

JST News

Vol.4 | No.12

2008

March

3

月号

Close up

ポスト半導体の探求。

「ナノテクバーチャルラボ」横断的活動の成果

Topics 脳をよりよく理解するために。

脳科学とヒューマノイドロボット開発の関係とは？

Topics 不毛の地を緑に変える方法。

不良土壌でも生育可能な植物の作成技術



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

Contents



03

科学技術振興機構の最近のニュースから……

JST Front Line

Close up

「ナノテクバーチャルラボ」横断的活動の成果



06

ポスト半導体の探求。

「もっと小さく」というテーマを突き詰めた結果、これまでの常識を超えた問題に直面しているナノテクノロジーの世界。科学者たちは、今、垣根を越えて手を結ぶことで、その壁を乗り越えようとしている。



10

Topics 01

脳科学とヒューマノイドロボット開発の関係とは？

脳をよりよく理解するために。



12

Topics 02

不良土壌でも生育可能な植物の作成技術

不毛の地を緑に変える方法。



14

ようこそ、私の研究室へ

河口洋一郎 東京大学大学院情報学環教授



16

日本科学未来館の耳より情報

Running at the Miraikan

科学的かつ幻想的

【標本瓶】

その部屋は昼でも薄暗く、しんと静まり返り、鼻をつくような独特の匂いが漂っている。すすけた壁に沿って棚があり、大小のガラス瓶が立ち並んでいる。天井の古びた蛍光灯の光が、瓶の表に鈍く映えている。小さな瓶の中では微小な藻が八手のように茎を広げている。やや大きな瓶には、ぬめりような軟体動物が、さらに大きな瓶には、まん丸の眼を見開いた魚が入っている。瓶中の液体も標本も、すべてはまったく動かない。静止と静寂のなか、標本瓶をずっとのぞきこんでいると、後ろを振り返りたくなる――。

この記述は大げさで、今はずっと明るく開放的になったが、かつての博物館の標本展示室にはこんなイメージがあった。標本(specimen)とは、観察のため生物・鉱物などの全体または一部を

保存したものをいう。その限りでは間違いなく科学的思考と方法論の産物である。にもかかわらず、科学を超えた何ものかを見る者に感じさせる不思議な働きが、標本というものにはある。とりわけ、保存液に満たされた「標本瓶」の中の標本には。

標本瓶(specimen bottle)は標本の保存用に使われる、円筒形の蓋付き・裾付きのガラス瓶。90mlほどから1ℓを超える容量のものまで、いくつもの大きさがある。乾燥標本を入れる場合もあるが、圧倒的に多いのは薬液に浸して保存する「液浸標本」用である。標本はまず固定液に浸して固定(生物活性を止めて変化しないようにすること)し、その後、保存液を入れた標本瓶に入れ、蓋をして密閉する。最も代表的な固定液・保存液はホルマリン(formalin:ホルムアルデヒド水

溶液)。あのツンとする匂いの元はこれである。

ところで、固定とは生物体のある瞬間のままに不変の状態に保つことである。しかもホルマリンに浸した標本は、時間が経つと10%ほど収縮する。そのため標本は引き締まり、その分、気味が悪いほどに本質が現れているように見えるのである。その意味では標本とは、対象のある一瞬を切り取り、本質を抉り出す、写真や絵画に似ている。例えば江戸中期の“奇想の画家”伊藤若冲(1716~1800)の、どこまでもリアルであることで、かえって幻想的な鶏の絵(「動植綵絵」)などがすぐに思い浮かぶのである。標本に科学を超えた何ものかを感じるの、このあたりとかかわっているのではなかろうか。

(文・西田節夫)



JST Front Line

今月は、サル脳の活動の情報を受けて動作するロボットや、歯科インプラント手術の新技术、全国こども科学映像祭授賞式、中国総合研究センター新センター長就任など、バラエティに富んだ話題をお届けします。



NEWS

01

研究成果



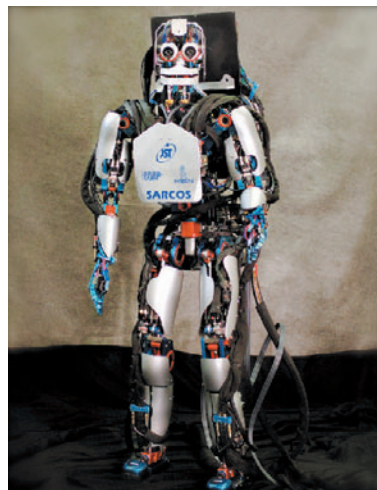
アメリカでサルの歩行の脳活動を計測し、その情報を日本に伝送してヒューマノイドロボットを制御する実験に成功。

P.10 Topicsへ

アメリカにいるサルが歩くと、同時に日本にいるロボットがサルと同じように歩く——そんな画期的な実験に、戦略的創造研究推進事業ICORP型研究「計算脳プロジェクト」(研究総括: 川人光男(株)国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所長)が、米国デューク大学と共同で成功しました。

この成果は、デューク大学の研究グループがウォーキングマシンの上を歩いているサルの脳活動を計測。その情報をインターネット経由でアメリカから日本に送り、ロボットがサルとほぼ同時に同じ動きをするというものです。

今回の成功は、脳活動を直接機械やロボットとつなぐブレイン・マシン・インターフェース(BMI)技術として、日本のみならず国際的に注目を集めています。



新型ヒューマノイドロボット CBi (Computational Brain-interface)。サルの脳活動の情報を利用して、まるでサルが歩いているかのような動作をした。

また、脳活動の情報という大量のデータを、リアルタイムでアメリカから日本という遠く離れた場所へ送ることに成功したという点でも高い評価を得ています。

今回サルの脳活動の情報を受けて歩行動作をしたロボットは、米国カーネギーメロン大学と2年がかりで共同開発したものです。155cm 85kgと、ほぼ人間の等身大、各種センサーと51カ所の関節(51自由度)を持ち、人間のようななめらかな動きを実現できます。

今後の展開としては、センサーで得た刺激をサルにフィードバックする双方向ネットワークの確立や、脳梗塞や筋萎縮性側索硬化症などの患者が脳活動によってパワースーツを操作する等の、運動機能の再建や補助への応用が期待されています。詳しくは、10ページへ。



NEWS

02

新規サービス

研究開発、商品企画、知財、産学連携のご担当者必見! 文献解析可視化サービス“AnVi seers”がスタート。

多様な分析内容で研究や開発をサポートする、新サービス“AnVi seers(アンビシアーズ)”の販売を開始しました。このサービスは、JDreamIIに蓄積されている豊富な文献データを解析し、グラフ・マップの形で可視化して提供するものです。

提供データは、折れ線グラフ、バブルグラフ、スケルトンマップなど6パターン37種類。必要な論文をひとつひとつ読むことなく、研究動向や開発動向をひと目で把握できるので、多忙な研究者や開発担当者にとって大変便利なサービスです。あらかじめ用意した150テーマから興

味あるトピックを選択する、お手軽な「スタンダード型」と、希望の検索テーマにより検索プランを作成する、自由度の高い「リクエスト型」があります。

詳しい内容やお申込み方法は下記アドレスから。

<http://pr.jst.go.jp/anviseers/>

例えば…

■バブルグラフ テーマ

「有機EL」で
見てみると

大阪大学がいち早く取り組んでいる!

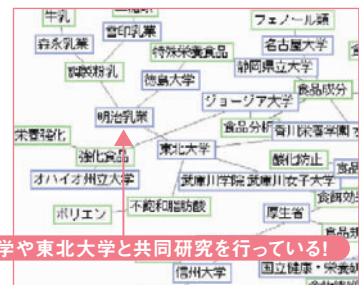


例えば…

■スケルトンマップ テーマ

「機能性食品」で
見てみると

明治乳業は徳島大学や東北大学と共同研究を行っている!





NEWS

03

開発成功

歯科インプラント手術の安全性を高める支援システム! 「サージカルガイド」を高精度に量産する技術開発に成功。

近年、歯科でのインプラント手術の需要が増大しています。

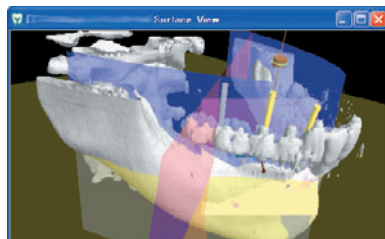
JST独創的シーズ展開事業・委託開発の開発課題「歯科インプラント手術用骨上エステント」では、インプラント手術に必要なサージカルガイドを、高い精度で量産する技術の確立に成功しました。

この技術は、莊村泰治 大阪大学大学院歯学研究科教授らの研究成果をもとに、和田精密歯研株式会社（代表取締役 和田主実）に委託して開発が進められていたものです。

人工歯根を植え込むためには、ドリルで顎の骨に穴を開ける必要があります。サージカルガイドは、ドリルを適切な位置に導くための手術支援用ガイドです。

しかし、従来のサージカルガイドは2次元のレントゲン写真をもとに顎の骨を想像しながら作成するために、正確性に欠けることがありました。そのため、インプラント手術の安全性は、サージカルガイドを作る歯科技工士と手術を行う歯科医師の、経験と技術に大きく依存していました。

サージカルガイドを設計するための シミュレーションソフト



3次元化したCTスキャン画像をもとに、埋め込み位置をシミュレーション、サージカルガイドを設計する。

3次元樹脂積層型成形機を用いて 造形したサージカルガイド

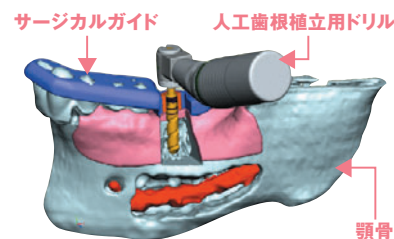


設計CADデータから迅速・高精度に立体のサージカルガイドや顎の骨の模型を造形する。

今回の開発では、CTスキャンで撮影した患者の顎の骨の3次元画像をもとに、患者の状態に合わせて最適な歯根の埋め込み位置をシミュレーションし、サージカルガイドを設計します。高い精度のサージカルガイドを作るだけでなく、顎の骨の模型と合わせて演習や患者への説明にも使えるので、技術や経験に依存することなく、安全、安心なインプラント手術を行うことが可能になります。

また、歯肉を剥離しないで手術を行えるようになるなど、手術時間も短縮できるので、患者への負担が大きく軽減されることも期待できます。

サージカルガイドによるインプラント手術の模式図



NEWS

04

コンテスト支援

小・中学生が製作した科学ビデオ作品の映像コンクール! 第6回「全国こども科学映像祭」の表彰式・講演会を開催。

1月13日、日本科学未来館（東京・江東区青海）で「第6回全国こども科学映像祭」の表彰式・上映会および記念講演会が行われました。

この映像祭は、子どもたちが科学映像作品を作るを通して、科学の楽しさや素晴らしさを理解し、「科学する心」

を育むことを目的としています。

全国13都道府県の小中学生の応募の中から、文部科学大臣賞の梅木小学校6年1組の「ひょうたん池のヒキガエル」をはじめ、13の作品が入選しました。

「光るキノコの不思議 ヤコウタケの神秘に迫る」で文部科学大臣賞を受賞した

八丈町立大賀郷中学校自然研究部の小野寺蓮部長は、科学映像作品を作った動機を「文章だとわかりにくい内容でも、映像で表現すれば、多くの人にわかってもらえるから」と語ってくれました。

なお、入選作品は、サイエンスチャンネル[※]でも紹介される予定です。



授賞式後、受賞者全員で特別ゲストの松本零士氏と記念撮影。

中学生部門 文部科学大臣賞



文部科学大臣賞中学生部門を受賞した八丈町立大賀郷中学校自然研究部光るキノコ班。

小学生部門 優秀作品賞



優秀作品賞小学生部門を受賞した伊知地直樹君とお母さんの晃子さん。

※サイエンスチャンネル <http://sc-smn.jst.go.jp/>



NEWS

05

人



中国総合研究センター 新センター長に藤嶋昭が就任。 「人と雰囲気大切に科学技術の日中交流を」

日本と中国の科学技術に関する動向の調査や、日中の科学技術関係者の交流を通じて生じた課題の検討・政策提言などを行っている中国総合研究センターの新しいセンター長に、2008年1月1日付けで藤嶋昭氏が就任しました。

藤嶋昭新センター長は、科学技術における日中間の交流についてこう語ります。「徐々に力を持ってきた中国は、科学技術の分野においても、インドと並んで決して無視することのできない国で、上手にコミュニケーションをとっていくことが大切です。」

私と中国との付き合いは、東京大学で中国から派遣された研究生と共同研究をして以来30年になります。継続的に留学生を受け入れてきましたが、そのほとんどが中国に戻り優秀な研究者として活躍しています。また、彼らとの共同研究



センター長

藤嶋 昭

ふじしま・あきら
1966年、横浜国立大学工学部卒業、1971年、東京大学大学院工学系研究科博士課程終了。現在、財団法人神奈川科学技術アカデミー理事長、東京大学特別荣誉教授、日本化学会会長、中国工程院院士。酸化チタン表面で起こる光触媒反応を発見。この現象は恩師の名前と合わせて「ホンダ・フジシマ効果」と呼ばれる。光触媒の第一人者。

も続けていますし、毎年1回、北京大学をはじめ、中国各地でシンポジウムも行っていきます。こうしたこともあり、今回センター長として白羽の矢が立ったのではないかと考えていますが、日中の交流をますます深めていきたいと考えています。

私が好きでよく使う中国の言葉に、『物華天宝、人傑地靈』というのがあります。中国では、お正月に家の門の前にこの言葉を掲げるほどよく知られた言葉だそうです。『物華天宝』とは、産物は天の宝だというほどの意味だそうです。私はこれをサイエンスとは天に隠されている宝を探すことだというふうに解釈しています。後に続く『人傑地靈』は、人が大事、さらに地霊すなわち雰囲気が大事だということ。日中の科学技術の発展のために、人と日中間の雰囲気を大事に考えていきたいと思っています」

NEWS

06

研究成果



成体マウスの肝臓と胃の細胞から iPS細胞の作製に成功。

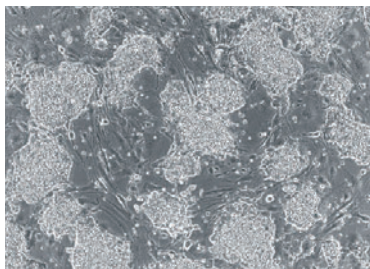
山中伸弥教授（京都大学 物質・細胞統合システム拠点・再生医科学研究）がヒトの皮膚細胞から開発に成功した人工多能性幹細胞（iPS細胞）は、ほぼ無限に増殖するとともに、神経や心筋など、さまざまな細胞に分化することができます。

しかし、iPS細胞の成り立ちには不明なことが多いのも事実です。例えば、iPS細胞が作出される確率は0.1%以下であることから、皮膚細胞にわずかに混在する「未分化細胞」が由来

である可能性が指摘されていました。また、iPS細胞を作る際に導入されるレトロウイルスベクターが、染色体上の特定の場所に挿入され、がん遺伝子を活性化させることも懸念されていました。

今回、山中教授は、成体マウスの肝臓と胃からiPS細胞を作ることに成功。このiPS細胞は遺伝学的解析により、未分化細胞ではなく、肝細胞、または肝前駆細胞が変化したものであると確認されました。また、肝、胃細胞由来のiPS細胞は、レトロウイルスの染色体挿入数が皮膚細胞由来に比べて少なく、染色体特定部位への挿入も認められませんでした。

これらのことから、iPS細胞は、分化した細胞の時計を未分化状態までに巻き戻すことにより作られることが証明されました。さらに、体のさまざまな細胞から、より安全なiPS細胞が作られる可能性が広がりました。



作製に成功した肝細胞に由来するiPS細胞。

NEWS

07

募集

産学共同シーズイノベーション化事業および、 独創的シーズ展開事業 「独創モデル化」の 課題募集開始。

JSTでは、平成20年度の産学共同シーズイノベーション化事業と、独創的シーズ展開事業「独創モデル化」の課題を募集しています。

産学共同シーズイノベーション化事業「顕在化ステージ」＜募集中＞

実施期間：最長1年

公募期間：第1回締切り4月7日

第2回締切り6月9日

第3回締切り8月4日

「育成ステージ」

実施期間：最長4年度

公募期間：6月2日～8月18日

独創的シーズ展開事業

「独創モデル化」＜募集中＞

実施期間：1年間

公募期間：締切り3月31日

詳しくは、下記URLをご覧ください。

<http://www.jst.go.jp/pr/info/info472/index.html>

ポスト半導体の探

「もっと小さく」というテーマを突き詰めた結果、これまでの常識を超えた問題に直面しているナノテクノロジーの世界。科学者たちは、今、垣根を越えて手を結ぶことで、その壁を乗り越えようとしている。

カーボンナノチューブ・エレクトロニクスへの挑戦。

熱くなったノートパソコンは ナノテクノロジーの「壁」の象徴。

科学の進歩は、時にわたしたちに思いもよらない難題を与える。最先端の研究であればあるほど、目の前に広がる未知の世界の間は、より広く、深くなるものだ。

「もっと小さく」という、科学技術の大きなテーマの最先端であるナノテクノロジー。1ミリの100万分の1というナノメートルの世界では、これまでの物理学の常識では説明できない現象が起き、それが科学技術の進歩の前に大きな壁となって立ちはだかっている。代表的なのが、「電子の量子的なふるまい」だ。理化学研究所の石橋幸治主任研究員はこう語る。

「ノートパソコンの電源を長時間入れていると、本体が熱くなるでしょう。あれも、電子の量子的なふるまいが原因なんです」

石橋主任研究員の専門は半導体。半導体は、条件によって電気を通したり通さなかったりする。この性質を利用し、電子的なスイッチなどの役割を果たすのがトランジスタだ。コンピューターの集積回路には膨大な数のトランジスタが組み込まれている。より小さい集積回路上に高密度のトランジスタを実現する技術は、高性能かつ高速度のコンピューターを実現するためには欠かせないとされてきた。

ところが、あまりに極小の世界へと足を踏み入れた結果、トランジスタでは電流が流れないと想定したはずのゲートを電子が勝手に通り抜けるようになってしまった。江崎玲於奈博士がノーベル賞を受賞した「半導体におけるトンネル効果」である。こうした、これまでの物理学の常識を超えた電子の動きは「電子の量子的なふるまい」と呼ばれる。この気まぐれともいえるふるまいによって流れた想定外の電流が熱を発生させ、ノートパソコンの本体を熱くさせてしまっているのだ。

こうした課題を解決するために、従来は、電子の量子的なふるまいを想定外のものと

みなして対策を考えてきた。しかし、さらに小型化が進めば発生する熱の量も大きくなり、やがては限界を超えて正常に動作しなくなってしまう(右ページ上コラム参照)。

そこで、それとは逆の発想も生まれている。電子の量子的なふるまいを積極的に利用することで、問題を解決しようというのだ。石橋主任研究員もその1人。取り組んでいるテーマの1つは、従来のようなシリコンなどの半導体ではなく、カーボンナノチューブをトランジスタとして利用したデバイスの作製だ。きっかけとなったのは、10年ほど前、客員研究員として渡っていたオランダでの出来事だった。

「わたしの所属していたデルフト工科大学は、その頃、カーボンナノチューブに電流

を流すことに世界の先陣を切って成功していました。たまたま、わたしの研究室にその実験をしている学生がいたのです」

彼の実験を通して、石橋主任研究員は、カーボンナノチューブでは、電子1個1個の制御につながるような現象が起こることを知った。この現象を利用すれば、トランジスタと同じ役割を果たすことができるかもしれない——そう気づいたことから、ポスト半導体としてカーボンナノチューブを利用したデバイスの開発に取り組み始めたのだ。

「半導体ばかりを研究していたら、それ以外の素材には目が向かなかったでしょう。たまたまオランダに留学したことが、わたしに新しい道を開いてくれたのです」

カーボンナノチューブを利用した まったく新しいデバイスを開発。

手探り状態での研究を続ける中で、大きな力となったのが、JSTの戦略的創造研究推進事業「ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ」(以下、ナノテクバーチャルラボ)への参加だった。

これは、2002年に、ナノテクノロジーへの総合的・重点的な取り組みとして、文部科学省が定めた3つの戦略目標の下に、10の研究領域を設定して実施されたもので、チーム型研究93課題、個人型研究24課題の合計117課題で構成されている。石橋主任研究員は、「カーボンナノ材料を用いた量子ナノデバイスプロセスの開発」というテーマで採用され、5年間にわたって研究を続けてきた。

その結果、大きな目標であったカーボンナノチューブを利用して、電子を1個単位で制御する「単電子デバイス」を実現(上写真参照)。ほかにも、カーボンナノチューブを使った人工原子作製の可能性につながる電子殻構造を世界で初めて観測し、さらに、がん細胞と正常細胞の識別においても重要なテラヘルツという周波数を持つ光



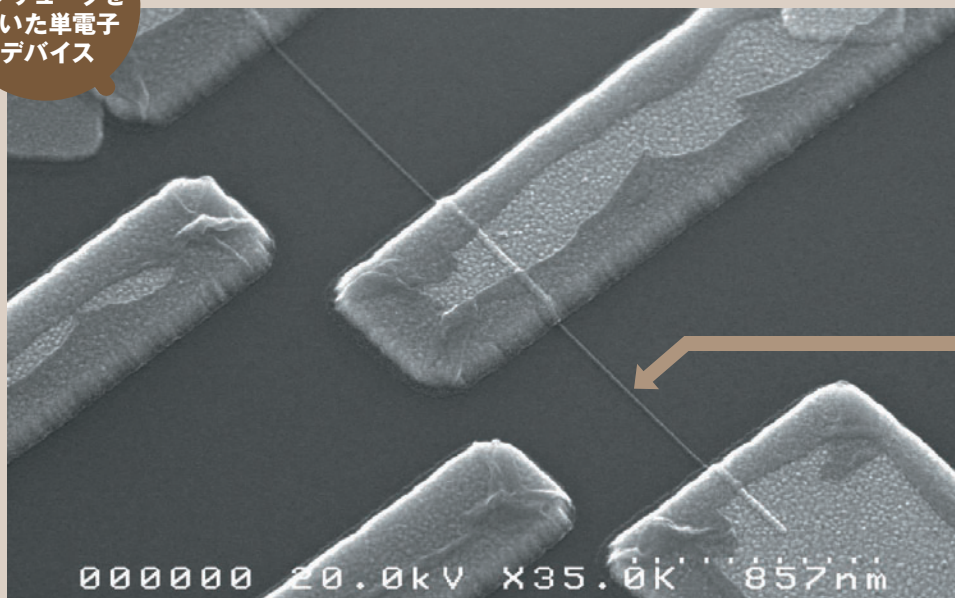
Profile 石橋幸治 (いしばし・こうじ)

大阪大学大学院基礎工学研究科電気工学専攻博士課程修了。工学博士。オランダ・デルフト工科大学客員研究員などを経て、現在は独立行政法人理化学研究所石橋極微デバイス工学研究室・主任研究員。JST「ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ」では、「高度情報処理・通信の実現に向けたナノファクトリーとプロセス観測」研究領域で、「カーボンナノ材料を用いた量子ナノデバイスプロセスの開発」に取り組む。

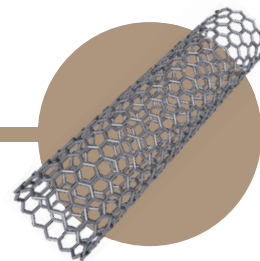
「ムーアの法則」は、2020年までに限界が来る？

より小さく、高性能なコンピューターを開発するには、集積回路上のトランジスタの密度を上げる必要がある。それに伴いさまざまな課題が生まれたが、科学技術の進歩はそれらをクリアし続けてきた。その経験から、世界有数の半導体メーカー・インテルの共同創業者であるゴードン・ムーアは、1965年に、「集積回路におけるトランジスタの集積密度は、18～24カ月ごとに倍になる」ことを提唱。「ムーアの法則」と呼ばれたその経験則の正しさは40年を経た今も証明され続けているが、ナノレベルにまで極小化が進み、「電子の量子性」に起因した新しい問題が発生してきたことから、2020年までに限界がくるとみられている。

カーボン ナノチューブを 用いた単電子 デバイス



半導体の代わりにカーボンナノチューブを用いたインバーター。2003年に石橋主任研究員らが開発した。カーボンナノチューブ上に電子1個1個をコントロールして動かすトランジスタを作製した「単電子デバイス」で、電子を10万個レベルで動かしていた従来のものと比べて消費電力が格段に小さい。



カーボンナノチューブ (CNT)

炭素の同素体。筒状で分子などを内包でき、結合の強さ、弾力性、電気的に独特な性質などから、大きな可能性を秘めた素材として注目を集めている。

測定室

を粒子でとらえることにやはり世界で初めて成功と、3つの大きな成果を上げたのだ。「カーボンナノチューブの利用が、エレクトロニクス分野で大きな可能性を秘めていることを明らかにできたと思います」

いわば、「カーボンナノチューブ・エレクトロニクス」ともいえるべき分野が生み出されたのだ。

化学分野の研究者との交流から 貴重な情報を入手。

こうした成果を上げることができた要因の1つとして石橋主任研究員が指摘するのが、ナノテクバーチャルラボの大きな特徴である、領域横断の試みだ。設定された10の研究領域は、それぞれの専門性を持ちつつも、互いに深い関連性を持っている。どれもナノレベルでの研究に取り組んでいるからには、石橋主任研究員のように、電子の量子的なふるまいという課題が、どの領域にも共通することは容易に想像できる。こうした課題を解決するために、研究領域ごとの研究推進に加え、研究領域を超えた情報交換・コラボレーション・領域横断シンポジウム・領域会議の開催など、有機的な運用・連携が積極的に図られたのだ。物



現在の技術では単電子デバイスは室温では動作しないため、電気的な特性などを測定する環境は、液体ヘリウムなどを用いて低温に保たれている。

理、化学、生物などさまざまな分野の研究者が融合することで、大きな成果が期待できるのがナノテクという新しい分野だ。

「わたしの専門は物理ですから、化学が専門の方と接する機会はほとんどありませんでした。しかし、領域横断シンポジウムなどを通じてそうした方と知り合うことで、カーボンナノチューブをどうすれば効果的

に溶かすことができるかなど、ほかでは知りえない情報を入手することができました」

そのほか、細かい実験作業などにあたっている学生たちは、やはり領域横断シンポジウムなどで一緒に寝泊りをしたのがきっかけで交流を深め、普段からメールのやりとりをして、実験方法に関する技術の情報を交換したりしているという。

作製したデバイスが思ったような特性を示さない理由の1つとして、素材として使うカーボンナノチューブの作り方が影響していると考えられるが、それに気づいたのはごく最近のことだ。

「1つのデバイスに使うカーボンナノチューブはほんのわずかですから、1度購入すれば、長い間保ちます。だから、ほかのものを試す必要がなかったのです」

どのようなカーボンナノチューブがデバイスに適しているのかが明らかになれば、研究は大きく進むだろう。現在は常温で単電子デバイスをはたらかせることはできないが、少しずつ、高温での動作も可能になりつつある。カーボンナノチューブ・エレクトロニクスは、まだ生まれたばかり。だからこそ、大きく伸びる可能性が秘められている。

ジョセフソンボルテックスで超高速動作を目指せ。

磁力を制御することで
間接的に電子を操作する。

ナノテクバーチャルラボの研究者の1人である名古屋大学大学院工学研究科の藤巻朗教授も、石橋主任研究員と同じく、ポスト半導体に関する研究を行っている。ただし、アプローチの仕方は、大きく異なる。

藤巻教授の研究のキーワードとしてあげられるのは、「超伝導」「速さ」「ボルテックス」の3つだ。

物質の中には、超低温の環境では電気抵抗がゼロになるなど、特有の現象を示すものがある。この現象が超伝導。特徴の1つに、磁束（磁力線の束）が量子的なふるまいをすることが挙げられる。このとき、磁束は数えることができるようになり、その最小単位を磁束量子という。そして、磁束量子を使った回路を作ろうというのが、藤巻教授の試みだ。

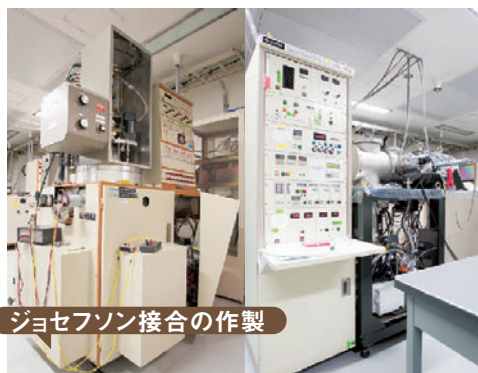
磁力によって電流が発生することは、中学の理科でも学習するだろう。磁束量子によっても同じように電流が発生する。そこで、電子を直接操作するのではなく、磁束量子を操作することで、間接的に電子を操作しようというわけだ。

藤巻教授が磁束量子に注目したのは、「速さ」へのこだわりがあるからだ。

「目標は、世界でいちばん速い回路を作り出すこと。それには、磁束量子を使った回路が最適だと考えたのです」

半導体を使った集積回路には、発熱や配線遅延による速さの限界がある。磁束量子には質量がないから、論理的には光の速さで動く。これを活用すれば、半導体の限界を超えた、世界一速い集積回路が可能だと考えたのだ。

磁束量子に伴って発生する電流が渦巻き状をしていることから、磁束量子やそれに伴



ジョセフソン接合の作製

超伝導体の粉にアルゴンイオンを当てて飛ばし、基板に付着させる。それに再びアルゴンのイオンビームを当てて削り、表面に1 nm程度の絶縁膜を作る。



回路の作製

感光剤を塗った基板を任意のパターンで隠し、紫外線を当てることで回路を作製。部屋が黄色いのは紫外線を遮断するため。

世界でいちばん
速い回路が
目標です。



Profile 藤巻 朗（ふじまき・あきら）

東北大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。工学博士。アメリカ・カリフォルニア大学バークレー校客員研究員などを経て、現在は名古屋大学大学院工学研究科量子工学専攻教授。JST「ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ」では、「超高速・超省電力高性能ナノデバイス・システムの創製」研究領域で、「単一磁束量子テラヘルツエレクトロニクスの創製」に取り組む。

う電流のことをボルテックス（Vortex＝渦巻き）という。ボルテックスの中でも、藤巻教授が注目しているのは、ジョセフソン接合と呼ばれる超伝導体同士の接合の中に現れるジョセフソンボルテックスだ。

ジョセフソン接合とは、2つの超伝導体を1ナノメートル程度の薄い絶縁体の膜ではさんでつないだもの。これをある温度以下に冷やすと、トンネル効果によって絶縁体の膜を電子が通過することが知られている（右図参照）。

こうした特性を利用することで、処理速度の目安となるクロック周波数を、半導体に比べて3ケタ速い1テラヘルツにまで高めることも可能だ。通常よりも高温ではたらく高温超伝導体を素材に、このジョセフソン接合を使えば、半導体よりもはるかに高速度の回路を実現できると考えられる。

海外の研究者も招いた ワークショップを開催。

藤巻教授は、ナノテクバーチャルラボで、「単一磁束量子テラヘルツエレクトロニクスの創製」という課題の下、こうした理論に基づく回路の作製などに取り組んでいる。その結果、小規模ではあるがジョセフソン接合を用いた回路を作り出すなどの成果をあげることができた。

ジョセフソン接合に使う絶縁体にはどんな素材がよいか、接合の精度を高めるにはどうすればよいかなど、さまざまな問題が残されている。その解決の手段として考えられるのが、さまざまな分野の知恵を借りることだ。

藤巻教授は、ナノテクバーチャルラボの活動の中で、横断的活動の価値を強く意識したという。

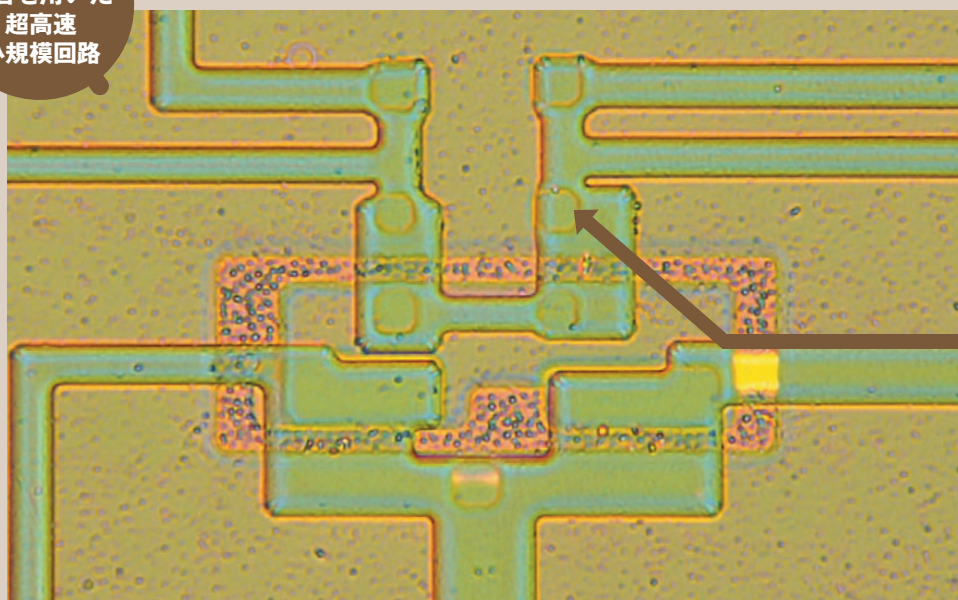
領域横断
ワークショップに
参加した
研究者たち



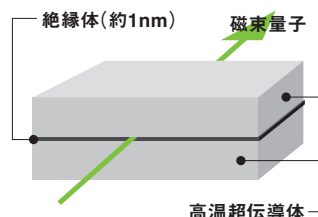
堺で行われた「NVLS 2007」にて。海外からの研究者も参加したこうしたイベントが、新しい学問「ボルテックス工学」のコミュニティーを生んだ。

ポスト半導体の探求

ジョセフソン
接合を用いた
超高速
小規模回路



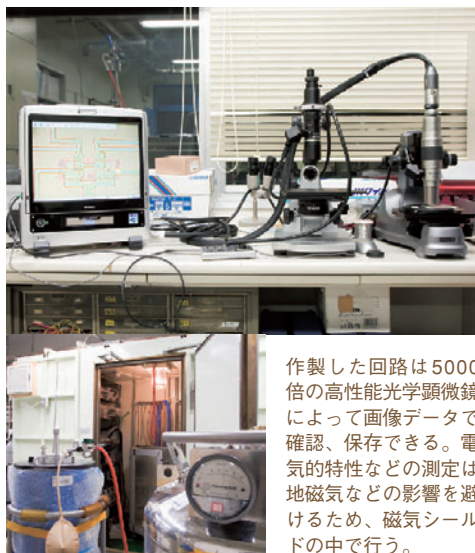
ジョセフソン接合を用いた超高速小規模回路。矢印のある薄い黄色の四角の部分がジョセフソン接合。集積回路を製作するには至っていないが、単一の回路なら、コンピュータの処理速度の目安となるクロック周波数は、半導体に比べて3ケタ速い1テラヘルツも可能だ。



ジョセフソン接合

2つの超伝導体で薄い絶縁膜を挟んでつないだのがジョセフソン接合。ある温度以下に冷やすと、トンネル電流が抵抗ゼロで絶縁膜を通過する。

測定室



作製した回路は5000倍の高性能光学顕微鏡によって画像データで確認、保存できる。電気的特性などの測定は、地磁気などの影響を避けるため、磁気シールドの中で行う。

「ボルテックスの挙動については、わたしのようなエレクトロニクスの分野に限らず、超伝導材料研究や検出器研究など、さまざまな分野で共通の課題になっています。それなのに、分野が違うというだけで、互いが交流する機会がこれまでほとんどありませんでした。しかし、ナノテクバーチャルラボで研究領域を超えた交流をするうちに、その価値を改めて認識したのです」

きっかけとなったのは、2005年に、超伝導材料研究の松本要・九州工業大学教授、検出器研究の石田武和・大阪府立大学大学院教授のチームとともに、国際ワークショップ（CREST Nano-Virtual-Labs Joint Workshop on Superconductivity=NVL）を淡路島で開催したことだ。

ナノテクバーチャルラボに参加している研究者ばかりではなく、JSTのほかの課題の研究者や、海外の研究者にも積極的に声をかけた。

「文献などを読んで、話を聞いてみたいと思った人にメールで参加を呼びかけました。それまでまったく交流がなかっただけに心配だったのですが、多くの方が参加してくれました」

基礎物理、電力応用、エレクトロニクスなど、幅広い分野の専門家が集い、活発な議論を展開。参加者は、ふだんは得られない刺激を受けた。藤巻教授自身も、この会で初めて交流をもった超伝導の物質探索で有名な青山学院大学の秋光純教授から、超伝導体の新素材に関する情報を得ること

ができたという。

第1回の終了後、参加者たちから自然と、「次回はいつか」との声があがり、それに応える形で2006年に1回、2007年にはテーマを分けて2回のワークショップが実現。いずれも100名を超える参加者が集まった。

バーチャルラボの精神は形を変えて受け継がれる。

ナノテクバーチャルラボは、間もなくすべてのプロジェクトを終了する。しかし、2007年に行われたワークショップの最後には、同様の会合を今後も何らかの形で継

続していくことが宣言された。

「ここでできたコミュニティーを中心に、これまでばらばらだった科学者たちが結びつきました。そこから、『ボルテックス工学』ともいべき新しい研究領域が生まれようとしているのです」

それは、決して自然発生的に生まれたものではないという。藤巻教授は、ともにワークショップの中心となった松本教授、石田教授の二人とも、ナノテクバーチャルラボ以前はほとんど話したこともない関係だった。JSTから領域横断企画の募集があっても、分野が異なっていたため、このような枠組みでの横断的なワークショップには自信が持てなかったという。しかし、それからしばらくして、やはり同じような模索をしていた石田教授から電話がかかってきたのをきっかけに、第1回の淡路島のワークショップが実現したのだ。

「最初は、それほど大きな期待はしておらず、『じゃあ、やってみようか』という感じでした。ところが、やってみたら予想をはるかに上回る価値を参加者が皆、感じたんです。だから、ナノテクバーチャルラボがなかったら、交流は生まれていなかったでしょう。こうした場が与えられたことに、感謝しています」

ナノテクバーチャルラボの精神は、新しいコミュニティーを生み、形を変えて、受け継がれていく。そこからポスト半導体の新しい可能性が生まれるのも、遠い日のことではないだろう。

01 脳をよりよく理解するために。

アメリカにいるサルの脳の神経細胞から発せられる電気信号を、1万km以上離れた日本で受信。
サルの動きをロボットで再現するという実験が成功した。この画期的な研究の背景とその可能性を紹介しよう。



*ブレイン・マシーン・インターフェース

[Brain Machine Interface]



脳と外部の情報通信機器を繋ぎ、脳の活動を計測したり、脳に外部からの刺激を加えることで、感覚や運動機能を再建、増進する技術を指す。その実用例としては人工内耳があり、聴覚障害者の内耳にある蝸牛と呼ばれる器官に電気的な刺激を加えて聴覚を回復させる治療が実施されている。また、脊髄が損傷した患者のために脳の活動を計測して、車椅子などの外部の機械を操作して、失われた運動機能を補填する技術の開発が進められている。



人間型ロボット
で人間の
脳を探りたい。

「計算脳プロジェクト」研究総括

Profile 川人光男 (かわと・みつお)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) 脳情報研究所 所長。1953年生まれ。東京大学理学部物理学科卒業。大阪大学大学院基礎工学研究科修了。大阪大学助手、同講師を経て、1988年ATRに入所。2003年より現職。金沢工業大学客員教授、大阪大学大学院生命機能研究科の客員教授などを兼任している。

人間の脳の活動でロボットを制御し 脳の情報処理の謎に迫る。

世界に先駆けて直立二足歩行が可能なヒューマノイドロボットを開発するなど、日本のロボット研究は世界をリードしているといっても過言ではないだろう。一方近年、最も複雑な生命器官で、最も優れた情報処理装置ともいえる“脳”についての研究が飛躍的に進んでおり、脳科学と他分野の融合が活発に行われている。そんな最先端の研究のひとつが脳と情報通信機器を直接つなぐ技術＝ブレイン・マシーン・インターフェースだ。

JSTのICORP「計算脳プロジェクト」では、人間が行動するときの脳活動を計算機上で再現し、ヒューマノイドロボット

し、脳研究に新たなパラダイムを与えた。

人間の脳活動を検証するロボットは より人間に近いことが必要不可欠。

しかし、DBは自身で姿勢制御することはできないし、歩行機能も十分ではなかった。人間の脳の活動をロボットに投影して、脳が持っている情報処理機能を明らかにしようとする以上、より人間に近い複雑な動きが可能なヒューマノイドロボットの開発が不可欠と考えられた。

そこで、計算脳プロジェクトのヒューマノイド認知システムグループは、新たに“C Bi (=Computational Brain-interface)”というヒューマノイドロボットを開発。多くの歩行型ヒューマノイドロボットは関節

脳の信号でロボットの動きを制御できれば 障害を持つ人の運動の補助にも活用できる。

で検証する研究を、アメリカのカーネギーメロン大学との国際共同研究として進めている。計算脳プロジェクトの日本側の研究総括をつとめる、ATR (株式会社国際電気通信基礎技術研究所) 脳情報研究所の川人光男所長がこう説明する。

「ロボット研究の発展により、人間と同じように動けるロボットが開発されましたが、人間のような複雑な動きを制御できるだけの頭脳の開発となると、なかなか進んでいません。そこで、脳の活動によりロボットを動かすことで、人間の脳をよりよく理解しようとしているのです」

川人所長らは、計算脳プロジェクトに先立ち、1996年から2001年にかけてERA TO「川人学習動態脳プロジェクト」を実施。このプロジェクトでは“DB (=Dynamic Brain)”と呼ばれるヒューマノイドロボットを用いて、人間の脳が持っている学習という機能を解明する研究が行われた。

DBは人間の動きを見て真似ることができ、エアホッケーやジャグリングなど約30種類もの複雑な動きを学習した。その過程から、人間の脳が新たな動きを学習するとき、どのような情報処理をしているのかを解明

の駆動部にギヤ比の高い減速機を配置することで、自重を支えられるだけの高い回転力を発生しているが、このC Biは、主要な関節部に油圧シリンダーを搭載することで、非常に高い回転力を発生すると同時に、高速なカフィードバック制御によって柔軟性の高い、人間に近い動きを作り出すことができるという。

人間の脳活動の情報によりC Biを動かすことを想定しているため、その大きさは身長155cmと、人間に似たものになっている。全体で51カ所の関節が動き、人間のような柔軟な動きを作り出すことができる。今回の実験ではアメリカにいるサルの脳に電極を埋め込み、大脳皮質の神経細胞 (ニューロン) から発せられる電気信号を詳細に計測。その情報を日本に送り、C Biを動かすことに成功したのである。川人所長がこう続ける。

「私の古くからの友人である、デューク大学のミゲル・ニコレリス教授は、“ブレイン・マシーン・インターフェースのヒーロー”と呼ばれる研究者です。教授が開発した脳に埋め込む電極は、安定して神経細胞の活動をとらえられる素晴らしいもので、今回

実験の概要

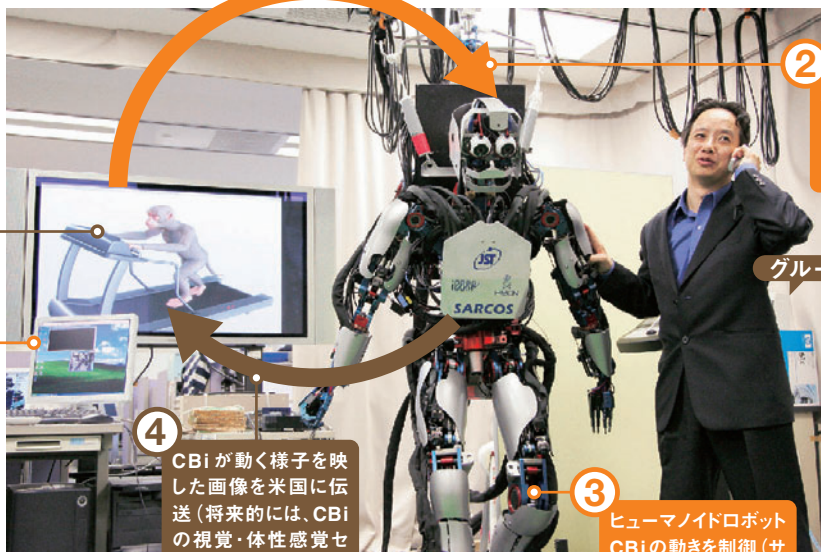
①

米国デューク大学でウォーキングマシン上でサルを歩かせ、その脳活動を計測。

⑤

画像をサルに見せる(将来的には、大脳皮質電気刺激によるフィードバックを行う)。

アメリカで計測されたサルの脳の活動情報は、インターネットを介して日本に送られる。データを受信しながら再現する独自のストリーミング技術を開発するなどして、リアルタイムの制御が可能になった。



②

脳活動を脚部の動きに変換し、データをインターネットで日本に高速伝送。

グループリーダー

ゴードン・チェン

「計算脳プロジェクト」ヒューマノイド認知システムグループのグループリーダー。(株)国際電気通信基礎技術研究所では脳情報研究所情報科学ヒューマノイドロボット研究室長を務める。オーストラリア出身。

④

CBIが動く様子を映した画像を米国に伝送(将来的には、CBIの視覚・体性感覚センサーデータをフィードバックする予定)。

③

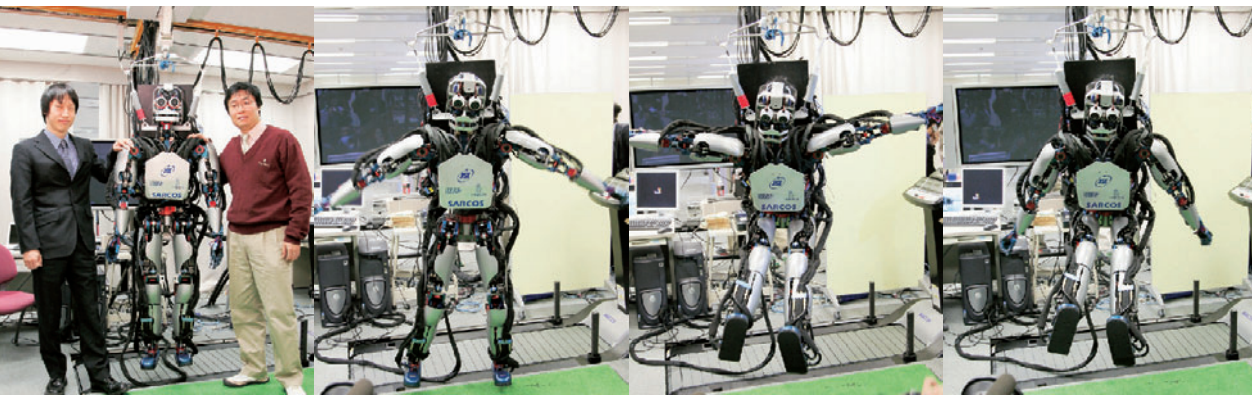
ヒューマノイドロボットCBIの動きを制御(サルの歩行を再現)。

51自由度(51カ所の関節が動く)を持つヒューマノイドロボットCBI(Computational Brain-interface)

油圧シリンダーで人間のよう柔軟な動きができるんだ。



人間の脳の情報処理を解明するため、人間に似たサイズ(155cm、体重85kg)になっている。主要な関節には油圧シリンダーが搭載されたことで、写真のような柔軟な動きを可能にした。片腕で3kgの物体を持ち上げる力強さも備えている。



ヒューマノイド運動学習グループ。左：森本淳／右：玄相晃。

実験に協力してもらいました。ただし、実験はアメリカにいるサルが起きている昼間にしかできません。アメリカの昼は日本の深夜。日本のメンバーにとっては、深夜の実験の連続でしたね」

サルの脳の活動により制御された、CBIの歩行は、現段階ではサルの歩行動作を再現しているだけで、実際に歩いているわけではない。それでも、CBIに搭載されたカメラによって撮影された映像が、デューク大学に送られ、サルの前に提示されると、サルはCBIの動きに同期させるようにして歩いているように見えた、ニコレリス教授が報告しているという。

介在するコンピューターを少なくしリアルタイムの送受信を実現。

こうしたことを実現させるためには、サルの脳の活動に従い、リアルタイムでCBIが動かなければならない。もしサルの脳活動とCBIの動きに時差があれば、サルがCBIの動きを自身の歩行によって構築されたものであるとは認識しにくくなる。その

ため日米間でリアルタイムでの情報の送受信が求められた。「計算脳プロジェクト」ヒューマノイド認知システムグループのグループリーダーであるゴードン・チェン博士がこう説明する。

「通常のネットワークインターフェースを用いると、データがインターネット上の数多くのコンピューターを経由して送信されるために、情報の送受信に時間がかかってしまう。できるだけ少ないコンピューターを介するだけで、日米で情報を高速送受信できるシステムを新たに開発しました」

その結果、ほぼリアルタイムでサルの脳活動によりCBIの動きを制御することが可能となった。現在はCBIの動きの映像をサルに見せるだけだが、今後はCBIに搭載した各種のセンサーがとらえた情報を、直接、サルの脳の感覚を司る部分(体性感覚野など)に送ることも考えられている。

では、こうした技術が進歩すれば、どのようなことに利用することができるのだろうか。その一例が福祉機器への応用だ。脳梗塞や脊髄損傷により手足が不自由な方を

サポートするパワースーツの操作に、脳の信号を利用することが考えられているのだ。

すでに筋肉の電位(筋電)を制御信号に使用するパワースーツの開発は進められており、実用間近となっている。しかし、筋電は検出できるが動けないという人は、小児麻痺などの一部の患者に限られる。脳梗塞や神経難病の筋萎縮性側索硬化症の患者は筋肉を動かすことができないため、筋電の検出は望めない。そのため、脳の信号を利用するブレイン・マシン・インターフェースという技術への期待は大きい。

ただし、埋め込み型の電極は利用者への身体的な負担が大きく、人間を対象にした実験では安全面で慎重に進められるべきである。ATRでは、過去、MRI、脳波計など被験者の体内に埋め込まない計測技術を用いて、脳の活動を計測する研究を進めてきた。そうした研究成果を生かし、今後は体の外に取り付けた装置で脳の活動を計測し、それで外部の機械を自由に操作できるようになる研究が進められることが、大いに期待されている。

不毛の地を緑に変える方法。

世界中に広がるアルカリ性土壌は、鉄が吸収されにくいいため、植物の生育が困難な不毛の大地だ。食糧の増産を目指し、アルカリ性土壌の土地を農耕地に活用するため、日本人研究者が立ち上がった。

背景

地球上の全陸地の67%が不良土壌

● 石灰質アルカリ性土壌の分布

※FAO(国連農業食糧機関)のホームページより



■ 激甚 ■ 中度 ■ 軽度 ■ 氷河地帯ないしはデータなし

世界の人口が60億人を超え、2050年には90億人に達するともいわれている。さらなる食糧増産が求められるわけだが、地球温暖化を防止するために、温室効果ガスの二酸化炭素の吸収源となる森林の伐採を伴う農地の拡大は難しくなっている。そこで注目されているのが、これまで農耕地には不適とされていた土地の有効活用だ。

温暖で湿潤な日本に住む我々にはイメージしにくいですが、じつは世界には農耕地として利用できない土地が67%も存在し、その半分以上が石灰岩の影響によるアルカリ性の土壌なのである。上の地図を見ていただきたい。これは国連食糧農業機関（FAO）がまとめた世界のアルカリ性土壌を示しているものののだが、広大な土地がアルカリ性であることが見てとれるだろう。これだけの広い地域が農耕地としては生産性の低い不毛の大地なのである。

一般に植物の栄養というと、窒素、リン酸、カリが知られているが、鉄分も必要不可欠な栄養素である。通常、鉄は土壌中に豊富にあるため、肥料として与えずとも植物は吸収できるのだが、アルカリ性土壌では、鉄が水に溶けにくい水酸化第二鉄（ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ）になっているため、植物は鉄を吸収できなくなる。その結果、鉄欠乏症（鉄欠乏クロロシス）になり、枯れてしまう。

そこで、アルカリ性土壌でも育成できる植物の研究が注目されている。これまで農耕地として利用できなかった土地で、トウモロコシをはじめとする農作物が増産されれば、世界の食糧事情に大きく貢献することができる。

鉄欠乏クロロシス？

植物は葉緑素（クロロフィル）が太陽の光を受けて、光合成を行うことにより、炭水化物を生成し成長している。そのため葉緑素の合成と光合成に関わる鉄は、植物にとって必須栄養素である。この鉄が不足すると、葉緑素の生成が十分にできず、鉄欠乏クロロシスになる。葉脈を残して徐々に葉緑素の緑色が失われ、黄色に変色。ひどい場合には枯れてしまう。

研究内容

植物が本来もっている

学会で出向いた地で目の当たりにした不毛のアルカリ性土壌。

世界中の農耕不適地で食糧を生産するための研究が活発に進められているが、その最先端にいたのが、東京大学大学院農学生命科学研究科の西澤直子教授だ。戦略的創造研究推進事業チーム型研究CRESTの「植物の機能の制御」研究領域で、アルカリ土壌で生育できる植物の開発を進めている。

こうした研究の道に進む理由について西澤教授は「祖父の言葉が影響していますね」と言う。西澤教授の祖父は、垂直にたらしめた綱に稚貝を付けてカキを養殖する技術を開発した宮城新昌氏だ。この祖父のそばにいて、日頃から「世のため人のためになることをしなさい」と諭されてきたため、若き日の西澤教授は何か人のためになることをしたいと考えるようになる。また、子供の頃から、農業指導者でもあった宮沢賢治の作品に親しんできた影響もあって、農学を志すようになる。

東京大学大学院を修了後、同大学で助手の職を得て、本格的に農学研究の道を進み始めた西澤教授は、世界各地で開催される学会に参加する機会を得る。当時を振り返って、西澤教授がこう説明する。

「農学研究者が集まる学会では、開催地の研究者が自国の農業問題を知ってもらおうと、農地に案内してくれるんです。イスラ

● 隔離圃場での実験

隔離圃場での実験では、アルカリ土壌でも育つかどうかだけでなく、周囲の植物との交雑を防ぐため、花粉の飛散状況も詳しく調べられた。



田植え



西澤直子

1968年、東京大学農学部卒業。1982年、同大学農学部農芸化学科助手などを経て、1997年より同大学大学院農学生命科学研究科教授。ミネラル栄養を多く含むイネ、高血圧に効くイネの開発にも取り組んでいる。

東京大学構内にある温室（右は屋上）。遺伝子組み換え作物を育てるため、種子や花粉が漏れ出さないようになっている。



鉄吸収戦略を強化

エルの農場に出向いたとき、アルカリ性土壌で枯れそうな植物を見て、なんとか解決したいと考えるようになりました」

そこで、アルカリ性土壌でも生育可能な植物の開発に着手した西澤教授が目にしたのが、植物がもっている鉄を吸収する機能だった。前述の通り、アルカリ性土壌中では鉄分が水に溶けにくい状態になっているため、植物は吸収できない。ただし、アルカリ性土壌であっても、植物にはわずかながら溶けにくい鉄を吸収できる機能が備わっている。西澤教授は、この鉄を吸収する機能を強化して、アルカリ性土壌でも食糧を収穫できるように大きく育つ植物を作り出そうとしているのだ。

「イネ、ムギ、トウモロコシなどの、農業で一般的に栽培されている作物を含むイネ科では、根からムギネ酸という物質を出します。これがアルカリ土壌中の鉄(Ⅲ)イオン(Fe^{3+})と結びつき、キレート化合物となって、根から吸収できるようになるんです」

キレート化合物は金属イオンを包み込むように結合した化合物のことで、 Fe^{3+} もムギネ酸と結合してキレート化合物になれば水に溶けやすくなり吸収できるようになる。

ムギネ酸は1960年代に、高城成一岩手大学教授(当時)により発見されたが、その合成経路は長らく謎のままであった。それでもアミノ酸のメチオニンが前駆物質で

東北大学の協力を得て、隔離圃場で鉄を吸収する能力を高めた遺伝子組み換えイネが栽培された。

あることを明らかにした後、西澤教授は、その合成経路の解明に取り組んだ。いかなる酵素が関わり、ムギネ酸が作られるのかがわかれば、その酵素の働きを強化し、ムギネ酸の分泌量を高め、アルカリ性土壌でも生育できるようにしようとしたわけだ。

鉄吸収を担う分子の遺伝子を導入 アルカリ性土壌での生育にも成功。

しかし、当時は現在のような遺伝子工学の技術もなく、オオムギの根をすりつぶし、そこからムギネ酸の合成に関わる酵素を探し出す地道な作業の連続だった。それでも西澤教授の指導の下、多くの大学院生の努力により、ムギネ酸合成に関わる酵素群を解明した。ムギネ酸による「キレート戦略」を強化する基礎が築かれたのだ。

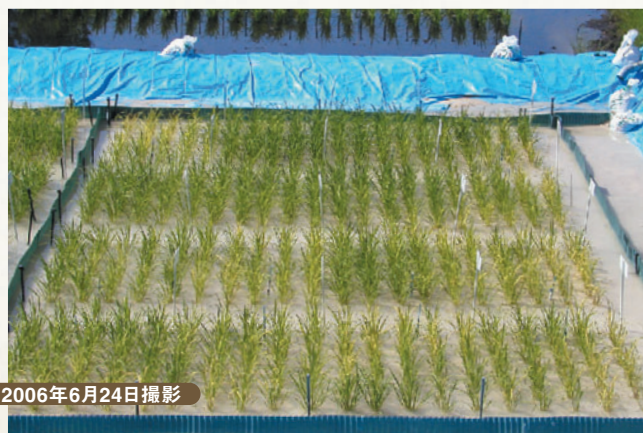
さらに西澤教授はイネ科以外の植物が鉄を吸収する機能をイネに応用。イネ科以外の植物は、水に溶けにくい Fe^{3+} を水に溶けやすい鉄(Ⅱ)イオン(Fe^{2+})に還元して吸収するが、この「還元戦略」も活用できるようにした。その上、すべての植物が鉄欠乏に陥った際に鉄吸収を高めるためのたんぱく質の働き(転写因子)も明らかにした。これは“鉄吸収のマスタースイッチ”ともいえる機能だ。これを強化できれば、キレート戦略、還元戦略の強化とともに、アルカリ



性土壌でも生育する作物を創出するための強い味方になりえるだろう。

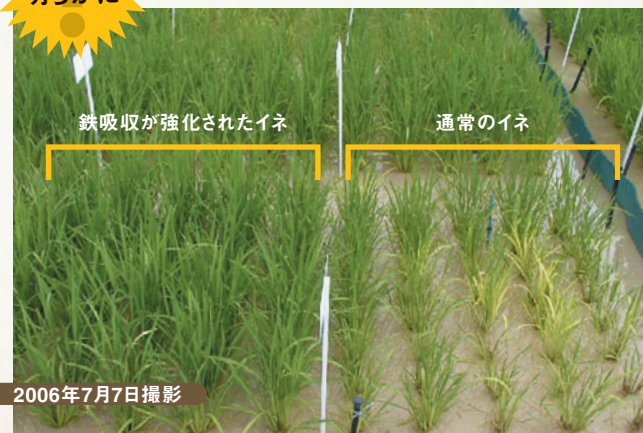
すでに、それぞれの戦略を強化するように遺伝子を組み換えたイネを作り、大学構内の温室で実験を実施。アルカリ性土壌でも育つことを確かめている。ただし、実用化までを考えると、広い野外の圃(ほ)場で育ててみなければ、実際の農業に使えるかどうかはわからない。西澤教授は形質転換植物を育てるための隔離圃場で栽培し、ここでも通常のイネが枯れていくのを尻目に、鉄吸収戦略を強化したイネは力強く育ったという。

もちろん遺伝子組み換え作物である以上、実用化には安全性が十分に確かめられる必要がある。社会的にも遺伝子組み換え作物が受け入れられることが必要であるため、実用化までには、もう少し時間はかかりそうだ。人類の豊かな食生活を維持するため、西澤教授の「人のためになる」研究は、今後も続いていくことだろう。



2006年6月24日撮影

違いが
明らかに



2006年7月7日撮影

田植えから約1カ月半が経つと、通常のイネが枯れそうになっているのに対して、鉄吸収能が強化されたイネは大きく生育し、その違いが明らかになった。

ようこそ
私の研究室へ

. 河口洋一郎



惑星探査時代のためのメディアを創出する 超高精細映像のコンピューターグラフィックスで世界を刺激します。

PROFILE

河口洋一郎 (かわぐち・よういちろう)
東京大学大学院情報学環教授

1952年種子島生まれ。76年に九州芸術工科大学(現九大)画像設計学科を卒業し、東京教育大学(現筑波大学)大学院に入学。78年に修士課程を修了するまで通産省工業技術院製品科学研究所でCGを学ぶ。82年、CGの国際会議「SIGGRAPH」

でグロスモデルを発表し絶賛される。92年より筑波大学芸術学系助教授。95年、ベネチアビエンナーレ日本代表芸術家に選ばれる。98年より東京大学大学院工学系研究科・人工工学センター教授、2000年より現職。06年10月よりCREST代表研究者。



**貝の殻のらせん形が
成長するように。**

学生時代から、生物が成長するように勝手に形が増殖していくCG(コンピューターグラフィックス)を作りたいと考えていました。しかし、当時は異端の考えでした。「僕は海洋性の縄文人なんです」

その語り口は、ワイルドな雰囲気漂わせつつ、少年が照れているようでもある。種子島に生まれ育ち、よく海に潜って遊んだという河口洋一郎さん。CGアーティストとしてのインスピレーションの源は、子どもの頃に親しんだ海の生き物たちにある。

CGの変革者である。大学院生の頃、工業技術院製品科学研究所(現・産業技術総合研究所)に通い、CGの基礎を学んだ。当時、日本には研究用グラフィックコンピューターがそこに1台あるだけ。CGといえば、科学技術計算用言語FORTRANでプログラムを組み、モノクロの線で絵を描くことだった。用途は産業用デザインが中心だ。

そんな中、夜中にひとり研究室に残り、CGを使って生物の形の進化をシミュレーションする実験を始めた。こっそりやるようにしたのは「そんなことをしてなんの役に立つ」と叱られたからだ。生物の形態には数学的な法則が潜んでいる。河口さんは巻き貝に着目した。貝殻の各部分が一定の比率を保ちながら成長するため「等角らせん」と呼ばれるらせん形を形成している。このらせんの数学をプログラムに組み込んで、形が勝手に成長していくCGを考案。プログラムでどこにどう線を描くかをあらかじめ指定しない、革新的なアイデアだった。以来、科学的な観点で自然をとらえつつ、芸術作品の制作に軸足を置く。

70年代の末、アメリカで毎年開催され

るCGの国際会議「シーグラフ」に参加し、線ではなく面で描かれ、彩色されたCGを見て、日本の遅れに衝撃を受ける。しかし、82年には長年暖めていた自己増殖するCGを発表して、世界の先端に躍り出た。



**自由な想像力が
テクノロジーを刺激。**

惑星探査が進めば、やがて未知の生命に出会う時が来るでしょう。その時うろたえずに対処できるように、人類は五感を鍛えておく必要があります。

河口さんのCG映像は空間の中でうごめく生命体を描いたものが多い。最近では5億年以上前のカンブリア紀に関心を寄せる。現生する動物とは似ても似つかぬ奇抜な形の動物がたくさん登場した時期だ。そこからヒントを得て、あり得たかもしれない生物の形態進化をCGで生み出すのだという。

河口研究室では、ロボットも作ろうとしている。クラゲやナマコなどから発想した不思議な形態のロボットだ。CGやロボットを使って“可能性としての生物”をシミュレーションすることの意義を「将来、惑星探査が進んで、宇宙生命に遭遇した時に備えるため」と語る。辺境を旅して生き物に出くわしたらどうするか——この発想に「縄文人」らしさが滲む。自身も言うように「狩猟民族的」なのだ。

なんとも夢のような研究だが、ここには実用的なニーズから生まれる技術とは異なるタイプの技術を育む土壤がある。触手をゆらゆらと動かすロボットの開発に取り組む河口研特任助教の米倉将吾さんは、「この研究には面白い課題がたくさん詰まっています。たとえば、ゼンマイ状に丸まる触手を作ることひとつをとっても、いろいろと新しい要素技術を開発する必要がありますが

す」と言う。河口さんがロボティクスの可能性を広げる刺激となっているのだ。



**奇抜さと繊細さで拓く
日本の未来。**

日本が映像技術で世界をリードしていくためには、日本人の精細さを大事にすべきです。その技術と伝統芸能を結びつければ世界に誇るコンテンツも生まれるでしょう。

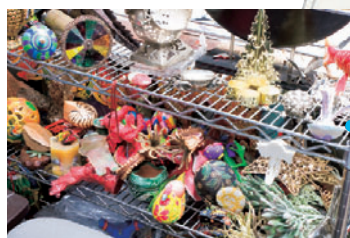
太古や宇宙に思いを馳せる一方で、日本が進むべき道についても熱く語る。「髪の毛1本1本まで彫る浮世絵からもわかるように、日本の特徴のひとつは繊細な表現技術にあります。超高精細な映像技術では、日本がリードしていかなければダメです」

そこで、河口さんが取り組むのは、8K(=7,680×4,320画素)用CG映像の製作だ。現在、ハイビジョンテレビが普及しつつあるが、アメリカではすでにその4倍の画素数を持つ「4Kデジタルシネマ規格」(映画『スパイダーマン3』など)に対応した映画館が次々と誕生している。これのさらに上(画素数2倍)を行くのが、NHK放送技術研究所が開発を進めるスーパーハイビジョン(8K)だ。8K用スクリーンは400インチにもなり、鑑賞者の視界全体を覆う。そんな画面に河口さんのCG映像が超高解像度で映る時、まったく新しい視覚体験が生まれるのではないかと期待される。

また、自作のCGをバックに「能」を上演する試みにも挑戦している。「日本の伝統芸能を未来型に進化させたい。奇抜だけど繊細。これをキーワードに世界にアピールしていきたい」。日本が誇る超高精細映像技術や不思議な生命体ロボット。これらが新しい基盤技術となって、伝統芸能が進化を遂げる時、どんなメディアが誕生することになるのか、待ち遠しい限りだ。



ロボットの製作のためのスケッチ。海の生物から発想して、想像力を膨らませて描く。

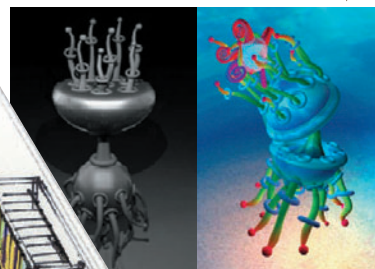
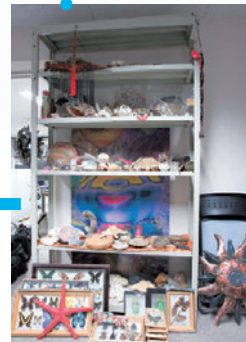


「しんかい6500」で海底にも潜ってみたい。



壁には昔のCG作品のパネルが立てかけてある。手前のテーブルには、またもや怪しいオブジェがいっぱい。

種子島で採集した半球形のウニ(右端手前)は通常のウニとヒトデの中間的存在。これをヒントにした研究が進行中。



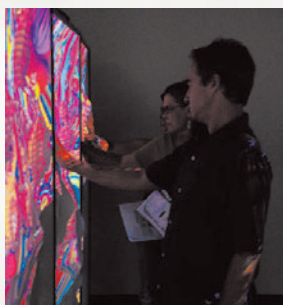
スケッチを基にしたクラゲロボットのCG。こうした絵から実際に動くロボットを作ろうとしている。

棚にはおもちゃや民芸品のような不思議なオブジェがたくさん集められている。まるで、宝箱のようだ。

こちらの棚は、色鮮やかな蝶々の標本やさまざまな形の貝殻、ヒトデなど、自然採集したものが中心だ。

研究の概要

河口さんの研究・表現活動の中心にあるのは、生命の形態進化への関心である。現実の生物ではなく、想像上の生物の形態や動きをシミュレーションするところに特徴がある。新たなアプローチとして、人間の身体から測定した生体信号（血圧や脈拍など）をリアルタイムでCGに反映させるシステムの開発にも取り組む。動き回る対象からの測定技術が確立されれば、医学などへの貢献も大きい。



こうした活動の目的は、生命らしさの本質を理解すること、および人間の五感を刺激する新しいコンテンツの創造にある。また、新しいメディアのための基盤技術の開発も主要なテーマ。スーパーハイビジョン向けCGの開発に加え、CGに同期してスクリーンが凸凹とうごめく「ジェモーション」システムの発展に力を注ぐ。

映像と同期してスクリーン自体がうごめくジェモーションシステム。つい触ってみたい。

現在このシステムを日本の伝統的な規格である“襖”サイズで製作し、伝統芸能空間を演出するプロジェクトが進行中だ。

日本科学未来館

Running at the Miraikan



3月20日(木・祝)からスタート!

『エイリアン展』

— モシモシ、応答ネガイマス。』

ロンドンで初公開されたエイリアン展が
世界各国をまわり、ついにアジア初開催。
日本科学未来館での展示がスタートします。

会場は4つのゾーンで構成されています。ゾーン1は「空想としてのエイリアン」。映画やテレビで登場する恐ろしいものや、キュートなエイリアンを紹介します。ゾーン2「科学としてのエイリアン」は地球外生命の存在について標本や惑星クイズなどを通して、わかりやすく紹介。ゾーン3「エイリアンの世界」では、巨大なインタラクティブ展示で、タッチパネルを実際に操作しながら架空のエイリアンの生態を楽しめます。ゾーン4は、「エイリアンとの交信」。宇宙からのシグナルの受信や交信方法を紹介。巨大なディスプレイを使ってメッセージをつくることができます。

会期:2008年3月20日(木・祝)~6月16日(月)

場所 日本科学未来館 1階 企画展示ゾーンb

休館日 毎週火曜日(ただし4/1、4/29、5/6は開催)

入場料 大人900円、18歳以下350円/団体8名以上大人800円

18歳以下310円 ※常設展示物見学可

ついに未来館に
やって来ます!

日本科学未来館 DATA



〒135-0064

東京都江東区青海2丁目41番地

TEL: 03-3570-9151

FAX: 03-3570-9150

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

近年の惑星探査や天
体観測技術の進歩、最先
端の生命科学などから得られ
た研究成果をもとに、多様な
角度から地球外生命が存在
する可能性について「科
学的」に追求します。



Zone2の会場風景(左)とウィーディー・シー・ドラゴン(右)。

最先端の科学者と話ができる

「展示の前で研究者に会おう!」

科学者や技術者から直接、研究などの話を聞けるイベントを開催。
最先端の発見や発明の秘密に迫ってみませんか?

未来館では研究・開発に関
わる科学者や技術者を招き、
直に現場の雰囲気を感じる機
会を頻繁に設けています。

「展示の前で研究者に会
おう!」は、研究者や技術者か
ら、研究の最前線で何が行わ
れているのか、発見や発見に
至るプロセスや魅力を直接聞
くことができるイベント。毎
月1回開催されています。

3月22日(土)は、携帯電
話の未来をつくる研究者・寅

市和男氏(筑波大学)が、画
像や音声を届ける最新の技術
について、詳しくお話ししま
す。(要予約)



1月には城戸淳二先生(山形大学)によ
る「有機EL照明実用化に向けて」が
開催されました。

学校・ビジネスで使える

キャンパストート&ユーティリティバッグ

ロゴ入りのバッグが未来館オリジナルグッズとして登場しました!
シンプルなデザインで、幅広いシーンでお使いいただけます。

ひとつは持っているとう便利
なエコバッグがオリジナルデ
ザインで登場しました。

コットン100%無着色生地
を使用したエコ仕様のキャン
パストートは、お弁当やお財
布などを入れて持ち歩くのに
ぴったりのサイズ。黒のシン
プルなデザインのユーティリ
ティバッグは、A4ファイル
がすっぽり入る大きさでビ
ジネスシーンでも大活躍する
サイズです。

用途に合わせ、
2種類のサイズ
から選べます。



日常シーンにも未来館グッズを!!
キャンパストート¥420(税込)
ユーティリティバッグ¥525(税込)