

# JST News

Vol.2/No.8  
2005/November

11 月号

*Special Report*

## デジタルアートの世界



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

## CONTENTS

### 03 *People*

#### グローバル空間から日本をズバリ 中村修ニカリフォルニア大学サンタバーバラ校教授

### 04 *Special Report*

#### 工学者と芸術家の出会いで 広がるデジタルアートの世界

テクノロジーとアートが融合すると、楽しい世界が広がる。パソコン、インターネットなどの発達で誕生したデジタルアートは、アニメだけでなく、インテリア、野外彫刻などにも及ぶ。面白そうな成果が期待されるユニークな研究を紹介しよう。

### 08 *R & D*

#### 次世代の光デバイス 新タイプの窒化ガリウムで開発

### 10 *Product*

#### 都市熱化を防ぐクールビズ ビルの屋上緑化、土に工夫の新技術

### 12 *Local Technology*

#### 誕生を待つ京都発ビジネス 大型古画をスキャン、絵具も割り出す

### 14 *Literacy*

#### バーチャル科学館の最新人気作 クリックひとつで「惑星の旅」に

### 16 *Entertainment*

#### 秋山仁が選ぶ 「11月の本・展示・音楽」

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  
黒田雅子  
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  
京都大学工学部井出研究室  
久保工  
メビオール  
大日本スクリーン製造  
片桐良一

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



技法再現標本絵画「菊花流水図」。材料推定データの作成を目的として、江戸時代の材料と技法に則して描いた絵画。絵具は青は群青、緑は松葉緑青を使用している。

# What is JST?

## 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。

# グローバル空間から日本をズバリ

青色発光ダイオード(LED)を開発し、  
次世代の発光ダイオード研究のためにアメリカへ転進した「世界のナカムラ」。  
新天地での最新の研究成果と、最近の心境を語ってもらった。



カリフォルニア大学  
サンタバーバラ校教授  
**中村修二**

People

理の当然を明快に主張する研究者を、世間はなぜかいぶかる。学究は万事に控えめという、奇妙な固定観念が物言わぬ研究者を生み出す。創造性の目を摘みかねないこうした日本の風土に厳しい視線を向けながら、中村さんは新天地カリフォルニアでの光に満ちた研究生活を語る。

中村さんを「世界のナカムラ」に押し上げた青色発光ダイオードの材料、窒化ガリウムは今新たな進化を遂げようとしている。リーダーを務めるJSTの不均一結晶プロジェクトなどで、次々に大いなる可能性が明らかになっている。変換効率70-80%という照明の光源としては驚くほど高効率な素子や、緑色半導体レーザーが見えてきた。

「アメリカにやって来た、というより、国境のないグローバルな空間にいる、という感覚です」。

カリフォルニア大サンタバーバラ

校の中村研究室には、米、独、印、中、韓、日、イスラエルの若い研究者が集まっているという。彼らは精力的に研究し、猛烈に遊ぶ。エネルギーですぐれて個性的だ。「これが大学発のベンチャー企業がどんどん生まれ育つ原動力ではないか」という。「それに比べると、日本の学生は元気がない」。中村さんは大学入試にその遠因があると、かねてから考えている。5つも6つもの教科を平均的にできる人間を大量につくってはいないか。戦後、欧米に追い付き追い越せのキャッチアップ時代にはぴったりだったこのシステムは、もう変えなければならない。

もう一つ気になってるのは、研究者の社会的な地位、処遇の問題だという。日本の企業では研究者が いい仕事をして、研究者が研究職のままでは待遇も収入も増えない。管理者、経営者にならないと、月給も上がらないし、社内の評価だって高くない。

「日本ではどうしても文科系の管理的発想が幅を利かせてしまいます。米国ではストックオプションなどの仕組みで、社長より高収入の研究者がたくさんいますよ」。

官僚的なのに論理的でない日本の研究組織を厳しく批判する一方で、グループがチームワークで集中的に開発に取り組むスタイルは、世界に誇れると、評価する。これは米国では不可能に近く、日本の製造業の優れた資産だという。

その日本に戻るとしたらいつごろかという問いには、ずばり「司法制度が改革されたら」。ずばりと本質を突くのは優れた研究者の性なのかもしれない。

(日本経済新聞論説委員 塩谷喜雄)

# 工学者と芸術家の出会いで 広がるデジタルアートの世界

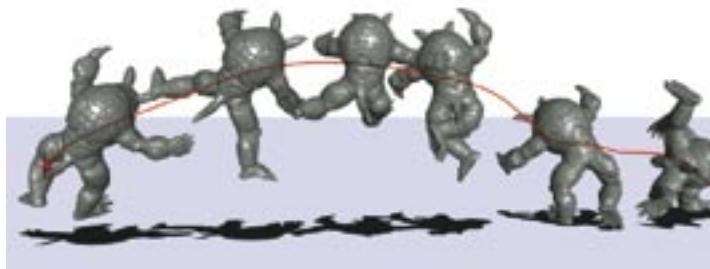
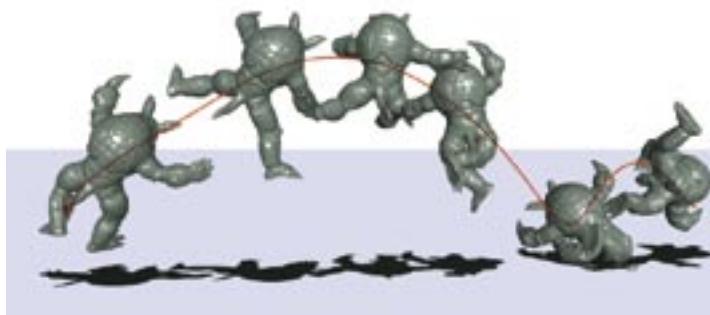
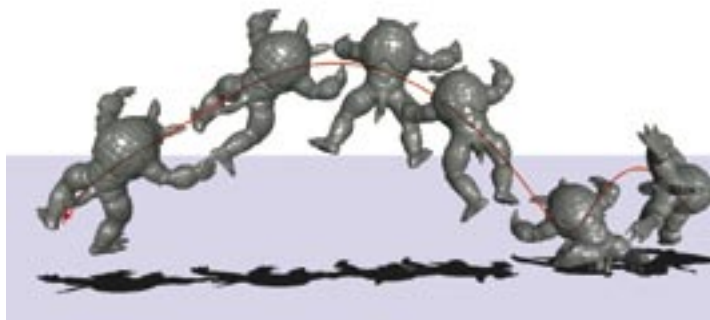
テクノロジーとアートとの融合が新たに注目されている。

その最先端にあるのがゲームやアニメなどのメディア作品。

パソコン、インターネットなどデジタル技術の発達で大きく進化してきたが、さらに次にくるものが求められている。

モノづくり中心だった日本の科学技術開発に新しい動きが始まっている。文化(アート、デザイン)との融合だ。

JSTの戦略的創造研究推進事業の研究領域「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」もその一つだ。いままでの日本の技術開発ではほとんど見られなかった、エンジニアとアーティストの共同作業という非常にユニークな研究体制をとっている。



(上)コンピューター・シミュレーション(計算)で求めた動き。

(中)作者の感性を入れて3カ所のポーズを変更した動き。

(下)さらに運動の軌跡(赤の実線)に修正をかけた動き。

## 文化を誘発する 基盤技術を求めて

背景には日本が今まで突き進んできた、単なるモノづくりではもう世界から注目されなくなり、尊敬されなくなってきたことがある。同じ技術の開発でも、新たな文化を誘発するくらいの基盤(インフラ)としての技術でないと、起爆力にならないことが分かってきたからだ。

エンジニアだけでは性能や高機能を追い求めがちだ。アーティストだけでは自己満足の作品で終わるかもしれない。両者が絡み合うことで、新しい何かが生まれる可能性がでてくる。

研究領域を統括する原島博さん(東京大学大学院情報学環・学際情報学府教授)は、研究の採択にあたって「いろいろな分野の研究者の出会いを誘発するようにした。応募してくるグループ内部でのディスカッションが刺激的で有益だったという話も聞いた」という。

アニメあり野外彫刻あり、インテリア作品ありロボットもありと、おもちゃ箱をひっくり返したような4つのチームによる多彩な研究の一部を紹介しよう。

## 日本独自のアニメに 米国的な効率を加える

いちばん素人に分かりやすいのは、森島繁生・早稲田大学理工学部教授の研究チームだろう。

森島さんらのプロジェクトは、ずばり、日本のアニメ作品の制作の効率化だ。周知のように、日本のアニメは、アカデミー賞をとるなど世界で高く評価されている。ところがそ



1. 頭髪の生成領域を指定



2. 分け目を指定



3. 頭髪を自動生成



4. 頭髪の本数を増量



5. 4.の側面図



6. 頭髪を局部的に編集



7. 局所編集をした後に頭髪を増量



8. 房を生成

の制作プロセスは、彩色処理など一部の作業はコンピューター化されてきたが、手描きによる作業が基本であることに変わりはない。

一方、米国においては、手描きアニメも制作されてはいるが、いわゆる3DCG（立体コンピューター・グラフィックス）アニメーションがそれをしのぐ勢いで台頭してきた。この場合には、コンピューターの中で3Dモデルを生成し、描画するという手法をとる。手描きでは困難な、ダイナミックな表現、あるいは実写に近づくリアルな表現が得られる。

これに対し、森島さんらの目標は、日本のアニメ独特の作者の感性を生かし、従来の手描き手法より効率的で、より表現力に富んだデジタル映像表現手法と方法論を提供する、というものだ。米国の現状をみても分かるように、今後のアニメ表現では、手描きか3DCGか、ということに拘泥するものではなく、作品に応じて様々な表現形式が必要となってくるのだ。

さて、この目標を実現するためのキーワードの一つに、「ディレクタブル（directable=演出可能）」がある。

自動的にアニメを作りながらも、後で作者の感性を取り入れた編集が可能なシステムを構築するという意味だ。

例えば、キャラクターがやわらかい物体の場合に、飛んだり跳ねたりするアニメーションを計算によって求める。後で、その一部のキャラクターのポーズを手編集により変えても、前後の映像が不自然にならず、滑らかに運動が繋がるといった制御方法を開発中だ。また、アニメキャラクター用の髪の毛のデザインツールの開発にも着手した。

## デジタルで作り出すパブリックアート

こうしたデジタル映像技術を、外部空間に持ち出そうというチームもいる。

アートの中にパブリックアート（公共芸術）というジャンルがある。東京・六本木ヒルズに行った人なら、巨大なクモの彫刻や意味のない数字が点滅するパネルを見たことがあるだろう。別に現代彫刻でなくてもいい。上野の西郷さんの銅像だって見方によっては立派なパブリックアートだ。

メディアアートにもこういうジャンルを創出できないかと挑戦しているのが廣瀬通孝さん（東京大学先端科学技術研究センター教授）のチームだ。廣瀬さんは長い間バーチャル・リアリティ（VR、人工現実感）の研究をしてきた。そしてVR以上に訴求力のあるメディアを求めてきた。

## バーチャル・リアリティ（virtual reality）

仮想現実感と訳すこともある。現実には存在しない物体や空間をコンピューターで生成して、あたかも実際にそこに存在しているかのような感覚を人工的に与える技術。

マンションを買う前にその室内や周囲の景観を体験したり、現実には近づきにくい危険な場所での作業などを練習するといった場合に使われている。

ゲームの世界はもちろん、各種のシミュレーション、工業デザインや遠隔地との3次元通信など応用範囲は広がる一方だ。ロボット技術と組み合わせ、遠隔手術などにも用いられている。

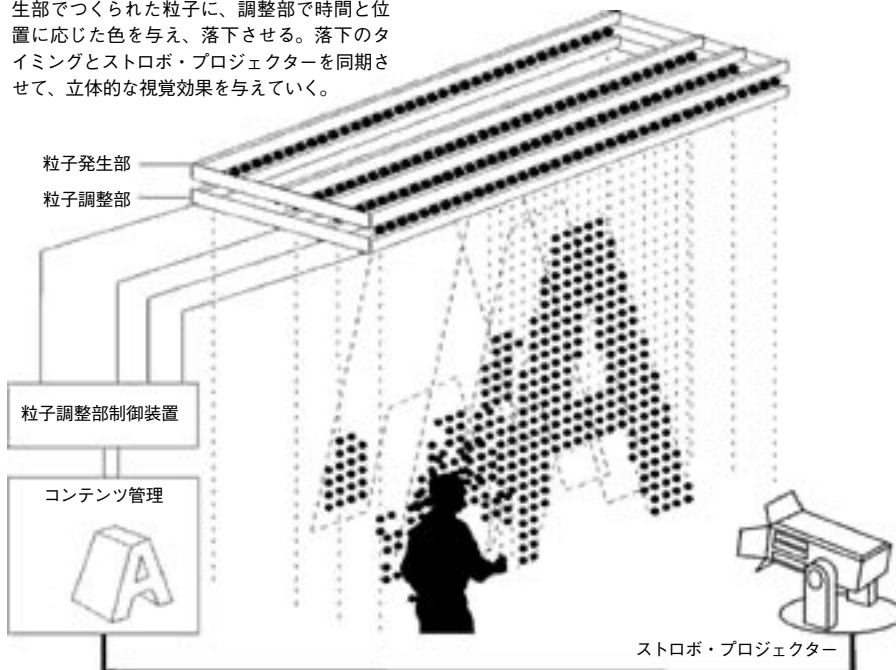


廣瀬チーム・鈴木康広さん作のパブリックアート  
「遊具の透視法」(左上)  
(撮影 川内倫子)

「まばたきの葉」(右上)  
(撮影 市川勝弘)  
提供 スパイラル/(株)ワコールアートセンター



**空間充填型ディスプレイ** 大空間に粒子を拡散させ、その色や明るさを制御して3次元空間に立体形状を表現する。例えば、粒子発生部でつくられた粒子に、調整部で時間と位置に応じた色を与え、落下させる。落下のタイミングとストロボ・プロジェクターを同期させて、立体的な視覚効果を与えていく。



パブリックアートは物という実体が空間を占めていて、映像だけの表現よりインパクトが強い。さらに、見るだけでなく、触ったりして作品に参加できるという特徴がある。

開発中の「実空間映像型ディスプレイ」は、三次元の映像が空間に浮かび上がる仕掛けだ。イメージ的には映画「スターウォーズ」シリーズにたびたび登場し、登場人物同士が会話する装置。技術的には平面ディスプレイを回転し、見る角度とタイミングをうまく合わせることで立体視を実現しようとする。

その他にも、水滴のカーテンを作り、落下のタイミングと短い時間に光を発するストロボ・プロジェクターを同期させることで、空間に文字や映像が浮かび上がるシステムも開発中だ。

## ユビキタス (ubiquitous)

Ubiquitousというラテン語に由来する英語で「神が<sup>あまね</sup>遍く存在する」という意味。

ユビキタス・コンピューティングとは、極小のコンピューターが洋服や靴といった身の回りのモノからスーパーの野菜や肉のパックにまで組み込まれて機能し、人間を陰で支えてくれるシステム。米国のゼロックス・パオアルト・リサーチセンターの研究者が命名した。

## ユビキタス技術でコンテンツを連動させる

ユビキタスコンテンツという概念を提唱しているのは稲蔭正彦さん(慶

應義塾大学環境情報学部兼政策・メディア研究科教授)。今はコンテンツが見えているけれど、もっと生活の中にとけ込んでいくと、さりげなく見えないものになるという考えだ。またユビキタスの技術を使ってコンテンツ同士が連動するという今までにない仕掛けも開発している。

その一例、「Breathing」という作品は一見、何の変哲もないランプだ。

実はこのランプ、“呼吸”していて大きくなったり小さくなったりする。そのテンポが近くでの人間の会話が活発になると速くなり、会話が静かになると呼吸もゆっくりになるのだ。いわば会話のメトロノームとして機能している。人は何げなくランプに目をやりながら、「話が盛り上がってるな」と確認できるわけだ。

さらにこのランプをカフェなどに数台置き、ネットワークでつなぐ。そうすると、他のテーブルでの会話に同調することもあり、一瞬、違和感を感じることで、パブリックとプライベートとの意識が交錯することもある。

照明器具としてのモノに加え、人と人とのふれあいを支援するダイナミックな環境を演出するユビキタスコンテンツとなっている。

稲蔭さんは「今はコンテンツという映画、ゲーム、アニメが浮かびますが、将来はこうした状況を理解したり個人に合わせたものが、求められてくる」と主張する。稲蔭さんはさらに先を展望する。

こうしたアイデアはいわば一品生産の手工業の時代のもの、それをいかに効率よく生産していけるかが重要になってくる。そのためには製品のモジュール化(規格化)やそれを支えるしっかりした理論が必要だ」と指摘する。

## ロボットによる芸術祭「ロボ・ビエンナーレ」を!

最後に紹介する藤幡正樹・東京芸術大学美術学部教授のチームは今まで見てきた研究とは少々、異質かも



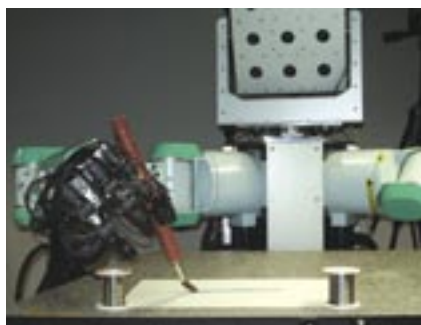
**Breathing** 会話の状況に応じて大きくなったり、小さくなったりするランプ。

しれない。同じようにデジタルメディアを用いて芸術表現の技術開発を目的にしているのだが…。

このチームの目標は「ロボットに絵を描かせること」。何年も前に似顔絵を描けるロボットはできているが、それはスクリーンに映った映像をプロッターがなぞる単純なものだった。ここで目指しているのは、ロボットが描く対象を認識して、筆を使って油絵を描くという高度なものだ。

「子供と絵を描く」、「ピカソみたいな絵を描く」、「ディスプレイ上で本物の油絵と同じ描写を実現する」といった、チーム内の各グループの研究を通じて浮かび上がってきたのは、絵画を描くという行為の複雑さだ。

すでにヒトの動きをまねて、筆を持ち替えて丸などの単純な記号を描くロボットを開発したが、まだまだ



お絵描きロボット

絵を描くというレベルではない。

「ヒトはなぜ絵を描くのか?」というレベルまで、研究の地平を掘り下げる必要がでてきたという。

しかし、藤幡さんの計画は大胆だ。「来年後半には、ロボットによる芸術祭、ロボ・ビエンナーレを開催したい」という。ロボットによるサッカー競技、ロボカップを意識してのことだ。

日本では珍しい工学者と芸術家があっぶり四つに組んだ研究開発だけに、実に多彩で面白い成果が期待できそうだ。

研究統括の原島さんは「全く新しい分野を切り開こうという試みだけに、評価軸も一緒に開発していく必要があり、そこが難しい」と話す。

その評価の基準の一つとして参加研究者が異口同音に話すのが「成果を一般市民に見せて評価してもらいたい」ということだ。見てもらい、批評してもらえば、それを研究にフィードバックすることで新たな展開が期待できるからだ。

原島さんは最後に言った。「JSTには日本科学未来館がある。こどもたちを集めての成果発表会もいいかもしれない」。何やら楽しいことになりそうだ。

(ジャーナリスト 小泉成史)

# 新タイプの窒化ガリウムで開発

世界初の高輝度青色発光ダイオードを開発した中村修二・カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授らが、次世代の光デバイス用に新しいタイプの窒化ガリウム系半導体を開発、またまた世界の注目を集めている。

RGBD

信号機や駅の電光表示板で目にするように、発光ダイオードはさまざまな分野で急速に普及している。市場はすでに全世界で6000億円を超え、年間200%の成長率で伸びているとの予測もある。牽引するのは白色LED（発光ダイオード）で、携帯電話や大型テレビの液晶バックライトのみならず、自動車ランプへの採用など、一般照明器具への応用開発も進んでおり、1兆円市場も遠くないとの期待がますます膨らんでいる。

こうした中で中村教授らが今回発表した材料は「半分極性、無極性窒化ガリウム系(GaN系)半導体」というもの。今後の飛躍が期待される照明などの応用分野を強く意識した材料だ。これまで中村教授は、窒化ガリウム系半導体と青色発光ダイオードの開発において既存の技術パラダイム(その時代の支配的考え方)を覆し、企業に大きな収益をもたらした。今回の研究成果もまた、そうしたパラダイム変革を起こそうという“強い意思”を感じさせる。

## 思い通りの色が実現

今回の材料は、窒化ガリウム系半

導体(GaN系)である点では今までとまったく同じ。しかし、決定的に異なるのは、利用する結晶面が違うのだ。窒化ガリウム系半導体の結晶は六方晶系をしていて、これまではずべて原子が六角形に並ぶ面(c面)を利用してきた(図1)。理由は、普通の条件で結晶成長させると、こちらの方向に最も自然に結晶が伸びるからである。

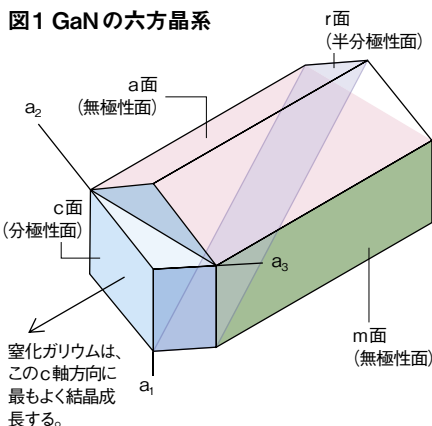
そもそも高輝度青色LEDが成功する前は、この“できやすいc面方向”にさえ、結晶をうまく成長させることが難題の一つだったわけだから、容易な道を歩むのは仕方なかったといえる。ただ、この方向の結晶にはいくつか問題が残っていた。それがLEDの次なる飛躍の大きな障害になりつつある。

第1の問題は、従来のc面結晶は分極(内部の電荷分布に偏りができること)方向に成長させるために必然的に内部に電場が生じてしまうことだ。そのため発光に必要な電子(マイナス電荷)と正孔(プラス電荷)の再結合の効率が低下する。つまり、より少ない電流で、より明るい光を出そうという際の妨げになる。

第2の問題点は、これまた分極によって起こる問題だが、c面結晶では電流が増えると発光波長が短い方(紫色側)にずれてしまうこと。一口に青色といっても、色が変わってしまうのでは、高精細大画面ディスプレイなどで意図した通りの色が出せなくなってしまう。

第3は、従来のc面結晶ではp型窒化ガリウム系半導体の正孔濃度が低いために、LEDやLD(レーザーダイオード)を動作させる電圧が高くなり、

図1 GaNの六方晶系



### 分極性

結晶内の原子配置によって起こる電荷の偏りのこと。窒化ガリウムのc面方向を真横から見ると、ガリウムだけが並ぶプラス電荷の面と、窒素だけが並ぶマイナス電荷の面が、交互に重なっている。しかも中性位置からずれて並んでいるため、電氣的な偏りが生じる。



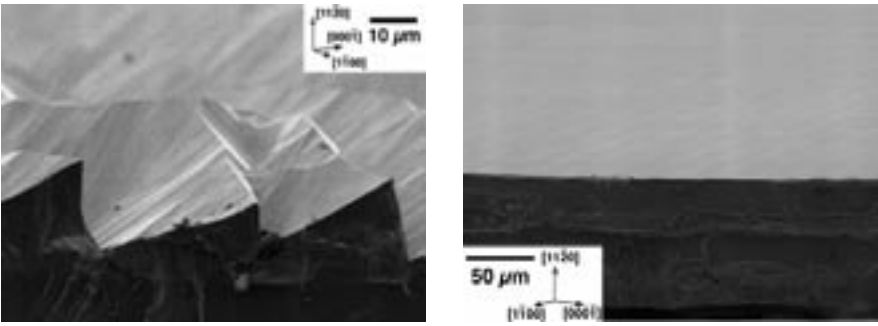


図2 従来の無極性Ga<sub>N</sub>系半導体の結晶成長表面(左)と中村プロジェクトで達成された平坦な薄膜(右)。

また発光効率が低くなるという問題であった。

## カギとなった結晶の成長法

将来の大きな市場を考えれば、より高性能で理想的な半導体をめざすのは研究者の王道であり使命であろう。窒化ガリウム系半導体の結晶成長を深く理解している中村教授は、なにも別の材料に鞍替える必要などなく、利用する結晶の面を変えるだけでよかった。c面と直交するa面やm面(無極性面)、斜めに交差するr面(半分極性面)の研究がほとんど手つかずの状態が残っていたからである(図1)。

しかし、無極性面や半分極性面の方向に結晶を成長させるといっても、もちろん簡単ではない。第1に、結晶成長の土台部分といえるサファイア基板上に作る平坦な窒化ガリウム薄膜がなかなかできなかつた。自然の状態ではc面方向にどんどん成長が

進んでしまうから、斜めを向いているc面以外の方向では、どうしても凹凸になってしまう(図2)。もちろんノウハウだから詳細は不明だが、それを絶妙に制御して、ようやく結晶欠陥の少ない平坦な薄膜ができたわけだ(図2の右、図3)

次に用いたのは、LEOと呼ばれる手法だった。LEOは、平坦な薄膜(テンプレート層)の上に酸化シリコンのパターンをつけ、その隙間を通して結晶成長させる方法で、パターン上にも乗り上がる形できれいに結晶成長することが知られている。こうして、無極性・半分極性の窒化ガリウム系半導体結晶成長法がほぼ確立したというわけだ。この手法で新しいタイプの窒化ガリウム系半導体LEDが試作されたのである。

## 理想的な特性示す新材料

できたLEDは、基本的に、c面結晶の欠点をもたない優れた性能を示

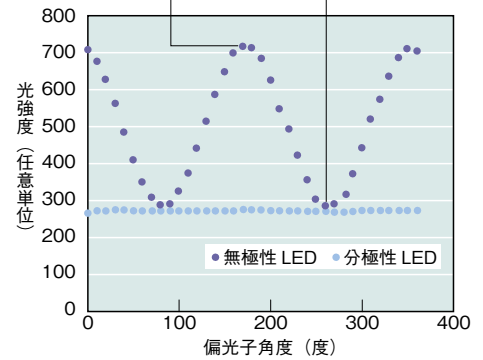


図4 無極性LEDはそのまま偏光しており、液晶ディスプレイのバックライトに使う場合、偏光フィルターが一部不要になる。

した。同時に、新しい特徴がいくつも見つかった。

第1に、無極性p型Ga<sub>N</sub>系半導体の導電性が大幅に改善され、発熱を抑えることに成功。

第2に、半分極性・無極性のGa<sub>N</sub>系LEDは自然に偏光を発する。この発見はなかなかおもしろく、液晶ディスプレイのバックライトに応用する場合、片方の偏光フィルターが不要になる(図4)。

さらに第3として、半分極性・無極性のGa<sub>N</sub>系LEDは、電流増加による発光波長のシフトが、きわめて少ないか、あるいは無いという特徴をもつ。

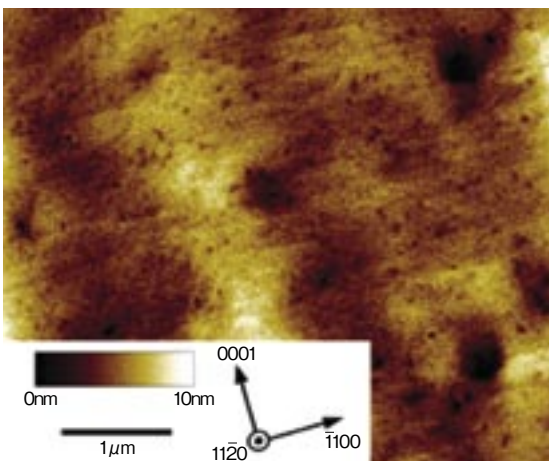
第4に、LEDが発光し始める「順方向電圧」が従来のものより低いこと。

そして第5として、従来のGa<sub>N</sub>系LEDより高い動作電流であっても、半分極性・無極性のGa<sub>N</sub>系LEDは光出力(輝度)が飽和しないのだ。

気になるのは実用化の時期。中村教授は「企業なら1年でしようが、いま進めているのは大学なのでもう少し時間はかかるかな」と予想する。もちろん、研究から開発、そして量産に行くまでには多くの課題を解決しなければならないが、少なくとも既存のパラダイムが再び大転換される可能性が見えてきた。

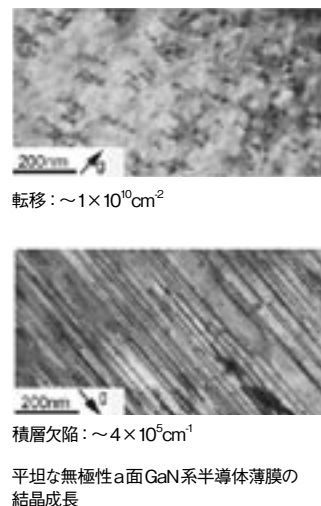
(サイエンスライター 松尾義之)

図3-1  
原子間力顕微鏡の画像



表面に小さな穴が高密度に分布

図3-2  
透過型電子顕微鏡の画像



平坦な無極性a面Ga<sub>N</sub>系半導体薄膜の結晶成長

## 都市熱化を防ぐクールビズ

## ビルの屋上緑化、土に工夫の新技術

年々深刻化する都市部のヒートアイランド現象。

その対策として期待されるビルの屋上緑化に、「保水性が高く、軽量でコンパクト」と三拍子揃った特殊な土壌を用いた、手軽で効果的な技術が登場した。

Product

実感として、都市部の夏は、年々暑くなっている。「ここは熱帯か」と思うこともしばしばだ。ところが、最高気温が30度を超える真夏日の日数は30年前とあまり変わらない。7～8月の東京都心部でみると、だいたい40日ほどだ。暑いと感じるのは、都市の熱が蓄積し、夜間になっても下がらないヒートアイランド現象が起きるためらしい。

気象庁のデータによると、1975年7～8月の東京で、最低気温が25度以上の熱帯夜は18日だったのに対し、2005年の同じ2ヵ月には26日あった。しかも、30年前の熱帯夜はせいぜい25度台だったが、2005年の夏は8月5日の27.6度を最高に、連日26度を超えていた。温められた都市部は、非常に冷えにくい状態に陥っている。

2000年、ヒートアップする東京を少しでも冷やそうと、環境緑化事業を立ち上げる建設会社が現れた。ビルやマンションの施工を手がける久保工(本社、東京都千代田区)だ。

### 根が育つ 保水剤探しから

ヒートアイランド現象は、道路や建築物の増加、緑地の減少、エアコンや自動車による排熱などにより、都市部の気温が郊外よりも2～3度高くなる現象だ。とくに、コンクリートなど熱を逃がしにくい建材に蓄えられた熱が、長時間にわたって放熱されることが問題に



発売された屋上緑化用のキットと土壌

なっている。

危機感を抱いた東京都は、敷地面積が1000平方メートル(公共施設は250平方メートル)を超える新築・改築物件では、屋上面積(傾斜屋根部分などを除く)の20%以上を緑化しなくてはならないとの条例を2001年に定めた。「この条例が施行されるという情報を得たことが、私たちの開発のきっかけになりました」と、同社環境緑化事業部の高汐健司部長は話す。

とはいえ、屋上の緑化は厳しい条



新しい保水剤

従来の保水剤

さまざまな保水剤を使った発芽・発根実験 いちばん左がスカイジェルを用いたもの。そのほかは従来のゲルを用いたもの。従来品では芽は出るが根が育たない。

#### \*ゲル

ゼラチンやこんにゃくのように、大量の水を含むことのできる、流動性の小さい溶液。高分子ポリマー製のゲルには、体積の何百倍の水を保水できるものがあり、紙おむつや生理用品などに利用されている。

件を必要とする。たとえば、頻繁に水やりができない点を克服しなくてはならない。重さも問題になる。高汐部長らは、まず、屋上で植物を生育させるための土壌条件を検討し、保水性が高く、しかも水はけのよい土壌が必要であると考えた。一見、矛盾するこの条件をクリアする方法はないものかと模索した結果、早稲田大学理工学総合研究センターの森有一客員教授の協力を得ることができた。

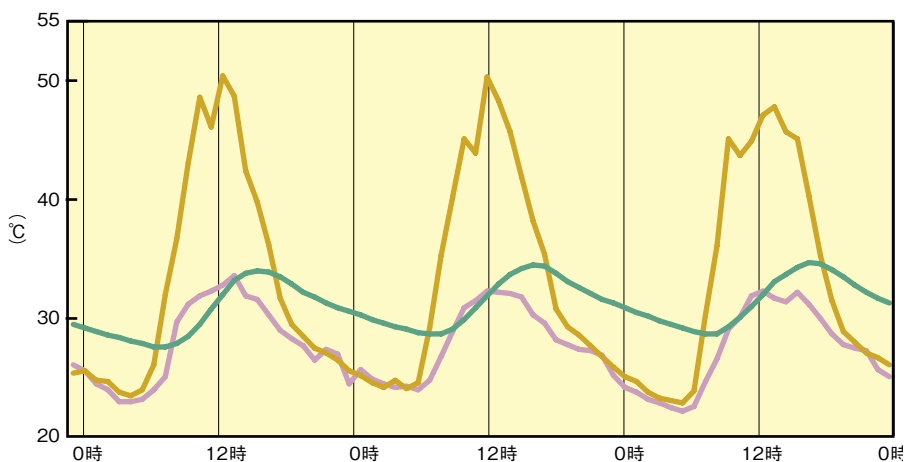
森教授は植物用の保水剤を開発しており、その成果は蘭の栽培ですでに実証されていた。高汐部長らは、市販のさまざまな保水剤も加えて実験を繰り返した。「従来の保水剤では、芝(コウライシバ)の芽は出るが、根が育たずに枯れてしまいました。ところが、森教授の保水剤では、良好な生育と発根がみられました」と高汐部長。

2001年4月、森教授が早稲田大学内で立ち上げたベンチャー企業のメビオール、蘭の品種改良を行っていた向山蘭園も加わって、JSTの委託開発事業に「高保水性軽量化マットを用いた屋上緑化技術」のプロジェクトで応募。採択が決まり、本格的な技術開発が始まった。

## 中国高地の 泥炭腐植土を使用

保水剤の主流は、紙おむつなどで使われるポリアクリル酸の高分子ポリマー製のゲル\*だ。実は、この保水剤でなぜ植物の根が育たないのかは長年の謎だった。森教授は、その原因がゲル内で起きるイオン交換にあることを突き止め、改良品を開発した。植物が育つにはカルシウムイオンが必要だが、これまでのゲルはカルシウムイオンを吸収し、反作用として成長を阻害するナトリウムイオンを放出していたのだ。

「森先生の保水剤も同じポリアクリル酸ですが、これは始めからカルシウムイオンを付加することにより、イオン交換を抑えてある」(高汐部長)と



— 無緑化の屋上温度  
— 芝生8cmで屋上緑化した時芝内温度  
— 屋上の気温

**2002年8月に行われた温度計測実験**  
緑化していない屋上では50度近い温度に達していたが、芝で緑化すると、芝の温度は外気温とほぼ同じ30度前後に保たれることがわかった。

8階建ての久保工本社ビルの屋上を緑化した様子。

いう。「スカイジェル」と名付けられたこの保水剤は、1ccあたり200ccもの水を抱え込む保水力を持つ。

並行して、高汐部長は軽い土壌の開発も行った。建築基準法では、一般の建物で1平方メートルあたり180キロまでの積載荷重しか認められていない。「いろいろ検討して目をつけたのは、中国奥地の標高3500メートルの高地に眠る泥炭腐植層でした」。

この泥炭腐植層の主成分は、約1万年前の植物堆積物。植物体は微生物によりほぼ完全に分解・成熟されている。そのため土壌が肥よく、しかも多くの空気を含み、水分も保持しやすい。さまざまな実験をした結果、この泥炭腐植土を8割、石を熱して膨張させたものを2割含む土に、全重量の0.3%の保水ゲルを加えた土壌(スカイジェルミックスRS)が完成した。

## 簡易なキットで実用化へ

「広く受け入れられるためには、いかに使いやすいキットにするかが課題」(高汐部長)だったが、50センチ四方のポリプロピレン製の排水トレーに、厚さ6センチの骨格構造を置き、

その中の空間に土壌を敷き詰めるキットを開発した。「たった3層からなる構造は、従来品に比べて極めて単純です。1平方メートルあたり、保水した土壌と芝を含めた重さが60キロとたいへん軽く、設置費用を含む価格は1万5000円前後と安価にできました」。

クールダウンの効果は、てきめんだった。夏期に行った試験では、コンクリートがむきだしの屋上で50度に達していた温度が、芝の内部では外気温とほぼ同じ30度前後に下がっていた。同時に、屋上のすぐ下の階の室内温度も2~4度低くなった。さらに、久保工本社ビル屋上で芝の設置試験を30日間行ったところ、水やりをせずに降雨だけで95%の芝が生育することも確かめられた。

「条例による都内の屋上緑化が順調に普及しているとは言えませんが、この技術の冷却効果には自信があります」と高汐部長。屋上緑化には防音や建物保護の効果もある点をアピールするなど、既存の建物でも使いたいと思ってもらうことが、普及のポイントになるだろう。

(サイエンライター 西村尚子)

## 誕生を待つ京都発ビジネス

# 大型古画をスキャン、絵具も割り出す

京都大学グループと画像処理機器メーカーが開発中の世界最大級のスキャナー。

大画面も一挙に高速でデジタル化できるうえ、絵具の推定も可能だ。美術品の保護、研究、普及に期待される画期的な装置とソフトを生み出したのは、異分野融合開発チームだった。

Local Technology

襖<sup>ふすま</sup>絵や屏風<sup>びょうぶ</sup>絵は、世界に類のない様式の絵画であると同時に、日本の伝統的建造物の優れたインテリアとして、実用的な機能も担ってきた。それだけに、古くから伝わるものには、損傷、剥離、退色などが生じていることも多く、適時の修復が欠かせない。見学者を受け入れる寺社では、本物は美術館や収蔵庫に保管し、複製を用意して作品の保護を図るところも増えてきた。文化財絵画をできるだけ実際に近い色でデジタル化し、アーカイブ\*として系統的に保存することも求められている。

### 美術家も加わる融合研究

京都大学桂キャンパスに隣接する研究成果活用プラザ京都の一室には、縦195cm横92cmの大型絵画をそのままデジタル化できる世界最大級のスキャナー3台が並ぶ。1ラインで7300ピクセルまで読み取る高解像度を備えたスキャナーは、画像処理機器を得意とする京都の代表的ハイテク企業、大日本スクリーン製造(株)が製作を担当した。

かねて文化財絵画専用大型スキャナーのプロトタイプを作っていた同社は、さらに目的にかなった装置や

ソフトを開発しようと、井手亜里・京都大学国際融合創造センター教授に共同研究を持ちかけた。

文化財絵画をデジタル化するスキャナーには、性能や構造についていくつかの必要条件がある。装置が大型でも分解と運搬が簡単で、文化財のある場所に持ち込み可能なこと。文化財を傷めないよう、通常のスキャナーのようにガラス板を接触させてスキャンするのではなく、非接触型であること。可視光を使い、短時間で取り込めること。これまで以上に高い精度と色分解能も求められる。

「同時に絵具の材料も推定できればと、超微細材料分析が専門の井手先生に声をかけました」。大日本スクリーン製造技術開発センターの藤井照夫課長は、プロジェクト誕生のきっかけを語る。

井手教授のもとにJSTの支援を受けた開発チームが発足したのは2004年10月。美術が専門の中西陽子さんと物質工学専攻の神崎貴士さんが技術員として加わった。片山朋子さんから京大大学院生も貢献している。

「芸大出身者からエンジニアまで、最初は会話にも困るほどの畑違い。でも、仕事を進めるうちに大いに充実してきました」。異分野融合型開発が実りを見せる現在の研究室には、井手教授が言う充実感と一体感があふれる。

### 絵師は材料科学者だった

文化財である古い絵画を描いた絵師たちは、どんな絵具を使っていたのだろう。目的の色をもつ鉱物を細かく砕いて粉末状の岩絵具にし、これを膠液<sup>にかわ</sup>と混ぜて筆で和紙や絹布に

#### \* デジタルアーカイブ

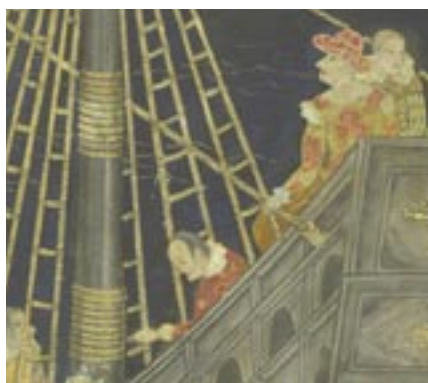
美術品、映像などをスキャナーやカメラを使用してデジタル化し、保存したデータベース。現状を画像として保存できるばかりでなく、コンピューター上で誰でも手軽に利用できるコンテンツになる。美術館や博物館の所蔵品を系統的にデジタル保存する作業が世界で進んでいる。



大型スキャナーを現場で組み立て、襖絵を一挙に取り込む。(撮影協力 随心院)



「南蛮人渡来図屏風」(161cm×352cm) 6曲1隻を1扇ずつ大型スキャナーに取り込み、デジタルアーカイブとした。高精彩の画像は拡大に耐え、細部を鑑賞するにたいへん興味深い(左)。絵具の推定もできる。(協力 松岡美術館、(財)京都国際文化交流財団)



雌黄しおうや赤味ゆうおうを帯びた雄黄は有毒な硫化砒素を含むため、鎌倉時代より後には使用されることが少なくなったからだ。なにより、復元や修復にあたって、どんな絵具で原画を補えばよいか、どのような技法を使うかのヒントが得られる。

井手教授はこれまで、X線、紫外線、粒子線などによって、多様な材料の微量分析をおこなってきた。一方、スキャナーは色をRGB(赤系/緑系/青系)値で識別する。大型スキャナーは、Rだけで100種類を判別できる能力をもつ。

プロジェクトでは、実際に岩絵具を使用して実験的に江戸時代の技法を再現して絵を描き、これをもとに色データを作製している(表紙裏参照)。墨で下塗りして影をつけ、上から岩絵具を重ねた色のデータ、胡粉を盛り上げ、その上に金箔を置いたときのデータ、絵具粒子の大きさと色のデータ。それぞれのRGB値と使われた絵具の元素分析結果、レーザーで測定した絵具の粒子径の情報をマッチさせて、材料推定ソフトをつくる。

### リースや成果の事業化も

井手教授は、イランに生まれ18歳で京都に来た。地元企業との共同研

究も多く、新聞のグルメ紹介欄にも登場する京都通だ。

「レベルの高い文化と高度な技術の両方が1カ所に揃って存在するところは世界にいくつもない。京都は数少ないそんな町」。このプロジェクトも京都だからこそ生まれ育った、と井手教授と藤井さんはうなずき合う。

「この開発は事業化しないと意味がない」と考える井手教授は、市場調査も兼ねて、開発したスキャナーを京都国際文化交流財団に短期間貸し出した。財団では、寺社がもつ文化財絵画をデジタルアーカイブ化し、ネット上で公開している。

ユーザーとの対話からさらにニーズをくみ上げ、「小規模でも広がりのあるビジネスにつなげたい」と井手教授。藤井さんも企業人の立場から「装置の販売やリースだけでなく、成果の商品化もできそうだ」と考えている。スキャナーで取り込んだ仏画を絹布にプリントアウトし、一部に筆で金彩を施した「作品」は、本物の手ざわりを感じさせるできばえだ。

絵画、壁画、タペストリーなど、保存すべき二次元文化財を数多くもつ中国やフランスからも、京都生まれの大型スキャナーは熱い視線を浴びている。

(サイエンスライター 古郡悦子)

定着させた。今日の日本画も、合成顔料やガラス粒子など新しい材料が普及しているが、基本的には同じ方法で描かれる。

岩絵具は色の種類はあまり多くなく、同色系の淡い色と濃い色は粒子の大きさで作り分ける。画家が岩絵具を加熱して、色調を変えることもある。油絵と違ってパレット上での混色はおこなわないのが基本だ。金きんや銀ぎんの箔、砂子すなご、泥でい、それに白の胡粉こはんも日本画独特の材料である。

美しい色彩を保つ古画を見るたびに、井手教授は「日本の絵師には材料科学の天才がいた」と思う。

画面に含まれる金属や無機化合物、微量元素がわかれば、そこから様々な情報を引き出すことができる。原料鉱物の産地はどこか、不純物を含まない上等な、したがって高価な絵具を使用していれば、絵師の格や注文主の懐具合を想像してみたくなる。砒素ひそが含まれていれば時代を推定できる可能性もある。鮮やかな黄色の

# バーチャル科学館の最新人気作 クリックひとつで「惑星の旅」に

充実した内容で、世界的にも注目されているインターネット・サイト「JSTバーチャル科学館」。現在、40数点のコンテンツからなり、さまざまな科学の知識を正確に、わかりやすく、そして楽しく紹介している。この科学館の新コンテンツ「惑星の旅」が人気だという。

## Literacy

たとえば、惑星の旅に出かけてみることにしよう。今すぐ飛び立てるのだ。クリック1つで、驚きに満ちた宇宙探検を始められる。家にいながら、パジャマ姿だっにかまわない。コンピューターをオンにして、「惑星の旅」にアクセスさえすればよいのだ。

「惑星の旅」は、科学をわかりやすく紹介するインターネット・サイト「JSTバーチャル科学館」の最新コンテンツだ。スタートボタンをクリックした瞬間から、惑星の美しさに息をのみ、探検の楽しさに引き込まれるに違いない。

### 惑星探査機に乗り込もう

「惑星の旅」は、おもにNASA（米国航空宇宙局）が提供する画像を素材に構成されている。膨大な数の中から選び出した、200点あまりの画像を使って、太陽系の惑星の1つひとつを紹介する。見る人は、まるでその画像を撮影した探査機に乗り込んで冒険しているかのように、宇宙

空間を太陽系の果てまで移動したり、土星の輪に近づいたり、赤茶けた火星の表面に降り立ったりしたような感覚を味わえる。彗星が眼前を横切ったり、赤く燃える太陽のエネギーが伝わってきたりもする。

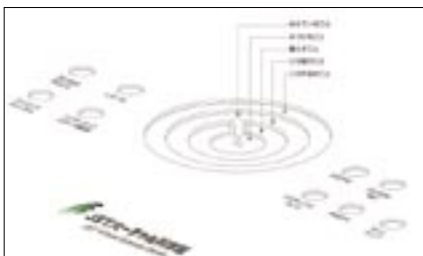
ただし、冒険の旅といっても、決してゲームソフトや映画のようなスピードや派手なアクションがあるわけではない。未知なる世界を研究してきた科学者たちの感動や、未来の惑星の旅で宇宙飛行士たちが出会うであろう興奮の、その一部を共有できるのだ。正確でいてねいな解説の文章とナレーションが、驚きをいっそう大きくしてくれる。

### おもしろく、カッコいい科学

制作を担当した入道隆行氏(株式会社ウイルアライアンスのディレクター)に話を聞いた。「科学は子供のころから好きでした。だから、科学をおもしろく伝えたい。しかも、カッコよく」と言う。大人も楽しめる「惑星

#### バーチャル科学館

「JSTバーチャル科学館」は下のアドレスで見ることができます。  
<http://jvsc.jst.go.jp/>



上は、バーチャル科学館のトップページ。下は、「ヒトゲノムがひらく未来」のなかの1ページ。

「惑星の旅」では、土星の美しい写真を豊富に紹介している。これは、1979年に、パイオニア11号が土星の上空約2万kmから撮影した写真。探査機の打ち上げからここへの到達までに、約6年半を要した。



上は「ETをさがせ！ヒトは宇宙でひとりぼっちか？」で、木星のページ。右は「惑星の旅」で、火星のトップページ(上)と、火星地表のクレーター内部を撮影した写真(下)。



の「旅」の画面が精緻で美しいのは、そうした思いによるのだろう。

科学的に重要なことを、いかにおもしろく伝えるかに力を注ぎ、「これだ」という表現が見つかるまで、工夫に工夫を重ねる。「惑星の旅」を見た人は、使用されているNASAの画像が静止画像だと聞いて、「そんなわけはない。あの惑星は確かに動いていた」と驚くに違いない。写真を徐々に横にずらしたり、小さくしていったりして、さまざまな動きが作りだされ、私たちは宇宙空間を旅しているような錯覚におちいるのだ。

「画面の操作でも、見る人をわくわくさせたい」と、ここにも工夫がこらされている。「コンテンツ内を移動していくユーザーの興味の推移を先読みして、情報や画像が、ちょっとしたカーソルの操作で画面に現れるような仕組みを用意しています」と、入道さんは説明する。確かに、こうした意外性のあるカラクリが、もっと先を見たいという気にさせてくれる。

入道さんは語る。「目的をもってサイトを見に来た人たちだけでなく、ふらっと立ち寄った人をも引き込めるような、そんな魅力をもったコンテンツを作るように努力しています。インターネットは手軽です。いつでも誰でも見られるものです。きっと多くの人が、科学の楽しさを発見できるようにするでしょう」

## 10年の歴史をもつサイト

バーチャル科学館がスタートしたのは、約10年前のことである。これ



までに制作されたコンテンツは、40数点を数える。

多岐の科学領域にわたる作品は、大きく5分野に分類され、「生きていること」(生物)、「見つけること」(科学の原理)、「暮らすこと」(生活周辺の科学)、「この星のこと」(地球)、「この宇宙のこと」(宇宙)、となっている。それぞれの分野にはたとえば、「ヒトゲノムがひらく未来」、「ものにはたらく不思議な力」、「石のアーチ橋はなぜ落ちない」、「大昔、地球には恐竜がいたんだ」、「もういちど月へ」といったコンテンツが含まれる。

インターネットのコンテンツは、広く一般の方々に見てもらうため、表現方法には大きな制約がある。標準的なユーザーに合わせたメモリー量やアプリケーションソフトしか使えないのだ。「制作者は、その時代その時代の制限のなかで、いかに良いコンテンツにするかを工夫しています」と、科学技術理解増進部映像事業課

の担当者は言う。40数点の全コンテンツの内容や表現はさまざまで、対象年齢も、子供から大人まで幅広い。これらに対する総アクセス数は、1年間で200万にも上る。

## 世界で認められた

バーチャル科学館のコンテンツはこれまでに、ウェブデザイン・アワード1999銀賞(「人体の神秘<私>って何だろう?」)や、マルチメディアグランプリ2000(「ETをさがせ！ヒトは宇宙でひとりぼっちか?」)をはじめ、国内の数々の賞を受賞してきた。

今回、全コンテンツを掲げて、2005年の国際連合情報社会世界サミット大賞(WSA)に参加した。9月にバーレーンで開催された審査会では、みごと科学部門で入賞を果たした。11月にチュニジアで開催されるWSAの祝典で、世界代表として紹介される。

(サイエンスライター 藤川良子)



## 秋山仁が選ぶ 11月の本・展示・音楽

自然というものは常にとっても美しい世界を構築している。  
難解でほとんどの人々がわからない定理より、多くの人々にも理解され、  
誰もが感動する定理を作りたい。

### Profile

秋山 仁(あきやま・じん) 数学者、平成基礎科学財団理事、日本数学検定協会会長、東海大学教育開発研究所次長、東海大学理学研究科教授、オホーツク数学ワンダーランド名誉館長。理学博士。

## Book

### 夢があれば老いない

この20行の詩集は、人は年を重ねただけでは人は老いない、夢を失ったときに初めて老いと説く。人は心の構え方でたどりつくゴールが違ってくる。かつては口コミで広がり、多くの人に影響を与えたこの詩集を、若い人にぜひ読んでいただきたい。



「青春とは」 原作詩 サムエル・ウルマン  
自由訳 新井 満 講談社 1000円+税

### 日本の黎明期の発明家

田中久重は東芝の創設者だ。九州の佐賀県出身で、多くのからくり人形を作り有名になった。その後、東京に出て、蒸気船、通信機器など新しい機器やシステムを作った。今まであまり知られていなかった田中氏を、読みやすく紹介している。



小説 田中久重  
童門冬二著 集英社インターナショナル 1700円+税

### 数学者の生き様を伝える

数学者に焦点を当て、彼らの素晴らしい側面や、困難な状況でいかに研究していったのかを伝える本。未解決問題「リーマン予想」を主題に、果敢に挑戦する数学者を紹介し、なぜ数学者が数学に打ち込んでいくか、なぜ数学に挑んでいくかに迫っている。



素数の音楽 マーカス・デュ・ソートイ著 富永星 訳  
新潮社 2400円+税

## Exhibition & Music

### 北の大地に誕生した数学の博物館

2003年7月、網走市郊外にある、小学校の廃校を利用して開館された。学校で習う数学の概念、公理、定理を具体的な作品にして展示している。見たり、触ったり、五感を総動員して、数学を理解することができる。数学のよさを再認識していただければ、名誉館長としてはまことに幸いだ。



オホーツク数学ワンダーランド  
北海道網走市字嘉多山416番地  
(旧嘉多山小学校)  
<http://www.omw.or.jp/>

### 科学の言葉「数学」を伝えるポスター

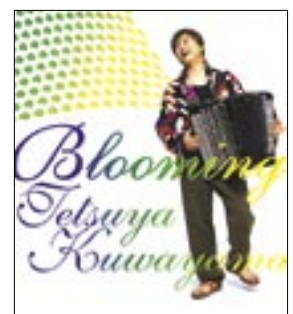
カーナビ、公開カギ暗号、株価の予想など数学の理論なしには現代文明は成り立たない。中学、高校で習う数学がいかに現代文明に深く関わっているか、その様子をわかりやすく表現したポスターが多数作られている。11月12、13日には市原市の東海大学付属望洋高等学校で展示される。



望洋高校数学ポスター展  
千葉県市原市能満1531  
<http://www.boyo.tokai.ed.jp/>

### 人生を語るアコーディオン

父親もアコーディオン演奏者である桑山さんは一時期生き方に悩んでいたが、フランス人演奏家に師事、自身も演奏者となることを決意した。若い割にはいろいろな人生を歩んできたので、感性に富んだ音を出す。これほどきれいな音色を出す演奏者を私は知らない。



Blooming (CD)  
桑山哲也 avex io 3000円+税