

JST news

未来をひらく科学技術

人とテクノロジーの新たな関係性を構築
ちょうど良い「道具」が価値を生み出す

8

August 2021



03

特集 1

人とテクノロジーの新たな関係性を構築 ちょうど良い「道具」が価値を生み出す



08

特集 2

「夢の反応」で技術革新 産学連携で広がる可能性



12

世界を変える STORY

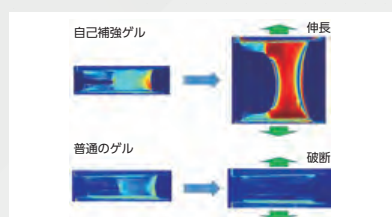
効果の高い放射線増感剤 世界のがん治療に変革を



14

NEWS & TOPICS

世界最高強度の高分子ゲルを開発 人工靱帯・関節などへの応用に期待 ほか



16

さがける科学人

人とのつながりがチャンスをつくる

東京大学大学院 情報学環 特任准教授 /
東京工業大学 情報理工学院 特定准教授 /
理化学研究所 革新知能統合研究センター 高次元モデリングユニット 客員研究員
伊藤 勇太



JSTは、シンクタンク機能、研究開発、産学連携、次世代人材育成、科学と社会との対話など、多岐にわたる事業を通じて、持続可能な開発目標 (SDGs) の達成に積極的に貢献していきます。



編集 長：安孫子満広
科学技術振興機構 (JST) 広報課
制作：株式会社伝創社
印刷・製本：株式会社丸井工文社

特集 1

人とテクノロジーの新たな関係性を構築 ちょうど良い「道具」が価値を生み出す

近年、テクノロジーの発達により快適な生活が実現する一方、環境負荷が増大し持続可能な社会への転換を迫られている。東京大学大学院工学系研究科の川原圭博教授が率いる「ERATO川原万有情報網プロジェクト」は、次世代の「道具」に求められる基盤技術の構築とアイデアの具現化を目指し、使う人にとって「ちょうど良い」デザインや性能を持つ、環境に調和した道具から新たな共生への可能性を生み出そうとしている。



「ぶんすいれい」 隷属の「分水嶺」を乗り越え 3つの観点で社会実装を検討

テクノロジーの発達と共に、人の価値観や産業構造はこれまで変化してきた。センサーネットワークやIoT機器が普及した現代は、以前と比べれば格段に便利で快適だ。一方で使いこなせないほど複雑な機能や、過剰な情報に振り回されることも珍し

くない。すべての情報が集約されているスマートフォンも、ひとたび紛失すると物理的な被害だけでなく、心理的にも大きな不安をもたらす。これではまるで道具に人が支配されているかのようだ。

東京大学大学院工学系研究科の川原圭博教授は、人とテクノロジーのよりよい関係を改めて定義し、次世代のテクノロジーを生み出すために

「ERATO川原万有情報網プロジェクト」を打ち立てた。「このプロジェクトでは、誰にとっても使いやすい、環境になじむテクノロジーを生み出すことで、社会に新しい価値をもたらし、私たちの暮らしをよりよいものにすることを目指してきました」と語る。テクノロジーは1つの発明が多くの分野に波及して、一気に段階が変わるような発展を遂げてきた。使う場所や知識と



かわはら よしひろ
川原 圭博
東京大学 大学院工学系研究科 教授
2015年よりERATO研究総括

いった現在の道具を取り巻く制約を解消できれば、おのずと新たな可能性が生まれるはずだと語る。

一方、デザインエンジニアとしてプロジェクトに参画するTakramの緒方壽人ディレクターは、現代のテクノロジーの問題を考える手がかりとして、1970年代に活躍した哲学者、イヴァン・イリイチの言葉を挙げる。文明批評家でもあるイリイチは道具が人間の

能力や創造性を最大限に引き出している状態と、テクノロジーの進化が人間の主体性を奪い、依存させ、隷属させる状態があると指摘し、この2つを「分水嶺」だと述べている。「半世紀前の人の言葉ではありますが、現代のテクノロジーの抱える問題を的確に指摘しています。ERATOでも、不足でも過剰でもない、ちょうどいい道具とは何かを考えることが重要です」と語る。

プロジェクトでは、これからの時代に求められる道具の要素を「ユニバーサル」、「サステナブル」、「エンボディ」、「自立共生」の4点にまとめ、既存のIoT研究の単なる延長ではない、挑戦的・創造的・融合的な研究を進めている(図1)。具体的にはセンサーやコンピューターを動作させるための「エネルギー」、それらを実際に動かす機構の「アクチュエーション」、センサーやコンピューター、あるいはそれらを組み込んだ試作品を自在に作るための「ファブリケーション」の3つの観点に着目し、技術開発を進めるとともにそれを横断する形で社会実装の手法を検討している。

どこでもワイヤレス充電 「電池切れ」のない世界へ

センサーやコンピューターを使おうとすると、最初に電源をどこから取るのかを決めなければならず、それによって使用する場所が限定されてきた。大きな装置はそれでも良いが、今やパソコンを持ち歩いてどこでも仕事ができる時代だ。どこでも電気の供給を受けられれば、さまざまな装置が場所の制約を受けずに使うことが

できる。「その回答の1つが無線給電です。コンセントや充電コードが無くても、充電ができるシステムを構築しました」と川原さんは説明する。

壁や床に送電機構を埋め込み、3メートル四方の部屋の中、どこにいても数十ワット程度の電力を送信できる空間を実現した(図2)。「部屋中でワイヤレス充電できるというと、電磁波の影響を心配する人もいますが、この技術では電磁波を形作る電場と磁場のうち、比較的人体との干渉の制限が少ない磁場のみを利用しています。国際ガイドラインに従って安全な設計を実現し、広範囲で高効率な電力伝送を実現しています」と安全性にも配慮された設計だ。部屋にはコンセントもなく、機器に対応したコード類もなくなるならば、レイアウトの自由度が広がることは想像に難くない。

さらには外出先でもワイヤレス充電を可能にするシートも開発した。このシートは無線電力伝送に使うコイルを組み込んでおり、家具・鞆・衣服などの形に合わせてユーザーが自由に切り取って使うことができる(図3)。このシートを使えば、身の回りのあらゆるものをワイヤレス充電可能な製品にすることが可能だ。万有情報網が



おがた ひさと
緒方 壽人
株式会社Takram ディレクター デザインエンジニア
2018年よりERATOアプリケーション デザイングループ メンバー

実現した世界では「電池切れ」という概念がなくなるのだ。

柔らかいロボットを開発 試作品で何度も試行錯誤

万有情報網の社会ではセンサーが移動し、ロボットが環境に積極的に働きかけることを想定している。人間の日常的な生活空間で使われるため、人

間と触れ合っても怪我をしない工夫が必要だ。「軟らかい素材を使うソフトロボットは、現在のロボット開発の潮流になっています。私たちは素材だけでなく、柔らかい動きも研究しています」と語る。わずかな力でも自在に変形する素材や電気や磁力、空気圧などを使った機械的な動作を生み出す装置の開発にも取り組んでいる。その1つが、「ポンプレスアクチュ

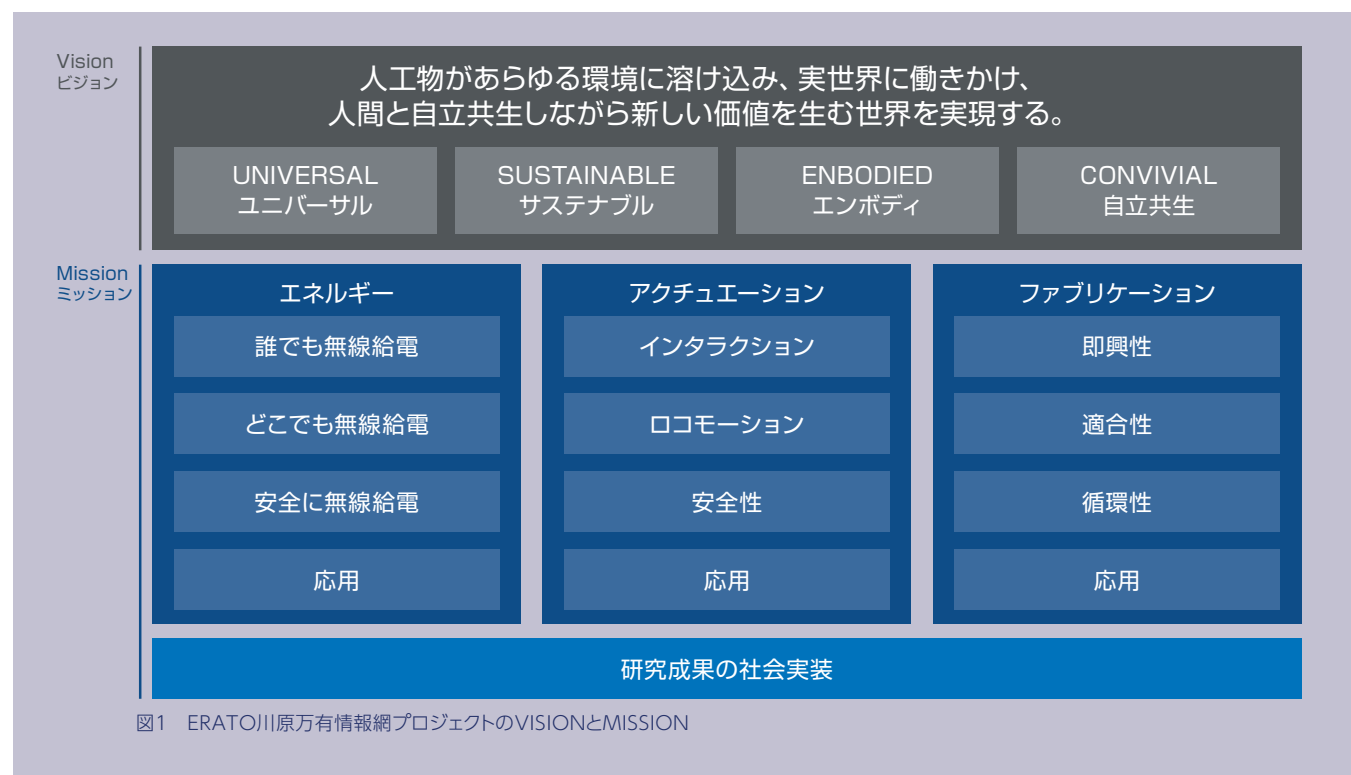


図2 部屋中どこでもワイヤレス充電



図3 切り取るワイヤレス充電シート

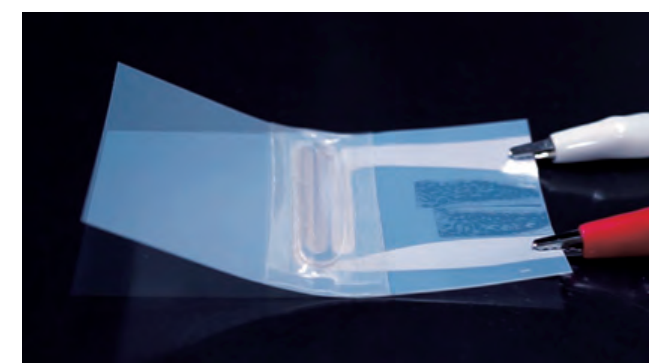


図4 ポンプレスアクチュエーター

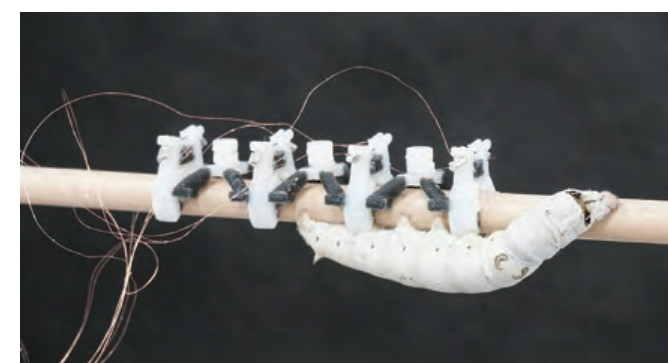


図5 イモムシ型ソフトロボット

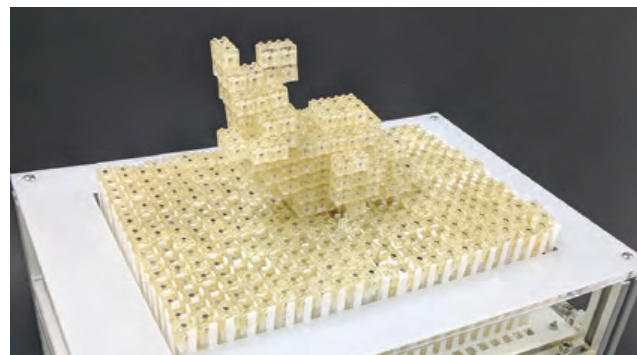


図6 「Dynablock」で作ったウサギ

ーター」だ（前ページ図4）。厚さが1ミリメートル以下のシートに印刷された回路に電気が流れるとシートがゆっくりと収縮し、小指で曲げるくらいの力が出る。また高所の細い枝や電線の上など、人間が行けないような場所でも自在に動き回るイモムシをモデルにしたイモムシ型ソフトロボットも開発した（前ページ図5）。従来の重く、堅い素材のロボットでは再現できなかったしなやかな動きが可能になった。「一見おもちゃのように見えるかもしれませんが、この動きを再現するためには新しい発想や技術が必要です。これらの作品を見ていただくことで、また新たなアイデアが広がります」と語る。

これらを自在に作る技術であるファブリケーションも同時に開発してきた。従来、ものづくりには専門性や専用の設備が必要とされてきたが、デジタルデータを活用することで安価で大量に作ることができるようになって



図7 熱可塑性材料で繰り返し利用できる「ProtoMold」

きた。プロジェクトでは、このファブリケーションを環境に配慮した素材を使い、専門知識のいらない直感的なレベルにまで洗練しようと試みている。「ものづくりではまずは作ってみて、試行錯誤を繰り返すことが非常に重要です」と強調する。

例えば、3次元物体造形装置の「ダイナブロック Dynablock」は3次元形状を数秒から数十秒で自由に出力できる（図6）。無数に積み重ねられた9ミリメートルサイズのブロックを、下から必要な箇所だけを押し出して、3次元の形を作っていく。「ブロックには磁石が入っており、造形した後でも手で組み替え、微修正できます。ブロックを小さくすれば、本物の製品デザインにも応用できるようになるでしょう」と緒方さんは語る。他にも、繰り返し使用できる熱可塑性の樹脂を吸引して型に定着・硬化させる「プロトモールド ProtoMold」では、梱包材への応用も期待される（図7）。今後、次世代の3Dものづく

りの風景が大きく変わることは間違いないだろう。

次世代の乗り物「poimo」 軽量で持ち歩きも可能

「エネルギー」、「アクチュエーション」、「ファブリケーション」の3つのテーマを体現した成果といえるのがパーソナルモビリティ「ポイモ poimo」だ（図8）。公共交通機関から目的地までのわずかな距離をつなぐ、次世代の乗り物だ。ボディは空気で膨らんでおり、空気を抜けば畳んで鞆にしまって持ち運ぶこともできる。またユーザーが乗るポーズをとるだけで自分のサイズに合った乗り物を作ることができる。

誰もが自分に合った安全な移動手段を選択することができると、周囲の期待も高い。「ボディが柔らかいので、もし人にぶつかっても大きな事故にはなりません。試乗した方からはソファ型が好評でした。コロナ禍という

こともあって、海外からも問い合わせを多くいただきました」と反響の大きさを語る。

実用化には検討課題も残るが、完成品ではなく、あえて改良できる「余白」のある状態で発表したと川原さんは打ち明ける。外部の人から意見をもらったことがきっかけで、新しい研究テーマや、共同研究につながることもあるからだ。現場と理論の間を柔軟に行き来しながら、本質を見極めてきた川原さん自身の経験が生きている。

理屈で説明されるのと、実物を目の前にするのでは人の反応はまるで違うと川原さんは指摘する。実際に試乗会などの体験者からは、poimoと共に過ごす未来像が次々に飛び出てきた。「今は自動運転やレンタルサービスの可能性も検討が進んでいます」と語る。現在フリマアプリの運営会社であるメルカリ（東京都港区）などと連携し、実用化に向けた研究が進められている。

混成チームでチャレンジ 1+1=3になる共同研究を

多方面に拡張を続けるプロジェクトには、機械工学や情報通信、LSI技術、デザインなど多岐にわたる分野の人材が集まっており、学生だけでも100人以上が参画する。海外との交流も積極的に行っている。海外に派遣したり、海外から受け入れた研究者は10人以上だ。「エンジニア、科学者、アーティスト、デザイナーの混成チームがエネルギー、アクチュエーション、



図9 研究成果を紹介するポストカード

ファブリケーションの3つのテーマを軸にして、さまざまな基盤技術の開発にチャレンジしています」と語る。

研究テーマはそれぞれ異なるが、プロジェクトの目指す方向はその時々に応じて確認し、そろえてきた。作品ができたならポストカードや動画を作成し、自分のアイデアを発表している（図9）。写真や映像は研究者自らが撮影し、見た人に的確に技術内容と核となるアイデアを伝えるメッセージを添えている。「コロナ以前には週に1回の定例ミーティングや合宿も毎年していました。同じ場所に集まって、各チームがアイデアを披露し、語り合うことで出てくるものがあります」と緒方さんは語る。

現在はWebコミュニケーション

ツールを活用しているが、大人数でもこれまでより個別に丁寧な対応ができるようになったという。「研究テーマが重複することもあります。1+1=3になる共同研究を考えるように話しています。2チームで3本論文を出せば、お互いにメリットがあります」と指導方針を語る。

プロジェクトの活動は2021年度末で終了するが、そのノウハウや研究の一部は20年に設立された東京大学インクルーシブ工学連携研究機構（RIISE）で継続し、大学で生まれたシーズを企業連携につなげていく。川原さんと緒方さんは人とテクノロジーのよりよい関係の構築を目指し、これからも次世代の「ちょうど良い道具」を生み出し続ける。



図8 poimoに乗る様子(左)。バイク型とソファ型のpoimo(右)。

ERATO川原万有情報網プロジェクト展示会開催

プロジェクトで開発したさまざまなプロトタイプが多数展示される他、開催日前日の9月17日(金)にはグループリーダーを交えたトークセッション(YouTube Liveによるライブ配信)も予定しています。ぜひご参加ください。

開催日：2021年9月18日(土)～10月1日(金)
詳細は、下記川原研究室HPにて近日公開予定です。
<https://www.akg.t.u-tokyo.ac.jp/erato-exhibition>



作品の動画集もぜひご覧ください。
JST ERATO 川原万有情報網プロジェクト / 東京大学川原研究室
<https://www.youtube.com/channel/UCadwOCbDMAh1qd1tK96ubRQ>



特集2

「夢の反応」で技術革新 産学連携で広がる可能性

長年「夢の反応」とされてきたメタンからメタノールの合成に成功したことをきっかけに、大阪大学大学院薬学研究科の井上豪教授らはコンソーシアムを立ち上げ、この酸化反応の活用を進めてきた。さまざまな分野の企業が参画し、応用先は広がりを見せている。タンパク質の立体構造解析に使われる「クライオ電子顕微鏡」の試料調製への応用では世界の注目を集める。「夢の反応」があらゆる産業へ技術革新をもたらそうとしている。

いのうえ つよし
井上 豪

大阪大学 大学院薬学研究科 教授
2019年よりOPERA領域統括

メタンからメタノールを合成 教科書を書き換える大発見

2050年に二酸化炭素の実質排出量をゼロにするカーボンニュートラルを実現するために、日本ではあらゆる産業が一層の省エネルギー化を迫られている。化学産業においては、原材料を加工する際に、高温高压条件でなければならない反応も多い。これらを常温常圧で行うことができれば、大幅なエネルギー削減につながることから、新たな触媒の開発や反応条件の検討が進んでいる。

その1つにメタンからメタノールの合成がある。現在、メタノールは天然ガスに由来する一酸化炭素と水を約1000度という高温下で反応させて製造している。これまでの用途は接着剤や塗料、合成樹脂、合成繊維、医薬品が主であったが、近年では燃料電池の水素の供給源として注目を集めている。また気体のメタンや水素を液

体のメタノールに変換することで、輸送や取り扱いも容易になると期待されている。このようにメタノールが常温常圧の環境で製造できるようになれば、水素社会を加速させる大きな原動力となりうる。

大阪大学高等共創研究院の大久保敬教授は、二酸化塩素と光を使ってこれまで困難とされてきたメタンからメタノールを常温常圧で合成する酸化反応を初めて実現した。この画期的な酸化剤を軸に、OPERA「酸化制御共創コンソーシアム」では、さまざまな反応を効率的に行い、産業化へつなげることを目指している。(図1)。OPERAの領域統括を務める大阪大学 大学院薬

学研究科の井上豪教授は、インパクトをこう説明する。「この反応は一見簡単そうですが、これまで多くの化学者が挑戦しても実現できず、21世紀中には実現したい『夢の反応』の1つとされていました。いわば教科書を書き換えるほどの大発見です」。

きっかけは企業の相談 酸化剤と光の併用が鍵

大発見のきっかけは、現在日本の航空機や多くのホテルで採用されている除菌消臭剤を医師主導で患部の臭い消しに用いていたところ、病気の進行も止まったことから、医薬品に応用

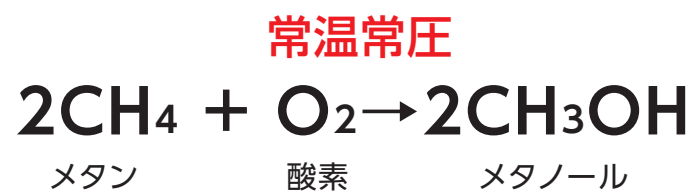


図1 メタンからメタノールを作る酸化反応

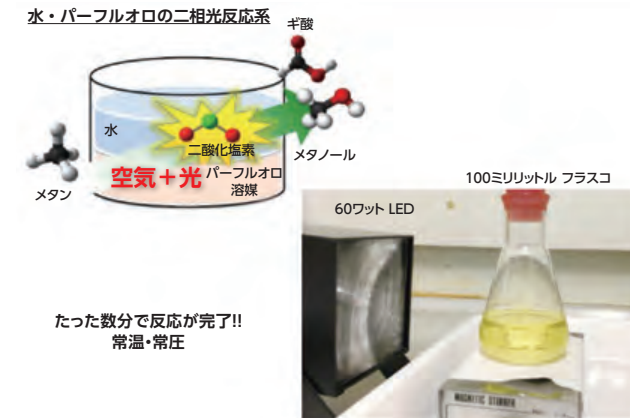


図2 メタンと空気、二酸化塩素が含まれている2層に分かれた溶液に数分間光を当てただけでメタノールとギ酸が合成できる。

したいと大阪大学に相談が寄せられたことだった。担当することになった大久保さんは、はじめは半信半疑だったというが、除菌消臭の主成分が亜塩素酸イオンから供給され、水中で安定に存在する二酸化塩素(ClO_2)が活性種であることを突き止めた。

光化学が専門の大久保さんは、この成分を酸性条件下で二酸化塩素のガスとして放出させて光を当ててみたところ、化学構造が大きく変化し、活性酸素と塩素ラジカルに分かれることに気付いた。「メタンと反応させれば塩素ラジカルがメタンから水素原子を1個引き抜き、そこに活性酸素が結合することで、メタノールができるのではないかとひらめきました」と大久保さん。

しかし、反応に有機溶媒を用いると、反応性の高いラジカルは溶媒と反応し、メタンと選択的に反応させることができない。大久保さんは炭素とフッ素原子のみから構成されたパーフルオロ溶液にメタンを溶かしたものと、二酸化塩素水溶液の2層の溶液で反応させることにした。溶液が入ったフラスコに60ワットのLED電球の光を数分当てたところ、メタンと二酸化塩素が反応し、常温常圧でいとも簡単にメタノールとギ酸(HCOOH)が発生した(図2)。「はじめはメタノールが14パーセント、ギ酸が85パーセント得られました。現在はメタノールをより選択的に合成できる条件を検討しています」と大久保さんは語る。

二酸化塩素と光の照射でいろいろ

な物質を常温常圧で酸化できるならば、エネルギーなど工業分野だけでなく、医学や薬学分野へも応用できると考えた井上さん。この大発見を社会に生かさない手はないと考え、大久保さんと大阪大学大学院薬学研究科の浅原時泰准教授(当時、高知工科大学特任講師)の3人で、さまざまな応用先を考えた。「今見ると実現不可能な案も混じってはいますが、当時はこんなこともできるかもしれない、あんなこともできるだろうと夢がどんどん広がっていきました」と井上さんは笑顔を見せる。

この時の考えが産学連携で技術革新を目指すOPERAの応募に向けたシナリオにつながった。共同研究の候補企業にOPERA参画を持ちかけ、すぐに快諾の返事を得ることができた。「大阪大学では共同研究講座が多数設置され、企業の研究員の方が常駐して共同研究を進めるなど、産学連携を積極的に行ってきました。地の利と人の輪がありました」。こうして井上さん率いるOPERAが立ち上がった。

北海道で実証実験を開始 循環型の酪農を目指す

OPERAでは開発した核となる技術を基に、オープンイノベーションを推進するパートナーシップの拡大を推奨している。大阪大学が連携協定を締結した北海道興部町もその1つだ。興部町はオホーツク海に面する人口約3700人の町だ。酪農業と漁業を基幹産業とし



おおくぼ けい
大久保 敬

大阪大学 高等共創研究院 教授
2019年よりOPERA研究課題2代表者

しており、人口の約3倍にあたる約1万1000頭の牛が飼育されている。「興部町の裕一寿^{はざま かずとし}町長が私のところに手紙をくれたのが最初のきっかけです。町長は元々酪農家で、環境問題への意識も高く、辞書を片手に私が書いた英語の論文まで読んでくれたそうです。その熱意に感動しました」と大久保さんは振り返る。

興部町では、毎日大量に発生する牛のふん尿の処理は、酪農家だけの課題ではなく、町全体の課題だとして、その適正な処理を目指し、16年に町営のガスプラントを設置した(図3)。ふん尿を発酵させてできたバイオガスに含まれているメタンを燃料にして発電し、北海道電力に売電している。しかし、このプラントでは、町内にいる牛の5パーセントに当たる560頭分しか処理できず、電気として使うにも限界があったため、このバイオガスに含まれるメタンを生かしたいという相談だった。

日本におけるメタノールの供給量は年間約100万トンで主に中東やアメリカから輸入している。一方、ギ酸の供給量は年間約1万トンで、多くは中国からの輸入だ。牛の餌である牧草の発酵や農業用の液肥、空港などの融雪剤とし



図3 町営の興部北興バイオガスプラント(写真:北海道興部町より提供)

て、主に北海道で使われている。水素社会に向けてはメタノール同様に、水素の原料や水素キャリアとして注目されているが、ギ酸の製造コストの高さが課題となっている。

大久保さんがバイオガスから光酸化により生成できるメタノールとギ酸の量を試算したところ、560頭分の場合、メタノールは年間80トン、ギ酸は400トンとなった。仮にプラントを北海道の各地に設置し、全135万頭を対象とした場合の生産量は、メタノールが年間20万トンになり、日本の年間輸入量の約2割を賅える。ギ酸も100万トンとなり、輸出国にもなれるほどの生産量だ。これまでコストがかかる一方だったふん尿処理が、利益を生むようなれば、酪農家にとっても大きな助けになることは間違いない。

この興部町の取り組みに、日本国内だけでなく世界各地から視察団が訪れている。他の家畜への応用やごみ処理施設での活用などの提案も寄せられているといい、注目度の高さに大久保さんも手応えを感じている。「今後各地で小規模なバイオガスプラントができれば、持続可能な社会の実現に大きく近付けるはずです。最終的にはカーボンニュート

ラル循環型酪農システムを構築したいですね」と力強く夢を語る(図4)。

クライオ電子顕微鏡にも応用 簡易な試料調製で高解像度に

生化学が専門の井上さんは大久保さんの酸化反応を、近年タンパク質の立体構造解析によく使われるクライオ電子顕微鏡の試料調製に活用しようと考えていた。生体分子を結晶化せ

ずに観察できるため簡便ではあるが、タンパク質を薄い氷の中に分散させる試料調製が難しく、たった1枚の試料を作るのに1カ月程度かかる場合も少なくなかった(図5)。試料の下にグラフェンと呼ばれる炭素分子の単層の薄膜を敷く方法や、そのグラフェンの表面をプラズマ処理で一時的に親水化し、グラフェンとタンパク質の親和性を高める技術も生み出されてはいたが、安定性に乏しく、タンパク質を様々な向きに固定化することが困難であった。「グラフェンは極めて安定性が高く、化学反応が起こりづらい分子です。反応性の高い大久保さんの光酸化反応を応用すれば、酸素官能基を導入して、タンパク質を直接結合できるようになるだろうと考えました」と井上さん。

担当した浅原さんは光酸化反応の制御が難しく、最適な反応条件を見付けるのに非常に苦労したと振り返るが、試行錯誤の末、20年に見事グラフェンの光酸化に成功した。さらによりタンパク質と結合しやすい化合物を付けた、グラフェン薄膜を開発した。この薄膜の上にタンパク質の分子が溶けた溶液を垂らして洗浄し、凍結するだけで、タンパク質は上下左右のさまざまな向きを持ち、1分子ずつ重なることなくグラフェン薄膜上にきれいに並ぶという(図6)。「さまざまな向きに

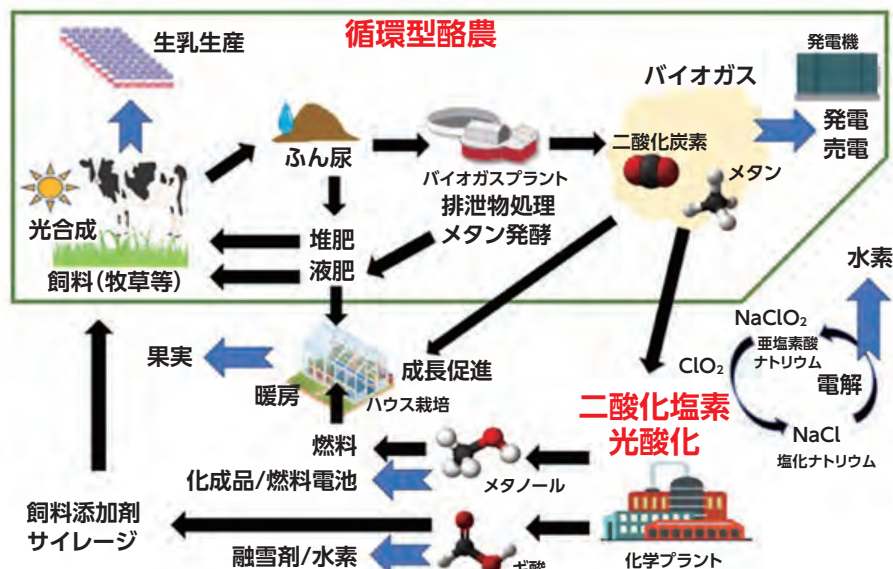


図4 カーボンニュートラル循環型酪農システムでは、バイオガスを余すことなく活用する循環型の酪農を目指している。

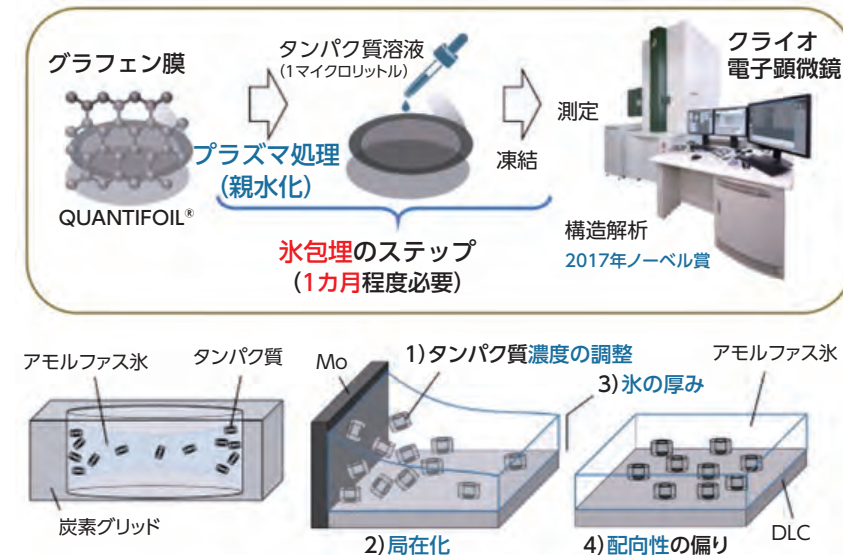


図5 従来のクライオ電子顕微鏡の試料調製では、タンパク質を溶液中に分散させ、薄い氷の中に閉じ込めるための条件検討に、1カ月近くかかっていた。

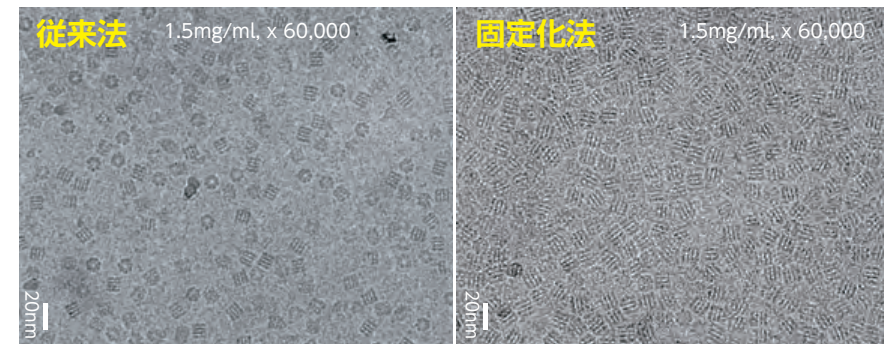


図6 GroELタンパク質をクライオ電子顕微鏡で撮影した画像。従来法に比べ、固定化法ではタンパク質が均一に付着している。撮影した粒子の画像の有効性は従来法が約20パーセント程度だったのに比べ、固定化法では約90パーセントと圧倒的に高い。(写真中のnmはナノ(10億分の1)メートル)

タンパク質が結合することが、構造解析では極めて重要です。いろいろな方向からの撮影画像を基に、タンパク質の3次元構造を決定します」。

その成果を浅原さんはこう語る。「試料調製はたった10分で誰でもでき、これまでよりもはるかに簡単です。画像のピント調整も容易で、立体構造解析に必要ないろいろな方向を向いた分子が一気に撮影できるようになりました。おかげで撮影枚数も大幅に減りました。あまりに効率が良すぎて、測定にデータの解析が追いつかず、解析用のパソコンを増設しなければならぬくらいです」。タンパク質の構造解析の効率が大幅に向上したことで、創業の開発期間の短縮にもつながると期待される。今後は、より立体構造解析が難しい膜タンパク質などにも適したグラフェンシートの開発にも挑戦する計画だ。

多岐にわたる応用範囲 70社が参画し実用化へ

酸化制御共創コンソーシアムでは当初の想定を大幅に上回る速度で次々と目標を達成している。大阪大学では、医学部、歯学部、薬学部による医歯薬連携なども進んでいるが、このOPERAで研究を行うメリットについて、井上さんはこう話す。「通常大学の先生の多くは自分の興味に従って個別に研究を進めますが、OPERAという産学連携の場では、社会が解決すべきさまざまな課題を1つの目標に向かってチームとして共同研究を行うことで、大きな力が生まれています。大学にはできない社会実装へとOPERAが繋いでくれます。テンポの良いコミュニケーションが心地良い緊張感をもたらしてくれています。参画企業は6社ですが、社会実装で連携する企業は70



あさはら はるやす
浅原 時泰
大阪大学 大学院薬学研究科 准教授
2019年よりOPERA研究課題2分担者

社に増え、責任は重大です」。20年11月には、光酸化技術に関心のある企業を中心とした一般社団法人日本MA-T工業会も設立された。

大久保さんは企業間の連携が成功の秘訣だと指摘する。「それぞれの分野で強みを持った企業がOPERAの掲げる目標の下に集まったことで、横串が刺さり、プロジェクト全体がまとまったと感じています」と語る。また、浅原さんは光酸化という応用範囲の広いシーズが功を奏していると語る。「私たちだけでは応用範囲が広すぎて、カバーしきれません。コンソーシアム型のOPERAであれば、研究者や企業がどんどん参画して連携を広げていきます。毎日が非常にエキサイティングで、それぞれの研究課題を楽しんでいます」と笑顔を見せる。

22年4月には大阪大学吹田キャンパス内に薬学研究科教育研究棟も竣工予定だ。今後はこの教育研究棟を拠点に、OPERAのプロジェクトをさらに大きく発展させていく意気込みだ。井上さんたちはこれからも1つの化学反応がもつ大きな可能性を育て、持続可能な社会の実現に向けて力強くまい進する。

効果の高い放射線増感剤 世界のがん治療に変革を

日本人の2人に1人は生涯で1回以上、がん罹患するといわれている。放射線治療は手術や化学療法と並ぶ治療法だが、大きながんでは効果が低いとされてきた。高知大学の小川恭弘名誉教授は2006年、過酸化水素とヒアルロン酸を混合した増感剤「KORTUC」を開発し、臨床研究でその高い効果を実証してきた。より多くの患者を救うためにKORTUC(東京都港区)を設立し、現在、英国で局所進行性乳がんを対象とする臨床試験を進めている。日本発の放射線増感剤が、放射線治療のみならず、世界のがん治療に大きな変革をもたらそうとしている。

日本国内の現行薬価制度 KORTUC国内開発の妨げ

1895年にウィルヘルム・レントゲンによりX線が発見され、その4年後からX線照射による皮膚がんの治療が行われてきた。以来、進歩を遂げてきた放射線治療は、手術や化学療法と並ぶがんの有力な治療法だ。強い放射線を病巣に照射することで、がん細胞を破壊する。しかし治療対象となる固形がんが大きくなると、内部が低酸素状態になり、また抗酸化酵素が増えるため、その治療効果は約3分の1にまで低下してしまうという問題があった。

2006年、高知大学医学部の小川恭弘教授(当時)は、酸素供給と酵素失活を両立できる過酸化水素を増感剤として利用し、放射線治療の効果を大幅に向上させることに成功した。「KORTUC」と名付けられたこの増感

剤は消毒液などで用いられる過酸化水素と、保水性や粘性を持ち生体内にも広く分布するヒアルロン酸の混合液だ。過酸化水素はそのままですぐに酸素と水に分解するが、ヒアルロン酸と混ぜて固形がん注射することで、がんの内部で少しずつ酸素を発生させながら抗酸化酵素も失活させていく。医学部の倫理委員会の承認を得て以降、小川博士は乳がんを中心に多くのがんに対してKORTUC療法を行い、高い効果を実証してきた。

もっと多くの患者を救いたいと考えた小川博士は、実用化を目指して日本国内の複数の製薬会社に事業化を打診した。しかしどの会社からも前向きな返答を得ることはできなかった。現在、医薬品としての臨床開発に取り組むKORTUCの松田和之社長は、その理由をこう分析する。「KORTUCは製薬企業にとって魅力的な薬価が期待できないと評価され

たようです。現在の国内薬価制度においては、KORTUCの薬価は放射線増感剤としての臨床価値に基づいて設定されるのではなく、原材料である過酸化水素の原価に基づいて設定され、桁違いに安くなってしまいうからです」。

日本で医薬品を販売するためには、莫大な費用をかけて臨床試験を行い、厚生労働省の承認を得る必要がある。認められれば、原材料費などを基に定められた薬価に従って医薬品を販売し、その利益で開発費用を回収する。現在の薬価制度ではどんなに効果が高くとも、安価な原材料で作られた医薬品の薬価が低くなる。日本の製薬会社が二の足を踏んだのも無理はない。

英国から臨床試験の提案 25年にも実用化の見込み

国内で実施し始めて10年が経とうと



まつだ かずゆき
松田 和之
代表取締役社長

していた15年、小川博士は以前から親交のあった英国ロイヤルマースデン病院のジョン・ヤーノルド博士から、KORTUC療法の実用化に向けた臨床試験を英国で行わないかと提案を受けた。欧州は日本よりも放射線治療の割合が高く、薬価は治療効果に応じて決まる仕組みのため、欧州のほうが製品化しやすい環境が整っている。小川博士はすでに大学を退官していたが、英国で臨床試験を行うために、契約や資金調達に詳しい人材を探し始めた。

そこで共通の知人であるベンチャーキャピタリストを通じて紹介されたのが松田さんだ。「紹介された時点で700以上の症例で効果が確認されており、有望だと感じました」と当時を振り返る松田さん。臨床開発に向けて動き始め、15年にKORTUCを設立した。過酸化水素とヒアルロン酸の混合液を販売するだけではビジネスとしての成功は難しい。また製品化するのであれば、反応しやすい過酸化水素が酸素と水に分解せずに、保存や輸送できなければならない。そこで松田さんは専門家をチームに招いて製剤化の検討を重ね、あらかじめ過酸化水素水を充填した「プレフィルド注射剤キット」を開発した。

17年からは日本での治療実績の多かった局所進行性乳がんを対象に、第

1相臨床試験が英国で始まった。新しい医薬品の安全性、効果を確認する臨床試験は、第1相から第3相までの3段階に分けて行われている。第1相で少数を対象に安全性を確認し、第2相、第3相と対象を増やしながら、安全性に加えて治療効果も詳しく調べていく。「第1相で良い結果が得られ、現在は5カ所の病院で第2相に進んでいます。英国薬事当局とも協議し、第2相でも結果が良好ならば、第3相は省略が認められました」と松田さんは経過を説明する。これまで日本で積み重ねてきた症例も認められた形だ。このまま第2相でも良好な結果が得られれば、25年にも英国で実用化の見込みだ。

VCから1億円調達 適用範囲を広げ世界へ

これまで製品開発や臨床開発を着実に進めてきたが、当初は資金面で頭を悩ませることも多かったと松田さんは振り返る。英国からの提案で臨床試験パートナーには決まっていたものの、数千万円にも及ぶ開発コストのあてはなく、自力で調達しなければならなかったからだ。「普通に考えたら順番が逆かもしれませんが、資金調達はついてくると考え、臨床試験の契約を先行して結びました。優れた技術を少しでも早く世界に出したいと考えました。資金提供先を探し回り、ようやくあるベンチャーキャピタル(VC)から1億円の出資を取り付けました」と当時を語る。その後、JSTをはじめとした各機関からの出資を受け、世界展開を視野に21年6月、仏保険大手のアクサからも出資を受けた。

英国で乳がんの臨床試験が先行しているが、今後は乳がん以外の固形がんにも適用範囲を広げ、世界に展開していく考えだ。またKORTUC療法と併用することで、免疫治療薬の効果を高める可能性についても検討したいと考えている。これからの研究の進展によっては、地方大学からスタートしたKORTUC療法が、放射線治療のみならず、世界のがん治療全体に大きな変革をもたらすかもしれない。

HISTORY

2006年

シーズ発掘試験(06~07、07~08年度)などの支援を受け、高知大学医学部の小川恭弘教授(当時)がKORTUC療法を開発。その後、KORTUC療法の臨床実績は国内の複数において1000例を超える。

2015年

英国ロイヤルマースデン病院の医師・ジョン・ヤーノルド博士から実用化の打診を受ける。株式会社KORTUCを設立。

2017年

英国で乳がん患者を対象とした第1相臨床試験を開始。



2020年

SUCCESS(18年度~)などの出資を受け、ピポタル第2相試験を開始。

2025年

欧州での実用化を予定。



KORTUC療法をより詳しく知りたい方は、小川先生の著書「免疫療法を越えるがん治療革命」(光文社)をご覧ください。私たちが企業が病院を直接紹介することはできませんが、この本には実際の症例や病院も紹介されていますので、患者の方やご家族の方の参考になりましたら幸いです。

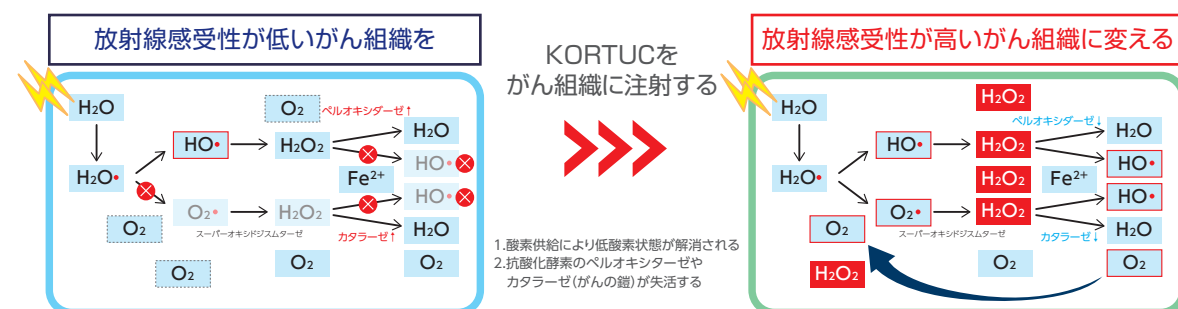


図 低酸素状態のがんでは、放射線を当ててもがん細胞を攻撃する反応性の高いラジカルが生成・維持されないため、治療効果に限りがあった(左)。ところがKORTUCをがん細胞に注射すると、抗酸化酵素を失活させて酸素を供給し、放射線照射によって生成されたラジカルが維持される。さらに過剰の過酸化水素がライソソームでラジカルを発生してアポトーシスを誘導することで、がん細胞殺傷効果が高まる。

研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST

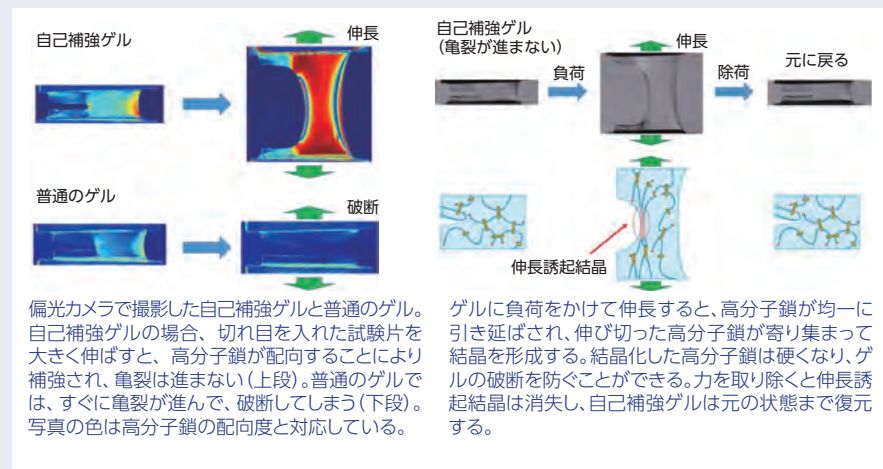
研究領域「革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明」
研究課題「ゲルのロバスト強化機構の解明と人工腱・靱帯の開発」世界最高強度の高分子ゲルを開発
人工靱帯・関節などへの応用に期待

ゼリーや寒天は、高分子ゲルと呼ばれる長いひも状の高分子鎖が連結した軟らかい素材でできています。水を主成分とする高分子ゲルは、安心して人体に埋め込むことができる生体・医療材料として応用が期待されてきました。しかし、従来の高強度ゲルでは、変形に伴う内部構造の破壊によって強さを高めていたため、繰り返し変形すると元に戻りにくくなるという難点がありました。

この問題を解決するため、東京大学物性研究所の眞弓皓一准教授、同大学大学院新領域創成科学研究科の伊藤耕三教授らは、高分子の鎖が環状分子でつながった「環動ゲル」の構造を採用し、強度と復元力を兼ね備えた世界初の自己補強ゲルを開発しました。

自己補強ゲルは、引っ張ると内部の高分子鎖が伸び切って、互いに寄り集まることで結晶構造を形成します。この現象を伸長誘起結晶化と呼び、結晶化により自己補強ゲルの強度が増します。一度形成された高分子鎖の

結晶は、力を取り除くことですぐに消失し、ほぼ完全に元の状態に戻ることを確かめました。今後は、繰り返し大きな負荷がかかる人工靱帯・関節などの人工運動器への応用につながると期待されています。



戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」
研究課題「完全自動運転における危険と異常の予測」

研究成果

高精度のAI自動車教習システム
指導員の高齢化や採用難を補う

現在、自動車運転教習所は教習指導員の高齢化や採用難による人材不足で、平均2〜3カ月の入校待ちとなっています。さらに2022年からは、年間15万人以上の高齢者技能検査も見込まれることから、抜本的な解決策が望まれます。

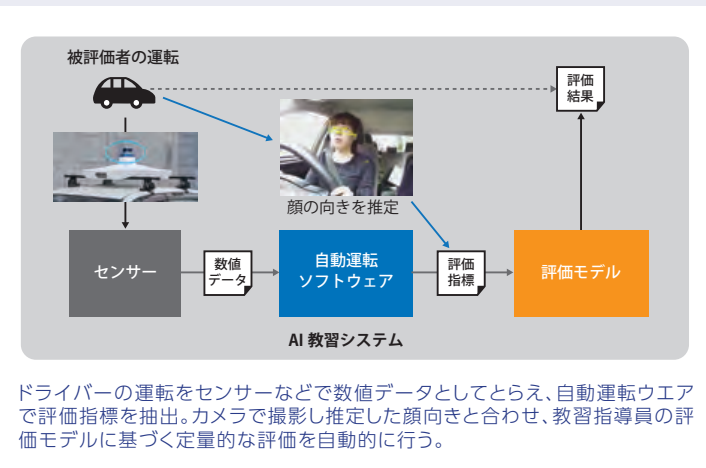
東京大学大学院情報理工学系研究科の加藤真平准教授らの研究グループは、自動運転の技術を活用し、教習指導員の運転行動をモデル化した「AI教習システム」を開発しました。自動運転に必要な運行設計領域(ODD)を自動車教習の範囲に限定し、指導員による評価項目のみを指標に設定しました。

リアルタイムに位置情報と地図データを照らし合わせ、自動運転ソフトウェアを用いてセンチメートル級の高精

度で、車体の位置推定や障害物検知を達成しました。また、車内に設置したカメラを使ってドライバーの顔の向きを推定し、目視などの動作を確認します。こうした情報から運転技能を総合的に評価し、特に危険な運転行動に対しては教習指導員が行うのと同様のブレーキ制御を自動で行うことで、危険を回避する機能を加えました。

このAI教習システムは名古屋大

学発ベンチャーなどが製品化し、販売を始めました。自動車教習所で導入が進めば、教習指導員の業務負担軽減や新規免許取得者、高齢運転者の受け入れ拡大の可能性が広がると注目されています。



開催予告

イノベーション・ジャパン2021〜大学見本市Online

全国の大学などの技術シーズ400件を紹介
研究者による講演やマッチング機能も充実

国内最大規模を誇る産学連携マッチングイベント「イノベーション・ジャパン」は8月23日から9月17日まで、新型コロナウイルス感染症の拡大状況を考慮し今年もオンライン開催します。公式サイトでは全国にある大学などの技術シーズ400件を紹介する他、出席研究者による203件のミニ講演、基調講演、セミナーといったさまざまなコンテンツを配信します。

毎年人気の『研究開発戦略センター(CRDS)セミナー』では、各国・地域や各分野の科学技術イノベーション動向に通じたエキスパートが研究開発の全体像と今年特に着目するトピックスを紹介、『大学発ベンチャー表彰2021』では表彰式の様子や各賞受賞者を紹介します。JSTからは復興支援課題から製品化に至った成果や昨年度から募集



を開始した共創の場形成支援事業を紹介、各種情報サービスもご案内します。

今年は職場や自宅から手軽に、じっくり参加できるよう大幅にオンライン機能を改善しました。気になる技術シーズなどは「お気に入り」欄をチェックし、マイページに保存できます。複数のシーズをピックアップし、比較検討いただくのにも便利な機能です。より深く知りたい技術シーズや研究者には、サイトから手軽に問い合わせや個

別のオンラインミーティングのリクエストを送信することもできます。

さらにフリーワード、分野や出展目的などによる検索機能も充実しており、新たな試みとして出展大学ごとの紹介ページと問い合わせ窓口も設けるなど、さまざまな方法でシーズとニーズのマッチングをサポートします。7月26日より開催予告ページにて来場登録を受け付け中です。ぜひご登録、ご来場ください。

イノベーション・ジャパン2021〜大学見本市Online 開催概要

公開期間: 8月23日(月) 10:00〜9月17日(金) 17:00

閲覧料金: 無料(来場登録制)

主催: JST

共催: 文部科学省

<https://innovationjapan-univ.jst.go.jp>

基調講演『科学でリスクに立ち向かう』

今年の基調講演は『科学でリスクに立ち向かう』をテーマに防災・減災、感染症対策、COVID-19への国内外の対応状況などを、3名の専門家からそれぞれの視点で講演をいただき、経験と知見をつなぎます。

視聴方法: 配信日に公式サイトにログインで視聴できます。なお、27日の配信は26日の再配信となります。

「研究分野を超え産官民と連携し国難災害を未然に防ぎ未来を拓く」

福和 伸夫氏(名古屋大学 減災連携研究センター 教授)

8月26日(木) 10:00〜/8月27日(金) 13:00〜



「ダチョウと一緒にバイオベンチャーを創りました」

塚本 康浩氏(京都府立大学 学長)

8月26日(木) 15:00〜/8月27日(金) 10:00〜



「Withコロナ社会のビジネス変容変革 & スタンフォードのリーダーシップ」

西村 俊彦氏(スタンフォード大学 創薬・創医療機器開発機構 所長)

8月26日(木) 13:00〜/8月27日(金) 15:00〜



さきがける 科学人

vol.106

Profile

神奈川県出身。2011年東京工業大学大学院情報理工学
研究科修士課程修了。東芝研究開発センター研究員、
ミュンヘン工科大学研究員を経て、16年博士(Dr. rer.
nat.)取得(ミュンヘン工科大学)。慶應義塾大学理工学
部特任助教、東京工業大学情報理工学大学院助教を経て、21
年より現職。17年よりさきがけ研究者。21年より創発
研究者。



Itoh Yuta
伊藤 勇太

東京大学大学院 情報学環 特任准教授
東京工業大学 情報理工学 特定准教授 /
理化学研究所 革新知能統合研究センター
高次元モデリングユニット 客員研究員

人とのつながりが
チャンスをつくる

Q1. 研究者を志した理由は?

A1. ARへの関心と人との縁

幼い頃から数多くのSF作品を見る
中で、科学に関心を持ちました。修士課
程に進学する前に放送していた拡張現
実感(AR)を題材にしたアニメに影響
を受けたことが、ARを研究テーマにし
たきっかけです。

修士課程ではARの研究室が東京工
業大学にはなかったため、その分野で
有名なクリンカー先生が在籍するミュ
ンヘン工科大学への交換留学を決意
し、先生にメールをしました。残念ながら
返信がなかったため、ポストドクの方に
改めてメールを送ったところ、それが目
に留まり留学も決まって無事ARの研
究ができました。修士課程修了後に一
度就職しましたが、2年後にその研究
室から誘いを受け、研究員として3年間
ドイツに留学して博士号を取得しました。

帰国後は国際会議で何度かお会いし
ていた杉本麻樹先生の推薦で特任助教に
着任しました。2017年にさきがけの「人

とインタラクションの未来」領域が始まる
など、巡り合わせの良さを感じています。
その後、母校の東京工業大学で自分の研
究室を持つチャンスにも恵まれました。

Q2. 現在の研究内容は?

A2. 視覚や認識できる世界を広げる

現在実用化されているARはスマート
フォンなどの画面を通して見るものが
多いですが、私はARメガネを装着する
ことで人間の視覚を拡張するという研
究に取り組んでいます。AR映像をより
リアルにする研究や、特殊なプロジェク
ターで普通のメガネに映像を投影する
研究、色覚特性のある方の補助などの
ように人々の暮らしを助ける研究を
行ってきました。

コロナ禍においてオンラインのコ
ミュニケーションが増加する中で、人や
物事の外面的な価値の重要性が下がっ
てきたように思えます。ARを使えば人
間の顔や声は技術で上書き可能で
すし、AR技術がさらに進歩すると現実と

遜色のない世界をつくれるかもしれま
せん。今後はこれまでの研究を発展さ
せ、視覚から人が認識する世界全体に
研究対象を広げて、それを拡張する技
術の確立を目指していきたいです。

Q3. 研究者にとって大切なことは?

A3. 運とタイミングをつかむために種 をまく

研究成果は知ってもらうことが重要
です。しかし、コロナ禍で成果を伝えに
くい状況になってしまいました。です
から、アカデミアにおいて研究者自身
が広報活動を行うことの重要性がま
ず増したと考えています。

これまでの研究人生を振り返ると、
運とタイミングに恵まれたのは確かで
すが、そのための種をまくことはして
きたように思います。自分が面白いと
感じたらまず試してみること、それを
評価してくれる人との出会いを大切に
することが、充実した研究人生につな
がるのではないのでしょうか。

