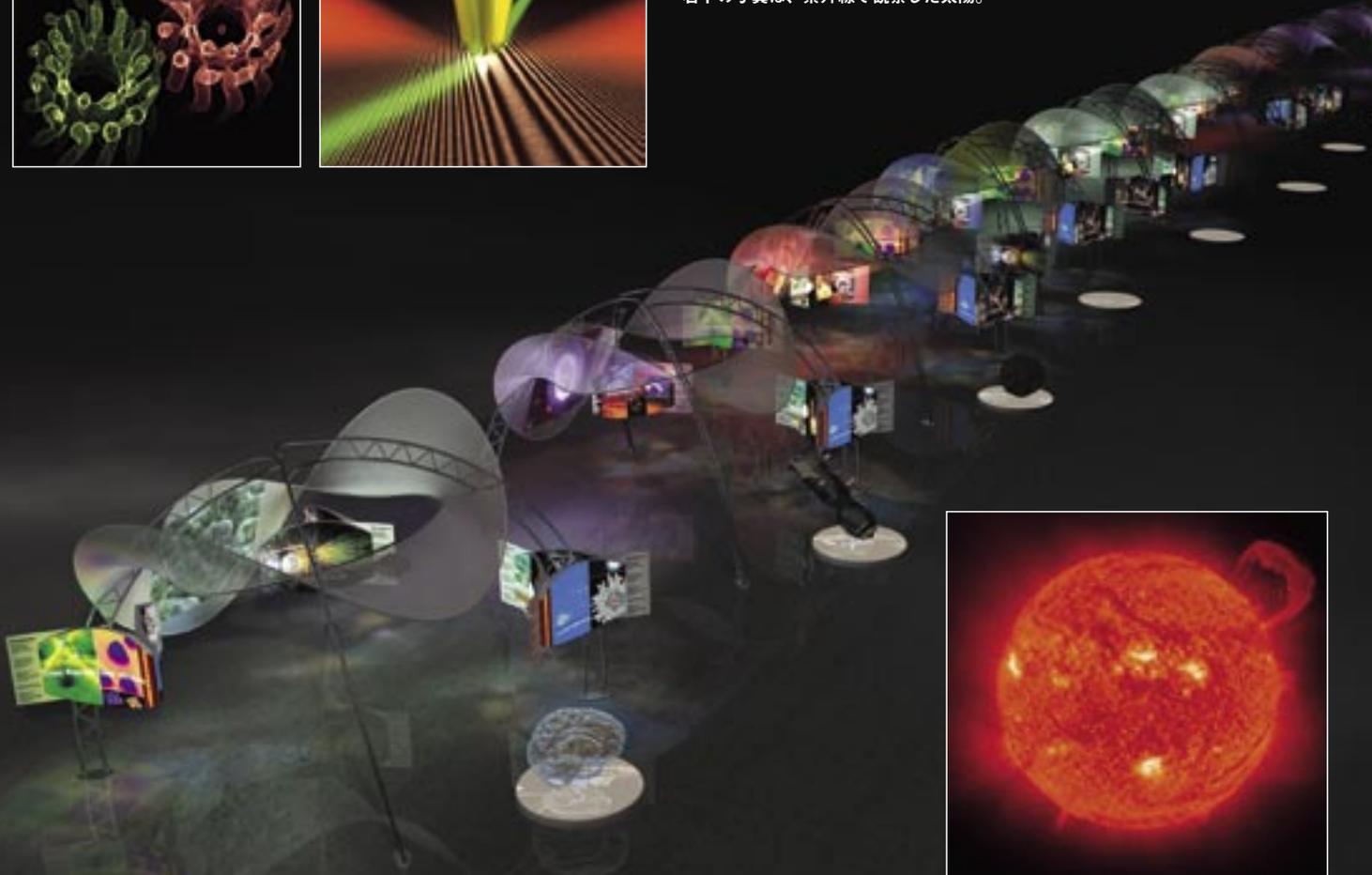
## 大研究所の最新成果を紹介

マックスプランク研究所は、ドイツの基礎科学研究機関だ。巨大である。78の研究所と37の大学院をもち、4000人の科学者と1万8000人以上のスタッフや客員研究員をかかえている。ノーベル賞受賞者を多数輩出し、物理学、天文学、生物学、医学をはじめ、さまざまな分野で世界のトップレベルの研究を行っている。

このマックスプランク研究所の最新の科学研究を紹介しているのが『サイエンス・トンネル』展だ。もともとは、2000年のドイツ・ハノーバー万博の展示企画として誕生した。好評を博



『サイエンス・トンネル』展のイメージ画像。複雑な形のスクリーンからなる12のトンネルで構成されている。ただし未来館ではこのような直線状には配置されていない。左側の写真は、細菌の分子モーター(左)と、走査型顕微鏡の先端(右)。右下の写真は、紫外線で観察した太陽。





上の写真は、『サイエンス・トンネル』展の生みの親、アンドレアス・トレプテ氏。未来館での公開にあたり、ドイツより来日。右の写真は、「光速自転車」。自転車の速度が光速に近づくと、画面の風景が変わる。



したことから、その後も世界各地で公開され、これまでの総観客数は162万人に上るといふ。

今回、未来館が公開するのは、2005年に内容が更新されたばかりの新バージョンで、ドイツ国外では初お目見え。この数年間の研究成果が追加されるとともに、冒頭の「光速自転車」のような、観客の参加できるインタラクティブ展示が大幅に増えている。

## 細胞から宇宙まで

『サイエンス・トンネル』展の骨格をなすのは、なんといっても、科学研究の最先端から切り出してきたような140本の映像と300枚の写真パネルだ。先端の研究に携わる科学者たちは、いったい何に興味をもち、どんな探求をしているのだろうか。それをそっくり映像と写真で「見せてしまおう」というのが、この『サイエンス・トンネル』展の一番のねらいなのだ。

映像や写真パネルを構成する一つ一つの画像は、科学者自身が論文や学会発表用に作製したものがほとんどである。画像の選択にあたっては、基礎研究として重要であるとともに、「視覚的な美しさを重視している」と、マックスプランク協会広報室編集局長・サイエンス・トンネル担当のアンドレアス・トレプテ氏は言う。確かに、造形美を追求したスクリーンやパネルに映し出される画像は、幻想的といえるものも多い。「現代美術

館のようだ」というドイツ国内での評判にも納得できる。

もちろん美しいだけではない。我々の知的好奇心を刺激することに最大の努力が払われている。展示は12のトンネルよりなり、ナノレベルの世界から広大な宇宙のスケールまでが段階的に見られるようになっている。原子や分子から、細胞、人間、地球、そして宇宙の謎を解き明かそうとする科学者の知的探検が、映像と文章で示されていく。環境問題やコンピューター技術への挑戦もある。

## 理科離れから生まれた企画

「1990年代、学校で物理学を学ぶ学生数が減少しました」と、ドイツでも理科離れのような現象がみられることをトレプテ氏は説明してくれた。「そうした背景のなか、2000年に公開されたこの展覧会は、大きな反響を呼んだのです」。

展覧会を継続して開催していくとともに、「積極的に街に出て、人の集まる繁華街の真ん中でも、展示やイベントを行うことにしました。同時に、ホームページも毎日更新し、ニュースを伝えています」。これらの活動は大きな成果を上げ、「人々の科学に対する関心が増しました。マックスプランク協会ホームページへのアクセス件数の月200万という数字に端的に表れています」と、トレプテ氏は熱心に語り続けた。

この展覧会に対する科学者の側からの反応も良好という。彼らが、自分の専門分野以外について知る機会としても貴重らしい。また紹介するのは基礎研究なので、著作権の問題も心配なく、「大いに活用していただきたい」とトレプテ氏は付け加えた。

## 「新しい世界」が目撃できる

「最先端の科学を紹介している点が、未来館の方針と共通しているのです」と毛利衛館長は、この展覧会を未来館で開催する意義について強調する。未来館展示開発室の池辺靖氏は、「当館ならではの工夫も加えました。専門性の高い展示内容に対して、口頭で説明したり、質問に答えたりできる解説員を展示場に配置しました」。

この『サイエンス・トンネル』展は、「日本におけるドイツ年」を記念して企画されたものである。「ドイツは、マックス・プランクによって量子物理学の扉を開け、古典物理学の世界をまったく新しいものへと変えた国です」と毛利館長は語る。

この展覧会を通してわれわれは、科学の新しい扉が、また次に開かれていくのを目撃できるかもしれない。そんなことを考えながら「光速自転車」を漕ぎ続け、目の前の画面を見て驚いた。光速に近づいたときに現れた風景は、まるで魚眼レンズで見るとような世界だった。

(サイエンスライター 藤川良子)

88コースの教材を提供

# 手軽に学べる技術者向けeラーニング

激しい国際競争の時代を迎え、技術者は自分の専門以外にも幅広い知識を求められるようになってきている。

しかし、本業に追われる中で学習時間を確保することは難しい。

インターネット上の学びの場「Webラーニングプラザ」は、そんな技術者にとって強力な助っ人だ。

Information

Webラーニングプラザ(<http://WebLearningPlaza.jst.go.jp/>)は、JSTが無料で提供している技術者向けのeラーニングサービスである。eラーニングとは、音声や動画が含まれた教材をインターネットで呼び出して学習する方式のこと。教材としては、資格試験対策、語学習得などを目的とした有料のもの、大学の講義の公開などがある。インターネット接続のできるパソコンさえあれば、自分の好きなときに学習できるため、急速に普及している。

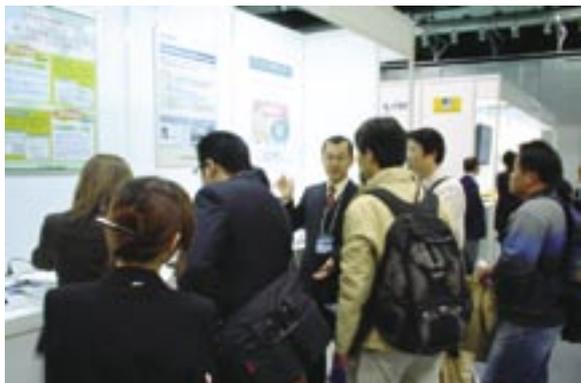
JSTがこのサービスを始めたのは、2002年10月のことだ。「背景には、『科学技術創造立国の実現には、技術の急速な進歩とグローバル化が進む中で国際的に通用する技術者を養成しなくてはならない』という国としての認識があり、eラーニングのメリットを生かして技術者の能力開発を図るという施策が決まりました。JSTではまず、どんなレベルや内容の教材が求められているのかというニーズ

調査を行いました」(JST研究基盤情報部技術コンテンツ課児山圭課長代理)。

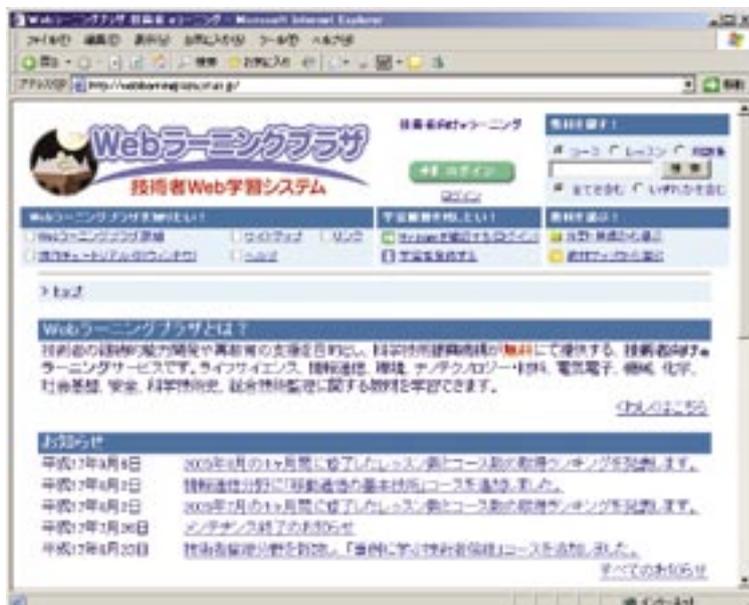
その結果、自分の専門の周辺領域の基礎知識を身につけたいという技術者が多いことがわかった。周辺領域については、目の前の仕事にかかわる実用的な部分は知っていても基礎がおぼつかないという、意外な現実があったのだ。このような知識の研修には企業も技術者も時間と費用をかけにくいいため、eラーニングが非常に役立つ。こうして方向が定まり、さらに分野とテーマのニーズ調査を経て、サービスが開始された。

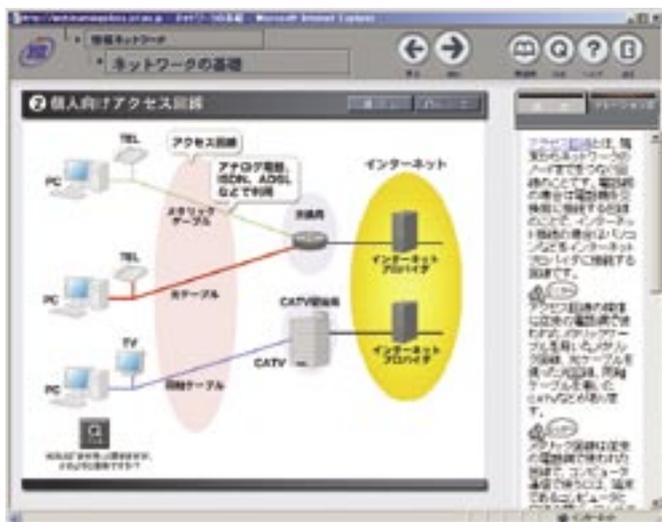
## 試験対策にも 研修にも役立つ

Webラーニングプラザの教材は豊富だ。ライフサイエンス、情報通信から技術者倫理に至る12分野の74コースが用意されているほか、トピックス的なテーマを映像で説明するのが14コースある。1コースはいくつ



Webラーニングプラザのトップ画面(右)。展示会や学会で説明を聞き、関心をもつ人も多い(上)。





レッスン画面の例。左は情報通信分野の「情報ネットワーク」コースから。ナレーション文が右側に表示されている。音を出せない環境でも学習でき、文中の用

語の解説にも飛べる。右は社会基盤分野の「環境と土木」コースから。右側には目次が表示されている。

かのレッスンからなり、レッスン数は総計600近くに及ぶ。1レッスンは10～15分である。

例えば、「情報ネットワーク」コースの「ネットワークの基礎」というレッスンは、7つの画面からなり、基本的な用語の概念からネットワークの運用管理や国際的な標準化までが、アニメーションとナレーションを組み合わせて簡潔に解説される。画面右にナレーション文が表示されるので、音を出せない環境でも学習が可能だ。ナレーション文や図の中の用語をクリックすれば、その解説が現れる。よくある質問と回答を載せた「FAQ」のページや、より詳しい情報を取り上げた「参照」ページに飛ぶこともできる。

レッスンのあと自己診断テストを行い、満点を取ればそのレッスンは修了だ。学習者登録をしておけば、自分の学習履歴がわかるほか、1つのレッスンやコースを終えるごとにJSTから「修了通知」メールが届く。こうした工夫が奏功してか、これまでの登録者数は1万2000人を超えた。昨年度の教材閲覧回数は37万回以上あり、登録せずに学習している人も相当いるようだ。

組織をあげて利用しているところも多い。その1つ、三菱重工業(株)広島研究所の田口俊夫次長は、「自己啓発の一環として技術士資格の取得

を奨励しています。Webラーニングプラザは内容がよくまとまっていて、技術士一次試験の対策に適しており、化学、機械、情報通信などの分野で30名ほどが勉強しています。さらに専門知識が要求される二次試験の対策に利用している所員もいますよ。昼休みに学習できるのがいいですね」という。

この研究所では、基礎知識を確認するための辞書代わりに使うなどの利用も進んでいるようだ。ほかにも、社内研修と位置づけて修了レッスンを競うコンテストを行っている企業や、補習に利用している工業高等専門学校、学生の自習に利用している大学などがある。

### よりよい教材を提供するために

教師が生徒と向き合う講義とは異なり、eラーニングは教材の完成度がものを言う。コースのテーマを決めるのはJSTだが、具体的な内容は学協会などに依頼して制作する。化学工学、環境、安全などのコースを制作してきた(社)化学工学会人材育成センター事務局の橋谷元由部長は、「制作委員会でレッスンの内容やレベルを十分に検討したうえで、大学や企業の専門家に執筆してもらいます。ナレーション原稿を書くのにみなさん苦労されるようです。説明はどう

しても長くなるので、1画面あたり1分程度(300～350字)にまとめるのは至難の業です」と語る。

こうして制作した教材は、学協会内部で内容を監修するのはもちろん、JSTでも専門外の人が見てわかるかどうかをチェックし、ようやく公開される。利用者からは、教材に対する感想、今後の要望などがメールで寄せられ、JSTではそれらに対応する体制も整えている。

「利用者が使いやすいように画面デザイン的大幅な刷新を一度行ったほか、着実に教材を充実させてきました。特に、総合技術監理の教材はニーズが高く、技術士試験対策にも使われるようで試験前にはかなりのアクセスがあります。今年は、情報通信、安全、電気電子などの分野の教材を制作します。宣伝にも努めて、より多くの方に利用していただきたいですね」(児山課長代理)。

Webラーニングプラザは自習用であり、内容についての質疑応答は基本的にできない。また、自分の専門分野を見ると、物足りないような気もする。しかし、専門以外の分野は意外におもしろいし、映像のコースには珍しい場面が満載だ。しかも、きちんとした基礎知識が身に付く。技術者に限らず、一度のぞいてみる価値は十分にありそうだ。

(サイエンスライター 青山聖子)



## 堀田凱樹が選ぶ 10月の本・映像・HP

生命科学は約50年に一度の大革命を経験してきた。20世紀初頭のメンデルの法則の再発見、1953年のワトソン・クリックによるDNA二重らせんの解明、そして21世紀初頭のゲノム全解読時代の到来である。50年後は何が？

### Profile

堀田凱樹(ほった・よしき) / 情報・システム研究機構長。前国立遺伝学研究所長。専門は、動物行動・生物物理・発生生物・遺伝など生命科学の面白いこと全て。ショウジョウバエを用いた脳の遺伝子研究を始め、神経系の遺伝子解析分野の確立に貢献した。

## Book

### 生物学で唯一普遍的なメンデルの法則

僧侶のメンデルがなぜ数を数えて統計をとることを思いついたのか? 誤差を含む実験データから、 $e:1$ や $\pi:1$ ではなく、 $3:1$ と結論できたのは神のお告げか? 統計的に検定してみると、メンデルの実験データは $3:1$ に合っていないという。



#### 雑種植物の研究

メンデル著 岩槻邦男・須原準平訳 岩波文庫 400円+税

#### メンデル散策

中沢信午著 新日本新書 950円+税

### 高次機能の遺伝子解明に挑んだ記録

遺伝子はタンパク質を作るだけでなく、身体の形や脳も作っているはず。そんな高次機能の突然変異をショウジョウバエで解析し、その秘密に迫る画期的な研究をした物理出身の分子遺伝学者ベンザーと協力者の記録。科学における新分野開拓の楽しさを満載。

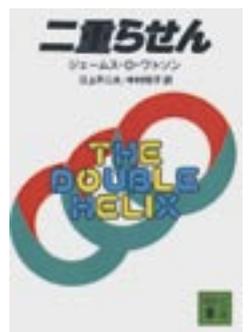


#### 時間・愛・記憶の遺伝子を求めて

ジョナサン・ワイナー著 垂水雄二訳 早川書房 2800円+税

### DNA 構造解明が生命の秘密を明らかに

メンデル法則の再発見から50年を経て、遺伝子の本体DNAの相補的ニ重らせん構造が解かれて、遺伝子の複製からタンパク質合成までの秘密が一気に明らかになった。生命科学の最大の革命の裏話を、科学者のいやらしい人間性もまじえて描く。



#### 二重らせん

ジェームズ・D・ワトソン著 江上不二夫・中村桂子訳 講談社文庫 490円(税込)

### チンパンジーのゲノムが解読された

数年前のヒトゲノムに続いて、われわれにもっとも近縁な現存生物であるチンパンジーのゲノムが解読された。ヒトと比較すると、数え方によるが1.2%から2.7%しか変わらないという。そのわずかな違いの中にある、言語などの大きな能力差の秘密が、解き明かされる日も近い。



nature 9/1号  
nature DIGEST 2005年  
10月号(税込680円)では  
日本語訳を何本か掲載。

## Image & Home Page

### ゲノム解読で分かったこと、分かること



ヒトゲノム解読を記念して開催されたJST講演会の記録。何が分かったのか、次の段階で何を研究すべき

遺伝子・DNA・ゲノム—50年でわかったことサイエンスチャンネル  
<http://sc-smn.jst.go.jp/>

か、などの議論とパネルディスカッションを、パソコン上のストリーミング画像で見ることができる。

### 「遺伝学電子博物館」でバイオ時代の知識を

国立遺伝学研究所のHPからアクセスできる中高生でも楽しめるページ。クイズもあり、よくできると前所長に似た人が褒めてくれる。ゲノムや遺伝子の知識がすべての人の生活にかかわる時代に必須な知識が得られる。



国立遺伝研HP・遺伝学電子博物館  
<http://www.nig.ac.jp/museum/msg.html>