

特集
1

全国の高校生がチームを組んで科学の英知を競う

熱闘!「科学の甲子園」

特集
2

配電網の最適経路を探索し、配電ロスを最小化へ

「超高速アルゴリズム」にできること





JST NEWS

CONTENTS

2012
May 5

表紙写真

「第1回科学の甲子園全国大会」【実験競技②】(生物分野) 課題は植物の組織標本を作成、顕微鏡で確認、デジタルカメラで撮影して、識別・判定を行うこと。沖縄県の昭和薬科大学附属高等学校チームの上原茉莉奈さん(右)、当真由華さん(左)(ともに2年生・学年は平成24年3月現在)



特集
1

全国の高校生がチームを組んで科学の英知を競う

熱闘!「科学の甲子園」

3



特集
2

配電網の最適経路を探索し、配電ロスを最小化へ

「超高速アルゴリズム」に できること

8



社会にひろがる新技術 ～JSTの研究開発成果から～Vol.1

世界最高精度の手書き文字認識技術を実用化!

12

スマートフォン、医療カルテ向けなどの手書き入力システムでビジネス展開がスタート



News Clip

14



先駆ける科学人 Vol.1

「生命とは何か」を「見る」ことにこだわる

16

永井健治 大阪大学産業科学研究所 教授

意志をもって「コトを興す」

JST理事長 中村道治

JSTは、昨年8月にスタートした第4期科学技術基本計画を率先して実践し、達成するという思いで、今後5か年の新しい中期計画を策定しました。

この中期計画では、イノベーションをおこすために、研究開発戦略の立案機能を重視したいと考えています。イノベーションとは「コトを興す」こと、つまり新しい社会の価値や産業的価値を生み出し、社会を変え、社会を興すことだと考えています。そのためには、どのような分野で、どのような戦略でイノベ

ーションに結びつけていくのかを見据え、意志を持ち、国、大学、企業や専門分野を超えてさまざまな組織を「つなぐ」ことが重要です。

JSTは「つなぐ」ことで生まれる「バーチャル・ネットワーク」をもとにした研究開発のプロデューサー役を務めたいと思います。特に、基礎研究から産学官連携までを一貫して強力に推進し、イノベーションに結びつけていく必要のある特定技術群を「戦略プログラムパッケージ」としてくり、「コ

トを興す」ための課題の設定を行っていきます。

また、知識社会では、いかに情報を活用するかで国力が決まると言われています。それを支えるソフトインフラの強化、科学技術情報基盤の発展にも力を注ぎたいと考えています。さらに、次世代人材の育成や科学技術コミュニケーションへの取り組みも併せて、科学技術をもとに社会全体に「コトを興す」仕掛けを用意していきたいと思っています。



今大会唯一の女子校、群馬県立前橋女子高等学校チーム。

開会式では華やかなサイエンスショーが会場を盛り上げた。

特集
1

全国の高校生が
チームを組んで科学の英知を競う



熱闘!「科学の甲子園」

春の甲子園、第84回選抜高校野球大会が開催された3月下旬、阪神甲子園球場から程近い兵庫県立総合体育館でも、高校生たちの科学の知識や技能の限りを尽くした熱い闘いが繰り広げられていた。3月24~26日に47都道府県から選ばれた高校生チームが集い開催された「第1回科学の甲子園全国大会」。会期の内の2日間にわたった、競技の熱戦の様子をレポートする。

イメージキャラクターの「アッピン」▶



■第1回科学の甲子園全国大会 参加代表校

第1回科学の甲子園全国大会のテーマは、「広げよう科学の輪 活かそう科学の英知」。高等学校(中等教育学校後期課程、高等専門学校を含む)のチーム6~8人が、筆記競技と実験競技、発想やものづくりの力が試される総合競技の総合成績により科学の知識とその活用能力を競う大会だ。全国の科学好きな高校生が集い、競い合い、活躍できる場となるよう、平成23年度にJSTが創設した。各都道府県で行われた地方選考には5000人を超える高校生たちが参加し、選抜された47チーム(愛媛県は合同チームのため48校)に加え、全国予選を経て選抜された特別枠1チームの48チーム、363人が出場した。

「科学の甲子園」がチーム戦なのは、科学好きの裾野を広げるためだけでなく、チームワークやコミュニケーションの大切さを体感してほしいからだ。今大会では6教科12問の筆記競技、化学、生物の2つの実験競技、そしてものづくりで創意工夫を競う2つの総合競技が行われた。6人参加の筆記360点(30点×12問)、それぞれ3人参加の実験競技が各180点、同じく3人ずつ参加する総合競技が各180点、合計1080点満点で成績を競った。

北海道	北海道札幌啓成高等学校	大阪府	大阪府立北野高等学校
青森	青森県立青森高等学校	兵庫	西宮市立西宮高等学校
岩手	岩手県立盛岡第一高等学校	奈良	西大和学園高等学校
宮城	宮城県仙台第一高等学校	和歌山	和歌山県立桐蔭高等学校
秋田	秋田県立秋田高等学校	鳥取	鳥取県立鳥取西高等学校
山形	山形県立山形東高等学校	島根	島根県立松江南高等学校
福島	福島県立福島高等学校	岡山	岡山県立岡山朝日高等学校
茨城	茨城県立土浦第一高等学校	広島	広島学院高等学校
栃木	栃木県立宇都宮高等学校	山口	山口県立宇部高等学校
群馬	群馬県立前橋女子高等学校	徳島	徳島市立高等学校
埼玉	埼玉県立浦和高等学校	香川	香川県立観音寺第一高等学校
千葉	千葉県立長生高等学校	愛媛	愛媛県立三島高等学校・愛媛県立松山東高等学校合同チーム
東京	筑波大学附属駒場高等学校	高知	土佐高等学校
神奈川	栄光学園高等学校	福岡	福岡県立明善高等学校
新潟	新潟県立新潟高等学校	佐賀	佐賀県立致遠館高等学校
富山	富山県立富山高等学校	長崎	長崎県立長崎西高等学校
石川	石川県立金沢泉丘高等学校	熊本	熊本県立第二高等学校
福井	福井県立藤島高等学校	大分	大分県立大分舞鶴高等学校
山梨	北杜市立甲陵高等学校	宮崎	宮崎県立宮崎西高等学校
長野	長野県諏訪清陵高等学校	鹿児島	ラ・サール高等学校
岐阜	岐阜県立岐阜高等学校	沖縄	昭和薬科大学附属高等学校
静岡	静岡県立榛原高等学校	特別枠	福島工業高等専門学校
愛知	愛知県立岡崎高等学校		
三重	三重県立伊勢高等学校		
滋賀	滋賀県立膳所高等学校		
京都	京都市立堀川高等学校		



科学の甲子園

チームワークがポイント、 筆記も仲間で解いていく!

午前8時45分。開会式が始まった。

オープニングは米村でんじろう氏の一番弟子、サイエンス・エンターテイナーのチャーリー西村氏によるサイエンスショー。続けて、参加48チームの代表がステージに立ち、学校の紹介、意気込みを語った。「百折不撓(ひやくせつふとう)、自彊不息(じきょうふそく)が校則の138年の歴史を誇る伝統校です。記念すべき第1回大会、てっぺん取って、歴史に名を残します」(岐阜県立岐阜高等学校チーム)、「全国のみなさん、福島へ熱いご支援、ありがとうございます。福島はあきらめません。ネバー、ギブアップ!」(福島県立福島高等学校チーム)と、代表生徒たちは、それぞれの思いの丈をぶつけた。

徳島市立高等学校1年生の朝井勇晶君(学年は平成24年3月現在。以下、同)が「『困難は分割せよ』というデカルトの言葉があるように、チーム一丸となってベストを尽くしたい」と選手宣誓。朝井君は前日のオリエンテーションで行われたクイズ大会で優勝し、この大役を担うことになった。

いよいよ、競技開始。最初の競技は筆記。物理、化学、生物、地学、数学、情報の6教科から合計12問が出題された。6人が分担、協力、相談して、2時間で全問正解を目指す。ただ、全12問といっても、応用能力、活用能力を試しているため、問題冊子は50ページに及んだ。下に掲げた筆記競技問題「第9問」のような難問も含まれていた。

「6人で2問ずつ分担したので、何とか全問、解けました。手応えはそこそこですが、うちの高校は地学と情報が必修ではないので、ちょっと不利だったのかもしれない。でも、女子だけのチームは私たちだけなの



全12問にどう挑むか、
6人のチームワークが
試される筆記試験。

で、精一杯頑張ります」(群馬県立前橋女子高等学校2年生・碓氷七瀬さん)

知識だけでなく、創意工夫、 技術も必要な実験競技

昼休みを挟んで、実験競技が始まった。

実験競技①は化学分野。実験によってマグネシウムの燃焼熱を求める問題が出題された。実験手順を考え、用意された試薬、器具から必要なものを選んで実験を行う。そして、(1) 実験目的、(2) 実験手順、(3) 実験結果、(4) 考察を解答用紙にまとめてレポートすることが求められた。

マグネシウムの燃焼熱は、実験でマグネシウムと塩酸との反応熱、酸化マグネシウムと塩酸との反応熱を求めて、これらの値と与えられた水の生成熱から、「ヘスの法則(総熱量保存の法則)」により求められる。

実験競技②は生物分野だ。与えられた2種類の植物材料の横断面を組織標本(プレ

パラート)にして、顕微鏡ごとにデジタルカメラで撮影する。その画像から単子葉植物か双子葉植物かの植物種を判定し、その理由も示す。下に示した実験競技②判定基準のように、表皮、皮層、師部、木部が鮮明に観察できる画像を得ることが勝負の決め手になる。

「実験競技は事前にどんな問題かを知られていなかったのも、最初、戸惑いました。僕たちは物質工学科なので、実験は自信があります。でも、化学はともかく、生物はそんなに得意ではありませんからね」と話したのは福島工業高等専門学校1年生の本田一史君。

福島工業高等専門学校はいわき市に立地している。高台にある校舎は震災の被害を受けなかったが、生徒の生活には大きな影響があった。同校チームは全員1年生、中学の卒業式当日に地震に遭い、入学式はゴールデンウィーク明けに行われたという。このような事情もあり、福島県では高等専門

■筆記競技問題

科学の甲子園

n は自然数とし、次の条件(i)と(ii)を満たす $n \times n$ マスの表を作りたい。

(i) 1 から n^2 までの自然数が1つずつ重複なくマスに書かれている。

(ii) どのように 2×2 マスの正方形を選んでも、そこに書かれている4つの数の和は一定になっている。

以下の問いに答えよ。

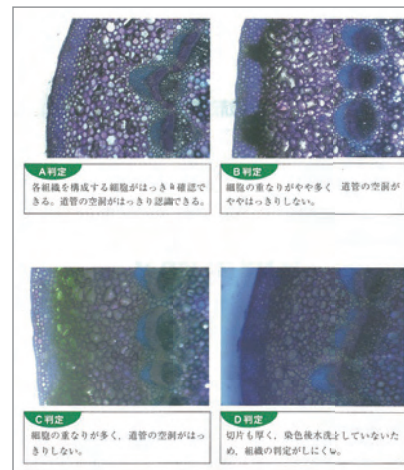
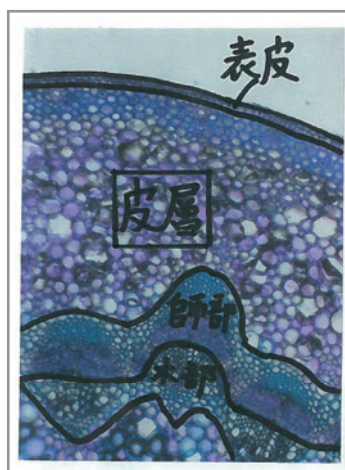
問1 上の条件を満たす 3×3 マスの表を1つ作れ。

問2 上の条件を満たす 4×4 マスの表を1つ作れ。

問3 上の条件を満たす 5×5 マスの表を1つ作れ。

第9問

■実験競技②判定基準





特集1: 熱闘!「科学の甲子園」



時間内に正解にたどり着けるか、実験競技もチームワークが勝負だ。



実験競技①はマグネシウムの燃焼熱を求める問題。的確な実験手順と器具の選択が求められる。

実験競技②は植物組織標本の作成と考察の問題。写真は、作成した標本を顕微鏡越しにデジタルカメラで撮影しているところ。

学校を選考対象に含めることができなかった。そのため同校チームはJSTが実施した全国予選を勝ち抜いて、特別枠で参加することとなった。

「全国予選で戦ったチームも応援してくれているので、勝ちたい。今回、上位に入れなくても、1年生ですから、来年も同じメンバーで出場して、優勝を狙いたいです」(本田君)

「甲子園の土」を多く持ち帰る容器を作るには

大会2日目。総合競技はユニークな出題と実測による順位競争に、客席からの注目も集まった。

総合競技①は「甲子園の土」。甲子園の土に見立てたカラーサンドを、より多く入れることができる容器を作ることが課題だ。容器の材料は24cm四方の段ボール紙、開口部が平らな立体を設計、グラフ用紙に展開図を描き、すき間がないように工作する。そし

て、容器に詰め込んだカラーサンドの質量の重さによって順位を決定する。

容器を設計、製作する制限時間は90分。この間、作った容器にすき間がないことをチェックする「すき間判定」、開口部が平らかを見る「すり切り判定」に合格しなければならない。この2つの判定は製作時間内に何度でも受けられるが、精密な工作技術が求められる。

製作時間終了。残念ながら、7チームが2つの判定をクリアできなかった。

容器に詰めたカラーサンドの計量タイムには、上位6チームがステージに上り、計量が進むにつれて上位チームが入れ替わる。そのたびに、会場はどよめきと歓声につつまれた。表面積が決まっている場合、計算上の最大容積を実現する形は半球だが、今回は曲面でなく平面で構成される多面体を作ることがルールだ。この難関に挑む山梨県代表の北杜市立甲陵高等学校チームは、正二十面体の上部の五角錐を除

いた形の容器を製作し、その工作技術で会場を驚かせた。

そして、最終結果は……。石川県立金沢泉丘高等学校が3位(2026g)。北杜市立甲陵高等学校チームは2位(2244g)、1位は2271gの埼玉県立浦和高等学校チームだった。

1位が確定したとき、チームを代表してステージに上がっていた浦和高等学校の原雄大君(2年生)は、大きなガッツポーズをみせた。インタビューに応じ「最初は三角錐、四角錐がベストだと思ったのですが、24cm四方の段ボールの表面積から計算していった結果、最終的に六角錐にすれば1200mlの容量になり、材料を余すことなく使えると判断をしました。3人のチームで挑んだからこそ、アイデアを相談できたり、綿密な体積の計算、丁寧な組み立てもできたと思います」と興奮気味に話す姿にチームメイトや参加生徒はもとより、会場からも大きな拍手が送られた。

完成前のチェック作業を行う選手たち。その表情は真剣そのものだ。



総合競技①では、「甲子園の土」をより多く入れることができる容器作りに挑戦した。開口部が平らになっているかのチェック(写真左)や試作品に実際に土を入れての検証作業(写真右)など、完成までの道のりは長い。



総合競技①優勝作品の六角錐を手にインタビューを受ける浦和高等学校キャプテン、原雄大君。

「クリップモーターカー F1」で会場は最高潮の盛り上がり!!

総合競技②は「クリップモーターカー・フォーミュラー 1」(クリップモーターカーとはコイルを磁石と乾電池を使って回転させて、その動力で走る模型自動車のこと)。この課題では、ゼムクリップで軸受けにしたエナメル線、ネオジウム磁石などを材料に自作したクリップモーターとアルカリ乾電池を動力源にしたクルマを設計、製作して、タイムレースで競う。なお、この競技はルールが1か月前に発表されていて、設計図も持ち込めるとあって、高校生たちは試作・実験を行って臨んだ。

製作時間は60分。用意された材料と事前に準備した設計図をもとにさまざまな形状のモーターカーが作られた。

会場にはテストコースも用意されていたが、時間に余裕を持ち、試走できたのは10数チームだった。

製作時間終了。「ピットイン」のためそれぞれモーターカーを収納用コンテナに入れ、レース場へ移動する。車体のチェックを受けて、準備完了。

レース会場にF1中継のテーマ曲、T-SQUAREの「TRUTH」が大音量で流れる。いよいよこの大会のハイライト、モーターカーによる全長240cmのコースでのタイムレースが始まる。勝負は着順とタイム、もしくは走行距離で決まる。予選は8チームごとに6レースが行われた。各組上位2チームが準決勝に進む。

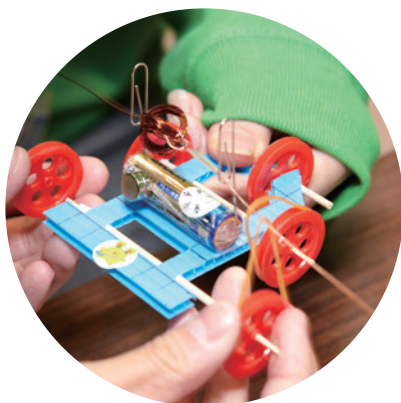
予選スタート。A組は栃木県立宇都宮高等学校チームが12.3秒で1位、茨城県立土浦第一高等学校チームが17.1秒で2位、準決勝進出を決めた。ところが……D組は愛知県立岡崎高等学校チームが5.6秒で1位、E組は秋田県立秋田高等学校チームが34.4秒で1位になったが、B組、C組、F組はゴールまでたどり着けず、走行距離で勝負が決



設計通りに作れるかどうか、手先の器用さも求められる総合競技。

まる大波乱が起こった。

クリップモーターは力が弱く、回っても、動力を輪ゴムを使って車輪に伝えるのが難しい。動力の強さと電池や車体の重量などの微妙なバランス、電池の寿命などを考えて、レースに挑まなければならず、創意工



夫が必要とされた。そのため、どのチームも苦戦したのだ。

決勝進出は、準決勝1組1位の滋賀県立膳所高等学校チーム、同2位の山口県立宇部高等学校チーム、準決勝1組1位の愛知県立岡崎高等学校チーム、同2位の神奈川県立栄光学園高等学校チーム、敗者復活戦1位の鳥取県立鳥取西高等学校チーム、同2位

の岡山県立岡山朝日高等学校チーム。

会場はこの大会、最高潮の盛り上がりを見せた。

レースはあっという間に決着した。

1位から3位までは僅差でのゴールだった。

この競技を制したのは、膳所高等学校チーム。2位は本命視されていた岡崎高等学校チーム、3位は敗者復活戦からの鳥取西高等学校チームだった。

1位を獲得した膳所高等学校2年生の中塚洋佑君は「3極モーターでなく、シンプルな2極モーターにしました。それに、予選、準決勝と改良、調整していったのが勝因だと思います」と、工夫を重ねてレースに臨んだことを明かした。

通常、模型用モーターはコイルが3つに分かれた3極の構造のモーターだ。だが、エナメル線の処理、回転のバランスを考えると、クリップモーターでは技術的な難度が高い。それを考えた上で設計し、予選で走行距離90cm(C組1位)という成績から勝ち上がるころには、あきらめないチャレンジ精神がみえた。

第1回大会栄冠チームの勝因は「チームワーク」

全競技が終了した。参加した363人の高校生は充足感を覚え、昼休みを過ごしていたが、宮崎県立宮崎西高等学校チームは落ち着かない様子だった。同校の野球部は第84回選抜高校野球大会に出場し、この日の3試合目に、愛知工業大学名電高等学校との初戦が行われるからだ。

「僕らも持っている力を出し切ったけれど、野球部も頑張ってほしい。初戦に勝てば、2回戦は球場に応援に行けますからね」(同校2年生・柊屋宇洋君)、「四番打者の原田大暉捕手は理数科の同級生なのです」(同・上原英晃君)と誇らしげだ。



レースでは全く動かないモーターカーもあり、選手たちは悪戦苦闘。



特集1: 熱闘!「科学の甲子園」

午後2時からノーベル化学賞受賞者で、本大会の応援団長を務めた根岸英一博士の講話があった。根岸さんは高校生に「自分の“好きなこと”と“よくできること”を見極めて、それを生かした道に進めるようがんばってほしい」と激励のメッセージを送った。午後3時、表彰式で結果がついに発表となった。

まずは、産学連携による人材育成を積極的に推進する協賛企業による賞の発表だ。企業賞には競技の成績だけでなく、チーム構成や解答のユニークさなど独自の基準が設けられた。

そして、いよいよ総合結果の発表だ。第3位(兵庫県知事賞)は愛知県立岡崎高等学校チーム、第2位(科学技術振興機構理事長賞)は滋賀県立膳所高等学校チーム。

第1回科学の甲子園全国大会、初の栄冠に輝いたのは埼玉県立浦和高等学校チーム。平野博文文部科学大臣から賞状とメダル、トロフィーが授与された。7人のメンバーは、文字通り喜色満面の表情を見せた。同校のキャプテンを務めた前出、原雄大君は勝因をこう語ってくれた。

「チームワークで勝てたと思います」

浦和高等学校チームにはもう一人メンバーがいた。大会前日にインフルエンザを発症、欠場した物理部部長の西颯人君(2年生)だ。彼はクリップモーターの設計を担当していて、貴重な戦力を欠くことになったのだが、西君の不在がチームの絆を更に高めたのかもしれない。

なお、浦和高等学校チームは5月にアメリカフロリダ州で開催される科学の競技会「サイエンスオリンピック・ナショナル・トーナメント」に派遣される。世界を舞台にした同チームの日本の高校生代表としての活躍にも期待したい。

最後に、中村道治JST理事長は、本大会を総括して次のように語った。

「参加した生徒一人ひとりの知識、思考、創造力が発揮され、チームワークにも秀でたチームが好成績を修めたと思う。『科学

の甲子園』の特色は『チームワークを問われる』ところにあるでしょう。このような場をつくりだして、日本の将来を託すことができる若者の才能を更に伸ばすことが、JSTの責務だと考えています」

■「第1回 科学の甲子園全国大会」成績一覧

総合成績(上位5チーム)

順位・賞	学校・チーム(都道府県)	合計得点(1080点満点)
優勝 文部科学大臣賞	埼玉県立浦和高等学校チーム(埼玉県)	701
第2位 科学技術振興機構理事長賞	滋賀県立膳所高等学校チーム(滋賀県)	629
第3位 兵庫県知事賞	愛知県立岡崎高等学校チーム(愛知県)	624
第4位	筑波大学附属駒場高等学校チーム(東京都)	587
第5位	北杜市立甲陵高等学校チーム(山梨県)	579

協賛企業賞

賞	学校・チーム(都道府県)	基準
ベネッセ賞	筑波大学附属駒場高等学校チーム(東京都)	筆記競技 1位チーム
島津理化学賞	土佐高等学校チーム(高知県)	実験競技①(化学分野) 1位チーム
ケニス賞	筑波大学附属駒場高等学校チーム(東京都)	実験競技②(生物分野) 1位チーム
旭化成賞	埼玉県立浦和高等学校チーム(埼玉県)	総合競技①(甲子園の土) 1位チーム
パナソニック賞	滋賀県立膳所高等学校チーム(滋賀県)	総合競技②(グループモーターカー・フォーミュラー 1) 1位チーム
JR東日本賞	山形県立山形東高等学校チーム(山形県)	東北6県の中の最優秀校
帝人賞	北杜市立甲陵高等学校チーム(山梨県)	女子生徒3名以上を含むチームの中の最優秀校
日立賞	北杜市立甲陵高等学校チーム(山梨県)	もっともイノベーションを予感させるユニークな解答をした優秀校
三菱電機賞	埼玉県立浦和高等学校チーム(埼玉県)	ものづくりの基本となる実験競技における優秀校



JST理事長 中村道治(左)、根岸英一博士(右)、優勝した埼玉県立浦和高等学校チーム。生徒は写真左上から白金佑太君、加藤互貴君、篠沢智伎君、宗里啓君、下左から大塚拓也君、原雄大君、加藤伸忠君(全員、2年生)。

JSTの担当者から見た「科学の甲子園」 参加した高校生たちの笑顔を見て、手応えを感じました。

「科学の甲子園」創設1年目で一番苦労したのは、全国の高校生すべてに参加の機会を持ってもらうことでした。全国各地で代表選考会を開催するなどして高校生に全国大会への道を開いてくださった都道府県教育委員会の方々に感謝しています。また、知識を問うだけでなく、高校生がチームで科学を楽しむ競技にどのような問題がふさわしいのか……作問には関係者一同、大変苦労しました。

反省点もたくさんありますが、全国大会では想像以上に参加した高校生たちが盛り上がり、「楽しかった」「面白かった」「また参加したい」と思ってくれたようで、手応えを感じました。

今後、科学好きの裾野が広がって、より多くの生徒が都道府県での代表選考会に出場してくれることを願います。そして、高校生たち

が受験のために理科や数学の勉強をするのとは違った、チームワークで学ぶことのモチベーションとなる大会として、毎年恒例のものにしたいと考えています。全国大会の場で出会った生徒たちが数年後、大学や大学院、企業の研究室などで再会してくるようなことがあれば、すごくうれしいことです。

第2回科学の甲子園全国大会も、兵庫県で開催することが決まっています。詳細は近く公開しますが、より素晴らしい大会にしていきたいと考えています。

JST 太田三晴



特集

2

配電網の最適経路を探索し、配電ロスを最小化へ

「超高速アルゴリズム」に できること

電気をムダなく効率よく送る「スマートグリッド」の実現には、最適な配電経路を求める技術的基盤も必要だ。ところが、日本の標準的な規模の配電網（人口数十万人規模）では、そのスイッチの組み合わせが 10^{140} （10の140乗）通りもあると計算される。この中から最適な経路を見つけ出すのは至難の技だとされてきたが、北海道大学の湊真一教授らが開発した「超高速アルゴリズム」では、その解を得ることができるのだ。



湊 真一

みなと・しんいち

北海道大学大学院情報科学研究科 教授

1965年生まれ。京都大学工学部情報工学科卒業、同大学大学院工学研究科情報工学専攻修了。博士(工学)。日本電信電話株式会社LSI研究所、米国スタンフォード大学客員研究員などを経て、2004年から北海道大学准教授、10年から現職。大規模論理データ処理、知識索引技術の研究に従事。09年からJST ERATO湊離散構造処理系プロジェクト研究総括。

ERATO湊離散構造処理系プロジェクトのサーバ室にて。ZDD、BDDなどの「超高速アルゴリズム技法」を使うには大容量のメモリが必要となるため、1台で1TB（テラバイト）のメモリを集中して搭載するサーバを使用している。今後さらに1TBの追加を計画中。



スマートグリッド実用化には 大きな壁が立ちはだかっていた

IT技術を駆使して、電力の流れを供給側と需要側の両方から効率的に管理する「スマートグリッド」。この言葉は、「スマート（賢い）+グリッド（電力網）」の合成語だ。福島第一原子力発電所事故の影響による電力事情への危機感からにわかに注目され、研究が加速している。

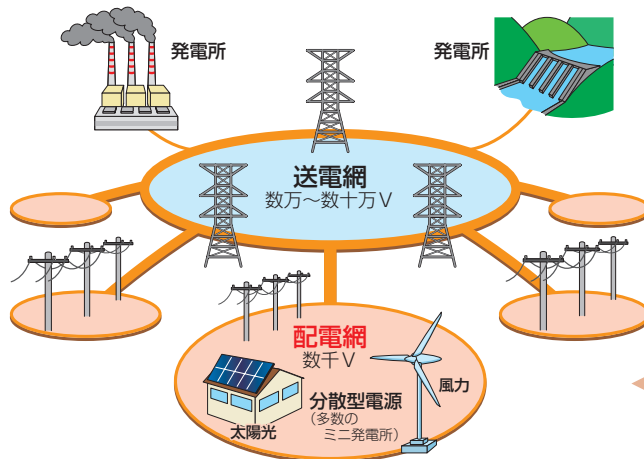
スマートグリッドの導入は、再生エネルギー利用の上でも期待されている。というのも、再生エネルギーの柱ともいべき太陽光発電や風力発電などは気象条件で発電量が大きく変わるため、既存の電力系統にそのまま取り込むと、電力の品質劣化、停電などの不具合を引き起こすからだ。

こうした複雑化する電力系統の需要・供給を適切に予測し、電力を必要な箇所に必要に応じて分配するための基盤技術の確立が急務となっている。この技術の確立と実用化に向けて、注目すべき成果を上げているのが、ERATO「湊離散構造処理系プロジェクト」だ。

超高速アルゴリズムで 配電網の効率化を実現

電力系統は、「送電網」と「配電網」に大きく分けられ、送電網では発電所から変電所までを数万ボルトの高電圧でつないでいる。これに対し、配電網では、最後の変電所で低電圧に落とした電力を事業所や各家庭に送り届けている。この配電網の経路を切り替えるためのスイッチが多数存在し、そ

■送電網と配電網



電力供給網は、数万～数十万ボルトの高電圧で長距離を効率よく送電する送電網と、比較的低い電圧（数千ボルト）で近距離・地域をカバーする配電網からなる。太陽光発電、風力発電などの分散型電源も配電網に接続される。

のオン/オフ（切り替え）によって、天文学的ともいえる膨大な数の組み合わせの中から1つのつなぎ方を選んでいるのだ。しかし、従来の技術ではスイッチのすべての組み合わせを完全に調べ尽くすことができず、「経験と実績」で最適だと考えられる経路を求めている。このため、実現可能な組み合わせは何通りあるのか、真に最適な経路はどれかなどについては、把握されていないのが実状だった。そこで、北海道大学教授の湊真一さんは、早稲田大学先進グリッド技術研究所所長の林泰弘さんと共同で、配電網のスイッチ構成を調べる「超高速アルゴリズム※1」の研究、開発を行った。その結果、最適な配電経路を見つけ出すことに成功し、スイッチのオン/オフにより配電ロスを最小化する方法を見出したのだ。

配電網を最適化するためには、どのよう

な問題があり、どのような制約条件を満たす必要があるのだろうか？

「配電網は下図のような構成になっている、スイッチのオン/オフで電気の流れる経路が決まります。経路は『幾何学的条件』と『電気的な制約条件』を満たす必要があり、その中から最適だと考えられるものを探し出すのです。

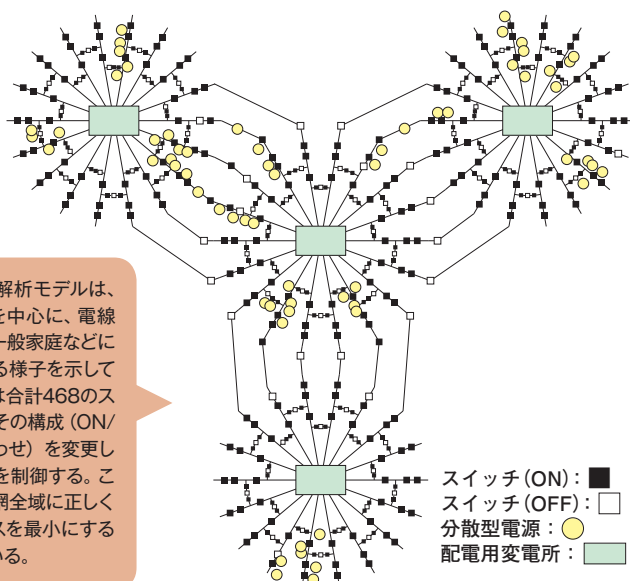
この幾何学的条件とは、『各家庭（実際には町内）は停電せず、しかも2つの変電所とつながってはいけない』、そして電気的な制約条件とは、『電線の各区分で許容電流を超えない』ことです」と湊さん。

下図は実際の配電網に非常に近いものだ。数十万人規模のブロックで468か所のスイッチがあり、そのオン/オフの組み合わせは 2^{468} 通り、つまり10の140乗に達するという。まさに天文学的な数字だ。それだけに、この中から最適な経路を、現実的な時間内に探し出すのは不可能だった。

湊さんらのグループは、まず幾何学的な条件、電気的な制約条件の2つを満たす経路の抽出を試み、湊さんが開発した「ZDD（Zero-suppressed BDD=ゼロサブレス型二分決定グラフ）」と呼ばれる超高速圧縮アルゴリズム技法によって、わずか10分程度ですべての可能な組み合わせから制約条件を満たす 10^{63} 通りにまで絞り込むことに成功した。

さらにこの 10^{63} 通りの中から配電網内に正確に、効率よく電力を供給できる経路を探索するアルゴリズムを新規に開発し、それにより、さらに20分程度の時間

■配電網の標準解析モデル



配電網の標準解析モデルは、4つの変電所を中心に、電線に接続された一般家庭などに電力を供給する様子を示している。電線には合計468のスイッチがあり、その構成（ON/OFFの組み合わせ）を変更して電力の流れを制御する。この図では配電網全域に正しく給電、送電ロスを最小にする構成を表している。

【用語解説】

※1 アルゴリズム

コンピュータで問題を解いたり、課題を解決するための計算手順、処理手順を意味する。

で配電ロスを最小とする経路を発見するに至ったのだ。

数十万人規模の配電網で真に最適な経路を明らかにしたのは、世界初の快挙だという。

「配電の最適経路を発見することにより、従来の配電ロスを3%削減できました。これは電力全体の0.02%に相当します。一見、小さい数字に見えますが、日本全体に単純換算すると、スイッチの切り替えだけで、火力発電所の0.1基分を増設するのと同じ効果があります」

配電ロスが3%削減できる効果も大きいですが、「条件を満たす組み合わせをすべて知り尽す」ことによる成果も大きい。条件を満たすスイッチのすべての組み合わせをデータベース化することで、今後、「昼夜の需要変動に一番強い経路を探したい」「事故が起きたときの停電を回避するベストな経路を至急知りたい」といった現実的な要望に対し、瞬時にそのスイッチ組み合わせを提示できるからだ。

ZDDで魔法のように高速の演算ができる

膨大な演算を20分という短時間で魔法のように解き明かすアルゴリズムとは、どのようなものなのか？

コンピュータには、ハードウェアとソフトウェアの両輪が必要だ。アルゴリズムはソフトウェアの鍵となる計算手順、処理手順のことである。もし膨大な演算を高速なハードウェアで処理したいなら、スーパーコンピュータを使うことになる。演算回数は変わらないが、1回ごとの処理速度が高速になる。ただし、誰もが気軽に使えるものではない。

これに対し、アルゴリズムは「人の知恵で、演算回数そのものを減らす技術」（湊さん）。処理方法を工夫して、100分の1の演算回数に圧縮し、同じコンピュータでも演算時間を100分の1に短縮しようというものである。

「数学でいうなら、これまで100行をかけて書いて

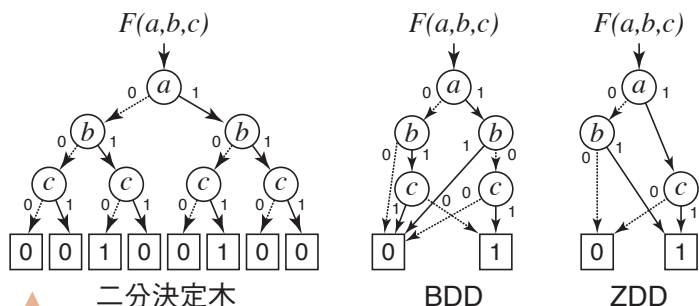
人間の知恵が生み出すアルゴリズムには、大きな可能性があります。

若いスタッフたちと日々熱い議論を交わしながら研究を進めています。



北海道大学のERATO湊離散構造処理系プロジェクトメンバー。1TB（テラバイト）のメモリ搭載サーバで検証作業を行うが、アルゴリズム研究の成果は頭脳が雌雄を決する。

■二分決定木、BDD、ZDDの違い



「0」「1」で分岐する構造の二分決定木に対して、BDD、ZDDを使うと分岐先の数（処理数）を大幅に圧縮することができ、高速処理が可能となる。

いた証明を、1本の補助線を考えつくことで、たった10行で書けたというようなイメージです」

上図を見ていただきたい。これは「二分決定木」と呼ばれるものだ。「0」「1」のどちらかで分岐するため、3回の分岐で $2^3=8$ 通りとなる。スイッチが468個あれば、 2^{468} ＝約 10^{140} 通りをくまなく調べなければならない。このように、 2^n 個の場合分けはnがたった1つ増えるだけでも組み合わせ数が急速に増えるため、ハードウェアの計算能力が1万倍高速になっても、対応していくことは難しい。

そこで、処理数を減らすことを考えてみよう。「0でも1でも分岐先が同じ場合は分岐しないで直結」「共通の行き先を持つ分岐が2個以上あれば1個にまとめて他を削除」と考えると、その数を大幅に圧縮できる。これが「BDD（二分決定グラフ: Binary Decision Diagram）」という表現方法で、1986年に米国カーネギーメロン大学教授のランディ・ブライアント氏が高速な構築アルゴリズムを考案した。

「大学院生の頃からVLSI（大規模集積回路）の設計でBDDを使っていました。その後1993年頃のことですが、回路設計のため

に巨大な表をBDDで表現しようとしたら、そのセルのほとんどが0になる例がよくあるのですが、BDDではすべてに「0」と書き込まなければならない、これはもっと改良できると考えました」

そのとき「1のときの行き先が『空集合』であれば、削除する」という新しい圧縮ルールを思いついた。これこそがZDDだ。ZDDは、スーパーマーケットの商品構成を考えると理解しやすい。例えば、あるスーパーでは1万アイテムが販売されていて、Aさんが10個の商品を買ったとすると、残り9990個は買われなかったアイテムの集合「空集合」になる。この空集合は、Aさんにとって「最初からなかった」と同じ意味になる。このように、ほとんどのデータを0と見なすことでZDDは、BDDに比べて100倍、1000倍以上の高速処理が可能になる。だからこそ、スマートグリッドの基盤技術となる配電網の天文学的な数の全経路の検索、最適経路の発見に活用できるわけだ。また、遺伝子探索やWeb上での知識発見、膨大なデータの中から知見を抽出するデータマイニングなど、大規模なデータベースの分野でも、ZDDの有効性が発揮されつつある。



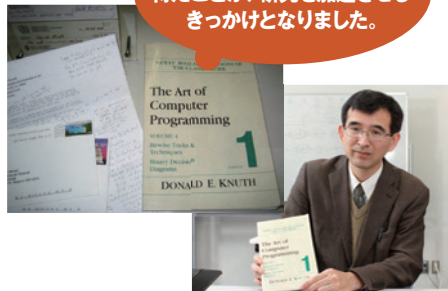
離散構造処理系は “Art”を探究する技術領域

湊さんが推進しているJST ERATO「湊離散構造処理系プロジェクト」とは何を目指しているのだろうか？

「『離散構造処理系』は、計算理論などの離散数学の“Science”領域とデータマイニングや統計解析などといった応用分野である“Engineering”の間をつなぐ実装技術、つまり“Art”を探究する技術領域です」と湊さんは言う。そしてこのプロジェクトでは開発されたプログラムなどのツールを研究者、産業界に広く使いやすく提供したいと考えている。

ポイントとなるのは異分野の研究者、技術者との「知の交流」である。湊さんは熱く語る。

クヌース博士の評価を得たことが、研究を加速させるきっかけとなりました。



「物理や生物分野の研究では、世界で1台しかない実験装置を持っていれば、それだけで人が集まることもあるでしょう。最新装置を使うことで、成果を上げることもできるかもしれません。しかし、情報系、特にアルゴリズムの研究には、残念ながらそのような装置はありません。

では、成果を上げるために必要なものは何か？ 私は『人が集まって議論をすること』だと考えています。ERATO湊離散構造処

理系プロジェクトでは、核となるテーマは離散構造処理、ZDDという非常にシャープなものに絞り込みます。しかし、そのテーマが波及する分野は幅広い。その核になるところで異分野の研究者、技術者が集い、議論して、またそれぞれの分野、持ち場に戻っていく。それがプロジェクトの成否の鍵を握っていると考えています」

確かに「スマートグリッド」そのものは湊さんの研究対象分野ではなかったかもしれない。早稲田大学先進グリッド技術研究所の林研究室との研究協力体制があったからこそ、画期的な成果が実った。当初、共同研究にはさまざまな困難があった。情報系の湊研究室、電力系の林研究室がぶつかった「言葉の壁」もその1つだ。例えば湊研究室では流れを遮断することを「ゲートを閉じ

ZDDが取り上げられた、クヌース博士主著書の『The Art of Computer Programming Vol.4』と博士からの湊さん宛の手紙。湊さんは当初、BDDの改良版という意味で「ZBDD」とよんでいたが、クヌース博士が「BDDと同じ価値があるから、文字数も3文字にそろえたほうがいい」とメッセージをもらい、ZDDと短縮した。

る」というが、同じことを林研究室では「スイッチを開く」というのだ。互いの言葉を学びあい、共通認識を作り上げる作業に3か月を要した。しかし、どちらか1つの研究室だけで進めていけば10年かかったかもしれない研究成果を、共同研究によりわずか1年で成し遂げることができたのだ。

札幌を情報系若手研究者の 梁山泊にしていきたい

「ZDDは一部の専門家にはよく知られていますが、情報処理の分野全体から見れば、無名

に近い存在でした。それが、クヌース博士※2ご本人がライフワークとする著書『The Art of Computer Programming』に大々的に取り上げられたのです。日本人の研究が『アルゴリズムのバイブル』とされる同誌に独立項目として掲載されるのは初めてのことでした。これによって、雪崩を打ったかのように、さまざまな異なる分野の専門家が離散構造処理系、ZDDの世界に入ってこようとしています。それだけに、私たちも研究をさらに深化させて、国際的にイニシアチブを取り続けていきたいと考えています」

そして湊さんは、ERATOの本プロジェクトについてこう語った。

「日本では、東京と関西に『研究の場』が集中しています。良くも悪くも札幌という土地は東京、関西から遠く離れて独立しているので、落ち着いて研究に取り組める空気があります。だから、ERATOプロジェクトの拠点であるここを研究者にとつての『梁山泊』（りょうざんぱく:優れた人物たちが集まる場所の意）のような場所にしていきたいです。

『若き研究者よ、大志を抱け』——と。クヌース博士ならぬ、クラーク博士ではないですけれどね(笑)」

【用語解説】

※2 クヌース博士

ドナルド・エルビン・クヌース (Donald Ervin Knuth)。1938年生まれ。スタンフォード大学名誉教授、数学者、情報工学者。アルゴリズム研究の権威で、主著『The Art of Computer Programming』のシリーズはプログラミングに携わるものの間ではバイブル的な存在だ。アルゴリズム解析と呼ばれる分野を開拓し、計算理論の発展に多大な貢献をしている。

JSTの担当者から見た「ERATO湊離散構造処理系プロジェクト」 「日本発」のアルゴリズム技術で社会に貢献できるプロジェクトです。

「ERATO」は30年以上続く歴史ある基礎研究推進事業ですが、アルゴリズム（計算手順）の分野は湊PJ（プロジェクト）が初めてです。「ZDD」は湊先生が独自に考案した「日本発」のアルゴリズム技術であること、大規模データの高速処理が求められる多くの分野で活用できることなどから、湊PJには大きな期待が寄せられています。

アルゴリズム技術によって効率のよい計算手順を見い出せば、たとえコンピュータの性能が最新でない「カメ」でも、最新のコンピュータ「ウサギ」が遠回りする（冗長な計算手順をたどる）より速くゴールにたどり着くことができます。この「ZDDにより計算量を減らす」技術はスマートグリッドだけではなく、遺伝子探索や消費者データ分析、産業プロセスの最適化・検証といったさまざまな実問題へ適用で

きる可能性を秘めています。

湊PJは北海道大学のほかに東京と大阪にも研究グループを設置し、日本各地の研究者との連携を深めると共に、企業からの出向者を積極的に受け入れることで、アカデミアに閉じない研究体制を構築しています。そのためグループ間をTV会議システムでつなぎ、毎日のように顔を合わせて議論を進めています。身の回りの情報量が急速に増大し、その中から短時間に有益な情報を見つけ出す技術が求められる現代社会において、湊PJが提案するスマートな情報処理にどうぞ期待ください。

JST 中島高弘





社会にひろがる新技術

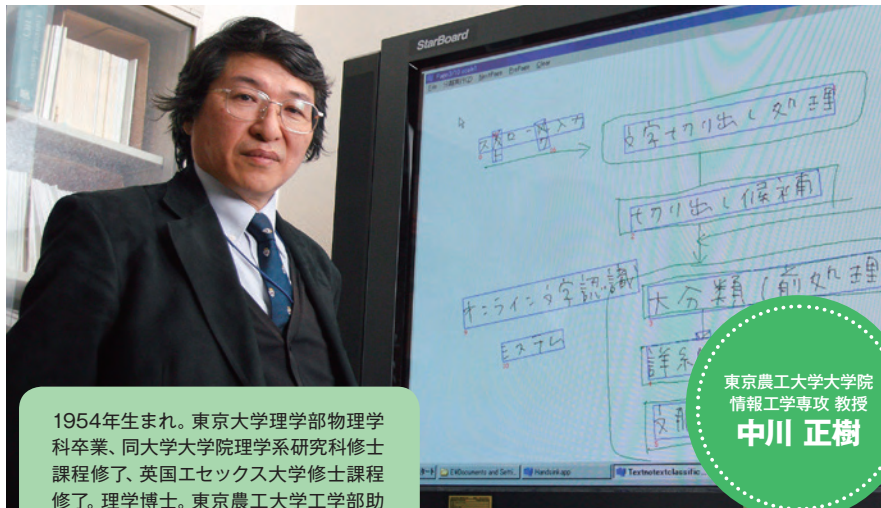
～JSTの研究開発成果から～

VOL.1

世界最高精度の手書き文字認識技術を実用化!

スマートフォン、医療カルテ向けなどの手書き入力システムでビジネス展開がスタート

手書き文字認識エンジン——古くから研究開発が行われているこの技術は、日本で、世界最高精度を実現した。情報が電子化される環境が整ってきた今、さまざまな場面での活用が期待されている。「手書き文字認識技術」の開発に取り組む東京農工大学 中川正樹教授と、成果を社会に提供するために設立されたアイラボ株式会社を訪ね、その活用シーンや新たな可能性について聞いた。



1954年生まれ。東京大学理学部物理学卒業、同大学大学院理学系研究科修士課程修了、英国エセックス大学修士課程修了。理学博士。東京農工大学工学部助手などを経て、97年から現職。2008年～11年、JST大学発ベンチャー創出推進開発代表者。パターン認識、ユーザインタフェース、教育の情報化などの研究に携わるとともに、産学官連携やIT人材育成、教育情報化などを推進。趣味は釣り。

東京農工大学大学院
情報工学専攻 教授
中川 正樹

世界最高水準、精度99%の手書き文字認識エンジン

「文字をタッチパネルに指先で書く」「『ここはどこ?』とメモ書きすると現在地の地図が表示される」——スマートフォンやタブレット端末で、こんなシーンが当たり前になりつつある。それを支えているのが「パターン認識」という技術だ。中でも「文字を書く」という人間の行為を認識し、文字コードとして読み取ってテキストに変換する「手書き文字認識」の研究に東京農工大学教授の中川正樹さんは取り組んできた。

中川研究室が開発した手書き文字認識エンジン「Handz Reco」(ハンズ・レコ:商標登録出願中)は、認識率99%という世界最高水準の精度を達成。その研究成果は昨年12月に設立された大学発ベンチャー「アイラボ株式会社」から社会に還元されようとしている。

中川さんとアイラボの代表取締役社長、堀

口昌伸さんとは、20年来の付き合いだ。中川研究室が研究・開発した技術を、堀口さんが世に送り出すためのサポートを行う、中川さんがアイラボの技術顧問を務める、という役割分担で、二人三脚で新技術の社会普及を進めてきた。

アイラボの技術は無床診療所向けの外來診療用電子カルテシステム「Dr. Handz Pen」(アイサンテクノロジー(株)から発売)に搭載されたほか、「mazec for Windows」((株)MetaMoJi)に採用され、今年3月からは法人向けライセンスバックの販売が始まった。「mazec for Windows」はWindows7に対応したスレートPC(板状の本体表面全体にタッチパネ

ル式ディスプレイを搭載した端末)向けの手書き入力システムで、画面に文章を手書きすれば、即座にテキスト化される。また、アンドロイド搭載スマートフォン向けアプリ「7notes」などにも採用され、4月から販売されている。

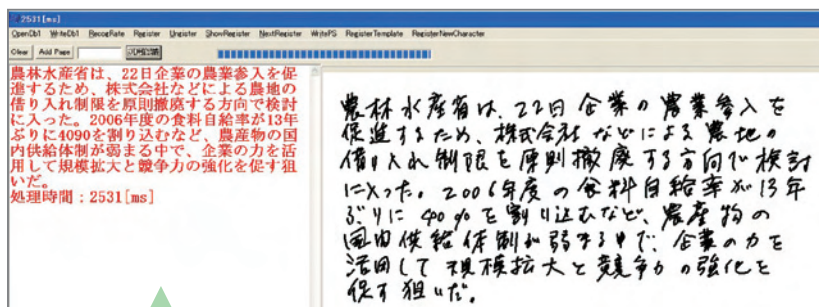
手書き認識でコンピュータを思考支援の道具にする

キーボードやマウスに慣れた人が多い時代に、なぜ中川さんは「手書き」にこだわり続けるのだろうか?

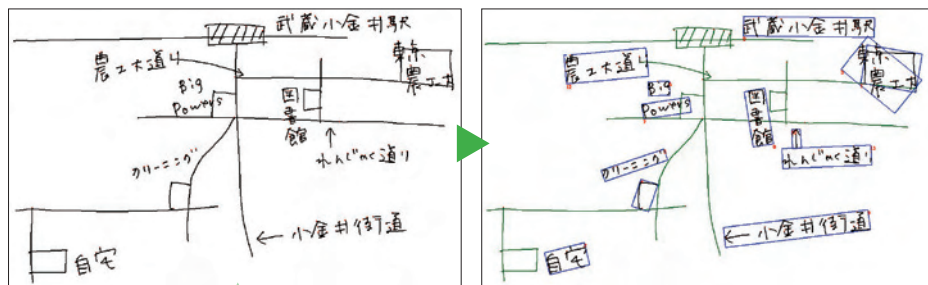
「コンピュータは身近になりましたが、相変わらず『作業支援の道具』でしかありません。しかし、私はコンピュータは『思考支援の道具』でなければならないと思うのです」

コンピュータはキーボードでテキストや数字を打ち込んだものを、表やグラフ化することが得意だ。ただ「間接的に思考の整理を助けるだけで、思考支援の道具にはなっていない」と中川さん。思考支援には、「考えながら使える、使いながら考えられる道具」が必要だ。それを可能にするには、認知的負荷ができる限り少ないインターフェイスが求められる。

「その原点が紙とペンです。手を動かして、書きながら考えるというのが一番、自然ですからね。メール程度の文章なら、キーボードで入力してもいいけれど、会議中に考え



右側の手書き文字がわずか2.5秒でテキストデータ(赤字)に変換された。誤認識箇所は、「%」が「90」になった1か所のみだ。



図形と文字が交じった手書きの地図も、文字部分だけを分離して認識することができる(右図の青枠内に文字として認識されている)。斜め書き、英字もOK。この図では、クリーニング店を示す図形と矢印だけが文字として誤認識されている。

ながらメモを取る、授業を聞きながらノートを取るの、やはり手書きがいい。教師の板書もリアルタイムの手書きの方がいいでしょう。数式を書くときは、手を動かしながら考えるのが当たり前のことです。完成したものをキーボードで入力し直すことはありませんが、思考の途上は手書きです。その手書きの思考過程をそのままコンピュータが認識してくれれば一番いい。それも画像として保存するだけでなく、文字コードとして認識できれば、後から手書きの文字を検索することもできます」

読み取り精度を上げるため、約300万の手書き文字を収集

手書き文字認識がいち早く実用化されたのは、郵便番号の自動読み取りだった。これは1960年代後半に導入され、次第にその精度を上げてきた。筆文字が増える年賀状は機械が学習してきた文字と大きく形が異なることも多く、認識率が下がることもあったが、現在、誤認識はほぼない。今では数字だけでなく住所の文字も読み取り、郵便番号と住所を照合して高い精度で仕分けができる。

個人用途には、80年代半ばに手書きワープロ、90年代末に、読み方が不明の文字をマウスなどで書くと、文字が表示される機能が実用化された。

「パソコンでの手書き文字認識は、キーボードでの日本語入力の補助的な機能として登場したものです。これは一文字ずつ丁寧に書かないと認識しません。ただ、読み方がわからない文字を書くと、人間は必然的に正確に丁寧に書きますから、それでも問題はありませんでした」

しかし、日常的に人間がペンで紙にメモを書くときは違う。走り書き、殴り書き、崩し字、自己流の癖が現れて、ときには矢印などの記号、さらには図なども交じる。

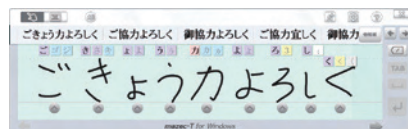
「そういうものをすべて認識してデジタル化しようとするのが、『手書き認識』です。指先やペンの先の動きを点の連続としてとら

えて、どんな文字かを判断し、それを文字コードに変換することで、初めて手書きの文字はキーボードで打つと同じようにテキストデータとして認識されます。これは単純なようで一筋縄ではいかない技術なのです」

中川研究室は読み取り精度を上げるために、300人にそれぞれ1万字を超える文章を書いてもらい、300万もの文字をプログラムに学習させた。

「一文字ずつ書いてもらおうと、どうしても丁寧になりすぎます。だから、新聞の文章を書き写してもらいました。企業にも協力を頼み、性別やさまざまな年齢層の文字を収集しました」

従来の手書き文字認識では、崩して書かれた漢字の部首「ごんべん」と「さんずい」の区別がほとんどつかなかった。だが、中川研究室では、「崩したごんべんで書かれた『計』という文字」を学習すると、同じように崩したごんべんの文字すべてを読み取ることを可能にした。



Windows7搭載のスレートPCに対応した手書き文字入力方式「mazes for Windows」((株) MetaMoJi)の画面。中川研究室で開発されたエンジンが組み込まれた、初めての一般ユーザー向け商品だ。画面に指やペンで文字を書くと、変換候補も表示される。

手書き入力は、さまざまな場面でこれからブレイクする！

読み取りで難しいのは、意外なことに「画数の少ない文字」だという。例えば、カタカナの「ノ」と「/ (スラッシュ)」の区別は困難だそうだ。

「字形だけでは認識できません。文脈から類推するとか、少し前に書かれた文字と照合、その人の文字の癖を類推しないと、認識精度は上がりません。人間は簡単に書いたものを読めますが、脳の中ではさまざまな作業

が行われています。ただ、実は人間も100%を認識しているわけではありません。読めない文字は適当に飛ばしたり、読み間違えていることもありますからね(笑)」

中川研究室が開発した「Handz Reco」の認識率は99%なのだが、人間並みの精度を持つ手書き文字認識技術といえるわけだ。

また、「Handz Reco」は文字だけを読み取るのではない。地図のように図形と文字が交じったものでは、図形と文字を分離して認識する。縦横はもちろん、斜め書きの文字にも対応する。

「指先やペンで書く長所は、図形や文字を、いちいちモードの切り替えなしで、書いていけるところです。手書き入力は古くから研究されていますが、デジタルペンや指先で画面に直接書いたり、紙に書いたものをパソコンに取り込める環境が整ってきた今だからこそ、本格的にブレイクすると思います。80年代半ばに手書きワープロの技術をもとに開発された手書き入力エンジンは、時代の要請に応じて、2005年、任天堂DSで見事によみがえりました。

私たちが大学で研究した成果を、論文で発表するだけでは意味がありません。世の中の役に立ってこそその研究だと私は思います。ですから、アイラボを通して、一般ユーザー向けの製品はもちろん、今後、教育や医療の現場などで使えるアプリケーションの開発にも力を入れていきたいと思います」

最後に、アイラボの堀口社長に、今後のビジネス展開について聞いた。

「スマートフォンやタブレット端末は爆発的に普及していますので、手書き文字入力市場も急拡大が見込まれています。中川研究室では多国語への対応を進めていますので、将来的には世界市場への展開も見据えて、優れた手書き文字認識技術を社会にひろげていく努力を続けたいと考えています」

アイラボ株式会社(本社:東京・小金井市)

【設立】 2011年(平成23年)12月

【事業内容】 ■手書き認識技術の研究開発・販売・サービス ■手書きアプリケーションの研究開発・販売・サービス ■手書きインターフェースの研究開発 ■手書き入力デバイスの販売 ■上記に関連する一切の業務



アイラボのオフィスで、代表取締役社長の堀口昌伸さんと。



研究課題決定

戦略的創造研究推進事業「研究加速課題」が決定 平成24年度から3課題がスタート

JST戦略的創造研究推進事業「研究加速」の新規課題に、右の3つが選ばれ、平成24年4月1日よりプロジェクトがスタートしました。

「研究加速」とは、ERATO、CREST、さががけなど、通常の公募による研究推進事業で得られた研究成果の中から、更なる研究の進展により社会還元へと結びつく大きな成果が期待される課題について、支援を行うことで研究を加速させることを目的としています。これまで研究加速課題として「新規がん遺伝子同定プロジェクト」（研究代表者：自治医科大学 間野博行教授）、「光機能性プローブによるin vivo 微小がん検出プロジェクト」（研究代表者：東京大学 浦野泰照教授）などが選ばれていますが、今回は医療や産業の発展に大きく貢献する、緊急性の高いテーマが選ばれました。

①研究課題：「HIV感染の迅速検出法と潜伏感染化ウイルスの予後予測法確立」

研究代表者：水谷 壮利（財団法人微生物化学研究会 微生物化学研究所 博士研究員）

研究概要：さががけの成果を活用し、エイズ感染リスク軽減に向け、従来法よりもはるかに早期かつ高感度なHIVウイルス検出方法を確立する。また、患者体内のウイルス量モニタリング技術を開発し、予防医学的オーダーメイド医療の実現につなげる。

②研究課題：「物質や生命の機能を原子レベルで解析する低加速電子顕微鏡の開発」

研究代表者：末永 和知（独）産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター 研究チーム長）

研究概要：CRESTでの開発成果をもとに、世界最高の空間分解能を持つ実用レベルの低加速電圧電子顕微鏡の開発・試作を行う。低加速電圧化により、試料の電子線損傷を低減できるため、これまで観察できなかった生体材料等への利用が期待できる。

③研究課題：「膜蛋白質構造基盤プロジェクト」

研究代表者：岩田 想（京都大学医学研究科 教授／インペリアルカレッジ 教授）

研究概要：ERATOの成果を活用することで、創薬開発の重要なターゲットであるGタンパク質共役受容体（GPCR）の構造解析を加速し、かつ構造の時空間的変化の解析を行うことで、創薬デザインに必要な基盤技術の確立を目指す。

独創的シーズ展開事業 大学発ベンチャー創出推進（現：「A-STEP」起業挑戦タイプ）
研究開発課題「オン・ディマン型の蛋白質絶対定量キットの開発」



実用化へ

複数のタンパク質を高感度に定量できる分析技術をもとに 「オン・ディマン型のタンパク質絶対定量キット」を開発

東北大学の寺崎哲也教授らは、質量分析装置を用いて複数のタンパク質を同時に定量することに成功しました。この方法では、測定対象の標的タンパク質試料を、分解酵素を用いて消化・分解し、数多くのペプチドの中から、標的タンパク質に特異的なペプチドの絶対量を定量します。

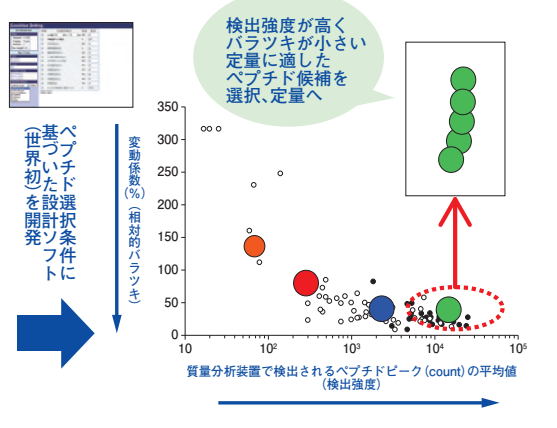
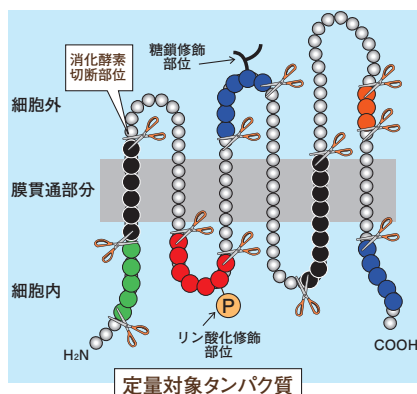
これまでタンパク質の検出には標的タンパク質と特異的に結合する抗体を用いる方法（ELISA法など）が使われていましたが、抗体の調製に長い時間がかかり、多数のタンパク質を同時に量ることが困難でした。

今回開発された分析法の最大の特徴は、定量タンパク質由来のペプチドのうち、適切なペプチド断片をアミノ酸配列情報データベースからコンピュータ解析により事前に決定できるソフトの開発に成功したことです。そのため、短期間のうちに高精度で定量する方法の確立が可能です。また「三連四重極型質量分析装置」を用いて、37種類もの標的タンパク質の絶対量を

同時に定量することに成功しています。

寺崎教授らのチームはこの技術をもとに、薬を運搬するタンパク質や代謝するタンパク質を定量できるキットを開発し、研究成果の事業化のために2010年に設立した株式会社Proteomedix Frontiersを通じて、提供する準備を進めています。また、多様な研究者のニーズに対応することを目指し、本技術を核

に、ユーザーが希望するタンパク質を30種類程度同時定量できる「オン・ディマン型のタンパク質絶対定量キット」も事業化する予定です。このキットは個別の注文に応じて6週間程度で提供します。本技術により、これまで抗体を得ることが難しかったタンパク質や、バイオマーカーの検出、定量にも応用できると期待されています。



標的タンパク質のペプチド断片の中から、検出強度が高くバラツキが少ない、定量に適したペプチド候補を、アミノ酸配列情報をもとにコンピュータ解析することで、選択できるようになった。



研究成果

新生児の脳全体の活動を計測できる装置の開発により、 新生児の脳の機能局在について、新たな知見

JST ERATO「岡ノ谷情動情報プロジェクト」の柴田実研究員らは、株式会社島津製作所と共同で開発した、新生児の脳の活動を計測するNIRS用新生児全頭型プローブ（写真）を用いて、新生児の脳機能の局在性と、触覚刺激に対する脳の活動部位について、新たな事実を発見しました。

同プロジェクトでは、新生児の視覚、聴覚、触覚の3種類の感覚刺激に対する脳活動を計測しました。その結果、聴覚は側頭部の一部で、視覚は後頭部および側頭部の一部で、触覚は側頭部から頭頂部にわたる広い領域で、それぞれ顕著な脳活動が見られました。これ



により、成人で見られる脳の機能局在が、新生児にも既にある程度見られることが確認できました。また、新生児が触覚刺激を受けた時の脳の活動は、ほかに比べて広い領域で活性化することから、触覚刺激が脳の発達において重要な役割を果たすと考えられます。

今回の成果により、今後の新生児期の脳研究の進展が期待されます。

NIRS用新生児全頭型プローブ

従来は脳のごく一部しか測定できなかったが、このNIRS（近赤外分光法）用プローブ（探索子）は新生児の頭部全体を覆うことができるため、脳全体の活動の様子を測定することが可能となった。



新領域決定/シンポジウム

「先導的物質変換領域」研究提案を新規募集 5月21日、東京で領域シンポジウムを開催

ACT-C

Advanced Catalytic Transformation program
for Carbon utilization

「先導的物質変換領域」のロゴマーク

JSTは、戦略的創造研究推進事業の新しい研究領域として、「低エネルギー、低環境負荷で持続可能なものづくりのための先導的な物質変換技術の創出」（研究総括：北九州産業学術推進機構 國武豊喜 理事長）を決定しました。

低エネルギー、低環境負荷で持続可能なものづくりを実現するためには、触媒を利用した安全で高効率な分子変換法の創出が求められます。本研究領域では、画期的な触媒を用いた反応を生み出すことにより、二酸化炭素を有用な物質に変換・活用すること、工業的な利用につながる新しい触媒的物質変換の

実現、デバイスなどにつながる優れた機能・特性をもつ物質の創出、を目標に、分野の垣根を越えた挑戦的な研究を推進します。

本研究領域の研究提案締め切りは、6月7日正午です。5月9日（大阪）、21日（東京）には募集説明会も予定しています。

また、5月21日に東京国際フォーラム（東京・

丸の内）で、領域シンポジウム「次世代の触媒科学研究への挑戦～CO₂を活用したものづくり～」を開催します。本研究領域への理解を深めるとともに、次世代の新しい触媒科学研究への期待と課題、将来展望などについて、ノーベル化学賞受賞・根岸英一博士らを招いて議論します。

詳しくはHPをご覧ください。

●研究領域ホームページ <http://www.jst.go.jp/act-c/>

●シンポジウムホームページ <http://www.act-c.jst.go.jp/sympo01/>



開催報告

数学を使って生命現象の解明に挑む！ 気鋭の研究者による「さがけ数学塾」を開催

3月7～9日の3日間、「さがけ数学塾」がJST東京本部別館（東京・市ヶ谷）で行われました。これは「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」研究領域主催のイベントで、第4回目の開催です。生命現象に関心ある数学・工学の学生、数理の基礎を学びたい生物の学生を主な対象としています。

今回のテーマは「数学を使う～生命現象への挑戦～」。生命のメカニズムの解明は、現代科学最大の挑戦の一つで、生物実験技術の発

展に加え、数理的アプローチもその重要な一翼を担います。そうした生命現象を解明する数学の基礎を、気鋭のさがけ研究者3人が講師となって教えました。会場には定員一杯の約50名の受講生が詰めかけ、最先端の講義に熱心に耳を傾け、演習に頭を悩ませながらも、集った仲間との交流を深めていました。講師からは「ここで学んだ数学が社会に役立つことを、今度は皆が周囲に発信してもらいたい」という言葉が送られました。



さがけ数学塾で確率微分方程式のグループ演習に取り組む学生たち。



戦略的創造研究推進事業さきがけ 光の利用と物質材料・生命機能
研究課題「ナノサイズ高輝度バイオ光源の開発と生命機能計測への応用」

「生命とは何か」を 「見る」ことにこだわる



ながい・たけはる 1968年生まれ。
上宮高等学校(大阪市)卒業。筑波
大学生物学類、同大学大学院農学
研究科を経て、東京大学大学院医
学系研究科修了。博士(医学)。理
化学研究所脳科学総合研究セン
ター研究員、北海道大学電子科学
研究所教授を経て2012年から現
職。01~05年、08年~現在、さき
がけ研究員(兼任)。趣味は読書、ド
ライブ、ツーリング

大阪大学産業科学研究所

永井健治 教授

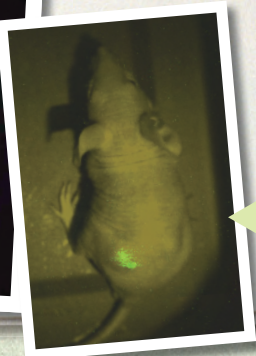
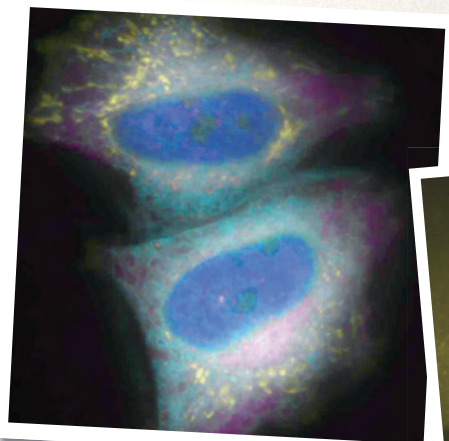


化学発光タンパク質を用い、 神秘の仕組みを解き明かす

生物はたった1個の受精卵がどんどん分裂して多様な細胞を作り、複雑な形となっていきます。この「形づくり」の仕組みは、いまだに神秘の領域の1つです。そして、そこにこそ、私が追求める「生命とは何か」の糸口があると考えています。

「形づくり」の仕組みを解き明かすには——私が考えついたのは、蛍光タンパク質や化学発光タンパク質を用いた「バイオイメージング」という手法を利用することです。バイオイメージングとは細胞や個体レベルで生体分子の分布や動きをとらえ、画像化して観察するための技術です。個体の中で起こっていることを可視化して、生きている細胞の中で、生体分子がどう振る舞っているのかを見なければ、生命の神秘の仕組みを解き明かすことはできないと考えたからです。

私がこの中の特に化学発光タンパク質によるアプローチに取り組み出したのは、2005年に北海道大学に移ってからのことです。遺伝子工学の技術を用いて、観察したいタンパク質が化学発光するよう改変します。数ナノメートル(100万分の1ミリメートル)サイズの小さなランプが灯るタンパク質が、生きた細胞のどこでどのような動きをするのか観察できれば、生命の活動そのものに迫れるのです。それまで研究していた蛍光タンパク質は、外から紫外線を当てる必要があるため、細胞がダメージを受けるという難点がありました。しかし、化学発光ならば細胞にダメージを与えることもありません。



さきがけでの多彩な交流で 研究者の独創性が高まる

現在、JSTのさきがけ「光の利用と物質材料・生命機能」領域でこの研究に取り組んでいます。以前、さきがけ「生体分子の形と機能」領域(2001~05年)に参加したときは、領域の責任者である研究総括の下、多くの助言と指導をいただき、『さきがけは研究者として成長できる厳しい試練の場だ』と感じました。しかし、今回のさきがけ領域は物理、化学など、さまざまな分野で活躍する研究者がそろうため、領域会議で議論するのが楽しくて仕方ありません。私は研究者が独創性を高めていくためには、専門分野だけでなく、生物学から物理学、化学、数学にまで幅広い知識、技術を身につけるべきだと考えています。さきがけの領域会議は多様なバックグラウンドを持つ研究者が集まり、活発な意見交換を通して、サロンのような交流ができる——そんな理想的な研究環境が整っていると思います。



少年時代に夢中になった ものづくりの延長のよう

もともと、私は研究者を目指していたわけではありませんでした。機械いじり、ものづくりが大好きな少年でした。小学生の頃は「構造物としての造形」に惹かれ、神社仏閣巡りをしていました。学生時代には、バイクをカスタムして、パワーを最大限に引き出すことに夢中になっていました。ところが遺伝子工学の入門書に会い、生命が持つ精巧な構造や神秘的な仕組みに強く魅せられて、「生命とは何か」を追究するようになっていったのです。現在では光のパフォーマンスを最大限に引き出して、細胞や個体の内部を“見る”——子どもの頃からのものづくりの延長にも思えます。考えてみると、私は少年の頃からそれほど変わっていないのかもしれない。

左は、永井教授らが開発した群青色蛍光タンパク質“Sirius”(シリウス)を含む4つの蛍光タンパク質で4重染色したHeLa細胞(ヒト由来の培養細胞)。複数の蛍光タンパク質を用いることで細胞の内部の様子を多面的に同時観察することが可能となった。右は、発光タンパク質でとらえたマウス体内の腫瘍組織(緑色)。

TEXT: 佐々木正孝 / PHOTO: 坂口モユキ