ISSN 2189-6097

産総研 LINK

09
2016 SEPTEMBER
No.8

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×アトー株式会社……P02

生物発光を応用し 遺伝子発現検出装置を共同開発

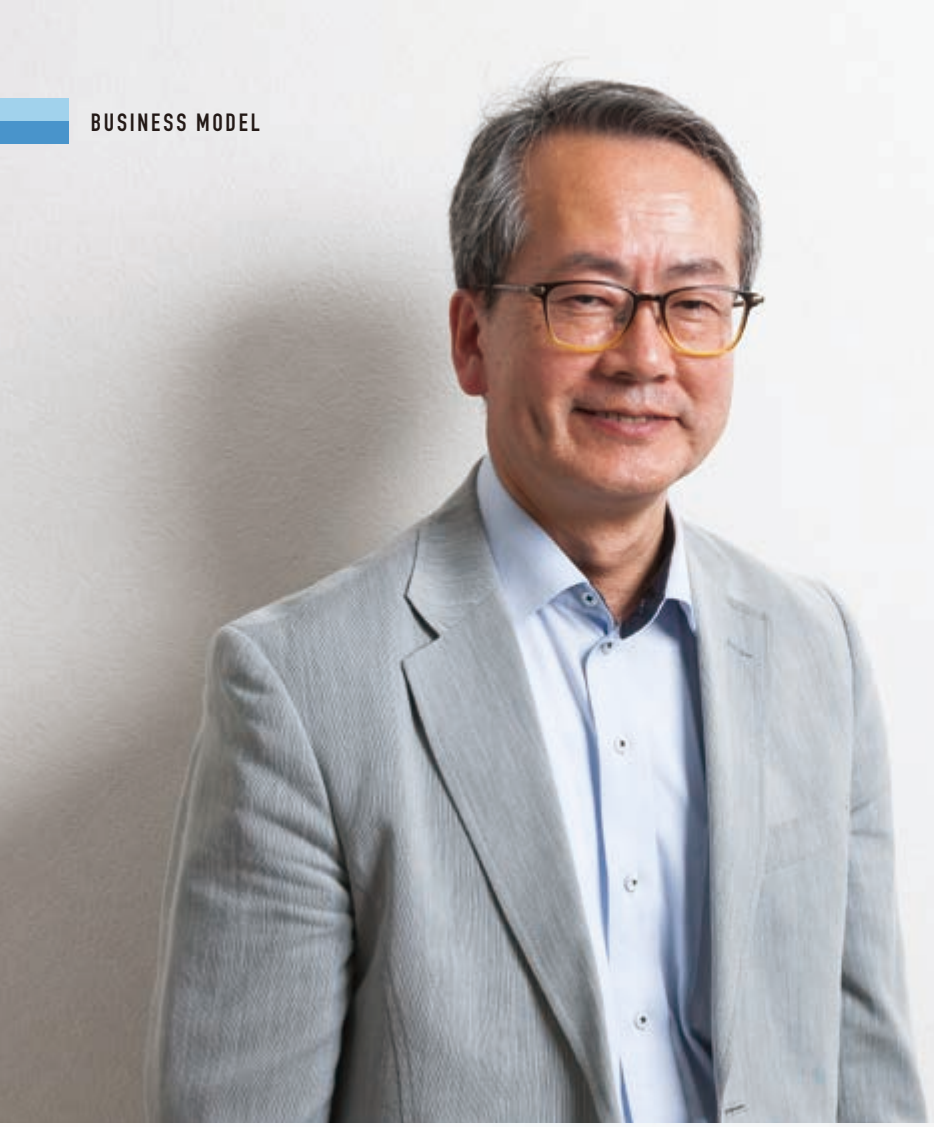
Hidehiro Kubota
×
Yoshihiro Ohmiya

■CROSS LINK 連携研究室……P08

貴社のその研究、産総研と一歩進めてみませんか？

Jun'ichi Tsujii
Satoshi Morinaga
Satoshi Sekiguchi
Takashi Washio

❶ここにもあった産総研
日本の化学工業の発展を主導した 国産技術によるアンモニア合成(東工試法)……P14



アトー株式会社
取締役　技術開発部長

久保田 英博

Hidehiro Kubota

［事業内容］
タンパク質や核酸などの研究用科学機器を開発・製造・販売。製品は、国内外の理化学系研究室で利用されている。タンパク質研究が高度化している現在、遺伝子発現解析を推進する、独創的で強力な製品を開発している。

産総研　アトー株式会社

産業技術総合研究所
バイオメディカル研究部門
研究部門長

近江谷 克裕

Yoshihiro Ohmiya

1990年より生物発光に関する研究を始め、1992年、ノーベル化学賞受賞の下村脩博士に出会い、生物発光研究の本格的な研究者を目指す。現在、生物発光の生物学から細胞工学まで、つまりホタル採集から発光を利用したがんのイメージングまで、基礎・応用研究を展開する。

BUSINESS MODEL

生物発光を応用し遺伝子発現検出装置を共同開発

発光タンパク質「ルシフェラーゼ」を用いた測定装置の開発と光源の国際標準化

ホタルなど発光生物が光るのは、ルシフェラーゼ*1 というタンパク質の働きによるが、世界で初めて赤く光るルシフェラーゼ遺伝子の同定に成功したのが、産総研の近江谷克裕だ。近江谷はこの基礎研究を基に、多岐にわたる業種のさまざまな企業とともに発光測定装置や試薬、測定キットなどの製品化に携わってきた。その一つ、遺伝子発現を光の量で計測する発光測定装置は、創薬分野における薬剤スクリーニングや環境分野における化学物質の評価など、バイオメディカル領域で活用され、蛍光顕微鏡を除く発光関連製品は、国内市場約30億円、世界的には約200億円とも言われている*2（2012年）。今回は、産総研が長期間にわたり装置の共同開発を行ってきた測定装置メーカー、アトー株式会社の久保田英博氏を迎え、共同研究の経緯や成果を聞いた。

異なる色の生物発光を測定
―これまでなかった装置の開発をもちかける

近江谷　最初にアトーと共同研究開発を始めたのは1998年でした。そのころ、私は生物発光の色に興味を抱いていました。例えば、ホタルの発光する色は、黄～赤と種類によって変わります。私は、その異なる色で発光させるルシフェラーゼの働きは、異なる種類の遺伝子の発現を測るマーカーとして使えるのではと考えていました。最終的には2005年に大手化学メーカーと共同で、異なる色の光で複数の遺伝子情報の発現を同時に評価するキットを上市しました。しかし、その原理を証明し、測定可能であると検証するためには事前に測定可能な装置を開発する必要があり、当時すでに付き合いのあったアトーに共同開発の話を申し入れたのです。

久保田　当初、異なる色を分けて測定する方法は、なかなか見つかりませんでした。悩んでいたとき、東京大学の秋山英文さんという物理学の専門家も加わってくださり、それが突破口になりました。

近江谷　こうすればできると、秋山さんがその場で数式を書いて説明してくれましたね。

久保田　それなら当社で製品化に向けて開発を進められる、と。

近江谷　それ以来、色識別型ルミノメータ（複数の遺伝子発現を光で計測する装置）からウミホタルルシフェラーゼによる遺伝子発現測定用キット、さらに標準光源の開発まで、つまりハードからソフト、標準まで、さまざまな製品の研究開発を、アトーと共同で行ってきました。

＊1- 発光基質（ルシフェリン）の酸化を触媒することで、発光を引き起こす酵素の総称。ホタルルシフェラーゼが最も有名。そのほかに、イクオリン（オワンクラゲ）、ウミシイタケルシフェラーゼ、ウミホタルルシフェラーゼなどがある。
＊2- 一部、蛍光撮影機能を含む。溶液の発光量を測定する一般的なルミノメータの市場規模は約3億円。

基礎技術を実用化までもっていくコラボレーション

近江谷　2001年に産総研に入る前、私は大学教員でしたが、その立場だと、基礎となるよいアイデアがあっても実用化に結びつけることが難しいと感じていたのです。そこで、技術を社会に出せる環境を求めて、産総研に移ることにしました。

久保田　2002年には、共同研究を通じてアトーの研究員を1名（その後も別の装置開発の関係でさらに１名）、

クロノスDio

▼細胞を培養しながら、遺伝子の発現を連続的に測定できるリアルタイム色識別型ルミノメータ

当時近江谷さんがいた産総研の関西センターに送り、鍛えていただきました。私たちは装置メーカーですが、そのころ、試薬開発も検討していたのです。

近江谷　3年間、アトーの方々とコラボレーションしながら、ウミホタルのルシフェラーゼを使った新たな生物発光由来の試薬などを生み出しました。

2002年にはNEDOから予算がつき、色違いのルシフェラーゼの実用化に向けて動き始めました。3種の遺伝子の発現を3つの色で同時に連続的に測定できるリアルタイム色識別型ルミノメータ「クロノスDio」を共同開発し、2005年にアトーから市販されています。

一方、当時私は、とても強く発光するルシフェラーゼを発見したところで、それを用いれば細胞の細かい動きも観察できるようになるのではと考えました。

久保田　その近江谷さんの基礎研究を基に、私たちは細胞の動きがよく見える画期的な細胞イメージング装置「セルグラフ」を開発することになりました。これも2007年に市販を始めています。

世界初の標準光源で国際標準化を目指す

近江谷　このように私たちは共同でいくつもの優れた測定装置の開発をしてきました。さらに、これらの市場を拡大させ、信頼度を向上させるために、次に取り組むべき

は国際標準化だ、ということで、最近はOECD（経済協力開発機構）の化学物質管理のテストガイドライン*3への導入を目指しています。

久保田　そもそも測定装置をつくっているうちに「本当にこの結果は正しいのか」「装置をどう校正すればよいのか」と考えるようになり、自分たちで標準光源をつくることにしたわけです。当社の測定装置が本当に正しいのかも校正されてしまうので、メーカーとしては辛いところでもありますが、ここまできたらやるしかない。産総研の「グローバルトップ性能製品の評価手法の開発事業」で共同開発した「標準発光プレート」も、すでに市販に至っています。

近江谷　最初にコアとなる技術があり、それを測る装置を企業と共同でつくって用途を広げ、さらに国際化していくために行きついたのが、光源の標準化でした。

久保田　現在、医薬品開発などでは動物実験が行われていますが、その代替手段として、発光測定装置と標準光源は新たな市場をつくれるのではないかと期待しています。化学物質の管理が厳しくなっていることも、用途拡大の追い風になるでしょう。世界で初めての標準光源をもっている意味は大きいですね。

近江谷　標準をつくるという意味では、日本の国家標準機関である産総研（計量標準総合センター）がかかわっていることも、企業にとっては安心感があると思います。ISO/TC276というバイオテクノロジー分野での国際規格も出てきたので、その流れに私たちの細胞計測、発光計測の技術も乗せていこうということです。

セルグラフ

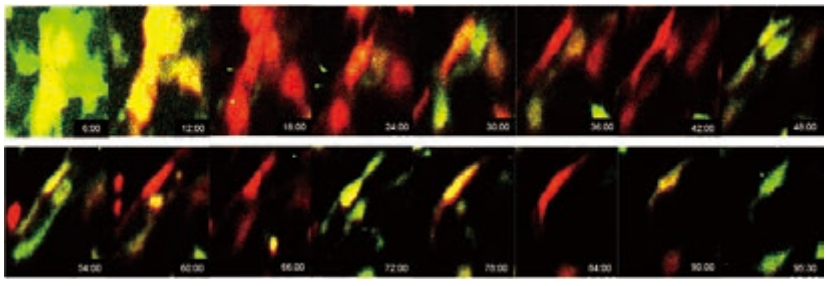
▲細胞ダメージの少ない発光で、遺伝子の発現を長期間リアルタイムでモニタリングできる微弱発光画像撮影装置

　久保田さんには、かなり強引に試作に付き合っていただきましたね（笑）。私は「セルグラフ」への思い入れも大きいのですが、久保田さんに「細胞1個が発光する微弱な光を測れないか」と相談したとき、久保田さんは「それは難しいのでは」と言いつつ、「でも、作ってみましょう」と受けてくださいました。

久保田　「ルミフルスペクトルキャプチャー」という微弱発光スペクトル測定装置も、近江谷さんの「光を分光してスペクトルを測りたい！」という強い要望が出発点でした。この試作もかなり試行錯誤しました。

近江谷　その装置の開発中には、「ホタルの光は本当に

＊3- 化学物質やその混合物の物理化学的性質、生態系への影響、生物分解および生物濃縮、ヒト健康影響などに関する知見を得るための国際的に合意された試験方法。



◀セルグラフで撮影した、3色のルシフェラーゼを使ったイメージング画像

赤色は遺伝子Bmal1の発現が、緑色は遺伝子Per2の発現がより強くみられる状態。黄色はその中間の状態を指し、緑→黄→赤→黄→緑と一定の周期で色のピークが変化しているのがわかる。

明るいのか」という基礎的な議論にもなりました。それまでホタルの量子収率[*4]は0.88とされ、化学反応のエネルギーのほとんどが光に換わる世界で最も完璧な光と考えられていましたが、東大の秋山さんも、物理的にそんな高収率はあり得ないと疑問を抱いた。最終的には0.41という結論を得て、今では化学の教科書もこの数値に書き換えられています。このようなインパクトのある仕事ができたのも、仲間を増やしながら少しずつ大きな仕事ができるようになってきたのも、アトーさんのおかげです。

産総研には、ともに モノを生み出す仕組みがある

久保田　近江谷さんから難しい要望が出ると、最初は「またか」と思います。しかし、ずっと共同研究開発を続けてこられたのは、そのような世界初の装置をつくる意義を感じたからです。

長い付き合いを通じて、積分球[*5]を用いた光の計測法など、私たちもさまざまな手法を教えていただきました。また、共同研究の初年度にはJSTの予算で設備を更新したのですが、研究環境を整えられたおかげで学生へのアピールができ、大学院卒の人材を採用することもできました。その面でも産総研との共同研究にはメリットがありました。

もちろん共同開発のすべてが成功したわけではありませんし、市場が読み切れなかったこともあります。でも、そこでの研究が、形を変えて別の製品に生かされることもありました。

近江谷　企業規模が大きいと、ある程度以上の市場規模が見込めなければ動けませんし、最後まで忍耐強く付き合ってくださるところは多くありません。長く続けられたのは、うまくいかなくてもお互い、何回も挑戦する姿勢があったことが大きかったですね。

久保田　私にとって産総研の技術開発は実用化を意識していて、スタンスが企業寄りなのもやりやすかったですし、きちんと試作にはコストがかかること、例えば開発には人件費もかかるわけで、企業は部品代だけでは動けないことを理解してくれていました。共同研究の制度の枠組みの中で、産総研の装置などを使うことができたのもありがたかったですね。産総研にはともにモノを生み出していく仕組みがあると感じています。

一つ要望としては、産総研のもっている特許や技術の開示時など、最初の一歩のハードルがとても高いので、

＊4- 発光基質（ルシフェリン）が化学反応により酸化され光が生み出されるが、1個の基質が生み出す光子数の割合。
＊5- 反射率（拡散反射率）の高い素材を内側全面に塗った中空の球。積分球内で光を多重反射させて均一にし、その光の一部を検出すると、試料からの散乱した光なども測定できる。

キーポイント　KEY POINT

1. 魅力的なコア技術があれば、それを中心に企業とともに用途を広げていける。
2. 産総研との共同研究で、研究環境を整えられるのも大きなメリット。
3. 産総研は技術開発から実用化そして普及まで企業とともに取り組む。

知的財産のリファレンスの方法をもう少しわかりやすく、使いやすくしていただければありがたいです。

強いコア技術があれば世界を変える製品を生み出せる

近江谷　これまで研究開発から実用化、標準化まで、あらゆる段階を経験してきましたが、これは私が赤く光るルシフェラーゼを生物から世界で初めて採取したことをはじめ、コアとなる技術があり、それらを強い特許としてもっていたからこその成果でもあるのです。

装置メーカーのアトーのほかにも、化学メーカーやベンチャー企業が、それぞれ補完し合う形で、コア技術に関連する製品開発を行っています。核となる魅力的な技術があれば、企業はついてきてくれるのです。

久保田　ただ、社会に貢献し得るシーズを複数同時に提供してもらっても、中堅・中小企業には開発以降の製品化までのすべてを自社で引き受ける体力はありません。

近江谷　産総研は、技術を社会に出すところまで、つまり開発から実用化、標準化と、普及段階まで中堅・中小企業をサポートしながら、ともに取り組んでいくことができると考えています。

自分たちで装置を開発すれば、自分たちが世界のここにしかない装置の最初のユーザーになれます。そういったユーザー視点から製品開発を行い、実現することで、世界は本当に変わります。よいシーズがあっても、一人では開発のスピードもでませんし、モチベーションもどこまで維持できるかわかりません。研究者にとって自分の研究が製品化されるのは本当にうれしいことなので、ぜひ企業とかかわり、自分の研究が世の中に役立つ喜びを味わってほしいですね。

▲クロノスDioを使って説明する久保田氏

久保田　製品化がうれしいのは企業にとっても同じです。もちろん、売れればもっとうれしいですが（笑）。

近江谷　産総研の研究者には、企業の方とのコミュニケーションを深め、「こういう装置があれば、このようなことに役立つ」と、積極的に自分の夢を語ってほしいですね。そして企業の方も、ぜひ産総研の研究者とじっくり話をしてください。研究の真意まで聞き、お互いにアイデアを引き出し合える関係になれればと思います。

久保田　同感です。産総研にはぜひ企業に歩み寄っていただき、困難があったときは外部の協力も得ながら、実用化までともに歩んでくれる姿勢があるとよいですね。

お気軽にお問い合わせください！

産総研 バイオメディカル研究部門
〒305-8566
茨城県つくば市東1-1-1　中央第6
☎：029-861-6022
✉：bmd-webmaster-ml@aist.go.jp
：https://unit.aist.go.jp/bmd/

アトー株式会社
〒111-0041
東京都台東区元浅草3-2-2
☎：03-5827-4861
：http://atto.co.jp/contact/inquiry/（お問い合わせフォーム）
：http://www.atto.co.jp/

産総研

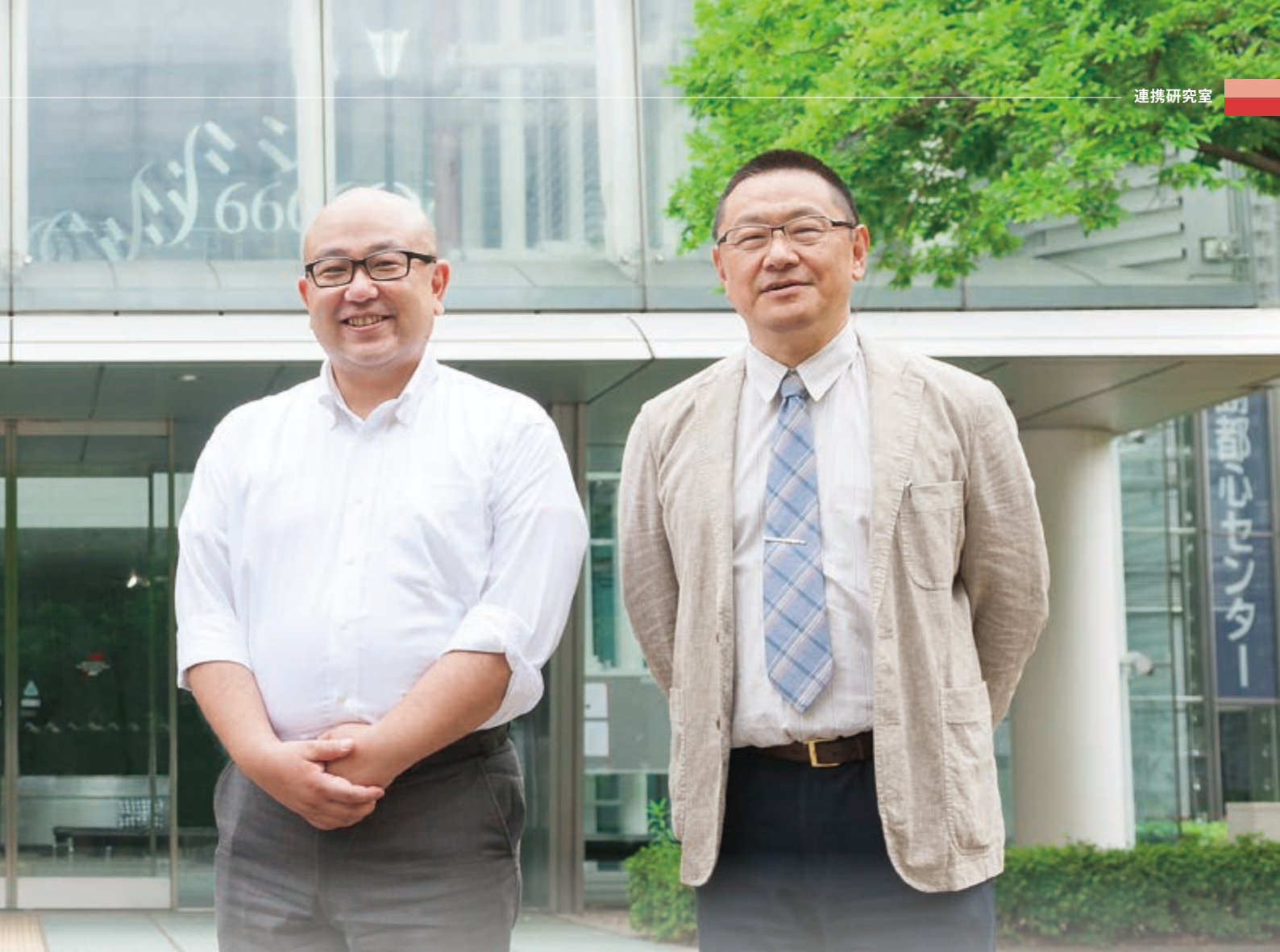
日本電気株式会社
（NEC）

CROSS
LINK

貴社のその研究、産総研と一歩進めてみませんか？

パートナー企業とともに価値を創造し実用化につなげる「連携研究室」

2016年6月、産総研の人工知能研究センター内に「NEC-産総研人工知能連携研究室」が発足した。
産総研が取り組みを始めた新たな研究組織、「連携研究室」の第1号だ。
日本電気株式会社（NEC）からの資金提供を受け、同社の抱える課題を解決するために
NEC、産総研、大学の研究者が集結。企業ニーズに応える研究開発の一つの形としてつくられた、
この研究室の取り組みの意義や方向性について、関係者間で議論を交わした。



日本の強い技術にAIを組み合わせる産総研人工知能研究センター

関口　人工知能（AI）が注目されている中、2015年、産総研は人工知能研究センターを立ち上げました。まず、ここでの研究の目的や開発の方向性を辻井研究センター長からご説明ください。

辻井　過去、AIには何度かブームがありましたが、これまでの“AIのためのAI研究”といった段階は終わり、この10年ほどはビッグデータにAIをどう使うかなど、具体的な社会的課題や技術的課題を解決するためのAI研究という方向に向かっています。それに伴い、これまでの技術とこれからの新しい技術を組み合わせることで、人間だけでは解けない現実の課題を解くAIを作り出そうという展開になっており、この研究センターでも、さまざまな分野の資源を集結させて新しい融合技術を生むことを目指しています。

関口　具体的には、どのような現実的な課題をターゲットにしているのですか。

辻井　AIは国際間競争の激しい分野でもあり、特徴的なAIをつくっていくには、日本が強みをもつ技術にAIを組み合わせ、さらに強い技術とすることが重要だと考えています。具体的には、製造業の技術とAIをかけ合わせる「AI for manufacturing」、医療や福祉、サービス業などにおいて個々の要求に適切に応えていく「AI for society」、世界トップクラスである日本の科学技術を支える「AI for science」という3つの出口を重視しています。

人・技術・データの集約でAIの研究開発を加速する

関口　今回、そんな人工知能研究センターに、パートナー企業とともに研究開発を進める「連携研究室」の第1号として、「NEC-産総研人工知能連携研究室」を立ち上げました。NECの森永さんとしては、どのような期待をし

産総研　人工知能研究センター
研究センター長
辻井 潤一
Jun'ichi Tsujii

ていますか。

森永　私たちはまず、産総研の人工知能研究センターの設立理念である「人・技術・データを集める」に共感しました。この分野はいろいろなものを集約させてこそ価値が生まれる分野で、その拠点ともなれば、とても大きな成果が出るはずです。ですから、この研究センターにNECの名を冠した研究室を置くことで、当社の社会ソリューション系事業の研究開発が加速されると期待しています。

また、NECはものづくりやインフラのオペレーションなどの分野に強みがありますが、この方向性も産総研と合致しました。例えば、職人が経験的・直感的に行っているものづくりをAIに行わせることで、人間では不可能な領域まで作業を最適化、効率化できると考えています。

関口　NECには、連携研究室に多額の研究資金を投資していただきましたが、経営の観点でのご判断はどのようなものだったのでしょうか。

森永　NECには、AIの研究課題の一つである機械学習の研究を約30年続けてきた歴史があります。この分野には逆風が吹いている時期もありましたが、近年はビッグデータで追い風が吹き、現在は爆風ともいえる勢いになっています。経営陣もこれを好機ととらえ、一気に上昇気流に乗りたいと考えていたところでした。知的財産の取り決めが合意しやすい内容だったこともあり、短期間で今回の連携をまとめることができました。

社会的課題を想定して先端技術を実用化につなげる

関口　鷲尾先生には、クロスアポイントメント制度を活用し、大阪大学、産総研の両方に籍を置くかたちで連携研究室長を引き受けていただきました。

鷲尾　私は大阪大学の産業科学研究所で、AIの機械学習やデータマイニングといった基礎と、企業と進める応用の二本立てで研究を行っています。NECとは共同研究の経験もあり、産総研でもNECでもない第三者であり、かつバックグラウンドを共有できる立場ということで、この連携研究室長の依頼をいただきました。

大阪から東京まで距離はありますが、機械学習やデータマイニング、応用研究という過去の研究開発の経験や知見が生かせますし、大きな社会的課題を想定して検討を進めるという、大学の一研究室レベルではできないスケールの大きな研究ができるわけですから、これは大変な魅力です。

関口　大学における産学連携とは、企業との距離感は異なりますか。

鷲尾　大学で行うのはあくまで応用研究のレベルです。しかし、ここでは基礎研究から実用化の一歩手前まで、すべてつなげていけます。ここが重要なのです。もともと日本の強みは技術の実用化にありましたが、最近では、以前よりも先端技術を実用化までもっていける研究者の層が薄くなっています。そこを強化していく上でも、今回の試みはよいモデルケースになるでしょう。その期待や責任を感じています。

連携研究室の課題を明確にし、研究の方向性を示す

関口　この連携研究室の研究課題として①シミュレーションと機械学習技術の融合、②シミュレーションと自動推論技術の融合、③自律型人工知能間の挙動の調整、という3点をあげていますが、このようなテーマをあげた経緯はどのようなものですか。

森永　NECではビッグデータ分析に基づき、インフラの通常機能を極限まで効率化するオペレーション系AIを開発しています。そこから、ビッグデータが集まりにくいケース、例えば災害発生時などにもAIのオペレーション手法を導入することで、人が判断を行う支援ができないかと考え始めました。

また、データ量の不足を補うにはシミュレーションの手法が有効です。AIの技術とシミュレーションの技術を融合させることで、ビッグデータ依存ではない知的な推論が可能になるはずだと考えました。

そのようなビジョンのもと、まず①②のテーマを設定しました。大規模災害や異常事態など、過去のデータを集めるのが難しいケースに対して、シミュレータ内で観測したい現象を集中的に観測する手法を確立し、効率的な機械学習を進めていけるようにすること、そして、仮想世界

日本電気株式会社　中央研究所 データサイエンス研究所　主席研究員
産総研　人工知能研究センター NEC-産総研人工知能連携研究室
副連携研究室長（特定集中研究専門員）

森永 聡
Satoshi Morinaga

連携研究室とは？

企業のニーズに、より特化した研究開発を実施するため、その企業を“パートナー企業”と呼び、企業名を冠して設置される研究室。

パートナー企業は、研究者、研究資金などを、産総研は、研究者、研究設備、知的財産などの研究資源を提供し、企業からの出向研究者と産総研からの研究者がともに、企業の課題を解決するための研究開発を行う。

インタビュー記事で紹介した「NEC-産総研人工知能連携研究室」のほかに、「住友電工-産総研サイバーセキュリティ連携研究室」「日本ゼオン-産総研カーボンナノチューブ実用化連携研究ラボ」が設立されている。

（2016年9月1日時点）

【連携研究室の設置要件の例】

①1億円以上／年の規模で、かつ3年以上継続して研究資金をパートナー企業から提供いただけること。
②連携研究室に参画する産総研常勤研究者の人件費に、エフォートに応じてパートナー企業から提供いただいた研究資金を充当できること。

産総研　情報・人間工学領域
領域長

関口 智嗣

Satoshi Sekiguchi

と自動推論技術を融合させ、未知の事象に対して、安定状態に行きつく手順をできる限り速く見つけて、人間の意思決定を支援することを目的としています。

関口　テーマ③の自律型人工知能間の挙動を調整するというのは、具体的にはどのような研究ですか。

森永　これは2017年度からのテーマになりますが、社会インフラや交通システムなどがAIで自律的に制御されるようになったとき、複数の制御システムが実空間で出会うことになりますね。そのとき、システム同士が競合して全体として正しく機能しなくなる可能性があるため、システム同士で譲る、分担するなどの挙動調整を行えるようにしていくものです。

関口　これらのテーマは、技術のトレンド的にはどのような位置づけにあるのでしょうか。

辻井　ビッグデータ以降の流れと既存のAI技術を融合させて、新しい形のAIを生み出していこうというトレンドに合っていますね。次は、そこにどの要素を加えるかが検討されていますが、まさにその方向性を、3つのテーマそれぞれが示していると思います。

鷲尾　シミュレーションベースで科学を進める方法論を「第3の科学」、現在のビッグデータベースの技術を「第4の科学」と呼びます。この連携研究室のテーマは、AIを核に第3、第4の科学を統合して進めようとするもので、応用志向の研究室でありながら、科学、工学の核心をついたテーマを掲げていると言えます。だからこそ社会、科学、工学に還元できる方法論を発信しつつ、民間に役立つ技術につなげていけるのではないでしょうか。難しいのは確かですが、新しい科学の先端になり得る成果を出せると期待しています。

キーポイント　KEY POINT

1. パートナー企業のニーズに特化した研究開発を行う。
2. 企業の課題を解決するために人・技術・データを集結。
3. 基礎研究から実用化までシームレスな連携体制をつくる。

スムーズな技術移転こそ企業にとって大きな魅力

関口　産総研とNECの研究者が一つの研究室に在籍する体制については、どのようにお考えですか。

森永　NECでは、この分野の研究者の多くは事業部門も兼任しており、高速かつシームレスにアウトプットにまでつなげていけるのが最大の利点だと考えています。外部に研究委託し、どんなに詳細に報告を受けても、一緒に研究を進めていくことにはかないません。この研究室では実際の問題をそのまま日々の研究活動として展開でき、ソリューションを得て、確実に成果を自社のものにできます。技術移転という点でも素晴らしい体制ですね。

関口　知的財産の取り扱いは、これまでの共同研究より一歩踏み込んでいますね。

森永　今回、一定規模の投資ができたのも、知的財産面の条件が受け入れやすかったためです。権利の取り扱いについて実用化を見通した配慮があり、企業としてあらかじめリスクヘッジできていたことが、投資を決断できた大きなポイントでした。

鷲尾　私もさまざまなプロジェクトに関わってきましたが、知的財産の取り扱いについて折り合いがつかず、成果を企業に引き継げない事例もありました。今回のスキームは私たちの成果を企業が直接生かせる仕組みになっています。これをぜひ成功させて実用化までもっていき、今後の産学官連携の成功例として示したいですね。

関口　これまでの企業との共同研究が、技術のニーズとシーズのマッチングを主とした“小さな技術交流”だったとすれば、連携研究室は、大きな枠組みの中で、大きな塊をどのようにつくっていくかを一緒に考えていくものだと言えます。3年という投資期間を企業にコミットいただくことは、ダイナミックな研究計画を設定し、一つの組織だけでは難しい研究を確実に進め、成果を生むためのよい強制力となるでしょう。

今後、ほかの企業の皆さまにも、広く連携研究室に関心をもっていただき、新たな研究開発の形として具体的な課題の解決に活用していただきたいと考えています。

ぜひ、産総研にお声がけください。

大阪大学　産業科学研究所　教授
産総研　人工知能研究センター NEC-産総研人工知能連携研究室
連携研究室長（クロスアポイントメントフェロー）

鷲尾 隆

Takashi Washio

お気軽にお問い合わせください！

［連携研究室全般について］
産総研 企画本部総合企画室
〒100-8921
東京都千代田区霞が関1-3-1
☎：03-5501-0901
✉：pl-inquiry-ml@aist.go.jp

［NEC-産総研人工知能連携研究室について］
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）
🖳：http://www.aist.go.jp/aist_j/dept/dithf.html

1882年の地質調査所設立に始まり、前身となる工業技術院時代から今の産総研に至るまで、130年を超える歴史の中で、社会に送り出してきた研究成果を紹介します。

※文中で、工業技術院など前身の組織名を「産総研」と表記している場合があります。

日本の化学工業の発展を主導した国産技術によるアンモニア合成（東工試法）

最先端の科学技術といえば、海外から輸入するのが当たり前だった20世紀初頭、産総研（当時・臨時窒素研究所、後の東京工業試験所第六部）は、アンモニアの合成技術「東工試法」を開発した。この優れた国産技術の完成は、企業により工業化されるとともに日本の産業界に世界に通じる技術を開発できるという自信を醸成し、その後の化学工業の発展に大きな影響を与えることになった。

▲アンモニア合成用の工業触媒

日本初の官学連携大型プロジェクト

20世紀初頭、欧州は人口急増に伴う食糧難に見舞われていた。食料の増産に必要な窒素肥料には、アンモニアが欠かせない。当時アンモニアは、医薬品や爆薬、染料の原料として使われていたが、欧州では肥料用として、いかに安価で大量に合成するかが重要な関心事となっていた。

最初に成果を出したのは、後にノーベル化学賞を受賞したドイツのハーバー[*1]だった。彼のアンモニア合成技術を知ったドイツの化学メーカー BASF社が、同社の技術者、ミッタシュ[*2]とボッシュ[*3]の技術を加えて実用化、1913年には日産30トン規模のアンモニア合成工場を完成させた。

その後、イタリアや米国、フランスなどでも続々とアンモニア合成技術が開発され、化学工業が発展していった。

一方、当時の日本は、まだこのような化学技術の国際競争に参入できるレベルではなかった。この状況を変えるため、国は化学工業の振興を国策とし、ハーバー・ボッシュ法によるアンモニア合成とオスワルト法による硝酸合成の技術開発を目的とした臨時窒素研究所を設立した。1918年のことである。研究を進めるにあたっては多くの大学教授陣らも招聘し、言わば日本初の官学連携の大型プロジェクトであった。

悲願の国産技術「東工試法」が完成

なんとか日本独自の技術を生み出し、世界に肩を並べたい。研究開発は基礎研究や学術的小規模実験から段階的に進められ、中規模実験においては、工業化用の高圧合成装置の整備と、アンモニア合成用の工業触媒の開発が課題となった。

水素や窒素など原料の製造装置やガス圧縮機はまだドイツや米国から輸入して整備を進める中で、アンモニア合成管は唯一の国産品として、株式会社日本製鋼所により製造された。このニッケル・クロム鋼製の合成管は、壁の厚さが7cmもあり、500℃、300気圧までの高温高圧下で使用できるものだった。

装置の整備とともに進められたのが、合成の際に使用する優れた触媒の開発だった。臨時窒素研究所ではミッタシュが開発した二重促進鉄触媒をベースに、製鉄所から出る鉄の酸化物を原料として、促進剤の種類や量、鉄の酸化度など、条件をさまざまに変えた多数の触媒をつくり、その性能を少しでも長く保てるよう、実験を重ねた。

そして研究開始から10年近くたった1926年、ようやく安価で強力、かつ耐久性に優れたアンモニア合成用工業触媒の開発に成功、初めて日本独自のアンモニア合成技術が完成に達した。

この技術は、生産効率を一気に世界水準にまで高め、後に臨時窒素研究所が編入（1928年）された東京工業試験所の名から「東工試法アンモニア合成技術」と呼ばれている。長さ3mのアンモニア合成管に触媒を充填し、500℃、200気圧の条件で合成したところ、1時間あたり30kgのアンモニアの合成に成功し、当時の目標「日産0.5トン」を達成することができたのである。

企業による実用化が成功 日本の化学工業の発展に貢献

次に目指したのは実用化だ。1929年、東京工業試験所は昭和肥料株式会社（現・昭和電工株式会社）に対し、アンモニア合成技術と6件の特許を無料で使用する許可を与えた。当時同社では、海外のアンモニア合成技術を採り入れるべく、視察団まで派遣していたが、最終的には「東工試法」を採用。同業他社からは「国産技術ではまだ、アンモニアの量産は無理」と言われる中

での決断で、日産120トンの生産を目標とした。

当時、東京工業試験所は、スムーズな実用化のため、技術供与だけでなく、研究者2名を同社に入社させている。現在、産総研は「技術の橋渡し」を進めているが、このときすでに、開発した技術の実用化に向けて、企業と密に連携する努力をしていたことがうかがえる。

こうして、昭和肥料はアンモニアの大量合成を目指して研究開発を開始、2年後の1931年、触媒1,900kgを高さ7mの合成管に充填、500℃、300気圧の条件で、アンモニア合成に成功した。その数カ月後には、目標通り、日産120トンのアンモニアの製造を達成。硫酸アンモニウム(硫安)にすると年産15万トンの量だった。これは当時、海外の合成技術を採用していた国内の化学メーカーの製造量に比べ、圧倒的な規模であった。

「東工試法」の完成で、国産の化学技術は初めて世界と肩を並べ、さらに凌駕する結果も出したことは、日本の化学工業にとって大きなターニングポイントとなった。この成功は日本の産業界全体にも大きな影響を与え、当初は輸入に頼っていたプラントの機器も、ほとんど国内の鉄鋼、重電、機械メーカーの製品が採用されるようになった。

その後、メタノール、尿素、人造石油、ポリエチレンなどの合成技術が次々と開発され、実用化されていく。「東工試法」はこのような数多くの技術の礎を築き、日本の化学工業の発展を導いた存在として、今も歴史にその名を残している。

＊1-**フリッツ・ハーバー(Fritz Haber、1868～1934)**
ドイツの化学者。大気中の窒素を原料とするアンモニアの人工合成技術を発明した。1918年、アンモニア合成でノーベル化学賞を受賞。1924年、星一氏(SF作家、星新一氏の父)の招待で、東京工業試験所も訪れている。

＊2-**アルヴィン・ミッタシュ(Alwin Mittasch、1869～1953)**
ドイツの触媒の技術者。BASF社で約2,500種類の金属触媒について実験し、四酸化三鉄(Fe_3O_4)に酸化アルミニウム(Al_2O_3)と酸化カリウム(K_2O)を加えた「二重促進鉄触媒」が最も活性が高く、寿命も長いことを発見した。

＊3-**カール・ボッシュ(Carl Bosch、1874～1940)**
ドイツの高圧機械工学の技術者。ドイツBASF社ブルンク社長(Heinrich von Brunck)とともにハーバーの実験室を見学し、ハーバーのアンモニア合成技術を工業化した。1931年、高圧化学法でノーベル化学賞を受賞。彼の叔父、ロバート・ボッシュ(Robert Bosch)はボッシュ(株)の創業者。

▲アンモニア合成管
(一番右が、高さ3 m、外径38 cm、内径24 cm、壁の厚み7 cmの外管)

国産技術によるアンモニア合成「東工試法」の開発とその企業化に関する資料は、2013年公益財団法人日本化学会により、化学遺産 第021号として認定されました。
■ http://www.chemistry.or.jp/know/heritage/

■アンモニア合成方式の分類と国産化

	方式	圧力 (atm)	温度 (℃)	合成管出口 NH_3濃度(%)	会社名 (現在)	生産開始年	硫安生産量 (万トン／年)
低圧法	モンスニ・ウーデ法(ドイツ)	90～150	400～500	8～12	東亜合成	1933(昭8)	4
中圧法	ハーバー・ボッシュ法(ドイツ)	200～350	500	10～15	三菱化学	1937(昭12)	8
	NEC 法(米国)	250～350	500	10～15	住友化学	1931(昭6)	3
	東工試法(日本)	**200～300**	**500**	**10～15**	**昭和電工**	**1931(昭6)**	**15**
	ファウザー法(イタリア)	200～300	500	10～16	日産化学	1928(昭3)	3
高圧法	カザレー法(イタリア)	600～800	500	20	旭化成	1923(大12)	1
	クロード法(フランス)	900～1000	500～650	25	三井化学	1924(大13)	1

産総研
技術を社会へ Integration for Innovation

— 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.8　平成28年9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
FAX　: 029-862-6212
E-mail : prpub-ml@aist.go.jp

仕事と介護の両立支援

子育てサポートしています
2014年認定事業主

VEGETABLE OIL INK

■ 禁無断転載 ©2016 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。

AIST15-E00004-8