

産
総
研

LINK

11

2017 NOVEMBER

No.15

技術を社会へつなげるコミュニケーション・マガジン



■ BUSINESS MODEL

産総研 × 株式会社ニッコー P02

鮮度の良い、おいしい魚を食卓へ!

Hiroshi Nagaishi
Takaaki Inada
Atsushi Sato

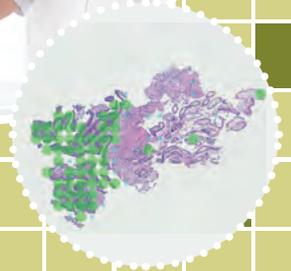


■ NEW TECHNOLOGY

人工知能技術による医療診断支援 P08

医師の病理診断をサポート

Hirokazu Nosato
Hidenori Sakanashi



■ NEW TECHNOLOGY

災害時に備えるドローン探査技術 P12

ドローンで災害現場に
埋まった車両を探査する

Shin Kato
Yuji Mitsuhashi





鮮度の良い、おいしい魚を食卓へ!

漁船に搭載できる、小型シャーベット状海水氷製氷機の開発

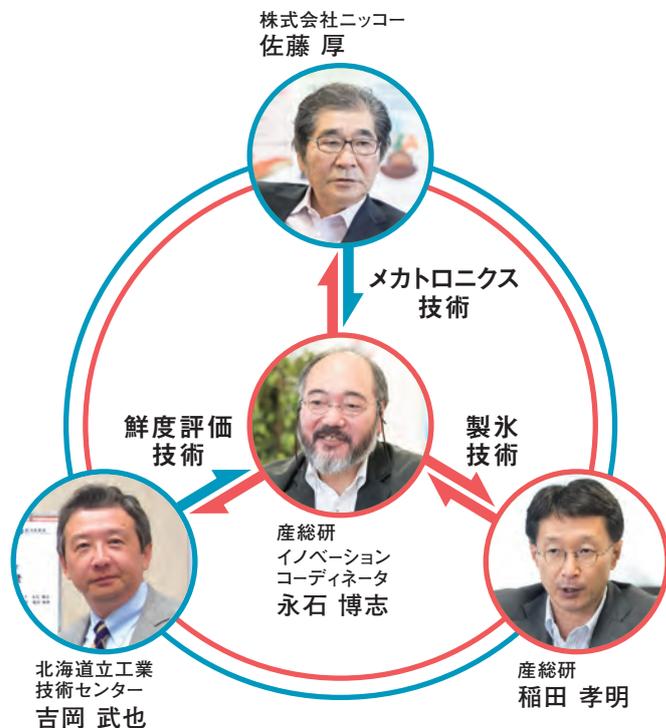
「海上で海水から氷がつかれる、船舶搭載型の小型製氷機がほしい」
 釧路の漁師たちのニーズをすくいあげ、製品化に立ち上がったのは、
 地元の機械メーカー・株式会社ニッコーだ。
 共同開発の依頼を受けた産総研は、
 スイッチを押せばすぐにシャーベット状氷を大量に製氷できるという、
 不可能とされていた技術の開発にニッコーとともに挑戦。
 試行錯誤の末に、海上でも使える製氷機が完成した。
 魚の鮮度を保ち、おいしいままで食卓に届ける技術は、
 地元釧路・根室の水産物の商品価値を高め、
 地場産業を活性化させることが期待されている。



▲船に搭載された製氷機



▲シルクアイス



▶ 定置網サケ漁から根室・落石港に帰港した富士鷹丸。
 秋晴れの海に漁師たちの清々しい笑顔がまぶしかった。
 実際に製氷機を搭載して使用した感想を聞いた。(7ページ)



KEY POINT >>

魚の鮮度を保つ船上型シャーベット状海水氷の製氷機がほしい、
漁業関係者の願いをイノベーションコーディネータが
コンシェルジュとなり実現した。

「船上で、数分で製氷したい」 不可能への挑戦

永石 ニッコーの佐藤さんから、シャーベット状海水氷(シルクアイス)の製氷機を日本の漁船に載せられるほど小型化したいと最初にお聞きしたのは、2009年ごろでした。ニッコーと産総研はその数年前から別の共同研究を行っており、当時も産総研の技術支援アドバイザーや、私の前任のイノベーションコーディネータだった千葉繁生さんとともに、水産加工装置の共同開発のプロジェクトを進めていました。その中で、小型のシャーベット状海水氷の製氷機についての相談もあったわけです。

佐藤 私たちがつくるシルクアイスは砕氷(いわゆる通常の氷)と違って、魚をやさしく包み込むように冷やせるので、水揚げした魚を傷つけることがなく、急速冷却で鮮度も保持できるため、水産業にとって欠かせない氷となっています。しかし当時の製氷機は氷をつくるのに24時間もかかるうえ、サイズも大きく、岸壁に設置して漁に出るときにそこから氷を何十トンも漁船に積んで出航し、魚が獲れたら魚と氷を魚槽に入れて港に帰ってくるという使い方でした。

魚というのは、漁をすれば必ず獲れるという保証があるものではなく、漁獲量も一定ではないし、漁場も毎日違うので必要とする氷の量も変わります。だからどうしても氷を多めに持っていく

必要があるのですが、何十トンも氷を積んでいけば、氷代だけでなくその分の燃料代もかかります。漁師たちからは「製氷機を漁船に積んでいき、その場で海水から製氷したい」という声が出ていました。往路で氷を積まないだけでも燃料代はだいぶ節約できるわけですね。

しかし、これまでの経験から、船に搭載できるほど小型化するのも、起動して数分で製氷できるようにすることも、とても難しいことはわかっていました。どうすれば解決できるのか考えているうちに、1~2年が経ってしまいました。地元の大学にも相談したのですが、そのときは、「そんなことは無理だ」と相手にしてもらえませんでした。

永石 それで産総研に相談されたのですね。私は前任の千葉さんに声をかけられ、プロジェクトに参加しました。まずは農林水産省の事業に応募しようということになり、氷の専門家である稲田さんに参加してもらおうと考えました。稲田さんはエネルギー分野の研究者ですが、もともと私も同じ分野にいて彼を知っていたから、製氷技術なら稲田さんが適任だとピンときたのです。

稲田 私の専門はビルの冷房システムに使う製氷技術です。ビルの冷房システムのなかには、流れる氷をつくり、それを貯蔵し、流動させることで空気を冷却するタイプがあるのですが、その製氷の仕組みを研究していました。

最初に永石さんからこの話を聞いたとき、正直に言って、あま



り気乗りがしませんでした。水産分野には縁がなかった上、聞いた瞬間に、技術的に非常に難しいと感じました。常識的に考えて、短時間で大量の水を次々とつくるのは、そう簡単にはできません。それを実現するには、とにかく急速かつ強力に冷やさなくてはいけないわけですが、そうすると氷はガチガチに固まってしまい、ここで求められているようなシャーベット状のサラサラした氷にはならないのです。“シャーベット状の氷”と“大量”で“短時間”をすべて実現することは、不可能と思われたのです。

佐藤 最初に稲田さんにお会いして、小型で、スイッチを押すとすぐ氷が出てくる機械をつくりたいとお話したら、「いやぁ……」と困っていらしたのを覚えています。

しかし、シルクアイスは魚を傷めずに急速冷却でき、鮮度が維持できる素晴らしい氷だと漁師からも評判で、その製氷機を漁船に搭載できるようになれば、地元の釧路・根室のみならず、北海道全体、日本全国の水産業や流通の常識を変えることになる、私は信じていました。稲田さんが入ってくれないとこのプロジェクトは実現しませんと、粘り強く口説きました。

稲田 お会いして、佐藤さんがとても強い信念をお持ちであることはすぐにわかりました。しかし、その場でざっと計算してみたところ、目的を達成するには-20℃ぐらいまで一気に冷やし込む必要がありました。そのようにしてつくった氷は、ガチッと張り付いていて、簡単にはシャーベット状にしづらいのです。それがわかっていたので、すぐには返事ができませんでした。

永石 博志

Hiroshi Nagaishi

佐藤 しかし、最終的にはやると言ってくれました。稲田さんには勇気があると思いました。そのチャレンジ精神を尊敬しますし、このようなチャレンジ精神が産総研を動かしていくのだと感じました。

稲田 佐藤さんには釧路・根室の漁業を活性化したいという熱い気持ちがあり、産総研のイノベーションコーディネータもその想いを共有していました。皆の想いに動かされましたね。

永石 農林水産省の事業への応募は準備に時間的な余裕がな

く、残念ながら不採択となってしまいましたが、その後の経済産業省のサポイン事業の申請でパスし、2010年から3年間の研究開発を行うこととなったのです。

透明な実験装置で 製氷のメカニズムを観察

稲田 装置の開発はまず、さまざまな製氷方法がある中で、大量のシャーベット状の氷を短時間でつくれるのはどの方法なのかを考えることから始まりました。冷却した装置に水を注入して氷をつくり、それを掻き取る方法か、それとも過冷却水から一気に氷にする方法なのか。さまざまな方法を検討し、おそらく実現できるのは前者の方法しかないだろうとの結論に至りました。この決定がはじめの大きなステップでした。

筒状の製氷装置の上から冷媒を入れ、筒の内壁を冷やし、海水を流し込んで凍らせる。そこでスクレーパー（掻き取り機）を回転させて、氷を掻き取って装置の外に排出するという方法です。

永石 産総研の提案を参考にニッコーが試作機をつくり、現場で試すと、異音が出るとか、スクレーパーの刃が破損するとか、いろいろなことが起こりました。それを産総研にフィードバックしていただき、その原因を探り、考えられる対策をアドバイスするという形で開発を進めました。

稲田 異音の発生にしてもスクレーパーの破損にしても、金属の装置なので、内部で何が起きているかを実際に見ることができません。改善するには、内部のどの部分に問題があるからうまくいかないのかを突き止める必要があります。ニッコーに試作機をつくっていただくのと同時進行で、私たちは金属のジェネレーター（製氷部）を透明アクリルにした小型の実験装置をつくり、スクレーパーの動きに対して、氷がどのようにでき、どう剥がれるのかを細かく観察していきました。

これによってわかったのが、海水の塩分濃度の違いによって、2種類の氷の剥がれ方による製氷の違いがあったということです。塩分濃度が低いときは氷の結晶が切断され砕けることで製氷し、塩分濃度が高いときは氷が製氷機の内壁の固体面から滑るように剥がれることで氷ができていたのです。もちろん、現場の装置と実験装置はまったく同じではありませんが、現場で何が起きているのか想像しやすくなりました。

永石 その考察の結果を今度はニッコーの装置開発にフィードバックし、スクレーパーの形状や羽の枚数を変えるなどして、冷却面での製氷条件の改善に役立てていただいたのです。

佐藤 陸上型とは異なる、船舶搭載用ならではの課題もありま

した。船の上は揺れます。横揺れのときもあれば縦揺れのときもあるし、波に向かって行くときに船首が上がり、そのままバーンと海面に叩きつけられるような揺れもあります。どのような揺れのときでも安定して製氷できるように、さまざまな揺れを想定し、揺れを再現できる試験装置の上で製氷しながら問題点を抽出し、試行錯誤して改良していきました。最終的には地元の漁師に協力していただき、漁船に搭載して操業してもらい、実地で試験を行いました。

永石 そのような地道な積み重ねにより、2011年にはスイッチを入れて2〜3分で、なめらかでしっとりした手触りのきめ細かいシルクアイスが大量にできる小型製氷機のプロトタイプが完成しました。船に搭載するというので、十分な搭載スペースが確保できないときにはその船の空きスペースにパーツをいくつかに分けて収納できるような形態にしました。

鮮度保持とシャーベット氷の効果を科学的に検証 商品価値を高める最適な使い方を提案

佐藤 産総研との連携のポイントは、装置を開発したことだけではありません。鮮度評価を行った意義もまた大きいと私は考えています。

永石 シルクアイスで冷却した魚の鮮度がよいことは、水産試験場での試験結果などからも水産業にかかわる一部の方々には実感としてわかっていたようですが、その点も科学的に評価し、実証しようと考えたのです。そこで、鮮度の専門家である北海道立工業技術センターの吉岡武也さんに、本当にシルクアイスで冷やした魚の鮮度が良いのか、また、どのように氷を用いれば効果的に鮮度を保持できるのかを調べていただくことにしました。

佐藤 私たちは、装置を売るからには、最適な氷の使い方につい

てお客様に提案する必要があるだろうと考えたわけです。吉岡さんにもプロジェクトに加わっていただき、シルクアイスで鮮度を保持する最適な方法を実験で確認していただきました。

鮮魚は凍ってしまうと途端に商品価値が下がるので、凍る手前のチルド状態を維持しなくてはならないのですが、最適な冷却方法は魚種によって異なります。イワシは魚体が小さいので冷やしすぎると凍っ

てしましますが、もっと大きい魚ではさらに冷やさなければいけないなど、冷やす温度も時間も魚によって微妙に異なります。そのようなさまざまな知見をフィードバックしていただきました。

稲田 吉岡さんがこのプロジェクトのキーパーソンでしたね。

佐藤 使い方を誤って魚を凍らせてしまったら、水産業者としては意味がありませんからね。いかに凍る手前でキープするか、最も商品価値が高くなる使用方法を数値で示していただいただけではなく、シルクアイスを使うと、通常の真水の氷を使うよりもさらに高い鮮度が維持できていることを、さまざまな指標を用いて実証していただきました。

例えば、サンマはシルクアイスを使うと海中にいるのと近い状態が保てるため、体表の青い色も保持できるのですが、真水の氷で冷やすと色が抜けて黒っぽくなります。笑い話のようですが、シルクアイスで冷やされた青いままのサンマを見て、漁師ですら「どうして、このサンマはこんなにも青いのか？」と驚いたのですよ。

稲田 鮮度は見た目だけでもはっきり違うのですが、吉岡さんは科学的に分析してデータを出し、数値で裏付けてくださいました。また、吉岡さんは、魚を締めるときにはできるだけ暴れさせないことが重要だと強調されています。その方が体表に傷がつかないだけでなく、魚の肉に鮮度を落とす原因の疲労物質が少なくなるため、鮮度が維持できるのです(次ページ図)。製氷機メーカーは全国にたくさんありますが、ニッコーの装置は鮮度について数値的に裏付けられている。その点が他社との大きな違いになると思います。

永石 ニッコーはシャーベット状のシャバシャバした氷から塩分を含む余計な水分を抜いて軽くした、雪のような手触りの氷をつ



株式会社ニッコー
代表取締役

佐藤 厚

Atsushi Sato



産業技術総合研究所
省エネルギー研究部門
熱利用グループ 研究グループ長

稲田 孝明

Takaaki Inada

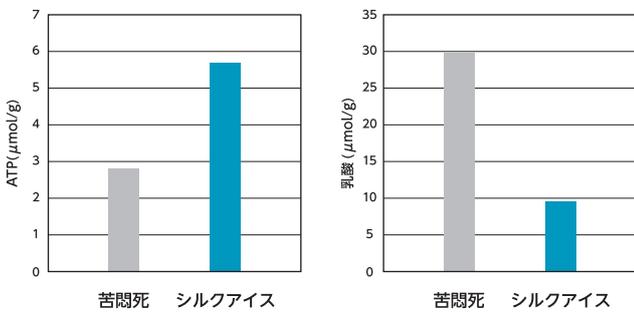
くる脱水装置も独自に開発しました。水を抜いて軽くすることで輸送しやすくなります。鮮度を保てるよい水を輸送時にも用いることで、流通も変わってくると思います。

佐藤 魚を暴れさせずに冷却すると、ちょうど活け締めしたのと同じような状態になります。この氷を使って海外に輸送するという実験を行ったのですが、根室沖で水揚げしたサンマを台湾に空輸したところ、水揚げ3日後に到着したときでもサンマはまだ十分な鮮度を保っており、刺身で食べることができました。チゲ鍋に入れるスケトウダラも、通常は釧路や根室から韓国に届く間に内臓が溶け始めてしまうのですが、この氷を使った場合、新鮮なままでした。このようなチルド輸送は今まで実現できなかったことです。

鮮度が大事とよく言いますが、実際、鮮度はそれだけ高い価値を生み出すのです。この技術は、私たちの生活を豊かにするだけでなく、釧路のおいしい魚を多くの方に再発見していただくことにつながり、ひいては地域を活性化していくことになると考えています。

致死直後の筋肉のATPと乳酸の含量

(北海道立工業技術センター調べ)



▲魚は暴れて死ぬことでATP量(生体のエネルギー源)が低下し、乳酸などの疲労物質が生成されることで鮮度が落ちる。シルクアイスを使えば、魚を暴れさせることなく活け締めと同じ効果を得られる。

企業×産総研による技術開発で 企業を、地域を、もっと元気に!

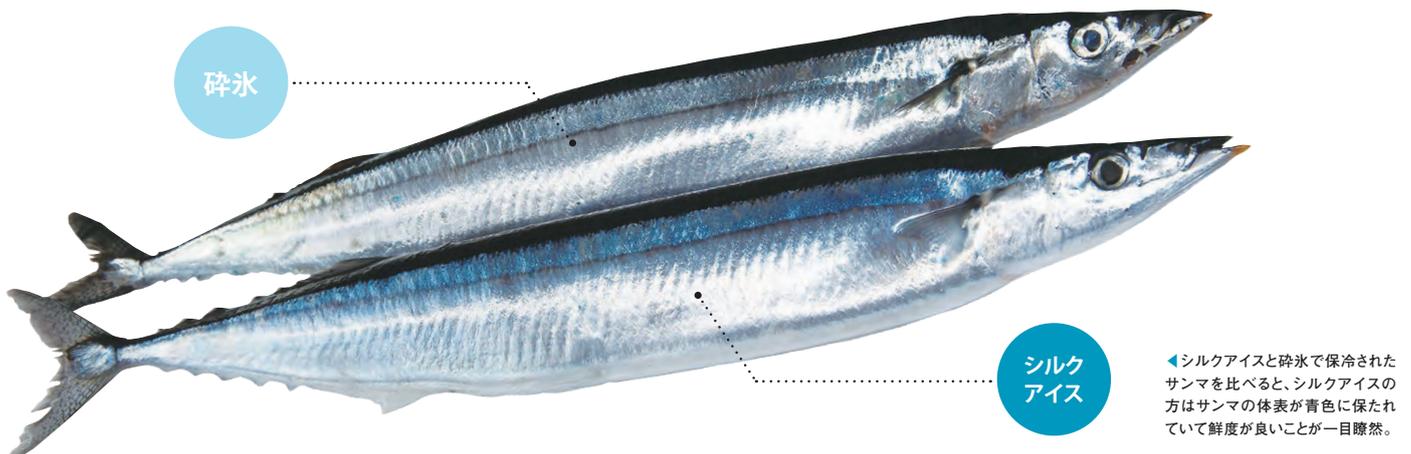
永石 今回、連携研究でこのような成果を出すことができたわけですが、こういった機会があるたびに思うのは、私たちの技術だけでプロジェクトが成功したわけではない、ということです。

稲田 そうですね。今回もニッコーが困っていることはなんだろうと考え、これをこうしては?などアドバイスできたという点では私達も貢献できたと思いますが、「鮮度を保持して魚をおいしくいまま届ける」という大きなビジョンは、製氷機の製造に限らず、さまざまな技術が組み合わさったことで実現できたことです。吉岡さんの鮮度評価の指標もそうですし、輸出時に氷を4日間もたせるには高度な断熱技術も不可欠でした。産総研の技術が多様な技術と連携することで初めて、新しいイノベーションにつながるのだと実感しています。

佐藤 研究開発というのは思い通りには進まないものです。思ったことと正反対の結果になることもあるし、ハードルを越えるたびにどんどんきつくなることもあります。多様な技術を組み合わせる中では、技術者同士が議論し、言いたくないことを言わなくてはならない場面も出てきます。そのようなとき、両者をうまくコーディネートし、協力して解決に向かえるようにしてくれるイノベーションコーディネータの存在に助けられました。

稲田 同感です。よい技術を集めても、それをまとめる人がいなければなかなかうまくはいきません。複数の組織が関わった今回の事例では、イノベーションコーディネータの役割は大きかったですね。

永石 今回、連携がスムーズに進んだのは、ニッコーと産総研がそれ以前に共同開発していた技術(3Dステレオ計測装置を搭載した、魚の切身の長さ、幅、重さを揃えてカットする装置)が、その



◀シルクアイスと砕氷で保冷されたサンマを比べると、シルクアイスの方はサンマの体表が青色に保たれていて鮮度が良いことが一目瞭然。

ときすでに軌道に乗っていたことも大きかったと思います。

複数のプロジェクトが同時進行していると、顔をあわせる機会も増えてプロジェクト以外のさまざまな話もするようになります。そのような中で佐藤さんから多様な市場ニーズが紹介され、私たちはそこに産総研が貢献できる技術開発のタネを見つけるという流れができていました。

佐藤さんは「今こういう技術が必要だ」というイメージを、常にもっている方です。ニッコーの開発した装置の多くがいろいろな賞を受賞していることから、いかに世の中のニーズに応える製品を開発してきたかがわかるといえます。最近も私たちは、また新たな共同研究をスタートさせました。これからも社会に産総研の技術を役立てていきたいと思っています。

佐藤 今まで地元でしか味わえなかった鮮度の良い魚を、一般の流通に乗せて、多くの方々の食卓に届けることができる。その技術を生み出したことで、日本のみならず、世界にも貢献できていると思っています。おいしいものは万国共通ですからね。

稲田 この技術は食品産業での食品冷凍や、医療分野の低温手術などの分野へも幅広く応用していけると期待しています。

佐藤 産総研にはたくさんのコアテクノロジーがありますが、私

はぜひそれを、どのような形でもよいから社会に出してほしいと思っています。地域や産業界には必要としている技術があります。これに最適なかたちで産総研の技術を応用することで、今回のように素晴らしい事例ができるのです。

もちろんスムーズに行くことばかりとは限りませんが、それでも、両者のバランスをうまくとる方法を探す中で、次につなげていくこともできるでしょう。それにより、企業も元気になります。中小企業ともどんどん組んで、企業を活性化させて社会に還元させていく。産総研にはこれからもそのような循環をつくっていただきたいですね。

株式会社ニッコー

【事業内容】

1977(昭和52)年の会社設立以来、一貫して食品加工に関わる加工機器の開発・製造販売をおこなう。機動力と技術力を生かし、顧客のパフォーマンスアップのため、高度なロボットシステムや業界初・世界初の機械設備までを開発する「技術集団」として国内外より高い評価を得ている。



関連動画

USER VOICE



根室市落石漁港
菊池漁業 菊池さん

使ってみてその効果に驚き!

ニッコーの海水氷(シルクアイス)製造機を船に搭載して定置網サケ漁で使い、船上活け締めを行っています。水揚げ後には保冷ケースに脱水した氷(雪状氷)と魚を詰め、輸送に用いています。真水の氷を使っていたときと、魚の鮮度は断然違いますね。漁場からシルクアイスでチルド冷蔵してきた魚はピカピカに光っていますし、鱗が剥がれるなど魚体が傷むこともなくなりました。台風で3日間網を上げられなかったとき、漁場では網の中で擦れて魚色が鈍って見えた魚が、シルクアイスに入れて運んでみると本来の魚の色のままであったことには驚きました。魚の鮮度の良さ、おいしさが市場で認められ、これまでより高値で取り引きできるようになることを期待しています。



お気軽に
お問い合わせ
ください!

産総研 北海道センター 〒062-8517 北海道札幌市豊平区月寒東2条17-2-1

☎: 011-857-8406 ✉: hokkaido-counselors-ml@aist.go.jp 🌐: www.aist.go.jp/hokkaido/

産総研 省エネルギー研究部門 〒305-8564 茨城県つくば市並木1-2-1 つくばセンター つくば東

☎: 029-861-7239 ✉: ieco-info-ml@aist.go.jp 🌐: unit.aist.go.jp/ieco/

株式会社ニッコー 〒084-0924 北海道釧路市鶴野110番地1

☎: 0154-52-7101 (代表) ✉: info@k-nikko.com 🌐: www.k-nikko.com/

医師の病理診断をサポート

画像解析技術と人工知能 (AI) でがんを発見

人工知能研究センター
人工知能応用研究チーム
主任研究員

野里 博和

Hirokazu Nosato

人工知能研究センター
人工知能応用研究チーム
上級主任研究員

坂無 英徳

Hidenori Sakanashi

がんは日本人の死因第一位であり、現在でも患者の数は増え続けている。

それにもかかわらず、がんの病理診断を行う病理医の数は絶対的に不足しているため、病理医たちには大きな負担がかかっている。

産総研はパターン認識技術をベースとした画像解析技術をもとに、人工知能 (AI) を活用して病変部を高精度に検出する技術を開発した。

これが医療の現場で実用化されれば、病理医の負担軽減に役立つと同時に、

診断基準の定量化によって医師個人の熟練度やコンディションなどに左右されない診断ができると期待されている。



KEY POINT

産総研で生まれた画像解析技術と人工知能 (AI) を組み合わせて
病理の世界に新たな力を橋渡ししたい。

医療の抱える課題を AIで解決したい

産総研は、画像から異常を高精度で自動検出できる画像認識技術「HLAC（高次局所自己相関特徴抽出法）」の研究に1980年代から取り組んできた。HLACは、画像に映っている対象の形や模様の特徴をとらえ、異常を効果的に抽出するパターン認識の基盤となる技術だ。動画画像から動きの特徴を抽出できるようにシステムを拡張し監視カメラに用いられ、社会の安全・安心や環

境保護の分野で活用されている。

情報技術研究部門 適応型システム研究グループ(現在の人工知能研究センター 人工知能応用研究チーム)は、この技術をより幅広い分野で活用していこうという方針を立てた。人工知能研究センターが発足する以前の、2008年ごろのことだ。産総研の技術でどのようなことができるのか、さまざまな産業応用の可能性が検討された。

「その結果、次は医療への応用を目指そうということになりました。AIの活用で社会課題を解決していくという私たちのミッション

を考えたとき、将来的な医師不足が懸念されている医療分野に用いる意義は非常に大きいと考えました」

そう話すのは同チームの坂無英徳だ。もともとは最適化や探索手法などAIに関する研究を手がけていた研究者だが、当時(2007年度)は経済産業省の医療・福祉機器産業室に出向しており、社会の情勢からもAIの医療への適用はよいタイミングと感じたと言う。

日本では、がんの罹患者数も死亡者数も年々増え続けている。その一方で、病変部から採取された生体組織や細胞から、それが本当にがんであるかどうか、あるいはそのがんがどの程度進行しているのかなどを診断する病理医は、大幅に不足しているという。

同チームの野里博和は、病理医の現状を説明する。

「病理診断を必要とする検査はがんも含め年間約3000万件に達するのに対し、病理医の登録者数は全国でわずか2400人程度。しかも、実働している病理医数はさらに少なく、約半数が50歳以上と高齢化も進んでいます。またその数少ない病理医も都市部に集中しているため、地方の総合病院では病理医が1人というところも珍しくありません。病理医不足は非常に深刻な問題となっているのです」

そのため現在は、少ない病理医に大きな負担が集中している状態が続いている。内視鏡検査や体液の採取などで得られた検体を観察して病変の診断を行う通常の病理診断のほかに、手術室で切除された直後の検体を調べて素早く判定を下す術中迅速診断や病理解剖など、膨大な標本の観察と診断を日々こなしているのだ。それに加えて、これらのレポート作成や、各診療科のカンファレンスに参加して臨床医と連携するなどの多くの業務に日々追われているという。

「このような過酷な状態では、病理医が疲弊してしまい、病変の見落としや診断ミスも起きかねません。診断業務をサポートできる画像診断技術には、大きなニーズがあると考えました」

「正常」を学習し 逸脱する「正常ではないもの」を判定

産総研が医療系技術の研究開発をするとき、常に問題となることがある。それは、産総研には提携病院がないため、サンプルデータをもっていないということだ。医療系の研究開発には実際の患者サンプルが多数必要となるので、医療機関に協力を要請し、データを提供してもらわなくてはならない。

しかし、データをそのまま提供してもらうわけにはいかない。なぜなら、患者データは秘匿性の高い個人情報であり、個人が

特定できないよう加工する必要があるうえ、事前にデータひとつひとつに病名や病変部、進行度などを医師にラベル付けしてもらわなくてはならないのだ。こうした点で医師に負担がかかることもあり、協力先医療機関を探すことは容易ではなく、技術開発と同じくらいに苦労することも多い。

しかし幸運なことに、このチームには医化学のバックグラウンドをもつ野里がいた。学生時代に臨床検査技師課程に所属していたこともあり、その縁を頼って東邦大学医療センター佐倉病院に依頼したところ、快く協力してくれることになった。

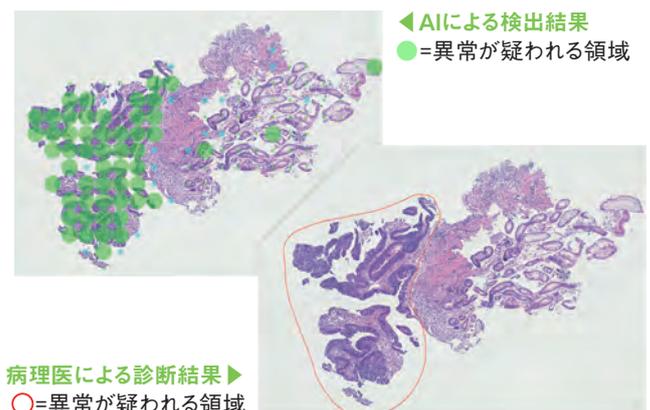
「最初に協力先を得られたことは大きかったですね。これにより取り組む技術開発テーマは、病理診断用の画像からAIを用いてがんを自動診断することに決まり、その後もスムーズに研究を進めることができました」と、坂無は言う。

冒頭に述べた産総研の技術「HLAC」は、読み込んだ画像の中から特徴的な情報を抽出して異常を自動検出するというものだが、この取り組みがユニークであったのは、「異常」ではなく「正常ではないもの」を検出する点だ。

それ以前の異常検出技術といえば、多様な「異常」のデータをAIに学習させ、画像からそれに該当するものを見つけ出す方法が一般的だった。しかし、異常のパターンは膨大であるうえに、そもそも異常には未知の現象が多いため、事前に「異常」をすべて網羅することは不可能である。そのため、検出精度もなかなか向上しなかった。

これに対して産総研は逆転の発想をした。「異常」ではなく膨大な「正常」データを学習させ、そこに該当しない「正常ではないもの」を検出する方法を採用したのだ。未知の現象も「正常ではないもの」に含まれるため漏らさず検出できるようになり、検出精度は大幅に高まった。

「病理医の方々も、大量の正常なデータを見続ける中で判断力が養われ、異常を見つけることができるようになった経験をお持ち



なので、この検出技術の方法論を自然なものを受け止めていただけました」と野里は言う。

ダブルチェックで見落としを防ぐ

「佐倉病院から提供していただいた病理診断用の画像は、病理医に、その画像はがんを発症しているか(異常)、がんでないのか(正常)、がんであれば進行度はどの程度かをラベル付けしていただきました。そしてAIにたくさんの正常画像を読み込ませ、がんになっていない普通の細胞はどのようなものか、特徴を抽出させて学習させました」

野里が説明した通り、正常な画像が共通してもつ特徴を把握したAIは、新たに示される画像について、その情報に照らし合わせて判定し、正常から離れた情報をもつ画像を「正常ではない」、すなわち、がんの可能性があると判断する。

初期の実験では、250枚の正常な画像を学習したAIに、74枚の画像を判定させた。

「その結果、病理医によって事前にかんとラベリングされていた24例について、AIはすべて検出し、見落としはゼロでした。一方、過検出が2例ありましたが、見落としがゼロという結果は、実用化につながる大きな可能性を感じさせました」と坂無は説明する。

この技術を医療現場で用いる場面は、大きく2つ考えられる。まずはスクリーニングだ。最初にAIが診断をし、確実に正常だと診断したものはそれで正常として、病理医はAIが「正常ではない」と判定した画像だけを後から確認する。これができれば、病理医の負担を大幅に減らすことができる。

「もう一つはダブルチェックです。現在のように、まずは病理医がすべての画像を一通り判定し、その後見落としがないかをAI

がチェックする。作業量は変わりませんが、その病院に病理医が1人しかいない場合、人の生死にかかわる診断の責任を一人で担う精神的重圧は大変なものでしょう。万一自分が異常を見落とししてしまったとしても、それをフォローするシステムがあるというだけで、病理医の負担は軽減されるはずです」

薬機法(「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」、以前は薬事法と呼ばれていた)上、機械に最初の診断をさせることはできないこともあって、AIによるスクリーニングはまだ現実的ではない。しかし、AI診断がすでに一般の病理医と同等の精度を出していることを考えると、ダブルチェックという用途での実用化は期待できるだろう。

ちなみに、病理医が画像診断にかかる時間は、短ければ数秒だが、悩み始めると数時間かかることもある。それに対してAIは、現時点では数秒という迅速さこそないものの、常に等速で処理することができる。夜にチェックをかけ、朝に結果を受け取るという使い方であれば、現状の処理速度でも実用に問題はないと考えられる。

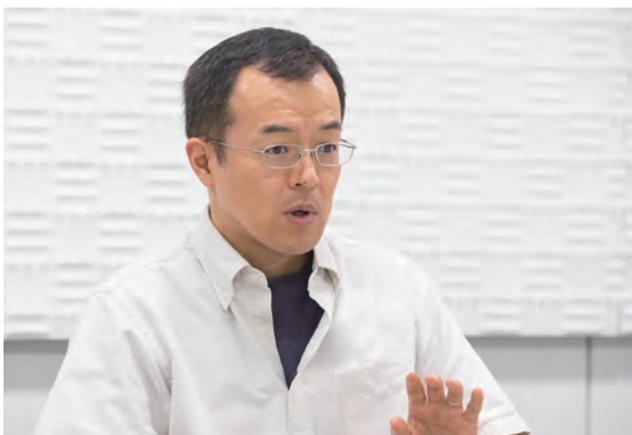
診断基準の定量化でレベルの差を均一化する

「AIによる診断支援のメリットは見落としを防ぐだけではありません。医師の技量の差を是正することにも貢献します。これも医療界にとって大きな意義があることといえるでしょう」

野里がそう言うのは、現在の診断は何らかの定量的な基準に厳密に基づいているのではなく、もっぱら医師の技量に委ねられているところが大きいからだ。病理診断以外にも、例えばAIによる大腸内視鏡検査支援に関する研究を進める過程で、同じ画像に関して複数の医師に進行度の分類を依頼したところ、判断が一致しない例も少なからずあったという。

「医師は経験からその人なりの判断法を身に付けているのですが、詳しく尋ねると、色味や立体感から判断する人もいれば、質感から判断する人もいて、決して一定ではありませんでした」ということは、当然、病院によっても結果が異なる可能性があるということだ。AIを用いて診断基準を定量化できれば、そのような医師の技量による差を是正することができる。AIによる診断支援は、今後、全国の医師の技量を底上げし、診断を高いレベルへ均一化することにもつながると考えられるのだ。

また、AIによる診断技術は、多様な医療領域に応用が可能だ。実際に、協力してくれる医療機関が増えるとともに、膀胱内視鏡画像診断や超音波による乳腺画像診断、前立腺MRIなど、手がける範囲は広がっている。



医療現場で使える 高精度で扱いやすいシステムを目指して

実用化に関しては、超音波による乳腺画像診断が一步進んでいる。現在は、すでに医療機器メーカーとの共同研究を終了し、製品化へ向けた検討が進められているところだという。

「AIによるがんの病理診断も実用化レベルの技術はできていますが、どこまでの精度を出せば信頼できるかなどの基準はまだ世の中になく、製品化に向けた具体的な話は進んでいません。加えて、医療機器の場合、製品を開発しても、その使用に医療保険の適用がなくては広く利用されないため、性能がよければ売れるというわけではないのが難しいところです」と坂無は説明する。

とはいえ薬機法が改正され、ソフトウェアについても医療機器プログラムとして審査する方向性が打ち出されており、少しずつ追い風が吹きつつある。

技術的な課題としては、どのようなことがあるだろうか。

「内視鏡診断は通常、医師が検査中にリアルタイムで画像を見て診断するので、AI診断でもリアルタイム性が求められます。そうすると、外部の大規模なコンピュータではなく病院内のコンピュータを使って処理することが前提となり、時間がかかる処理はできないということになります。簡単な処理でいかに高精度化するかが課題です」と野里は言う。

光の当たり方などで色の見え方が異なる場合、機械は医師のように柔軟には対応できず、精度が下がる点も課題といえる。このため、診断対象をさまざまな視点から見ることができるよう、動画でも診断が可能なシステム開発が必要だという。

また、坂無は、AIに質の高い学習をさせてより精度を上げていくことと同時に、「使いやすいインターフェースをつくること」も重要だという。医師にとって使いやすいインターフェースと迅速なレスポンスを実現することも、今後の課題の一つである。

「実際に使っていただく中で問題点を洗い出し、改善し、また使っていただく。そのようなサイクルを通じ、実用的なシステムと



して磨き上げていきたいですね」

2016年からは産総研のリサーチアシスタント制度を利用し、医師免許をもつ北海道大学の大学院生がチームに参加している。医師が現場に加わることで、より具体的な研究手法の考え方を得ることができるようになったと2人は嬉しそうに語る。

「私たちが医療系にアプローチすると同時に、医師が情報系の技術にアプローチするという、良いコラボレーションができています。研究は人が命ですから、さまざまな分野、立場の方々とのつながりを持ち、チームとしてやっていければと思っています」（野里）

「企業の方とは、複数の研究機関や企業で使いやすくするためのデータのフォーマットなど、ともに考えていけることが多々あります。フォーマットの共通化ができれば、それだけでも開発費は抑えられ、導入しやすくなるでしょう。密接な共同研究でなく、もっと緩やかな連携でも構いませんので、情報共有をさせていただければありがたいです」（坂無）

運用面の課題は残っているにしても、おそらく数年後には、AIを利用した診断技術は実用化されるだろう。AIを搭載したシステムは、使えば使うほど進化していく特殊な製品となるが、このような装置の扱いについて、薬機法などでの取り扱いや、法的・社会的な基盤整備も進められるはずだ。人工知能研究センターは、将来、この分野の製品や事業が拡大していくことを視野に入れながら、実用化に向けてともに歩んでいけるパートナーを求めている。

お気軽に
お問い合わせ
ください！

産総研 人工知能研究センター 人工知能応用研究チーム

〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1

☎ : 029-861-2000 ✉ : airc-info-ml@aist.go.jp 🌐 : www.airc.aist.go.jp

NEW
TECHNOLOGY

ドローンで災害現場に 埋まった車両を探查する

地下探查技術とフィールドロボティクスの融合で、
迅速な救出活動に貢献

知能システム研究部門
フィールドロボティクス研究グループ
研究グループ長

加藤 晋

Shin Kato

地圏資源環境研究部門
研究部門長

光畑 裕司

Yuji Mitsuhashi

土砂災害などの現場では、人命救助のためにも埋もれてしまった車両を一刻も早く探し出したい。しかし、災害現場には人が立ち入るのが難しい場合も多い。産総研は、長年培ってきた地下探查技術と、近年注目されているフィールドロボティクスの技術を融合させ、ドローンを用いた埋没車両の探查技術を開発。災害時の迅速な救出活動を支援する、新たな手段の実現に向けて歩みを進めている。



KEY POINT >>

異分野技術のかけ算で、世の中の役に立つ新たな用途が花開く。

地下物理探査の技術を
災害対応に応用したい

近年、ゲリラ豪雨や地震などにより、土砂災害が頻発している。通行中の車両が土砂崩れに巻き込まれた事故も、多くの人の記憶に残っているだろう。人命救助のためには一刻も早く埋没車両を探す必要があるが、土砂崩れの範囲が広いときは、探査地点を特定することすら困難を極める。しかも土砂災害の現場は足場が悪いことも多く、いつ次の土砂崩れが起きるかもわからない。

また、大規模な土砂災害地では、土砂が河川をせき止めて天然ダムを形成することもあり、その後のダムの決壊が二次災害として懸念される場合がある。救助隊員がまきこまれて被害が拡大する危険もあるため、迅速な探査活動が難しいのが実情だ。

そのような現場で埋没車両を探査するにはどうしたらよいだろうか。土砂災害に限らず、人が近づくのが難しい災害現場で埋没しているモノの位置を特定できる技術があれば、救助活動や天然ダムの決壊予測に大きく貢献できるはずだ。

こんな発想のもと、産総研は2014年にドローンによる埋没車両の探査および地質調査技術の開発に着手した。ドローンによって土砂に埋もれた人を探索することは困難でも、人が閉じ込められている自動車を探索することは可能かもしれないと考えたからである。

この技術を発想したのは、知能システム研究部門フィールドロボティクス研究グループの加藤晋だ。加藤らは、災害対応や社会インフラの維持・整備、資源開発に役立つロボティクス技術の研究・開発に取り組んでおり、特に野外のさまざまな環境における移動や作業のためのアクセス技術や制御技術の開発に注力していた。

「私たちは、小型のロボットによる探査や、ホイールローダーや自動車の自律化の技術開発を進めていて、その中で、アクセス性の高いドローンの研究開発もすでに行っていました。そこで、土砂崩落や火山災害現場にアクセスすることを可能とする、地上走行型や空中飛行型のロボットシステムの開発を進めようとしていました。災害状況調査に対する課題の1つに、土砂崩落及び火山災害現場における含水比や透水性などの計測がありました。このような探査センサーがあれば、さまざまなロボットによるアクセス技術と組み合わせると、簡単に解決できると思ったのです」

ただ、加藤は地下の様子を地表から探査する技術に関しては素人であり、どの程度の大きさの探査センサーが必要なのかも、

それが本当にドローンに搭載可能かどうかもわからなかった。そんな時、同じ産総研の中に物理現象を利用した地下探査の専門家がいることがわかった。地圏資源環境研究部門で地下環境や地下資源の調査・評価を専門とする、光畑裕司である。

「最初は、専門分野がまったく異なるため、それほど簡単に共同でできそうな雰囲気ではありませんでした。でも、空中からでも探査できるセンサー技術が、埋没車両も探査できると知り、これは災害現場での迅速な状況調査には絶対に必要な技術だからと、初対面にも関わらず光畑さんを説得して一緒にやってもらうことにしました」加藤はそう笑う。

光畑は、物理現象の中でも電磁気を利用した電磁探査の専門家であり、小型の電磁探査センサーを土壌汚染調査などに適用した実績をもっていた。当時、ヘリコプターから大型の電磁探査のセンサーを吊り下げて、飛行しながら地下を探査する技術はすでに実用化されており、鉱物資源探査や地下水調査に適用されていた。加藤から話を聞いた光畑は、この連携を進めた方が良く直感したという。もしドローンを使って小型の電磁探査センサーを吊り下げて調査することが可能となれば、もっと狭いところに入ることができ、土木調査や農業分野へも展開できるのではないかと考えたからだ。「とにかくやってみようと思いました」と光畑は言う。こうして分野の異なる2つのチームは共同で研究開発をスタートさせた。

地下の様子を可視化する

加藤は当初、センサーをドローンに吊り下げればよいだけだと考えていた。ところが、対象が浅層とはいえ、地下探査に用いる地下電磁探査センサーは長さが1.6mもある。そこに位置情報収集用のGPS信号受信機、センサーの制御と計測データのモニタリングのための無線通信装置、対地高度を測定する超音波距離センサーなど、さまざまなセンサーや送受信器を組み合わせると、それだけで4~5kgにもなるのだ。

光畑は「ドローンにこれだけの重さのものが吊れるのか。吊れたとしても揺れが激しく、正確な計測ができないのではないか」と懸念していた。

ここで地下探査の技術について少し触れておくと、地下資源や地下構造を調べるための物理学的な手法には、重力、磁力、地震



▶テーブルの上に置かれているのが長さ1.6m
重さ約5kgの電磁探査センサーの実物。

波、放射線、それに電気や電磁気を用いる探査法があり、今回は電磁気で探査する方法を使っている。これは電磁誘導現象を利用して、地盤の中の比抵抗(電気の通しにくさ)や金属物質の分布を非接触で検知し、可視化する技術だ。地下水や地下の粘土層の分布も、この方法を用いて三次元的に把握することができる。

実は、この方法で埋没車両を探査する技術の有効性は、すでに10年ほど前に野外実験で検証されていた。

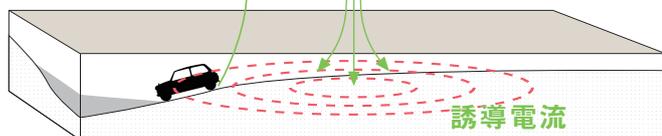
「そのやり方は、人がセンサーを持ち、歩いて調査することが基本でした。しかし、災害現場には人が立ち入れないことが多く、実際には使えない。そのため、技術開発はそこまででストップしていたのです」光畑はそう語る。ドローンとのコラボレーションで、ようやく実用化につなげられる可能性が出てきたというわけだ。



地下磁場探査センサー
受信ループ

送信磁場

送信ループ



▲送信ループに交流電流を流すと、磁場が発生(送信磁場)し、その磁場の変動に対応して地盤や埋没車両に誘導電流が生じる。その誘導電流から新たに生じた磁場を受信ループでキャッチ(受信磁場)することで、地下の金属製の異常物体の存在を探知できる。

最初の難関

ドローンを安定して飛行させるには？

センサーを吊り下げたドローンが災害現場の上を飛び、地下の様子を可視化する。一見するとシンプルだが、いざ共同開発が始まると課題は山積みだった。

まずはドローンのモーターが電磁波を発するため、電磁探査センサーがその影響を受け、正確な計測ができなくなることがわかった。

「これはドローンとセンサーをつなぐロープを長くし、両者の距離を離せばよいのですが、距離を長くするほどドローンの飛行が不安定になります。一回揺れ始めると、センサー部が振り子のように揺れて、制御できなくなってしまいます。ロープの長さを少しずつ変え、電磁波のノイズの影響が少なく、かつ安定飛行ができる長さを探っていきました」

そう説明する加藤のチームは実験を重ね、結果としてロープの長さは4mに決定した。これは積載重量6kgのドローンを用いていた2016年度の数字だが、現在は、もっと大型のドローンを使い5mの距離を取れるようになった。

とはいえ、単にセンサーを吊り下げただけでは飛行は不安定になる。風を受けると吊り下げたセンサーが水平に回転してしまうのだ。地下の計測を正確に行うにはセンサーが一定の対地高度を保つ必要があり、そのためには安定飛行を是が非でも実現しなければならなかった。チームは1.6mものセンサーの実物大模型を作成し、飛行に伴うセンサーの揺れや回転が安定化するよう、吊り下げ方法を試行錯誤した。その結果、揺れを安定化させるには複雑な吊り下げ機構よりもシンプルな2点吊りが有効で、回転を抑えるにはセンサーの片端に垂直尾翼を装着し、センサーが常にドローンの進む方向に向くような設計を採用することで解決方法を見出した。

しかし、実際に屋外で実物を飛ばしてみると思わぬ結果になることが多かった。そのたびに吊り下げ方法や取り付け治具を改良し飛行実験を行ったのだが、垂直尾翼についても、その回転を抑える効果は、ドローンの飛行速度に左右されることがわかったのである。

「尾翼の効果は飛行速度が速いほど上がるのですが、精度が高く分解能が細かいデータを取得するためには、ゆっくりと飛行させる必要があります。秒速1mから5mまで飛行速度を変えながら、飛行の安定性や取得できるデータの精度をみて、これらを両立するには、少なくとも秒速2m以上の速度が必要だと結論づけました」と光畑は説明する。

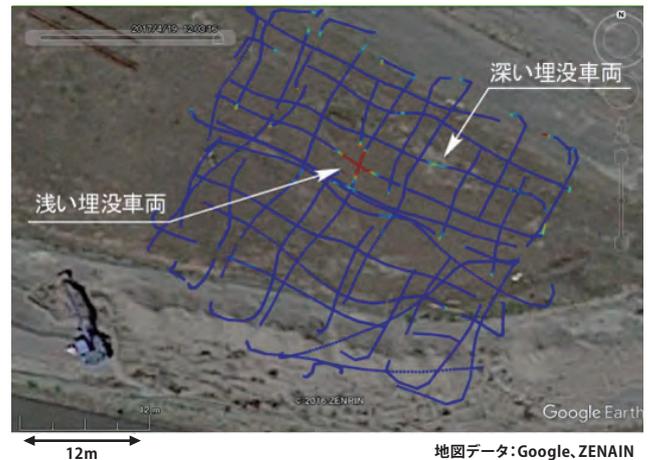
災害現場での オンサイト可視化を実現

加藤がセンサーの吊り下げや治具の開発、ドローンの安定飛行の課題解決に取り組んでいる間、光畑はデータ計測状況をリアルタイムでモニタリングし、データ取得後に調査現場でデータを処理・可視化する技術の開発を進めていた。土壌汚染や地下水調査などの地質調査の場合、取得データは研究室に持ち帰って処理や詳細な解析を行うが、今回は災害現場で用いる前提であるため、データをその場で可視化できないと役に立たないからだ。

「センサーからはさまざまな周波数の電磁場を出して、地下の多様な深度の情報を取得しています。車両埋没部についてはパルス状に異常な信号が出るので、地下水探査などの信号に比べて特殊な解析は必要ありません。そこでその情報をGPSの情報と組み合わせて、Google Earthに重ねて表示できるようにしました」

一方、地質調査のためのデータは、緊急に解析する必要性は低いので、通常通り持ち帰って慎重に処理を行う二段構えで進めることにした。リアルタイムでモニタリングし、オンサイトでデータ処理や可視化をする技術は、地下環境や土木・地盤調査の探査にも迅速性をもたらし、良いフィードバックができる可能性があるため、光畑は期待している。

そして2017年2月、ドローンにセンサーを吊り下げたこのシステムを用いて、自動車2台をそれぞれ1.5mと3mの深さに埋めた実験場で実証実験をすることとなった。飛行速度は毎秒約2m、センサー部の対地高度は約1mだ。調査対象エリア(70m×35m)を粗めの飛行間隔で網羅的に探査する広域探査と、それにより抽出された特定エリアをより細かな飛行間隔で詳細に探査する精



▲ 測定データを航空写真に重ねて表示ができる。ドローンの航行軌跡の青いラインのうち、浅い埋没車両のある部分は赤くはっきりと検出できていることがわかる。

密探査の2つの実験を行った。

その結果、広域探査では、より深い位置にあった今回の対象ではない残留構造物は検知したが、埋没車両はわずかに把握できる程度だった。しかし精密探査では、浅い方の車両を明確に検知できたほか、深い方の車両も弱い信号ながら検知することに成功した。

「今後はドローンとセンサーの距離をさらに離すことで、より精度を向上させるとともに、現場での実験を重ねて実績を積んでいきたいと考えています。急な斜面でも飛行やデータ取得が可能なのかなど、実験しなくてはわからないケースがまだまだたくさん残っています」(光畑)

「災害現場の救出活動に使う技術というのは、本当は出番がない方がよいものです。しかし、あることでいざという時の救出活動に役立てられるのです。災害現場は様々ではありません。どのような状況に使用して、どのような場所はまだ難しいといった情報をユーザーと共有し、実用化に向けて進めていきます」(加藤)

災害現場などに効率的にアクセスし、迅速な人命救助に結び付ける技術は、日本のみならず世界中で求められている。今後、この技術が精度を高め、応用範囲を拡げ、ドローンの航行技術がより向上していけば、探査対象も埋没車両だけでなく、多様な対象物を探索する手段として、現場での活用機会が広がっていくだろう。

お気軽に
お問い合わせ
ください!

産総研 知能システム研究部門

〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2

✉ : is-inquiry-ml@aist.go.jp

🌐 : unit.aist.go.jp/is/

産総研 地圏資源環境研究部門

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

✉ : geore-web-ml@aist.go.jp

🌐 : unit.aist.go.jp/georesenv/

- 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.15 平成29年11月発行

編集・発行 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
企画本部 広報サービス室 出版グループ
問い合わせ 〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1
TEL : 029-862-6217
FAX : 029-862-6212
E-mail : prpub-ml@aist.go.jp



■ 禁無断転載 ©2017 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わけではありません。
■ 「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。