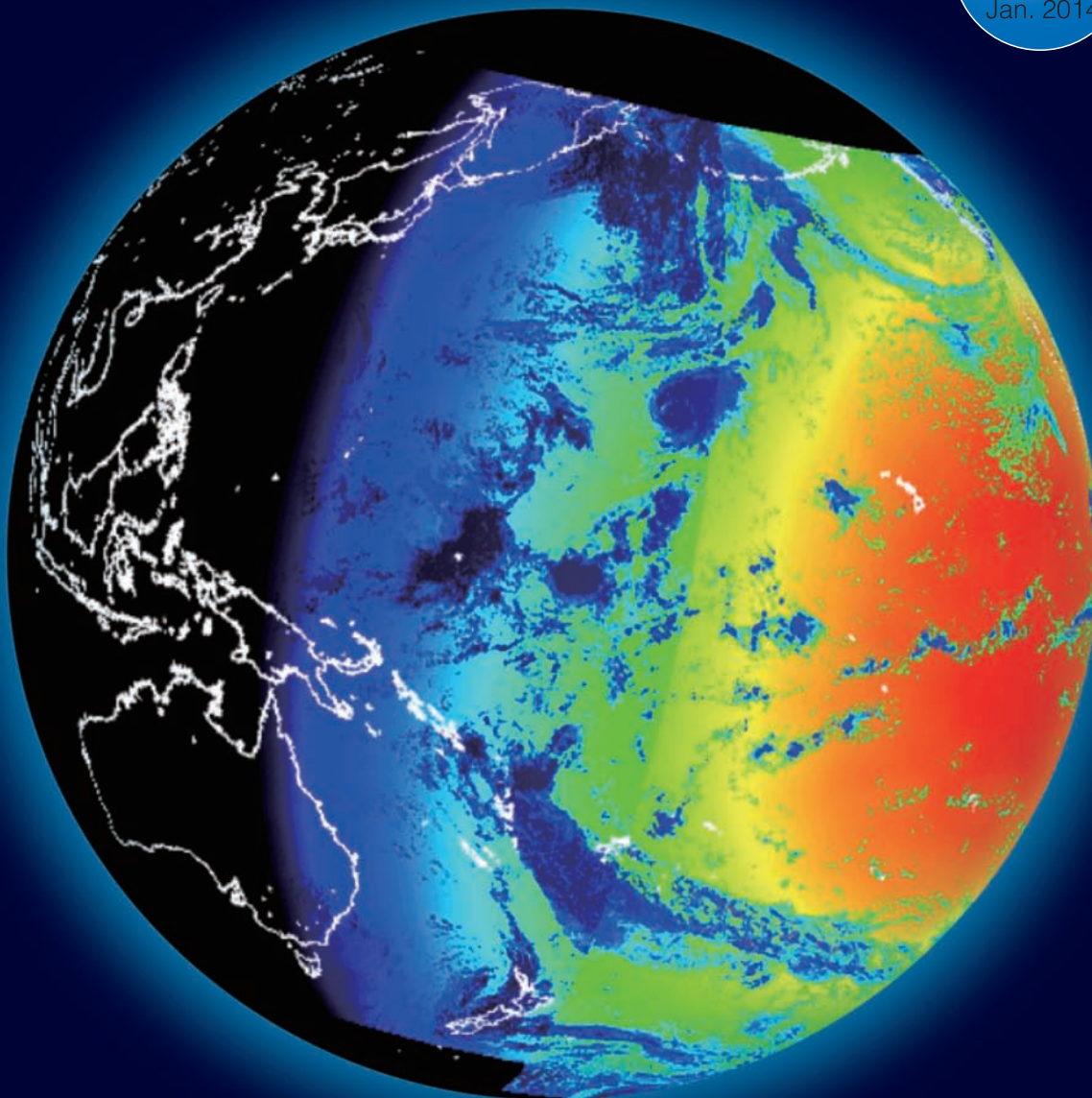


JSTnews

未来をひらく科学技術

1

Jan. 2014



特集1

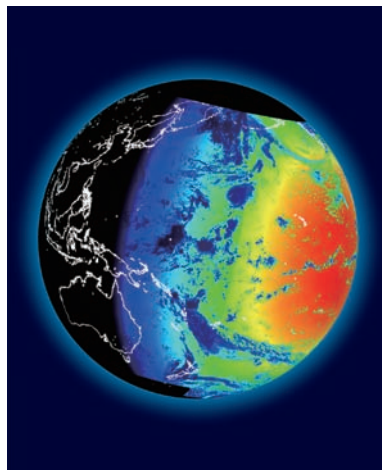
“雲をつかむ話”で
太陽光を賢く利用

特集2

生命にひそむ
分解の秘密を読み解く



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



表紙写真

衛星観測データに基づいて推定された、日本ではまだ夜明け前のある朝の地表面における日射量（暖色ほど日射量が大いことを示す）。太陽光は雲（雲粒子）をはじめ大気中の微粒子によって吸収・散乱されて地表に届く。なかでも雲は日射量に大きな影響を及ぼす。東海大学・東京大学・千葉大学・気象庁気象衛星センター・富山大学の研究チーム（TEEDDA）は、雲の光学的な特性を地球環境観測衛星の観測データから明らかにすることによって、より正確でタイムリーな日射量推定手法を開発した。
画像提供:TEEDDA(データ処理:竹中栄晶)

CONTENTS

新たな未来の創造に向けて

独立行政法人 科学技術振興機構 理事長 中村 道治

3



特集1

“雲をつかむ話”で太陽光を賢く利用

分散協調型エネルギー管理システム構築に向けた取り組み

4



特集2

生命にひそむ分解の秘密を読み解く

「オートファジー」研究を先導する2人に聞く

8



明日へのトピラ Vol.9

割れないセラミックスでジェットエンジンをつくる

自分でキズを治す自己治癒機能で燃費改善

12



TOPICS

JSTの最近のニュースから…

14



さきがける科学人 Vol.21

折紙工学でライフスタイルを変える

東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系 舘 知宏 助教

16

新たな未来の 創造に向けて

独立行政法人 科学技術振興機構 理事長
中村道治



戦後のわが国の発展は、欧米諸国の科学技術を積極的に取り入れ、新しい工業製品を産み出すところから始まりましたが、高度成長を迎えた1960年頃には、研究開発における独創性が重要視されるようになりました。資源の乏しいわが国が経済的に繁栄し世界に貢献できたことは、創造的な研究開発によるところが大きく、先人の努力に改めて感銘を受けます。

しかしながら、2011年3月11日に起こった東日本大震災とその後の東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、わが国の安全・安心ブランドが打ち砕かれ、国民の科学技術に対する信頼が大きく損なわれました。また、わが国の科学技術力の相対的な地位低下も近年明らかになってきました。私たちは、過去の延長の上に未来はないという気持ちで、原点に戻って科学技術創造立国を目指す必要があります。

国の総司令塔機能の強化

わが国の研究開発のあり方について、さまざまな改革が検討されてきました。例えば、国の研究開発の総司令塔機能の強化の一環として、日本医療研究開発機構（仮称）の設置が検討されています。また、府省連携や革新的研究開発の推進に向けて、戦略的イノベーション創造プログラムや革新的研究開発推進プログラムなどの新規プログラムも検討されています。研究開発法人のあり方に関しても、成果の最大化という観点から検討が進められています。これらが、新しい未来の創造につながることを切に祈念します。

健康・医療に関する研究開発は、新材料や情報など他の分野の研究と離れて存在しません。逆もまた真です。その意味で、JSTと日本医療研究開発機構の連携は極めて重要であると考えています。また、エネルギーや環境、防災、社会システムなどさまざまな分野で、総合科学技術会議や他府省との連携を深め、わが国の成長戦略や安心・安全な国づくりに結びつくように努力します。

JSTの挑戦課題

このような研究開発制度や体制の改革に並行して、新しい研究開発文化を醸成することが重要です。

わが国が現在目指している課題解決型イノベーションにおいて、

革新的な技術（Quantum-Jump Technology）の創生と迅速な産業化が大命題になっています。JSTは、戦略プログラムパッケージをもとに、基礎研究から出口までの連続的、循環的な研究開発や分野融合的な取り組みに注力して、新しい研究開発文化を育てます。またこの中で、新分野に果敢に挑戦する次世代グローバル人材を、意識的に育てていきたいと考えています。

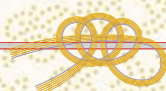
他国にはまねできない、信頼性の高い製品やシステムにこだわるのが、ものづくり国家としてわが国の進むべき道ですが、そのためには「基盤技術の深耕と伝承」が欠かせません。基盤技術の弱体化は、大きな事故にもつながります。最近の論文重視の風潮の中で、ものづくりを支える基盤技術への取り組みが失われつつあることが指摘されています。われわれは、科学の基礎に立ち戻ったものづくり基盤技術の深耕とシステム安全工学の展開に光を当てていきたいと考えています。

JSTの運営

JSTは、「バーチャル・ネットワーク型研究所」運営を核に関連府省との連携のもと、科学技術政策の推進機関として未来の創造に貢献します。このために、長年培ってきた目利きやプロジェクト運営の能力を強みに、内外から最強のリーダーや研究者の参加を得て、最適な場所で最大の成果を生み出す研究所を、これからも運営します。

また、科学技術情報の収集・整備・提供や次世代人材育成、科学コミュニケーションの向上などの科学技術イノベーションの基盤形成に係わる業務を、先端研究開発との深い連携の上で進めます。日本科学未来館は、2017年に開催される世界科学館フォーラムを主宰し、2020年の東京オリンピック・パラリンピックにおける「科学のおもてなし」においても重要な役割を果たす予定です。科学技術が社会と共に歩むために、科学者のアウトリーチ活動や市民参加の場として活用を図ります。

以上の考えのもと、JSTは社会と共に歩み、新しい未来の創造に向かって努力を重ねる所存です。本年も、皆様方のご理解とご協力をお願いする次第です。



特集1

“雲をつかむ話”で 太陽光を賢く利用

分散協調型エネルギー管理システム構築に向けた取り組み

オーストラリア大陸を縦断する世界最大級のソーラーカーレース「ブリヂストン・ワールド・ソーラー・チャレンジ2013」で昨年10月に東海大学のチームが開発した「Tokai Challenger」が準優勝した。その成果を支えたのが日本の高度な気象解析技術だった。ソーラーカーには、協賛・協力のたくさんの企業名とともに「CREST」のロゴが光っていた。CRESTで分散協調型エネルギー管理システムの構築を目指す東海大学の中島孝教授が率いる研究チームが協力していたのだ。不安定との評価もある再生可能エネルギーだが、気象学とリモートセンシング技術を用いることで一段と賢いものに成長しようとしている。



オーストラリアの荒野を走る「Tokai Challenger」。車体の左右には「CREST」のロゴマークも。提供：東海大学ソーラーカーチーム

準優勝を支えた気象情報

ソーラーカーは、車体に搭載した太陽電池（太陽光発電）で走る電気自動車だ。当然、その走りは天候に大きく左右される。レースを有利に展開するには、コース上の天気をいち早く把握し、走行管理に

生かさないといけな。オーストラリア北部のダーウィンから南部のアデレードまで、3,000km以上の距離を駆け抜けるこの大会ではなおさらだ。東海大学の現地チームに提供されたのは、地球観測衛星からの画像を使い、オーストラリア大陸の日射量をほぼリアルタイムで算出した画像と数値データだ。

画像では、どのくらいの日射量があるのかが地図上に色分けされる。データを見れば、コース上の各地点でどの程度発電できるかを読み取れる。それまでのデータの傾向からその後の天候や日射量変化も推測できる（p.5上図）。

「当研究チームには東海大学、東京大学、千葉大学、気象庁、富山大学の研究者グループが参加しています。気鋭の研究者の英知を集めて気象

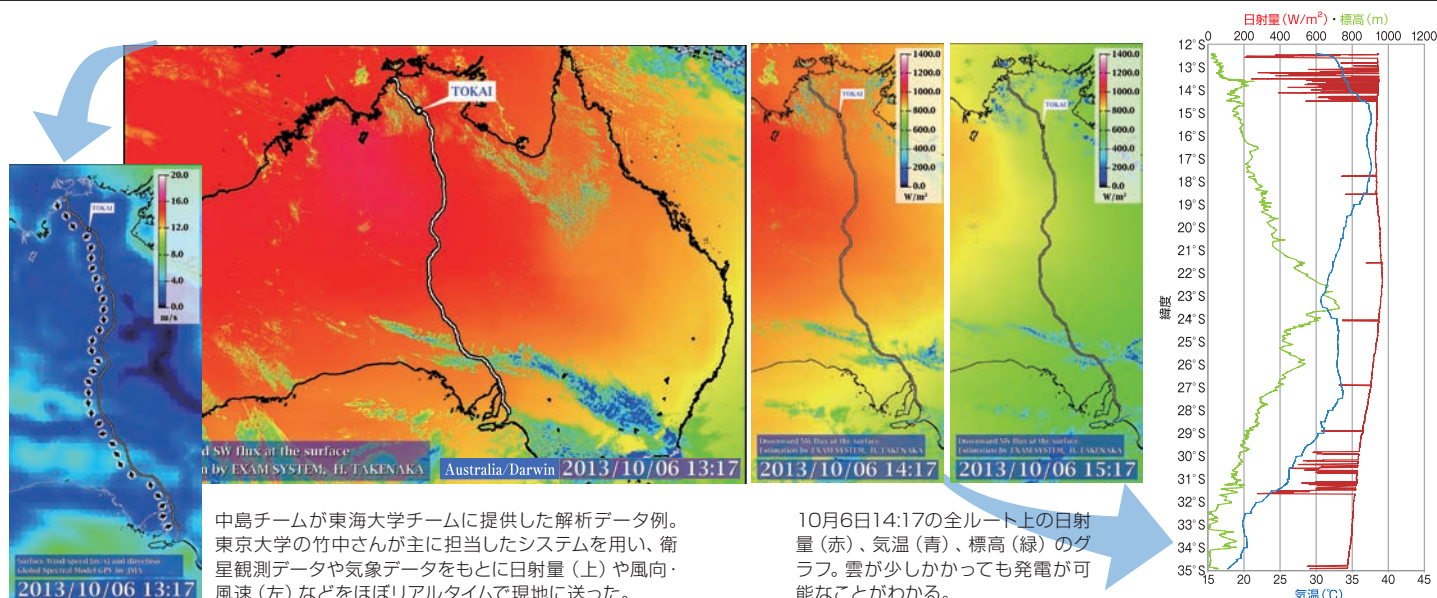
学や衛星観測技術の新しい活用方法を探っています」と胸を張る中島さんらがレースでデータ提供するようになったのは2年前の大会からだ。「このころ、東京大学グループの竹中栄晶特任研究員が中心になって開発していた新システムが生かせるのではないかと支援を申し出ました。演算に時間がかかるため完全なリアルタイムではないのですが、先々の日射量の見通しが立つのでチームにとっては安心材料になったようです」と語る。

実際、現地では30分ごとの日射量情報の更新を逃すことなく確認していたという。悪天候でバッテリーが尽きかけた最終日は、暗雲の手前、薄曇りの雨の中で1時間ほど止まって充電する作戦も取られた。先頭を追いかけ、後続に追われる中、データあつての決断だ。世界最速を目指す22チームによる5日間の激戦の末、東



ゴール地点で準優勝を喜ぶ様子とレースの経過。

提供：東海大学ソーラーカーチーム



海大学チームは堂々の準優勝に輝いた。

謎多き雲を研究対象に

中島さんは、人工衛星を使って地球環境を観測するリモートセンシング技術を駆使して気候や気象を把握する研究を進めている。衛星データは、宇宙から地球の広い範囲を一度に見渡せる。広大な耕作地の作物の生育状況や、地下に眠る未開の資源、北極海の海水の変化の観測など多方面で利用されるようになった。

中島さんが注目したのは雲だ。「地球の地肌を見ようとするとき、雲はじゃまな存在です。しかし気候や気象の予想では、激しく変化して大きな影響を与えている雲が主役なのです」と目を輝かせる。

「思えば、昔からぼんやり雲を見るのが好きだったのです。宇宙からなら、よく見えるだろうと思いました」。それが研究のきっかけだった。

雲は、時々刻々その形や大きさを変えるだけに、影響の移り変わりも複雑だ。雲がなければ太陽光は直接地表まで届くが、雲があると反射して宇宙に逃げてし

まう。反対に、地表から逃げていく熱を雲が閉じ込めることもある。こうして雲は、地球に出入りするエネルギーの調整役を果たしている。しかし、その調整役がどのように誕生し、消えていくのかは、まさに雲をつかむような話で謎のままだった。

「雲の一生を追求したら他人とは違う面白いことができるはず」とこの分野に飛び込んだ。

複数の衛星画像から日射量を算出

気象衛星からの写真を見ると、雲は数日かけて日本列島の上空を西から東へと移動する。その様子から同じ雲がずっと存在しているように感じるが、1つの雲だけを観察すると、その一生はずっと短い。「雨雲の場合、実は発生してから1時間半ほどで消滅しています。雲は、人知れず世代交代しているのです。人間活動の影響を受けて、雲の質が変化することもわかってきました。雲の発達メカニズムが詳しく解明されれば、人がどのような影響を与えているのかもはっきりするはず」

と言う(p.6上図)。

雲には薄いものも厚いものもある。雲をつくる水滴や氷の粒の大きさによっても、光を反射する度合いに違いが出る。また、多湿な地域では晴天でも目に見えない水蒸気が赤外線などの光を吸収している。こうして地表に届く日射量に差が生まれる。

「人工衛星から雲をみることで、地上に到達する日射量がわかります。これが気象や気候の変動をとらえるための基本情報となるのです」と説明する。

地球観測衛星は、可視光や赤外線など、いろいろな波長の電磁波を測定するセンサーを搭載している。雲の情報はほ

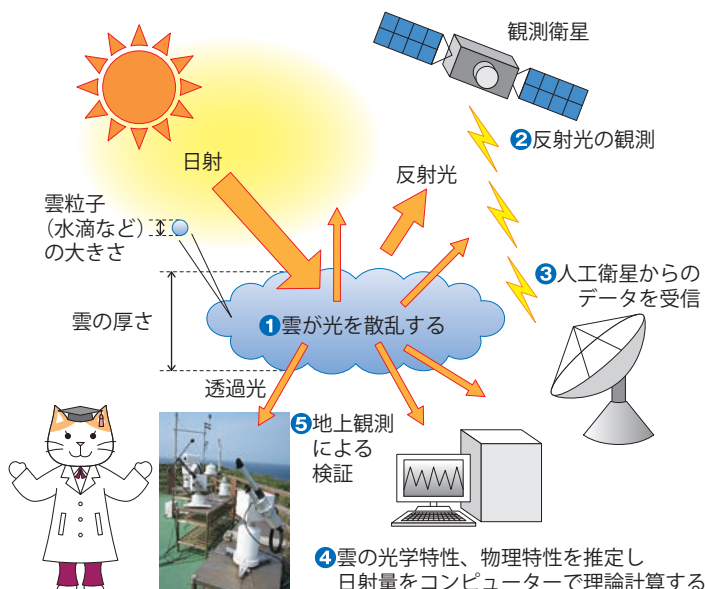
中島 孝

なかじま たかし

東海大学情報技術センター／東海大学情報理工学部情報科学科 教授

1992年、東京理科大学理学部第1部物理学科卒業。94年、東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻(修士)修了。同年、宇宙開発事業団(現・宇宙航空研究開発機構)研究系職員として、約10年にわたり「みどり」、「みどりII」プロジェクトに従事。2002年に博士号を取得(東京大学)。04年より千葉大学環境リモートセンシング研究センター客員助教授(～07年)。05年より東海大学情報デザイン工学部情報システム学科准教授、国立環境研究所客員研究員を兼任(～11年)。08～09年、米国コロラド州立大学大気科学科訪問研究員。12年に東海大学情報デザイン工学部情報システム学科教授。13年より現職。





地表における日射量の推定方法。衛星が観測する反射光から、雲の光学特性・物理特性を雲粒子サイズや雲の厚さを含めて詳細に推定し、地表の推定日射量をコンピュータで理論計算する。また、地上での観測データによる検証や衛星データの品質管理、モデルの改善により高精度化を目指している。

ばすべての波長の観測から得られる。衛星から届く画像にはノイズやしも模様が含まれる。実際の地形からの歪みなども修正しながら補正するだけで膨大な計算量になる。その後、それぞれの波長の画像から明るさや温度などの情報を読み解き、どこにどのような雲があるのかを推定していく。中島さんのチームでは地上の測定データで検証しながら、より正確な雲モデルをつくってきた。解析アルゴリズムも改良を重ね、何日もかかる計算を数十分で処理できるまでになった。

データは日本の気象観測衛星「ひまわり」だけでなく、JAXAが打ち上げる衛星、また米国やヨーロッパの衛星からもたくさん集めている。より質のよいデータが得られるよう、新しい地球観測衛星には設計段階からかわり、利用する立場からセンサーの仕様などを細かく提案している。

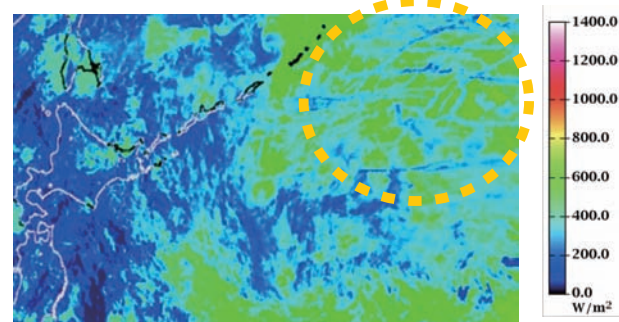
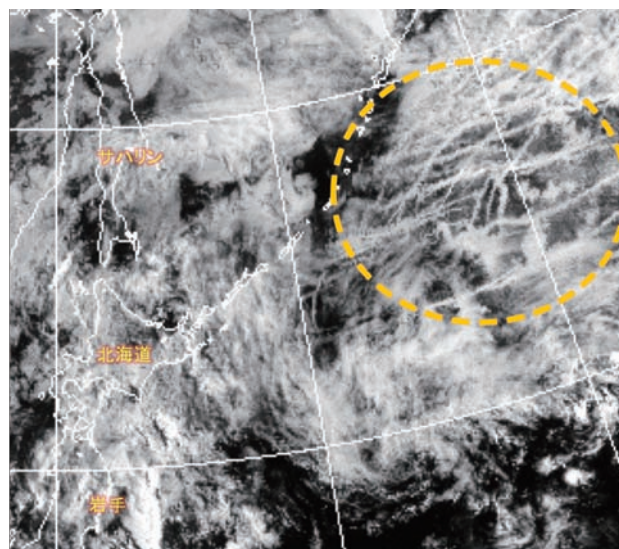
気象学の枠を飛び出してCRESTに参加

研究の原点は、雲が誕生し消滅するまでの過程を純粋に解き明かすこと。理学分野の1つである気象学を基本に、雲がどのように太陽光を反射し、透過させるのかを調べ、観測データから日射量を算出するシステムを開発した。気象学は、天気予報や気候変動予測はもちろん、運輸・

防災などの分野で役立てられているが、もっと幅広い分野に展開できないだろうか考えた。

注目したのが、再生可能エネルギー

だった。太陽光発電は、どれだけ発電できるかが文字通りお天気任せのため、主要なエネルギー源として頼るには不安定な部分もある。中小規模で出力が一定しない電力を大規模な電気網で活用するには、賢いエネルギー管理システムが必要となる。



人間活動が雲に影響を与えた例。船舶や航空機の排気ガスがきっかけで生まれた雲(航跡雲)を衛星画像がとらえた(上、黄色の点線部分)。中島さんの研究チームが推定した日射量(下)にもその影響が大きく表れている。

「太陽光発電も、燃料に相当する日射量を知ることができれば、発電量が予測できます。正確な供給量がわかれば、電力網への組み込みが進むと考えた矢先、CRESTに分散協調型エネルギー管理システムを実現するための研究領域ができたと聞きました。私たちの研究が役に立



チーム再編成のためのフィジビリティスタディに向けて、異分野融合を促進させる目的で実施された東海大学宇宙情報センター(熊本)での会議にて。5チームが集まった。



つはずだと思い、応募することになりました」と振り返る。

その研究領域は新しいシステムの構築が目的のため、なじみのない工学分野や社会科学分野の研究者との連携が欠かせない。中島さんらの研究チームの提案は2012年度に採用され「せっかく新しい分野に取り組むなら、とことんやろう」と、一念発起して研究をスタートさせた。ただ、物事の真理を探る地球科学の研究に取り組んできた中島さんにとって、他分野の研究者の関心のありかや専門用語の違いがつかめず戸惑うことも多かった。

「会議でも、話の内容がしっかり理解できない状態が半年以上も続き大変でした。それでも合宿などを通じていろいろな人たちと話す中で、この世界で必要とされている気象データの質や更新頻度など、何を提供すればよいかという着地点がお互いだんだんと見えてきました」と今は手応えを感じている。

同研究領域では、最初から大きなチームは組まず、現在の中小のチームを再編成して2015年度から研究を本格化させ

るCREST初の試みを予定している。準備として、いくつかの研究チームが試験的に共同研究しながら実行可能性を探っている。中島さんも他のチームに種々の日射量のデータを提供し始めた。

例えば、1軒の家に当たる日射量がピンポイントで欲しいという要請もあった。太陽電池パネルが付いた家のエネルギー利用をコントロールする研究のためだ。簡単なようだが、衛星データは画素1点で1キロ四方をカバーする。衛星の姿勢のちょっとしたずれでまったく別の場所のデータになってしまう。千葉大学グループの研究者が苦心して検討した結果、緯度経度を正確に補正できるようになった。

「それぞれのチームに必要なデータが異なるため、どこまで対応できるのかを見極め、応用力を高めているところです。天気予報などで身近な気象学ですが、その利用はまだまだ限られています。この取り組みを通して、工学分野の人たちにも気



中島さん（中央）と研究室のスタッフたち。

象データがもっと役立つものであることを実感して使ってもらいたいですね。そのためにも、地道な検証を重ねながら、さまざまなニーズに応える確かな気象データを構築していきたい」と力を入れた。

日本の電力システムが転換点を迎える今、実用的な新しいエネルギー管理システムの確立は大きな意味を持つ。太陽光発電は、天候などによる不安定さがつきまとうが、気象学と工学や社会科学との異分野融合が進むことで弱点を克服する新たな道が開けるに違いない。

CRESTが挑戦する新たな研究運営手法

藤田 政之

ふじた・まさゆき

CREST「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」研究領域 研究総括
東京工業大学大学院理工学研究科機械制御システム専攻 教授



この研究領域は、再生可能エネルギーをはじめとした多様なエネルギーの需要の最適化を可能とする分散協調型エネルギー管理システムの構築を目指しています。CRESTの他の領域にはない大きな特徴として、2015年の春に研究チームの再編成を計画しています。通常は同じ研究チームで最後まで研究を進めますが、この研究領域では2～3年の助走期間の後、現在の研究チームを複数組み合わせ最強チームで5年間活動してもらう予定です。

エネルギーシステムなど、社会的問題を「しくみづくり」で解決するには、もはや限られた研究分野だけではカバーできません。エネルギーや制御、通信、情報といった工学系分野だけでなく、理学や社会科学に至るまで、数多くの分野の研究者が協力する必要があります。しかし、個々の研究者にそのような幅広いネットワークを期待するのは無理があります。真の異分野融合を実現するにはどうしたらよいか、という議論から今回の試みが始まりました。最初の1年余りは領域全体で合宿などとして議論を深め、お互いを知ることにも重点を置きました。2年目からは少しずつチーム間で連携できるテーマを掲げ、再編成を見据えた取り組みをしています。その試行錯誤から、最強チー

ムが生まれれば良いと考えています。

優れた研究者たちが集まっていますので、それぞれの自主的で自由な発想を大事にしていきたいと考えています。ただし、任せすぎて実用的なシステムの構築につながらなければ意味がありません。そのため、産業界・大学など各方面のリーダーに領域アドバイザーとなってもらい、海外の専門家なども含め各チームに助言するようにしました。

新しいシステムを生み出す研究は、新しい分野そのものをつくることに等しいと思います。分散協調型エネルギー管理システムというお題目はありますが、その具体的な姿ははっきり見えているわけではありません。目の前の目標に向かって研究を進めながら、折々新たな目標設定を繰り返し、できる限り最適な運営を心がけています。

学際的にも国際的にも総動員で、今月は米国（NSF）やドイツ（DFG）の研究者たちとの合同ワークショップも予定しています。さまざまな試みを交えながら、最強チームでエネルギー政策に貢献し、分野融合による新しい理論や学問体系の創出を目指します。

特集2

生命にひそむ 分解の秘密を読み解く

「オートファジー」研究を先導する2人に聞く

細胞内のたんぱく質などを分解し再利用する「オートファジー（自食作用）」への関心が高まっている。その研究でノーベル賞有力候補にも名前が挙がった東京大学の水島昇教授と、その右腕として活躍してきた久万亜紀子助教に、オートファジーのメカニズムや機能に潜む生命の不思議などについて聞いた。

論文引用の多さから 授与される特別な賞

——ノーベル賞の有力候補者の証とも言われるトムソン・ロイター引用栄誉賞を昨年受賞されました。まず感想をお聞かせください。

水島 大隅良典先生（東京工業大学特任教授）とダニエル・クリونسキー先生（ミシガン大学教授）との共同受賞で、私まで一緒に選んでいただいたことを喜んでいます。この賞は、論文がどれくらい他の論文で引用されたかが選考の出発点になっています。授賞式のときに、「トムソン・ロイターが選んだのではなく、同じ分野で論文を書く科学者の総意が、賞に結び付いています」とうかがい、とても光栄に思いました。

久万 水島さんが、ということももちろんですが、オートファジーという分野が選ばれたことがなにより嬉しかったです。

水島 確かに、お世辞などでなく客観的にこの分野が選ばれたことはすごいことですね。私がこの分野で研究を始めた1997年には、1年間に数本の論文が発表される程度で、生物学の研究者でもオートファジーを知らない人が多かった。そのころから研究してきた者としては、感無量です。

久万 お三方ともオートファジー研究の最先端を走り続けてきたすごい研究者な

久万 亜紀子 くま・あきこ

東京大学大学院医学系研究科
分子細胞生物学専攻 生化学・分子生物学講座
分子生物学分野 助教

1998年、北里大学薬学部卒業。2003年、総合研究大学院大学生命科学研究科博士課程修了。同年、さきがけ「タイムシグナルと制御」研究領域グループメンバー。04年より東京都医学研究機構東京都臨床医学総合研究所研究員、06年SORSTのグループメンバー、07年日本学術振興会海外特別研究員、10年より東京都医科歯科大学歯学総合研究科細胞生理学分野助教、12年より現職。同年よりさきがけ「生体における動的恒常性維持・変容機構の解明と制御」研究領域の研究員。

のですが、身内の先生がノーベル賞の有力候補とはやはり驚きでした。

きっかけとなった 二人三脚

水島 久万さんは、世界で初めて、オートファジーに異常があるマウスの研究をした立役者です。

私が所属していた岡崎国立共同研究機構（現・自然科学研究機構）の大隅先生の実験室では、基本的に酵母が研究対象でしたから、特定の遺伝子を壊したノッ

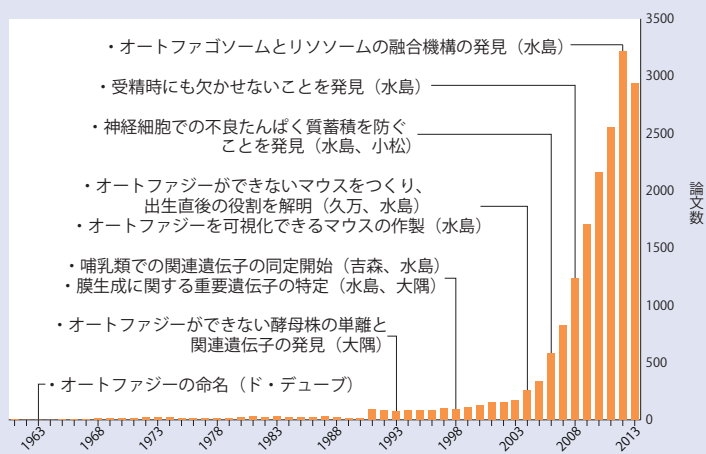


水島 昇 みずしま・のぼる

東京大学大学院医学系研究科
分子細胞生物学専攻 生化学・分子生物学講座
分子生物学分野 教授

1991年、東京医科歯科大学医学部卒業。96年、東京医科歯科大学大学院医学研究科博士課程修了。同年、日本学術振興会特別研究員（PD）。98年より岡崎国立共同研究機構（現・自然科学研究機構）基礎生物学研究所非常勤研究員、助手を経て、2004年より東京都医学研究機構東京都臨床医学総合研究所室長。06年より東京医科歯科大学歯学総合研究科細胞生理学分野教授。12年より現職。99～02年にさきがけ「素過程と連携」研究領域、02～05年にさきがけ「タイムシグナルと制御」研究領域、06～08年にSORST（発展研究）の研究員。

クアウトマウスは使えませんでした。そこで、千葉大学の徳久剛史教授と幡野雅彦助教授（当時）の協力でオートファジーに関連するAtg5遺伝子を壊したマウスを作製してもらいました。でも岡崎でそのマウスを調べる訳にはいかないのです。当時JSTには研究者を雇える「ポストドク参加型」のさきがけ制度があって、ちょうどそれに採択された頃だったので、相談の末、学位を取ったばかりの久万さんとチームを組んで、1年間千葉大学で集中的にマウスの解析をしてもらうことになりました。その結果が結実した2004年の論文によって、オートファジー研究が一気に加速しました（p.9グラフ参照）。遠隔の研



オートファジーに関する論文数の推移と主な発見。この十数年で論文数が急増した。研究者別論文引用数では上位10位中6名が水島さんをはじめとする日本人だ。

データ提供：トムソン・ロイター Web of Science®



岡崎時代。前列右から3人目が大隅先生、2列目右から3人目が水島さん、4人目が久万さん。

究体制を認めてくれたさきがけの柔軟なシステムには感謝しています。

久万 それまでは酵母や培養細胞を材料としていてマウスを触ったことさえなかったの、お話をいただいた時は、果たして解析ができるのか不安でした。

水島 久万さんは私も負けるくらいの観察力を持っていたから、それはあまり気にしていませんでした。自分が直接見なくても大丈夫だと信頼していましたね。生物実験は観察が欠かせませんが、そのときに余計な先入観がじゃまして、真実を見誤ることがあります。その点、久万さん

は知識や予断をちゃんと切り離すことができる。マウスでの研究が初めてだったことも、うまく働いたのかもしれない。

久万 観察するときに先入観を持たず、まずは比較対象との違いだけに集中して、見える限りの情報を慎重に読み取ろうと心掛けています。マウスはオートファジーができないと生まれて半日ほどで死にます。オートファジーは栄養不足をきっかけに活発におきようになりますが（p.10下図）、出生直後の仔マウスは一生のうち最大の飢餓だ！と気づき、実際にオートファジーが活性化しているのを観

察した時は、興奮しました。

水島 見落としそうなところはたくさんあったはずですが、あの頃は久万さんに見えたものをつづさに説明してもらって、ずいぶん長電話しましたね。

研究人生は師匠次第

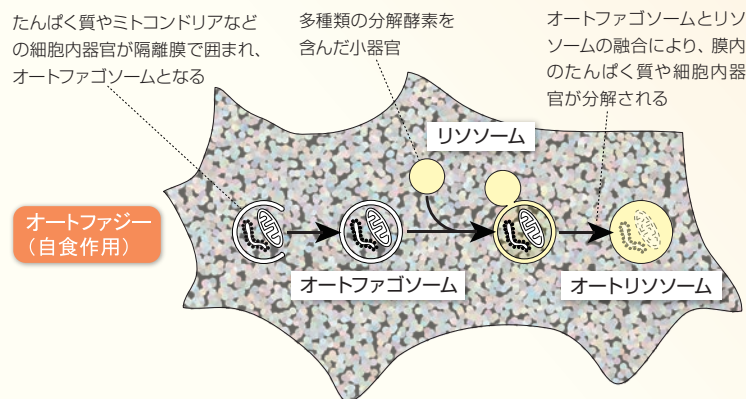
——水島先生は、元々臨床医だったようですが、どのようなきっかけでオートファジーの研究に携わるようになったのですか。

水島 医学部の学生時代から、特定の臓器より、全身に働くものが好きで、特に新陳代謝に興味を持っていました。酵素などが体内で生合成されることは習うものの、その材料がどこからもたらされて、合成されたものが最終的になぜなくなるの

細胞内のリサイクルシステム「オートファジー」

生命を構成する生体分子で最も量が多く、生命活動の基本になっているのがたんぱく質だ。ひとの体内では何万種類ものたんぱく質がくられ、さまざまな働きを担っている。成人の体内では、1日に160～200グラムのたんぱく質がアミノ酸から合成されている。ところが食

事から摂取するたんぱく質やアミノ酸の量は、1日に60～80グラム程度にすぎない。材料となるアミノ酸の多くは、すでに体内にあるたんぱく質を分解、再利用したものなのだ。そのリサイクルの主要なシステムの1つが、細胞内にあるものをなんでも飲み込んで分解する仕組み、オートファジーだ。



細胞内でおきるオートファジーの模式図

オートファジーに使われる分解酵素は強力で、普段は「リソソーム」という小さな器官にしまわれている。図のように、細胞の中で脂質が集まって膜となり、たんぱく質やミトコンドリアなどの小器官を包んで「オートファゴソーム」が形成される。これがリソソームと合体し、取り込まれた小器官などがその酵素によって分解される。この仕組みがあることで、生物は飢餓状態に陥っても体内リサイクルでしのぐことができ、新生児やさなぎなどの時期に重要な働きをしていることがわかっていく。また、細胞に入り込んだバクテリアや機能不全をおこした細胞内小器官などを分解浄化する働きもある。オートファジーは健康な生命に欠かせない機構なのである。



研究室で談笑する2人。「お互いに頑固ですね。水島さんはとにかく理詰めでこだわりが強い。研究室でお花見に行った時に、文字通り花の観察だけして帰ってしまった時にはびっくりしました」（久万さん）、「久万さんはどちらかというとフィーリング派ですね」（水島さん）。

かは誰も教えてくれませんでした。未解明だったのです。でも、調べる手がかりがまったくなく、そのまま臨床の道に進んで免疫の勉強をしていました。そんなとき、大隅先生の酵母でのオートファジーに関する論文に出会って、「これだ!」と思いました。すぐに大隅研究室の門を叩き、変わり種好きの先生に非常勤研究員として置いていただきました。

久万 私の場合は、大隅先生の研究者としての資質に惹かれて来ました。修士課程は金沢大学で細胞周期の研究をしていましたが、博士課程で移籍しなければならなくなり、当時お世話になった先生から「大隅先生は生粋の研究者で、新しい分野を切り拓く人だから、そういう師匠のもとで学ぶことは大きな財産になるよ」と勧められました。当初オートファジーのことはよく知りませんでしたが、実際に「研究は楽しむもの」を地でいっている大隅先生の研究室で、その面白さに魅せられていきました。

水島 当時はまだオートファジー研究が盛んではなく、事前に学ぶべきことが少なかったので純粋に楽しめたように思います。多くの研究成果が積み重ねられている今だったら、敷居が高いと感じたかもしれません。

久万 私も同じです。ずば抜けた観察力と独特の視点で本質的に大事なことを見極める

大隅先生のもとで学び、水島さんと一緒に仕事をさせてもらいながら、知識になる前の発見を数多く目の当たりにできて、本当にワクワクしました。例えば、オートファジーが働き始めると蛍光たんぱく質が光るようにしたマウスの観察では、6時間ほど絶食させるとオートファジーが全身でおこるのが見えます。飢餓に対して生物の体は本当にうまく対応するのだなと感心します。

水島 2人とも大隅先生に受けた影響は大きいですね。飢餓に対する応答は、生物のとても基本的な仕組みですが、ほんの十数年前までほとんどわかっていませんでした。オートファジーそのものは50年ほど前に発見されていましたが、大隅先生によって関連遺伝子やオートファゴソームを光らせるたんぱく質が発見されるまで、その仕組みはほとんど調べようがなかったのです。その後の15年でさまざまなことが徐々に解明されてきてお

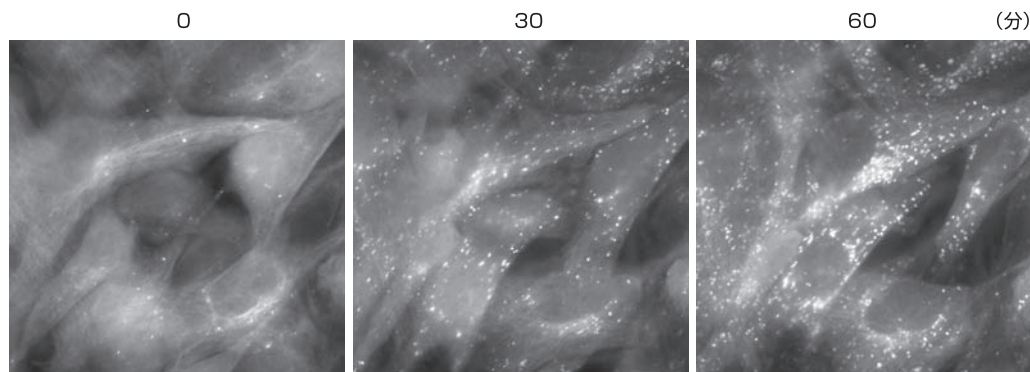
り（p.9グラフ参照）、私自身も2004年のAtg欠損マウスのほか、2006年には異常たんぱく質の分解浄化（p.11右下图）、2008年には受精時の役割を報告することができました。

「さきがけ」人脈は一生の宝

——JSTの「さきがけ」に採択されて研究を進めてきましたが、さきがけはどんな研究制度でしたか。

水島 私は2回採択されましたが、実は最初の採択時は非常勤研究員の任期が終わる瀬戸際で、さきがけ専任研究者となったおかげで、なんとかオートファジー研究が継続できました。当時はいずれも研究領域が幅広く、最初の領域は生命の営みの各過程とそのつながりを対象とし、生物学の研究者なら誰でも応募できそうなほど広く、ウナギやミカヅキモの専門家までいました。2度目も生老病死などのタイミングがかかわる生命現象を理解する領域で、生物学ならどんな分野にも当てはまります。そのため、さきがけで出会った研究者の多くは、普段、学会などでは会えない異分野の人ばかりでした。そんな仲間たちと切磋琢磨しながら研究を進められたことが得難い財産となっています。

久万 当時連れられていった領域会議で、水島さんが研究室とはまるで違った表情を見せていたのが印象的でした。また、10年ほど前に、制度の廃止が検討されていた時に、みなさんが「さきがけをなくしてはダメだ」と熱く議論する場に居合わせたこともありました。さきがけが存続



オートファゴソームが光るマウスの培養細胞を用いて可視化されたオートファジー。細胞を飢餓状態にすると、急速にオートファジーがおこり、1つの細胞内で100個ものオートファゴソームが見られるようになる。オートファジーは、単に日常的な代謝のみならず、飢餓への応答や発生、さらには各組織に特化した特殊な役割を果たしている可能性がある。



電子顕微鏡がとらえたオートファゴソーム形成の瞬間。ミトコンドリア(中央V字形)が、白く見える隔離膜(中央左上)に取り囲まれようとしている。(撮影:岸千絵子)

してくれてよかったです。

水島 彼らはかけがえのない研究仲間ですからね。日本中に一生もの人脈ができて、研究の原動力となっています。最近では各領域の目指すところがより具体的になりましたが、どうですか。

久万 私の研究領域には、昔ほどではないかもしれませんが、バラエティに富んだ分野の研究者が集まっています。ショウジョウバエや女王バチを扱う人もいれば、ハダカデバネズミの長寿命の謎に取り組んでいる人もいます。領域会議で、そんな異分野の話を聞くことで、研究の世界が広がりを持って見えてきて、いい刺激になっています。

水島 採択されてから1年になりますが、

何かと大変だったでしょう。

久万 特に半年ごとの領域会議では、各分野の先端を行く先生方を相手に進捗を発表するのですが、その緊張は半端ではありません。しかし、的確なアドバイスをたくさん頂けるので、本当に勉強になります。この3年間で、研究者として大きく飛躍できるのではないかと、自分自身でも楽しみです。

水島 大いに期待しています。

役割は見た 仕組みの解明はこれから

——オートファジー研究の現状と今後をどうお考えですか。

久万 オートファジー研究は大きく分け

て、その仕組み、役割、そして、病気との関わりに分類できると思います。役割については飢餓に対する応答や、細胞内の浄化機能が解明されつつあり、だんだんと全体像が見えてきたので、6回目くらいでしょうか。

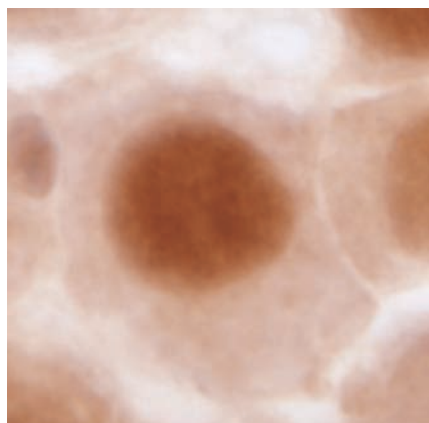
水島 役割はようやく及第点というところですね。一方で、病気と関わる研究は、ノックアウトマウスができたことで盛んに研究されるようになりましたが、これもまだまだこれからです。それでも、がんやアルツハイマー病との関わりも明らかになってきていますので、近い将来、病気の治療につながるかもしれません。

それらの基盤となる仕組みについては、そもそも私たちのように取り組んでいる人が全体の1%程度に過ぎないのですが、おそらく3～4割しか明らかになっていません。分解する対象を膜が包んでいくメカニズムすら、いまだに完全にはわかっていないのです。

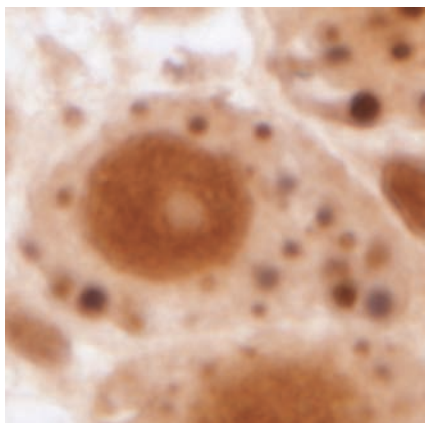
久万 大隅先生のおかげで、日本は仕組みに関する研究が強いです。私の場合は、動物個体でのオートファジー、特に飢餓への応答に興味があります。ただし、それは単細胞生物の酵母と違ってとても複雑です。一口に「飢餓状態になるとオートファジーがおきる」といっても、臓器によっても違いがあります。お腹がすくかどうかやってオートファジーが活性化されるのか、きちんとはわかっていません。このときのオートファジーが、何をしていたのかのくらい重要なのかも、よくわかっていません。さきがけでは、これらの問題に取り組んでいます。

反対に、水島さんの研究は幅広いですね。研究室のメンバーそれぞれがまるで違う題材を扱っているのが、大変ですが面白いです。

水島 いろいろなことに興味があり、オートファジーの仕組みや役割の解明だけでなく、病気との関わりにも手を広げています。幅広いテーマに取り組んで全体を見渡すことで、最終的にオートファジーの根本的な原理に迫るのではないかと考えています。これからも他のラボではできない研究で、オートファジーを網羅的に明らかにしていきたいですね。



オートファジーの浄化作用。オートファジーができないマウスの神経系細胞(右)では、異常たんぱく質が細胞内に蓄積したが、正常マウス(左)では、オートファジーによって細胞内が浄化されている。



明日への トビラ

Vol. 9

割れないセラミックスで ジェットエンジンをつくる

自分でキズを治す自己治癒機能で燃費改善

航空機用ジェットエンジンの二酸化炭素(CO₂)排出量を劇的に減らす画期的な技術ができた。横浜国立大学の中尾航准教授らが開発中のセラミックス製エンジンで、約15%もの燃費が向上するという。

共に研究開発を進める横浜国立大学の研究者と。左から、福富洋志さん、中尾さん、尾崎伸吾さん、梅村鎮男さん。



軽量化と耐熱性の向上で 6億トン以上のCO₂を削減

現在の多くのジェットエンジンは、エンジン前方に配置されたプロペラの回転により推進力を得ている。プロペラを通過した空気の一部は、圧縮機を通過して圧縮され、そこに燃料を吹き込んで燃焼ガスをつくり、タービンを回転させる。そのタービンの回転エネルギーがプロペラと圧縮機の動力源になる。

ジェットエンジンは性質上、タービン入口の温度を高くするほど燃費が良くなるが、高温にするほど窒素酸化物(NOx)の排出が増える。材料自体の限界もあり、燃焼温度の高温化によるこれ以上の燃費改善は難しいのが現状だ。

現在、ニッケル合金でつくられているジェットエンジンのタービ

ン翼をセラミックス化す

ることの利点は、「軽量化」と「耐熱性」の向上だ。セラミックスは比重がニッケル合金の4分の1以下と軽い。また合金製の場合、タービン翼を空気で冷却して保護しているのだが、セラミックスは耐熱性にも優れているため、冷却が不要になる。

軽量化と無冷却化によって「最新のジェットエンジンと比べても最大で14.8%もの燃費向上が見込めます」と中尾さんは話す。言い換えれば、航空機の国際線に使われれば6億トン以上のCO₂削減効果があるという。これは現在の日本の総CO₂排出量(約13億トン)のおよそ半分にあたる。

このように優れた環境性能をもつセラミックスエンジンも、従来は、異物衝突や熱衝撃により簡単に壊れてしまうことがあり、高い安全性が必要な場面では使うことができなかった。



自ら亀裂を修復して強度を回復する

中尾さんらが開発しているのは、亀裂が入っても、最終破壊まで広がらないように制御し、しかも人間や動物の骨のように“自己治癒機能”を持つ高度な材料で、「長繊維強化自己治癒セラミックス」と呼ばれる。

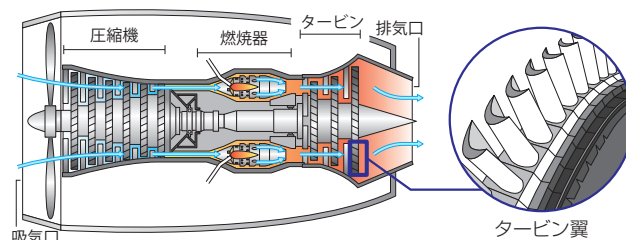
酸化物の母材の中に酸化物の繊維束を入れて



中尾 航 なかお・わたる
横浜国立大学大学院工学研究院准教授
1998年、東京工業大学工学部金属工学科卒業。2003年、東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了。博士(工学)。横浜国立大学助手を経て、11年より同大学大学院准教授。12年度よりALCA研究開発代表者。

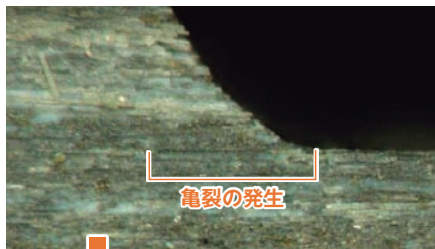
実験室にて。手にしているのはセラミックスで作製したジェットエンジンのタービン翼。

ジェットエンジンの仕組み





自己治癒の様子



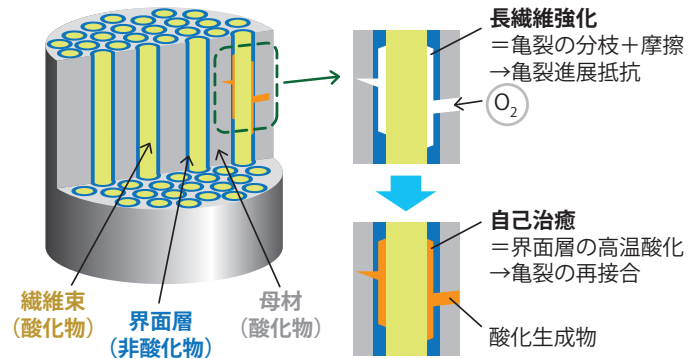
亀裂の発生



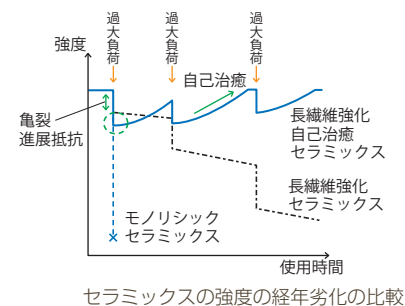
亀裂の修復

衝撃が加わると割れるのではなく界面層に亀裂が走る(上)。これを1100℃の高温下に10分置くと、自己治癒が始まる。

長繊維強化自己治癒セラミックスの模式図



界面層(非酸化物)は、亀裂によって外気に触れると、化学反応を起こす。酸化生成物が亀裂部を修復し、自発的に強度を回復する(上図)。既存のセラミックス材料は、大きな負荷によって唐突に破壊が起こる。一方、自己治癒セラミックスは、強度が落ちても回復するため、金属材料と同じように寿命が算出できる(右図)。



あるもので、繊維束のまわり(界面層)は炭化ケイ素(SiC)などの、強度を弱めた非酸化物で覆ってある。外から衝撃が入ると、亀裂は強度が弱い界面層に発生し、繊維束をよけるように枝分かれするため、セラミックスを割れにくくしている。さらに、界面層を構成する非酸化物は、亀裂が達することで初めて外気に触れ、酸化する。たとえばSiCの場合、酸化すると発熱反応を起こしてSiCが二酸化ケイ素(SiO₂)に変化し、傷口をふさぐ効果がある。「簡単に言うと、炭素が1つしかついていなかったのが酸素2つに換わり、体積が膨張するため亀裂の隙間が埋まります。さらに発熱によって融解するため溶接されたような形でくっつきます」と説明する。亀裂が接合されると、最終的には強度が完全に回復するという。

この材料を航空機のジェットエンジンのタービン翼として使おうとしているのだ。タービン入口温度は1500℃に、出口温度は600℃に達すると言われている。現在は、この全温度域を3領域に分け、それぞれの温度域で使用可能な材料の開発に取り組んでいる。実験上では1000℃で強度回復が生じる材料も開発済みだ。

一方で、「バーベキューの火でも自己治癒できるセラミックス」の開発も計画しているという。



逆転の発想で道がひらく 2033年には実用化したい

開発中のセラミックス材料では、繊維束のまわりの界面層だけが自己治癒機能を持つ。この界面層を弱くつくり、亀裂を導くことが開発のポイントだ。「傷を治せるところに傷をつくり、亀裂の進展を止めるという発想です」。

以前は、亀裂がどこにできるかわからないので、全体が自己治癒機能を持つ必要があったと考えていた。しかし当時の試みはなかなかうまくいかなかった。あるとき「亀裂が走る場所が限定されるようにしてしまえば良いのではないか」とのひらめきをもとに試してみたら、うまくいったのだという。

ただ、そのように界面層を弱くつくりところが、今回の開発でも難しい。「界面層が強くなりすぎると、そこに亀裂が逃げなくなってしまうので、そのバランスを取るのが非常に困難で、試行錯誤しているところです」と中尾さんは苦勞を話す。

さらに材料開発だけで終わらず、実際にジェットエンジンに実用化されるまで仕上げていきたいと考えている。

「JST ALCAでの課題は2016年までですが、材料開発が完了するのはその3年後くらいでしょう。この後、5年かけてタービンの稼働試験や異物衝突に対する耐久試験などを行います。2023年頃にはジェットエンジンの形になったとして、その後さらに10年ほどかかり、実用化は2033年頃だと考えています」。

実用化への最大の課題を聞いたところ「とにかく仲間をたくさんつくること」という答えが返ってきた。ジェットエンジンのタービン翼として実用化するまでには、材料の開発以外にも製造プロセスの開発、耐久試験や熱サイクル試験といったさまざまな試験が必要になる。それらの仕事はとても1人ではできないからだ。さらに長期間にわたる計画なので、次の世代の研究者を育てることに力を入れたと中尾さんは力強く語る。

想定している実用化は20年後だ。多くの協力者とともに、長期にわたるチャレンジングな研究開発が続けられていく。



TOPICS



NEWS 1 話題



戦略的創造研究推進事業CREST「数学と諸分野の協働によるブレイクスルーの探索」領域
研究課題「計算錯覚学の構築—錯視の数値モデリングとその応用」

世界のレディー・ガガの新作アルバムに 「錯視」アート作品が起用

多くのヒット曲はもちろん、その奇抜な衣装やメイクが話題を呼び、日本でも人気の高い米国のミュージシャン、レディー・ガガさん。その新作アルバム『アートポップ』（昨年11月6日発売）に、知覚心理学を専門とする立命館大学文学部人文学科の北岡明佳教授が作成した「錯視」アート作品が使用されています。

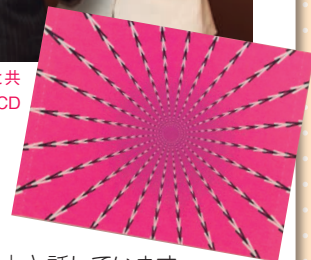
北岡さんは目の錯覚を利用した「錯視」研究の第一人者。今回、採用された作品は、2008年に考案した「ガンガゼ」です。その名の通り、無数の長い刺を持つウニ

の仲間ガンガゼが、放射状に刺を広げたようなピンクを基調とした図柄が、アルバムのCD盘面とディスクトレイに描かれています。錯視の効果で、静止画でありながら、浮き上がるように動いて見えるのが特徴です。

昨年の9月に、このアルバムのアートワークを担当したデザイン事務所から「使用したい」との依頼があり、採用が決まりました。北岡さんは、「錯視のデザインに注目してもらえて光栄。これを機に、錯視の面白さが世界中の多くの人に



レディー・ガガさんと共に作品が使用されたCDを手にする北岡さん。



伝われば嬉しい」と話しています。

北岡さんの作品は、HP (<http://www.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/>) で楽しむことができます。



NEWS 2 イベント案内

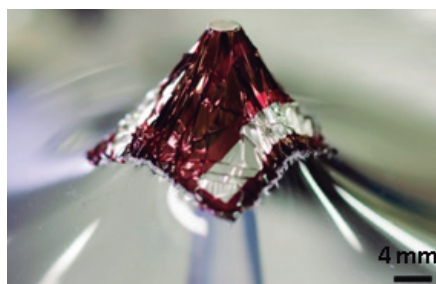


恒例のナノテク総合展に 出展します

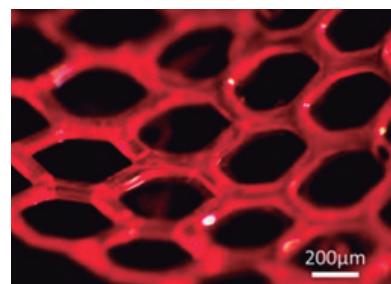
ナノテクノロジーは、エレクトロニクス、医療、バイオ、環境・エネルギーなど、さまざまな分野の課題解決に貢献しています。その最新の研究開発成果が一堂に会する「nano tech 2014 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」が1月29日から31日まで東京ビッグサイト（東京国際展示場）で開催されます。ナノテク展は今回で13回目を迎える国内有数の展示会で、毎年、約5万人もの来場者でにぎわいます。

JSTでは最先端の研究成果をパネルや実物で紹介するとともに、研究者本人による発表も行います。

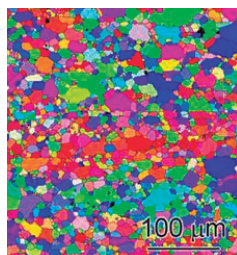
ライフ分野では、肌に貼っても気にならない「世界最薄・最軽量の柔らかいセンサー」の開発に成功した東京大学・染谷隆夫教授が出展するほか、グラフェンによるバイオセンサー、膜マイクロマシ



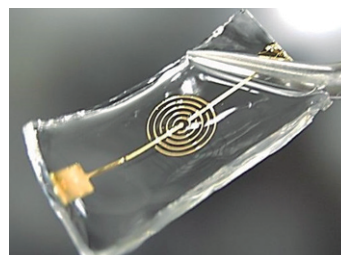
世界最薄・最軽量の有機太陽電池（染谷さん）



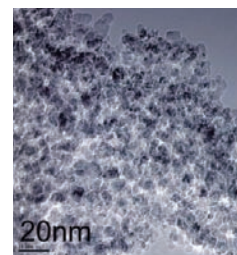
コラーゲン人工毛細血管（池内さん）



マグネシウム合金IPFマップ（鎌土さん）



ハイドロゲル電極（西澤さん）



一桁ナノダイヤモンドのTEM像（大澤さん）

ニング技術も展示します。

グリーン分野では、有機薄膜太陽電池、導電性ダイヤモンド、超軽量マグネシウム合金、固体高分子形燃料電池用触媒などの展示もあります。

詳細はHP (<http://www.jst.go.jp/report/2013/131212.html>) をご覧ください。

nano tech 2014 JSTプレゼンテーションコーナー スケジュール

1月29日	1月30日	1月31日
CREST 栄長泰明	CREST 西澤松彦	A-STEP 千坂光陽
さがけ 梅澤直人	ALCA 鎌土重晴	さがけ 池内真志
A-STEP 河野誠	A-STEP 大澤映二	さがけ 東原知哉
ALCA 井上翼	ALCA 香川豊	ALCA 唐捷
(敬称略)	CREST 松本和彦	CREST 斎藤永宏
		ERATO 染谷隆夫



戦略的創造研究推進事業 さきがけ「藻類・水圏微生物の機能解明と制御による

バイオエネルギー創成のための基盤技術の創出」領域

研究課題「生物界最速シャジクモミオシンを利用した植物成長促進システムの開発」

植物の大きさを制御する新しい手法を発見

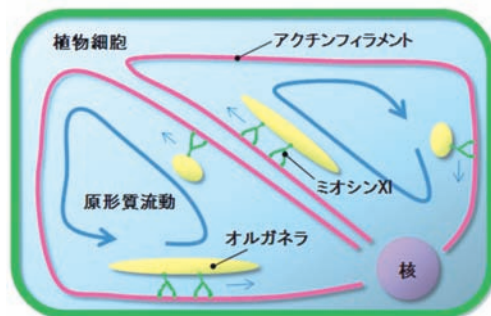
現在、食物やバイオエネルギーに関連した有用植物の収穫を増やすための研究が広く行われています。理化学研究所光量子工学研究領域の富永基樹専任研究員は、千葉大学の伊藤光二准教授らと共同で、これまでとまったく異なる発想で、植物の大きさを制御する手法を発見しました。

富永さんらが着目したのは、植物の細胞内で、細胞の中身が流れる様に動く原形質流動という現象です。原形質流動はオルガネラ（小胞体などの細胞内の小器官）に結合した「ミオシン」（エネルギーを変えて移動するモーターたんぱく質）が、繊維状たんぱく質「アクチン」の上を動くことによって起きることが知られています（上図）。しかし、この現象が植物でどんな役割を果たしているのかはわかっていませんでした。

今回、富永さんらは、藻類シャジクモの細胞が長さ10センチメートル以上に成長し、原形質流動は通常の高等植物の10

倍以上の速度であることに着目しました。生物界最速のモーターたんぱく質として知られるシャジクモのミオシンを利用して、植物の成長を増強できるのではないかと考えたのです。シロイヌナズナの遺伝子で、ミオシンの移動速度に関わる部分を、シャジクモのものや、植物に比べて移動速度が遅いヒトミオシンのものと入れ替えることによって、高速型と低速型の速度改変型ミオシンをつくり出しました。これにより、シロイヌナズナ細胞内でのオルガネラとの結合能力を保持したまま、アクチン上の移動速度を変化させることを可能にしたのです。

高速型ミオシンを持つシロイヌナズナでは、原形質流動速度が速まるとともに植物が大型化し、一方、低速型では流動速度はほぼゼロになるとともに植物が小型化することがわかりました（写真）。これらの結果から、原形質流動が植物サイズを決める重要な因子であることが、世



植物細胞の原形質流動。繊維状たんぱく質アクチンの上を、オルガネラに結合したミオシンが移動することで、細胞内輸送が生じている。



原形質流動を高速化したシロイヌナズナは、葉が大型化し、低速化したものは小型化した。

界で初めて明らかにされました。これまでにない発想から生まれた本研究成果は、植物増産やバイオエネルギー生産などにおいて汎用性が高く、しかもこれまでに研究されている成長促進手法と併用することで、飛躍的な相乗効果をもたらす可能性をもっています。



CRDS設立 10周年記念シンポジウム

シンポジウム「イノベーションを牽引するシステム科学技術」（2月21日）も開催予定

科学政策の公的シンクタンクとして知られるJST研究開発戦略センター（CRDS）の10周年記念シンポジウムが昨年12月3日に開催され、大学や産業界、政府の政策担当者ら約400名が集まりました。

第1部では、CRDSの設立の経緯と国内外の情勢報告があり、日本学術会議や総合科学技術会議から、それぞれの現状と今後の課題が報告されました。この中で、現在我々が抱えている、少子高齢化、

復興再生など、さまざまな課題に対する社会的な期待に応えるためには、産学官の連携が重要で、そのためにはシンクタンクや科学者による提言が必要である、との呼びかけがなされました。

第2部では、イノベーション戦略の今後の展望について、産業界および大学からの発表とパネルディスカッションが行われました。

世界と戦える研究力強化、戦略的な産学官連携、イノベーションの担い手づくり、研究成果を実用化し、事業化につなぐ機能の強化、戦略企画・立案力の強化など、さまざまな切り口で活発な議論がなされ、今後の展開につながるヒントが数多く得られました。当日の発表者および発表内容はHP（<https://www.d-wks.net/crds131203/program.html>）を



net/crds131203/program.html) をご覧ください。

また、2月21日にはシステム科学技術のシンポジウムを開催します。現代社会の価値を生み出す鍵でありながら、日本が苦手なシステム科学技術分野の強化に向け、第一人者であるカルゴネッカーNSF 工学部門局長らを迎え、この分野の強化のための課題を考えます。詳細と申し込みはHP（http://www.prime-pco.com/jst_crds2014/）をご覧ください。

さきがける 科学人

Vol.
21

戦略的創造研究推進事業さきがけ「情報環境と人」領域
研究課題「物理ベースデザインのためのインタラクティブ情報環境の構築」

折紙工学で ライフスタイルを変える



計算折紙との出会い

7、8歳のころから折紙が大好きでした。折紙作家による巧妙な昆虫などの作品の造形に魅せられたのです。1枚の紙を切らずに折るだけで複雑なものができるのが魅力ですね。

単なる趣味だった折紙に奥深い可能性を感じたのは、複雑な創作折紙を支えるさまざまな数理的手法を知ったときです。大学院時代に折紙の展開図を自動生成するソフト「Origamizer（オリガマイザ）」を開発しました。どんな立体も1枚の紙で折ることができ、いまや計算折紙という研究分野として確立されています。

建築との融合で 可能性を広げる折紙

大学・大学院とも建築学科で、建築デザインの研究を進める傍ら、折紙（折り畳み変形）の建築への応用を考えました。

試み自体は50年近く前からありますが、その設計理論を構築するために開発されたのが、「剛体折紙」という数理モデルです。柔らかな紙の折紙と違って、建築に使う素材は木材や鉄



1枚の紙から折られている「Bunny」（'07作）。自ら開発したシステムで作成した展開図（左）から折りあげるまで約10時間の大作。

鋼など剛体が中心です。折り線部分を2つの平面パネルをつなぐヒンジ（接ぎ目）に置き換えることで、厚みや硬さのある材料で動く建築物の設計が可能です。同じような考え方が人工衛星の太陽電池パネルにも使われています。

さきがけ研究では、材料の物理的な制約条件を数理化してモデルに組み込み、形と機能に適した展開図を決めて、ユーザー自身による自在なデザインを可能にするシステムの構築を目指しています。すでに、ステンレスを折り加工して自由な立体造形の実現に成功しました。アーチ形状や曲面を持つ立体構造を平面に折りたたむ設計手法も開発しました。これらの応用で、災害時に時間やコストをかけず、組み立てや収納も簡単にできる再利用可能な仮設住宅をつくれます。ニーズに合わせた自在な折紙建築が可能となるのです。

好きだった折紙の探究が高じて専門の建築学と結びつき、気が付けば社会還元を目指す研究につながりました。

剛体折紙で一品生産をもっと自由に

これからは20世紀的な大量生産では

たち・ともひろ

1982年生まれ。2005年、東京大学工学部建築学科卒業。10年に同大学院工学系研究科博士課程修了、同年より現職、さきがけ研究者。折紙の数理研究・計算に基づく設計手法の研究・システム開発を行う。02年よりコンピューター設計による折紙創作を続けており、本分野の第一人者。13年、国際シェル・空間構造学会(IASS)よりTsuboi Awardを受賞。趣味は、折紙の他、模型づくりや幾何学的な絵を描くこと。

●館さんの詳しい研究内容を知りたい方はこちらへ
http://www.human.jst.go.jp/researcher/2ki_07.html
<http://www.tsg.ne.jp/TT/>
<http://www.youtube.com/profile?user=tactom>



一つながりの壁状の形態が、連続的に折り畳まれる。折り目がヒンジになっているので変形も簡単で楽だ。

なく、家や家具などユーザー個々の好みや環境に合わせた一品生産へのニーズがますます高まります。

剛体折紙の新システムを開発できれば、汎用性の高いデジタル工作機械を用いて、特別な知識やノウハウがない人でも、望みの一品生産ができる日が来るかもしれません。ものづくりの世界に、人々のライフスタイルを変えるような折紙革命を起こしたいのです。

東京大学大学院
総合文化研究科
広域システム科学系
助教

館 知宏



ステンレスで折った自由形状折紙。

TEXT: 池上紅美 / PHOTO: 浅賀俊一
編集協力: 松岡政治、大阿久裕美 (JST さきがけ担当)

JSTnews
未来をひらく科学技術
2014/January

発行日 / 平成 26 年 1 月 6 日
編集発行 / 独立行政法人 科学技術振興機構 (JST) 総務部広報課
〒102-8666 東京都千代田区四番町 5-3 サイエンスプラザ
電話 / 03-5214-8404 FAX / 03-5214-8432
E-mail / jstnews@jst.go.jp ホームページ / <http://www.jst.go.jp>
JST news / <http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/>

