

# 産総研 LINK

技術を社会へつなげるコミュニケーション・マガジン

07  
2018

JULY

NO.19

BUSINESS  
MODEL

P02



産総研 × 首都高技術株式会社

検査員と協業するAIシステムの開発

**人工知能で構造物の異常音を検知!**

Masahiro Murakawa / Kiyoshi Mori /  
Yuichi Kubota / Yusuke Nozoe

CROSS  
LINK

P08



冠ラボ(パナソニック株式会社)

事業テーマと技術のベストマッチング

**パナソニックと産総研がAI研究で連携**

Kazuhito Yokoi / Jun Ozawa /  
Yuri Nishikawa / Yusuke Kato

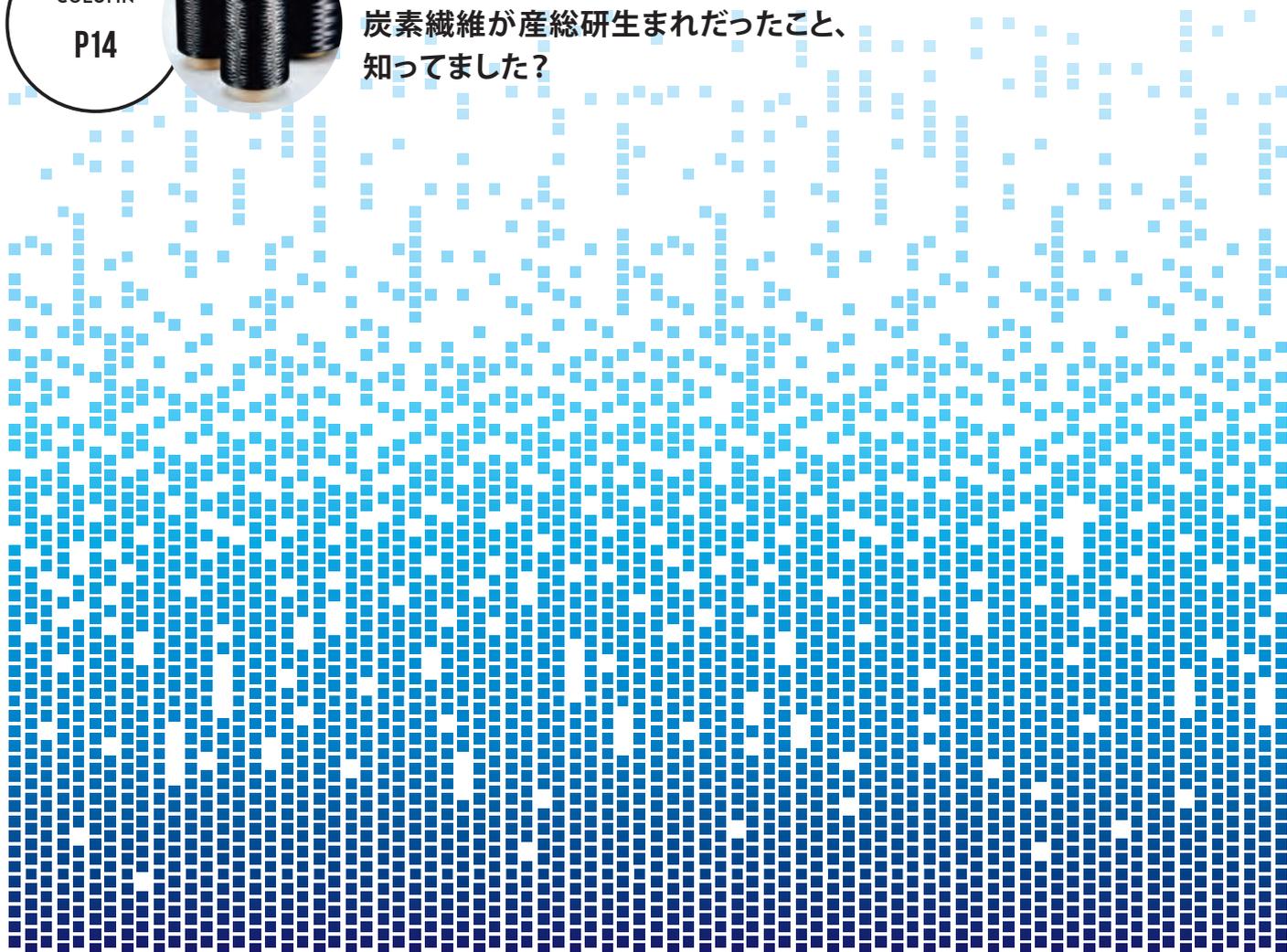
COLUMN

P14



[ ここにもあった! 産総研 ]

**炭素繊維が産総研生まれだったこと、  
知ってました?**



# 人工知能で構造物の異常音を検知!

検査員と協業するAIシステムの開発



産業技術総合研究所 情報・人間工学領域  
人工知能研究戦略部 総括企画主幹

**村川 正宏**

Masahiro Murakawa



首都高技術株式会社  
技術部長

**森 清**

Kiyoshi Mori



首都高技術株式会社  
技術部 構造技術課 主査

**窪田 裕一**

Yuichi Kubota



首都高技術株式会社  
技術部 構造技術課

**野添 裕輔**

Yusuke Nozoe

## KEY POINT



高速道路、橋梁、鉄道線路、トンネルなど交通インフラの点検を担う**熟練した検査員は慢性的に不足**している。

産総研と首都高技術株式会社は交通インフラ点検に**人工知能(AI)**を導入し、AIに点検の打音を機械学習させ、**異常を自動診断**、検査員に可視化するシステムを開発した。

このシステムによる検査結果はリアルタイムで表示され、異常箇所を自動で図面化することで非熟練者でも見落としなく点検作業が行えるようになり、**検査の効率化と検査員の負担を大幅に削減する見込み**だ。

確保できなくなる可能性があることなど多くの問題が指摘された。その後、老朽化した設備等に対してさまざまな安全対策がとられるようになり、安全対策・安全点検が義務化されたが、なお、いくつかの問題が未解決のまま残されていた。

トンネルや橋梁などの交通インフラ安全点検の一次検査は、ひび割れなどを発見する「目視検査」と、人がハンマーで壁や床板(高速道路の路面の裏側)を叩いて歩き、聞こえてくる音の違いからコンクリートの浮きや内部の空洞などの異常を検知する「打音検査」が一般的だ。「打音検査」で異音があれば精密機器による二次検査に進むのだが、耳で音を聞くという人の感覚にゆだねられた検査では、検査員の技量に大きく依存することになる。異音を聞き分けられる熟練した検査員の数には限りがあり、検査の義務化によって急増した検査量に対応できる検査員の数は、慢性的に不足した状況が続いている。産総研は、笹子トンネル事故以前からこのようなインフラ点検の問題が発生することを懸念し、点検をサポートする技術の開発を進めていた。その一つが今回紹介する、人工知能(AI)を用いた打音検査システムだ。

「これはAIにおける機械学習の手法を用いて、音から異常を自動検知する技術で、産総研が長年取り組んできたパターン認識技術をベースとしています」

## 正常データの学習から異常を検知

2012年12月、中央高速道路笹子トンネルで発生した天井板の崩落事故は、日本の高速道路で起きた事故としては史上最悪、9名の生命が失われた。この大惨事を契機として、日本各地の交通インフラの老朽化について社会の関心が高まった。そして、この事故後の調査により、予算が不足していて十分な安全管理ができない設備があること、少子高齢化の中で点検作業をする熟練の検査員が減り、この先、点検作業を担う人員を



人工知能研究センターで機械学習を研究している村川正宏は、そう語り始めた。

産総研では前身の電子技術総合研究所時代から、画像認識による異常の自動検出に取り組んできた。その技術は、例えばエレベーター内をカメラで監視する防犯システムとして実用化されており、最近ではガンの病理画像診断など、医療分野での活用も期待されている。 [LINK2017年11月号 No.15参照](#)

産総研の画像認識による異常検知技術は、異常データをAIに学習させることで異常を見つけるのではなく、大量の正常データを学習させ、その“いつものデータ”と違うときに異常だと判断するものだ。ひとことで異常といってもいくつものバリエーションがあり、すべての異常データを事前に学習させることは不可能だ。そもそも想定できないからこそ異常だということもある。異常をひとつひとつ学習させる方法では必ず漏れが出てしまうので、“正常以外”を検出する方が信頼性は高まるというわけだ。

「2008年ごろから、画像認識による異常検知技術を音響データやセンシングデータへ応用する研究がスタートしました。数年の基礎研究を経て、これは使えそうだとになり、こういう技術がどのような分野に役に立つのだろうと考えたときに構造物の点検というテーマに思い至ったのです」(村川)

検知の手順は画像とそう変わらない。まず、正常な箇所を点検したときの音響データを大量に学習させる。次に、調べたい音響データを解析する。そして、正常の範囲から外れた音を認識したときに、そこが異常だと判断する。

さらに2年ほど研究開発を行い、モーターの異音を捉える特殊な聴診器の開発という一定の成果をあげることができた。今度は、この技術を実用化するためのパートナーを探さなければならない。しかし、いざ連携先を探そうとしたとき、村川には、インフラ点検分野の企業とのコネクションがなく、どのように連携先を探せばよいのか困ってしまった。

## 産総研のシーズと現場のニーズが出会った

そんな折、産総研のイノベーションコーディネータ 樋口哲也は、高速道路の建設管理技術を集めた展示会で、首都高速道路の安全点検を主要業務とする企業、首都高技術株式会社の

ブースに目を止めた。そこには高速道路検査に用いられる打音検査器が展示されていた。高速道路の点検は耳で打音を聞いて行うと知った樋口は、その場にいた首都高技術のスタッフに、「インフラ検査の分野で、産総研が何か協力できるかもしれない」と伝えたのだ。

「それからまもなく村川さんから当社に電話がかかってきました。話を聞いて、率直に『面白い!』と思い、提案に飛びつきま



した」

同社技術部の窪田裕一は当時を振り返る。

「当社は技術開発をしているといっても、つくっていたのはアナログな装置でした。打音検査にしても、人間が耳で音を聞いて判断するという定性的なものです。それができる熟練検査員の定年退職が進む中で、定量的な診断ができる技術の必要性を感じていたところでした」

打音検査は壁などの検査対象を10cm四方程度の正方形(メッシュとよぶ)に区切り、そのすべてのメッシュ内を細かくハンマーで叩いていく。音から異常があると判断された場所は、後から見つけやすいようにその部分をチョークでマーキング

する。さらに現場でスケッチを行い、それを会社に持ち帰ってCAD技術者に図面化してもらう。検査報告書にはその図面を添付し、それに基づいて補修箇所面積や体積を割り出し、補修するための設計図面をつくる。

「検査後にはそのような一連の工程が待っています。この手作業の部分にデジタル技術が導入できれば、作業効率は大きく上がるだろうと考え、これはやるべきだと思いました」



同社技術部長の森清の言葉からは、産総研の技術シーズと現場のニーズが出会った時の、大きな期待感が伝わってくる。両者の共同研究が始まった。

## 異常を検知できた!

それまで産総研は、コンクリート構造物の打音解析にトライしたことはなかった。そこで共同研究はまず、ハンマーで叩いた箇所の異常の有無が、この技術で本当に自動的に判定できるかを確かめることから始めた。浮きや空洞のないコンクリートブロックや、発泡スチロールをコンクリートに埋め込んで模擬的に

空洞をつくったブロックなど、さまざまな実験用サンプルをつくり、聴診器型の装置が異常を検知できるかを実験した。その結果は一。

「正常、異常を判断できました。特に、空洞の位置が表面に近いほどはっきり検出できたので、どれくらいの深さの空洞まで、どの程度の精度で検出できるのかを細かく調べ、異常の種類まで把握できる解析方法を探っていました」(村川)

筐子トンネルの事故が発生したのは、そのような時期だった。誰もが熟練者と同じような精度で、構造物の安全点検ができるようにする技術が必要だと一同は確信した。国もその必要性を認め、2年後、このプロジェクトは内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)に採択されることになる。こうして2014年から2018年3月まで、産総研、首都高技術に東日本高速道路(株)、(株)ネクスコ・エンジニアリング東北、(株)テクニーの3者を加えた5者により、橋脚やトンネルなどのコンクリート構造物の損傷や、アスファルト舗装面下のコンクリート床板上層部土砂化などをターゲットとした、点検・モニタリング・診断技術の研究開発が行われることになった。

## 同じ作業をするだけで異常度マップも自動生成

SIPのプロジェクトでは現場で実際に使えるようにするための応用を進めた。例えば、実験室など静かなところで叩いた音の解析精度は高かったが、実際の現場はトンネルの中だったり、床板だったりする。反響音や走行中の車によるノイズが非常に大きい中で、ノイズと打音をどう区別するのか、ノイズを減らすためには打音をどのように収録すればよいのかなど、解決すべき技術的な課題は、解析面でも計測面でもいくつもあった。

「当初は聴診器にマイクを仕込み、それを壁に付けて音を拾うことを考えましたが、現場で使うには現実的ではありませんでした。検査員にとって手間がかかりすぎたのです」

そう話すのは、首都高技術技術部の野添だ。聴診器型の場合、常に片手で壁に装置を当てていなくてはならない。機器の操作に手間がかかるようでは点検に余計な負荷が生じてしまう。検査員の負担にならない方法、むしろ負荷が減る方向でなければ、現場に新しい技術を入れていくのは難しい。

「また、ハンマー自体を特殊なものに変えるというアイデアもあり



計測ユニット



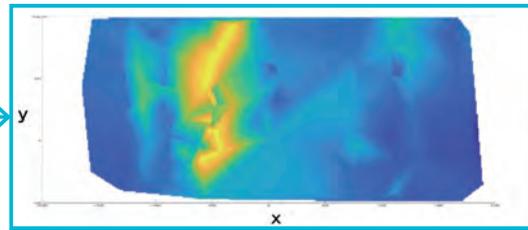
▲ 異音検知を知らせる携帯デバイス



AIシステムの性能評価結果



検査箇所の様子



得られた異常度マップ



▲ マップ中の色の違いで異常度が可視化される。この事例では、熟練点検員による点検と同等レベルの判定を得た。

ましたが、道具を変えてしまうと、検査員が使ってくれない可能性もありました。そこで、点検作業の負担を増やさない方法であること、使う器具はこれまでと同じものであることを二大方針とし、その上でどう開発していくかを考えていきました」(村川)

たどり着いた答えが、検査員はこれまで通りのハンマーで床板などを叩き、その音を壁に立てかけた計測ユニットが拾うという方法だった。計測ユニットには接触式の音響センサーと叩いた位置を捉える測域センサーが備えられ、打音の波形情報と打撃の位置情報を合わせて取得する。叩いた箇所はタブレット端末にリアルタイムで表示され、解析して異常だと判断された場合には、ブザー音が鳴ってその場で検査員に通知される仕組みとした。

「計測ユニットは半径約4mの範囲で高精度な計測が可能です。検査員は8～10mの範囲を点検したあと、計測ユニットを次の場所に移動させて立てかけるだけ。現場でも使いやすいシステムとなりました」と、森は笑顔を見せる。

補修設計用のデータ作成の部分自動化する、スケッチにかかわる機能については、画像処理に関する知見が必要だった。数値で「この箇所が異常です」と見せられても、その意味を正確

に理解するのは難しい。誰にでも異常の状況が把握できるようにするには、可視化する必要があると考えたのだ。村川は産総研内部のAR（拡張現実）の研究者にも協力を要請し、「異常の見える化」に取り組んだ。

「これにより、検査範囲の異常の度合いを等値線図として示したマップが自動的につくられるようになり、構造物の内部の劣化状況が一目でわかるようになりました。異常を自動的に可視化できる機能は、世の中にある他の打音解析技術にはない、優れた点だと思います」(村川)

現在はSIPのプロジェクトも終わり、産総研と首都高技術は実用化に向けた最適な設計を進めるため、再び共同研究に取り組んでいる。

「今は、装置の軽量化や、計測時のノイズの除去に関する部分のブラッシュアップなど、より現場目線で完成度を高めているところです。また、実際の現場だと、走行する車の振動で計測ユニットがずれてしまうので、測定面に吸着できるようにすることも検討しています」と野添は説明する。立て掛ける方式では高速道路の路面の裏側の点検には使えないが、吸着型であればそ

こにも適用できるかもしれない。とはいえ、吸着させると移動する際に取り外しと再吸着という手間が増えるため、これからさらに現場の声を聞いて、最適解を探っていくことになる。

## 産総研と組んで、世界が広がった

ここまで来るには、無数の苦労もあったと窪田は言う。

「村川さんは情報技術、私たちは道路構造物という異なる分野のプロフェッショナルです。それぞれの分野特有の専門用語も多く、最初は話が通じなくて大変でした。コミュニケーションの面からも異分野を融合させる大変さを実感しました」

村川も同意をしつつ続けた。

「現場では想定外の連続で、万全の体制で臨んでいるはずなのにうまくいかないことはしばしばです。理由を追求していくと、たまたま太陽光が思わぬ角度で差し込んで測定器のレーザーに影響を与えていたり、ハンマーの柄についていた紐がハンマーと同時に別の場所を叩いて誤認識を引き起こして、変な等値線図になってしまったり。実用化に向けて、まだつぶすべきことはたくさんあります」

産総研との共同研究に対して森は「やってよかったの一言」と言い切る。

「最先端の技術と融合させればこんなことができるんだと知り、世界が広がりました。当社の技術開発も、産総研と出会う前よりずっと広範囲になっています」

技術自体のニーズの高さも、グループ会社内で表彰され

るなど、首都高技術に対する周囲からの注目や評価は非常に高まったという。野添も「保守点検という分野は進歩の少ないアナログな分野と思われがちですが、今回の異分野融合により、点検の仕事も進化を遂げていることを社内外に知ってもらうことができました」と喜ぶ。

共同研究を始めた当初は、道路構造物の点検にAIやARの技術を取り入れることに対して、ピンと来ていない人も多かったという。しかし6年経った今、業界全体の動向としても常識的なことになりつつある。

「その流れに先駆けることができ、また、当社の技術部の強みをつくることもでき、とても感謝しています」と、窪田。今では技術部全体が先端技術とつながろうという意識を持つようになり、本件のほかにも産総研との共同研究が複数並行して走っているという。

今後、この技術が完成したら、まずは首都高技術自身を使う点検ツールとして活用する。他社へ導入して事業化を進めるかは未定だというが、現在数十ある協力会社に導入するだけでも、熟練検査員不足の問題に対する心強い支援となるだろう。

「今回の共同研究はAIと土木の融合でしたが、産総研ではさまざまな研究が行われていて、それらの分野と、企業の皆さんの悩みをうまくつなげる体制ができています。敷居が高いなどと思わず、ぜひ気軽に相談してください。協力して課題を見つけ、解決していけるパートナーになればと思っています」と村川は今後に思いを馳せた。

お気軽にお問い合わせください

### 産総研 情報人間工学領域

〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1

029-862-6028

<https://www.ith.aist.go.jp> (お問い合わせフォーム)  
[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/dept/dithf.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/dept/dithf.html)



研究者が語る!



分解説

にて掲載中の動画、「人工知能を用いた打音検査で点検漏れを防止するシステムを開発」もご覧ください

### 首都高技術株式会社

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-10-11 虎ノ門PFビル

03-3578-5757

<http://www.shutoko-eng.jp/>

パナソニックと産総研が

AI研究で連携

事業テーマと技術のベストマッチング



KEY POINT



2017年2月にパナソニックと産総研は、**パナソニック-産総研先進型AI連携研究ラボ**を設立した。このラボでは、両者の人工知能技術やロボット技術を組み合わせ、労働力不足が顕在化している**健康・サービス分野**や**物流・接客分野**における業務支援技術の研究開発を進めている。



産業技術総合研究所 情報・人間工学領域  
研究戦略部長

**横井 一仁** Kazuhito Yokoi



産業技術総合研究所 情報・人間工学領域  
パナソニック-産総研先進型AI連携研究ラボ  
連携研究ラボ長  
(兼)人工知能研究センター

**小澤 順** Jun Ozawa



パナソニック株式会社  
産業技術総合研究所  
人工知能研究センター  
人工知能クラウド研究チーム  
(兼)パナソニック-  
産総研先進型AI連携研究ラボ

**西川 由理** Yuri Nishikawa



パナソニック株式会社  
産業技術総合研究所  
知能システム研究部門  
マニピュレーション研究グループ  
(兼)パナソニック-  
産総研先進型AI連携研究ラボ

**嘉藤 佑亮** Yusuke Kato

企業の技術と産総研のリソースをマッチング

**横井** 産総研には連携先企業のニーズにあわせて、通常の共同研究よりさらに密接なパートナーシップを築くことで研究を推進する「冠ラボ」という制度があります。パナソニックとの連携研究ラボもその一つですが、このラボの特徴は特定の研究ユニットとの連携ではなく、情報・人間工学領域に属するすべての研究ユニットにまたがって活動する大型の連携になっていることです。

**小澤** 人工知能技術に関する社会の関心が急速に高まったことに加え、産総研に人工知能研究センターが設立されたことを受けて、パナソニックと産総研とでなにか連携できないか、というやや漠然とした目的で、私は2年前に産総研に移籍してきました。以降、産総研に常駐し、パナソニックが抱えている技術課題を念頭に、産総研の得意分野とパナソニックの幅広い事業領域とのマッチングを意識して研究テーマを検討し、その選定や進め方などについて試行錯誤を重ねてきました。そして昨年2月に「パナソニック-産総研先進型AI連携研究ラボ」を設立し、実際に研究を進めていく体制となりました。今、この連携ラボには、ここにいる西川、嘉藤を含め4名がパナソニックから出向してきています。

連携にあたってパナソニックからお願いしたことがあります。

人工知能研究分野は動きの激しい分野なので、一度テーマを設定しても成果の出ないものは縮小するなど、テーマの新陳代謝をさせやすい仕組みにしたいということです。実際、冠ラボ立ち上げ時は4テーマでしたが、現在は10テーマを超えた共同研究を行っています。産総研だけの研究リソースでは足りない分野では、大学との連携も実施しています。テーマの設定、連携についてパナソニックの事情に合わせて、柔軟に対応させていただけるのは有難いですね。

テーマ設定はパナソニックの技術課題から

**小澤** 連携研究のテーマには、いくつか柱があります。そのうちの 하나가社会課題ともなっている労働力不足に対応する技術についての研究開発です。中でもパナソニックが事業展開している健康・介護分野や、流通・サービス分野における業務支援に関するテーマについて研究を進めています。

もう一つは、人工知能技術の応用に不可欠な、高度な計算環境を利用した連携です。人工知能技術の開発のためのアルゴリズムは非常に速いスピードで高度化し、データ規模も増大していることから、開発に必要なコンピュータの能力が膨大な

ものとなっています。しかし、そのような人工知能向けの大型コンピュータの導入は、投資の規模が大きく、導入リスクも高いため、一民間企業が手を出しづらいものです。そこで、今回の連携においては産総研が構築した大規模なコンピュータリソースを使うことで、リソースの制約にとらわれない自由な研究テーマを設定して研究開発を進めることができます。

**横井** 産総研としては、自らが開発した技術を社会で使ってもらうことが使命であり、産総研で働く研究者の思いでもあります。しかし、産総研は研究を主たる業務とする組織であり、商品やサービスをつくって販売するわけではありません。今回のパナソニックとの連携も、技術が社会で使われるようにするための重要な道筋の一つと位置付けており、テーマ設定にあたってはパナソニックの事業の中で出てきた課題への回答を具体化するかたちで進めています。

実際、研究を進める際、何かできないか、という状態から出発するのではなく、具体的な対象と期限をはっきり設定した方が、ゴーサインの判断も含めて話が進みます。パナソニックから具体的な課題を提示いただくことは、研究成果をスピーディに出していく意味でも大切だと考えています。

### 物流倉庫用ロボットから人流解析、アシストスーツまで

**横井** 今回の研究内容を少し具体的に紹介していきましょう。

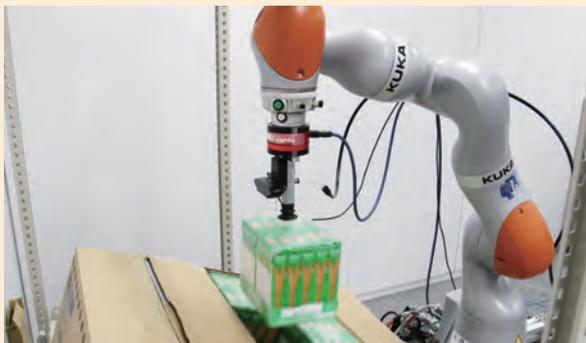
**嘉藤** 私は労働力不足が深刻な物流業界にロボットや人工知能技術を導入する研究を進めています。

これまでロボットの自律的な学習においては、多くの学習時間と試行回数が必要でした。例えば、物流倉庫でロボットにピッキング(倉庫から注文された品物を選んで取り出すこと)の作業を行わせる場合、効率のよい作業のためにはロボットのアームにどのように商品を持たせ、どのような軌道でアームを動かせばよいのかを覚えさせる必要があります。ロボットに搭載した人工知能に、知識が何も無いところから効率よい動き方を学習させるとなると、各動作について莫大な試行回数が必要となってしまう、あまり現実的ではありません。そこで、ある程度までの学習を人の知識によって手助けすることで、少ない試行回数での学習を可能にする方法を開発しています。

**西川** 私は人流解析(大勢の人の動きを追跡し、解析すること)に必要な、人物認識や人の動きの解析手法の開発を担当しています。今回、産総研で導入する大型コンピュータを使えるという話を聞き、自ら手を挙げました。現在は、大勢が映っている映像から追跡したい人間を人工知能技術で検出し、その結果を数値グラフに落とし込んで追跡するというアプローチを採用しているのですが、どう解析すれば高精度に人物を検出・追跡できるか、そしてそれらをいかに高速化させるか、というテーマで研究開発に取り組んでいます。

この技術は多くの人々が動く環境であればどこでも、例えばセキュリティや業務の効率化、マーケティング、スポーツ戦略分析

#### ■ AIを使った物流倉庫用ロボット



▲ 少ない試行回数で自律的な学習を可能にする

#### ■ AIを使った人流解析



▲ 複数のカメラの多視点映像を統合して複雑な人の動きを解析する

などに幅広く応用できるもので、私は産総研でこの分野の専門性を高めるとともに、パナソニックでこの技術を使ってどのように事業展開していけるのかを模索したいと思っています。

**小澤** 高齢者の歩行時の負担を減らすアシストスーツの開発にも取り組んでいます。外骨格のように身体をがっちり支えるのではなく、ワイヤーで少し引っ張ることで歩行を補助するタイプですが、産総研の人間情報研究部門が取り組んでいる身体運動特徴評価技術に、私たちがアシストスーツを開発しながら蓄積してきた人の動きや歩行に関する知識・ノウハウを組み合わせ、開発を行っています。

また、人工知能技術を用いた先進的な対話システムの開発も行っています。この研究テーマについても、単なる「自然言語を用いた対話システム」では枠組みが大きすぎますが、「調理家電を使うときのレシピの検索を日常的な会話で行えるようにする」というように対象を明確に絞り込むことで、そのために必要なデータセットの作成、プログラムの開発などについて具体的な開発目標を設定しやすくなるわけです。

**横井** 医療分野における画像処理技術についても連携していますよね。

**小澤** 医療関係にも人工知能技術は有用であり、現在は胸部X線画像の異常部位の自動抽出などの研究開発をしています。しかし、事業化となると開発コストや医療機関との連携などの社会的な課題も多く、期待度は高いのですが、進めることは容易ではありません。このようなリスクを伴う領域において、産総研

の研究リソースも使いながら試行的に研究していけるのは、企業側からすると負担を軽減するという意味も含めて非常に有意義なことだと思います。

### 最先端の研究者といつでも議論や情報交換ができる

**小澤** 連携ラボのメリットは研究活動以外のさまざまなところで感じています。産総研は日本の人工知能研究の重要な拠点ですし、経済産業省とのつながりも深いので、一企業では入手しにくい情報も含めてさまざまな情報が集まってきます。そういった情報を踏まえ、国の政策とリンクさせたテーマを設定することで、私たちとしても国の成長戦略の一角を担いやすくなります。

また、人材育成面でも効果が大いだと思います。出向してきた社員は連携ラボの居室にずっといるのではなく、それぞれ連携する先の研究グループ・研究チームの一員となって研究しています。最先端で活躍している産総研の研究者と日々机を並べて研究し、日常的に議論できるようなこの環境は、社員にとって大きな刺激になっているでしょう。

**嘉藤** 本当にそうですね。私はロボットの専門家が集まる知能システム研究部門に所属しているのですが、この研究部門では密なミーティングのほか、お茶を飲みながら研究成果などについて話し合う時間も用意されています。私もそこに参加し、皆さんと研究テーマを共有したり情報交換したりしていますが、そういうことがいつでも気軽に行える機会はとても貴重なものだと思感しています。

**西川** 連携ラボの居室に閉じこもっているだけでは発想が外に向かいにくいと思いますが、今は産総研の方々と日常的にオフラインで意見交換できる環境にあり、小澤も言うように、私も日々とても刺激を受けています。研究の進め方や論文発表の準備などについても、ほかの研究者の方々が的確なアドバイスをくださりありがたいな、と感じることも多いです。

一方で産総研が把握されていない企業側の情報も多く、企業側の話をすると興味深く聞いてくださり、一緒に考えてくださることもあります。産総研に企業のニーズを伝えられることも、連携のメリットといえるでしょう。

**横井** 産総研の研究者はトップレベルの技術や最新の技術トレ

#### ■ アシストスーツ



▲ ワイヤーで引っ張ることで歩行を補助



ンドには詳しいのですが、社会が求める技術のレベルとはどの程度のものか、ということがよくわかりません。一方、パナソニックの方々は、実際の現場で使うための必要な機能やコスト感、あるいは、どこまで作り込めば商品にできるのかといったことを肌感覚でわかっており、その感覚を知ることは産総研の研究者にとっても重要だと思います。

**小澤** 外の研究者と、「時々ミーティングをする」のと「いつでも議論できる」ののでは、お互いがしていることを理解する深さがまったく異なります。産総研に来て、そう感じています。

**横井** このラボがスムーズに動いているのは、小澤ラボ長が目利きとなってテーマ設定から研究者の選定まで行っているからです。パナソニックの課題の中から連携に最適なテーマをピックアップし、産総研のこの技術が使えると、うまくマッチングさせています。私たち研究者は「この技術はこの用途に使える」と技術の用途を限定してしまいがちですが、必ずしもそうでなく、別の用途に適していることもあるわけです。小澤ラボ長はそのような意味で、産総研の研究をさまざまな角度から見て技術を選ばれていると思います。

## 成果をオープンにして技術を磨く

**小澤** ラボ名に「先進型」という言葉を入れていますが、これは先進的な基礎研究をするということよりも、「応用面で社会を先取りしていく」という意味合いに重きを置いています。テーマの方向性をしばしば変更したり、テーマ数を増やしたりしているのも、連携の成果を出すことを重視しているためです。その一方で、人工知能研究の分野で存在感を高めようと学会発表や論文発表も積極的に行い、外部の意見を聞く機会を意識的に持つようになっています。

**西川** 存在感を高めるという点では、この1年、それを実感しています。企業にいと情報を事業の中で戦略的に扱っていく必要があります。成果をクローズにすることがほとんどです。

それに対して、連携ラボでは成果をオープンにすることを基本としています。論文や学会発表がよい刺激となり、研究への責任感もこれまで以上に生じています。また、学会での質疑応答などの機会を得られる情報は貴重で、それが軌道修正や次の展開につながることもあります。そのようなときは、成果をオープ

ンにしていくことの重要性を感じます。

**小澤** 企業がどの情報をオープンにし、どれをクローズするかといった戦略の立て方は分野によっても異なりますが、人工知能研究の場合は機動力の高いベンチャー企業も多数ある中で戦わなくてはならず、コンセプトにしても先に言った方が勝ちというところがあります。もちろん技術のコアな部分は特許などで抑えますが、とくに人工知能研究はオープンな場で切磋琢磨しながらコンセプトや技術を磨いていく必要がある分野だといえるでしょう。

**横井** ラボの発足からまだ1年少しですが、順調に成果は出ています。今年6月の人工知能学会の全国大会では連名も含めた発表論文数で小澤ラボ長がトップとなり、一躍、学会内の有名人になりました。発足1年と少しで、このラボは十分に注目を集める組織となったといえます。パナソニック側の理解があってこそですが、よく情報を出していただけていると思います。

**小澤** 産総研とやる以上は、きちんと発信しないとイケませんからね。

**横井** 企業と共同研究した成果を表に出せない場合、そこに参画している産総研の研究者は、外部からは何をしているかわからない存在となることがあります。成果発信は産総研の研究者にとってもメリットであり、私たちとしてもありがたいことです。

## 迅速な事業化を目指す

**小澤** 企業において成果を測る上で「特許(特許)」「ペー

パー (論文)」「プロダクト(製品)」の3Pが重要ですが、この1年で特許、ペーパーは着実に進んでいるものの、プロダクトについてはまだこれからです。製品ができて初めてプロジェクトとしてひと区切りとなりますので、まずは小規模でもよいので事業化につなげていきたいですね。

**西川** 人流解析については、より製品化につながりやすくなる条件設定を行うとともに、どのような事業に導入するかを定め、そこに適した技術を開発していきたいです。同時に論文の質も高め、発表する学会のレベルも高めていきたいと思っています。

**嘉藤** ロボットへの機械学習の導入は、昨今、急激に盛り上がっているテーマなので、私も学会発表などを通してラボの存在感を高めていくとともに、物流の現場ですぐ使えるような製品を迅速に開発していきたいと考えています。

**横井** 産総研では多くの企業と連携していますが、企業側の事情がわからないため、すり合わせの段階で時間がかかることがあります。しかしここでは小澤ラボ長が双方の事情を把握しているため、話が非常にまとまりやすく、よい連携ができています。

産総研側が企業のダイナミズムやスピード感に戸惑うこともありますが、人工知能研究にとってスピード感が重要なのは間違いありません。私たちもスピード感をもって研究を前に進めていきたいと考えています。

**小澤** 企業側の事情や要望に配慮していただいている分、私たちとしても大きな責任を感じています。早くよい成果につなげ、事業化とともに社会課題の解決に貢献していきたいですね。

お気軽にお問い合わせください

産総研 情報人間工学領域

パナソニック-産総研  
先進型AI連携研究ラボ

〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1

<https://unit.aist.go.jp/pana-aaicrl/>

連携研究ラボ(通称、冠ラボ)全般について

産総研 イノベーション推進本部  
大型連携推進室

〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1

029-862-6026

[lsc-general-ml@aist.go.jp](mailto:lsc-general-ml@aist.go.jp)



# 炭素繊維が産総研生まれだったこと、 知ってました？



炭素繊維の礎を築いた  
**進藤 昭男**  
Akio Shindo  
(1923～2016年)

## 炭素で工業材料をつくりたい！

炭素繊維とは、その名のとおりに炭素からなる繊維のことを言い、有機繊維を焼成するなどして作られる。その特徴はなんといっても軽くて強いこと。比重は鉄の4分の1だが、強度は10倍、硬度は7倍以上だ。その上、耐疲労性、耐腐食性にすぐれ、熱伝導率が高い一方で、熱膨張率は非常に低い。そのため人工衛星や航空機などの宇宙航空分野から釣竿やゴルフクラブ、テニスラケットなどのスポーツ用品まで幅広く用いられ、最近では自動車の車体へも応用が進んでいる。

炭素繊維の歴史は古く、19世紀にエジソンが竹を蒸し焼きにして炭素化し、白熱電球のフィラメントに使ったのがはじまりといわれている。その後、1950年代には米国で宇宙開発用の素材が必要となり、絹に似せて作った再生繊維であるレーヨンを素材とした炭素繊維の開発が行われていた。

日本では、ちょうどその頃、産総研の前身の一つである工業技術院大阪工業技術試験所の進藤昭男が炭素に関する基礎

研究に取り組んでいた。しかし、進藤は基礎研究だけでなく、もっと社会に直接役に立つ研究開発をしたいと考えていた。そんな中、1959年、進藤は業界紙で米国の炭素繊維の可能性について報じる記事を目にする。当時は工業化が可能な炭素繊維材料はまだ開発されておらず、進藤は「これだ!」と直感。しかし、当時は詳しい情報を手に入れることは難しい時代であった。とりあえず、さまざまな布を手当たり次第に高温焼成してみたが、ほとんどの布地は融けて塊状になるばかりだった。

## 炭素繊維の誕生

どうにもうまくいかず、困り果てて合成繊維を勉強し直しているとき、進藤は本の中に、ポリアクリロニトリル(PAN)系の「オーロン」という繊維だけが高温でも融けずに粘ると書いてあるのを見つけた。早速繊維会社に勤務していた弟からオーロンを入手して焼成してみると、確かに炭化した毛玉が残った。手応えを得た進藤は、PAN系繊維に研究対象を絞ることにした。

こうして焼成実験を繰り返していく中で、ある日、指に巻きつけても切れることのない、黒い光沢のある繊維の束ができた。独自の方法による炭素繊維の作成に初めて成功したのだ。

しかし、繊維の量を増やして焼いてみると、なぜかポロポロ崩れていってしまう。その原因を探求した進藤は、破壊・切断のしにくさを高めるためには焼成前の事前処理として酸化処理が必要であることも発見する。しかも、そのような事前酸化処理をしてから焼成すると、できあがった炭素繊維に炎を近づけても燃えにくくなることもわかった。

焼成過程でどのように炭素化が進むのか、構造や機械的物性はどのように変化するのか。進藤は原理の解明にも取り組み、米国の炭素繊維の記事を目にしてからわずか4か月後には特許を出願(1962年に成立)。高温耐熱性、耐薬品性、電気伝導性に加



▲ 衣料などに使われるPAN繊維を原料とする軽量・高強度の炭素繊維

軽くて強靱な炭素繊維は、自動車の車体や航空機の機体、発電用風車のブレードなど、さまざまな用途に広く用いられている工業材料だ。

しかも炭素繊維は日本の得意分野で、世界の生産量の約70%を占めている。

なぜ日本の繊維メーカーが世界の市場を牽引することができたのか。

その源は、炭素繊維の開発と実用化にかけた産総研の一研究者の強い思いにあった。

えて繊維状という特徴を生かすことで、酸・アルカリや高温ガスに耐えることが求められるろ過材や、赤外線放射体、真空管フィラメント、合成樹脂の充填剤などへの応用が可能であると発表したのである。

### 産総研の技術移転の代表的成功例となった「進藤モデル」

こうした数々の実験を経て、進藤は1963年には炭素関連の国際学会で、初めてPAN系炭素繊維の炭化過程や構造・強度について発表(代理発表)を行った。65年には論文を見た米国空軍の関係者が大阪工業技術試験所を訪ねてきて、プラスチックと炭素繊維を組み合わせれば、より軽くて丈夫な炭素繊維強化プラスチック(CFRP)が得られることを示唆してくれた。

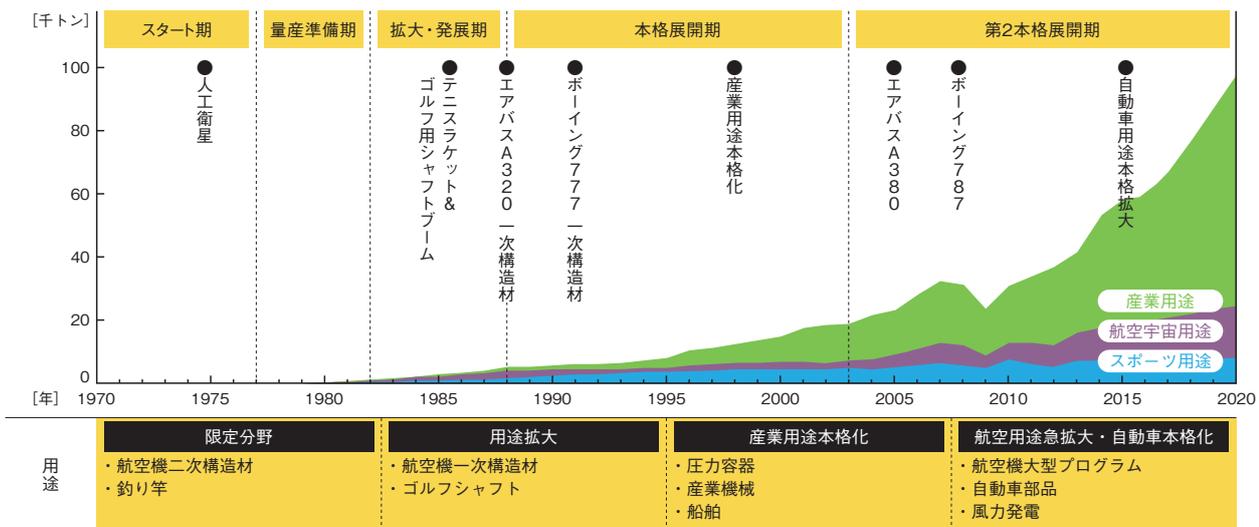
工業材料であることを考えると、軽くて硬いCFRPの用途が広がることは明らかである。進藤はこれ以降積極的にCFRPの研

究開発に取り組み、その成果の恩恵を受けて国内企業でも炭素繊維の研究が活発化していった。また、進藤は日本カーボン株式会社をはじめ、30社以上の民間企業に技術指導を行い、これが日本の炭素繊維産業が大きく育っていく基盤となったのである。また、発明を他分野での製品化に結びつけたこの方法は「進藤モデル」と呼ばれ、現在の産総研の技術の橋渡しの土台にもなっている。

進藤は「発明当時は今日ほど用途が拡大するとは夢にも想像できなかった」と生前に語っていたが、彼の開発したPAN系炭素繊維の高い強度や剛性は米国や英国の業界も刺激し、両国での炭素繊維開発をも活発化させた。いずれの国のPAN系炭素繊維も、ルーツをたどると進藤の技術に行き着くといわれている。

PAN系炭素繊維の発明から50年以上が経った現在では、冒頭にも述べたように、一般消費者の用いるスポーツ用品から飛行機や自動車の構造材料まで、さまざまところで炭素繊維が用いられるようになった。今なお炭素繊維の用途は広がり続け、世界中の人々の暮らしになくてはならないものになっている。

炭素繊維需要(千トン/年)



▲ 商業生産開始以降の炭素繊維需要の推移(資料提供及び将来推定: 東レ)

サイエンスと技術を**LINK**する産総研  
科学技術とビジネスを**LINK**する産総研  
人々と科学技術を**LINK**する産総研

LINKの先にあるのは「技術を社会へ」  
そんな思いをのせたコミュニケーション・マガジン  
「産総研LINK」をお届けします

産  
総  
研 **LINK**

技術を社会へつなげるコミュニケーション・マガジン

産総研LINK No.19 平成30年7月発行

編集・発行 国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
問い合わせ 企画本部 広報サービス室 出版グループ  
〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1  
TEL : 029-862-6217  
E-mail : prpub-ml@aist.go.jp



■ 禁無断転載 ©2018 All rights reserved by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)  
■ 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているものではありません。  
■ 「産総研LINK」へのご意見・ご感想がございましたら、上記E-mailまでお寄せください。今後の編集の参考にさせていただきます。



産総研チャンネル



バックナンバー