

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

04
2019

APRIL

NO.24

TOP
MESSAGE

P02



～経済的価値と社会的価値の両立を目指して～
産総研と未来の技術を創りませんか

Ryoji Chubachi

新棟始動

P04



サイバーフィジカルシステム研究棟が動き出す
**産総研がAIと産業をつなぐ
新たな拠点を新設**

Tamio Tanikawa

機械加工
工場
模擬環境
P06

人と機械が協働する次世代の製造現場を目指して
ものづくりは次のステージへ

Tamio Tanikawa / Hiroyuki Sawada / Yukiyasu Domae / Mitsunori Tada

小売店
模擬環境
P10

流通現場の自動化を目指し、模擬コンビニで実証実験
人とロボットがともに働く時代のために

Tamio Tanikawa / Yukiyasu Domae

バイオ
模擬環境
P12

実験・解析の自動化でスピーディな創薬開発
AI × ロボットで、バイオ産業の未来を拓く!

Toutai Mitsuyama

小型半導体
製造
模擬環境
P14

企業とともに育てる「AI×ミニマルファブ」
半導体製造の全自動化に挑戦

Shinichi Ikeda

産総研と 未来の技術を創りませんか

～経済的価値と社会的価値の両立を目指して～

産総研LINK読者の皆様には、誌面で幾度かご紹介しましたが、産総研は設立以来、社会と産業の持続的な発展に貢献するために、基礎研究から応用研究までを切れ目なく、一体的に推進してまいりました。そして2015年4月に始まった第4期中長期計画においては、研究成果を産業界のニーズと結び付け、事業化・製品化を進める技術の「橋渡し」を重点事項に設定し、全所を挙げて取り組んでまいりました。2019年度は中長期計画の最終年であり、「橋渡し」の仕上げの年となります。

皆様が日々の研究開発や事業活動の中で実感されているように、人工知能、IoT(Internet of Things)、ロボット、バイオテクノロジーなど新しい技術の進歩は目覚ましく、人々の生活を大きく変えようとしています。数年前までは夢物語と思われていた自動運転技術の実用化は目前に迫り、人工知能やロボットを応用した製品が企業活動や個人の生活の場で使われ始めています。

しかしその一方で、産業発展による負の側面も顕在化してきました。地球温暖化が原因の一つとされる異常気象が世界各地で観測され、多くの科学者が警鐘を鳴らしています。日本でも昨年は記録的な猛暑に加え、多くの自然災害を経験したことは記憶に新しいところです。加えて産業廃棄物や家庭から出

るゴミの問題は、依然として自然環境や生態系への影響が懸念され、また資源の枯渇や食糧問題は解決されないまま、先送りされています。

このような中、国連は2015年、「持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals : SDGs)」を採択し、持続可能な社会を構築するための17の目標と169のターゲットを定めました。このSDGsの採択以降、「持続可能な社会」に対する関心は急速に高まり、産業界にあってもESG(Environmental, Social, Governance)を企業行動の指針に加えたり、投資対象の評価項目とする動きが高まっていることは、ご存知の通りです。

本年4月、約30年続いた平成の時代が終わります。戦後の昭和、平成と70年余にわたり、企業は日本の経済成長の主役として、「経済的価値」の追求を最大目標とし、事業活動を続けてきました。このことの重要性は今後も変わりませんが、それとともに、「社会的価値」の創出が企業に期待される時代になってきました。平成を超えて令和へ、未来に続く企業は、「経済的価値」を向上させることで人々の生活を豊かにするだけでなく、「社会的価値」も生み出し、二つの価値を両立させることで、安全で安心な社会の構築に資するものでなければなり



ません。

産総研は設立当初から、「社会の中で、社会のために」をスローガンに、社会とともに発展し、持続可能な社会構築を目指す活動を続けてまいりました。研究活動の中核をグリーン・テクノロジー、ライフ・テクノロジー、インフォメーション・テクノロジーに定め、企業では取り組みが難しい非競争領域の基礎的・基盤的研究から、企業と協力して事業化・産業化を目指す技術開発までを幅広く推進しています。

産総研には世界水準の研究開発シーズが多く存在しています。これらのシーズは、企業ニーズにマッチし、両者が協力することで、製品化・事業化が実現します。現在、産総研内には企業名を付した連携研究室「冠ラボ」が10室設置され、当該企業の戦略分野における連携研究が進められています。

一方、大学とは基礎研究の成果をいち早く実用化に結びつける研究を共同で進めるべく、7つの有力大学のキャンパスにオープンイノベーションラボラトリー(OIL)を設置し、人材交流と共同研究を推進しています。

また、東京大学柏Ⅱキャンパス内に設置した産総研柏センターや臨海副都心センターに新たにできたサイバーフィジカルシステム研究棟(この号で特集)では、人に寄り添ったAI技術の研究を、産学官一体で今年度から本格的に開始します。

私たちは「大学よりは企業に近く、企業よりは大学に近い」研究機関として、産業に関連する多様な技術を、さまざまなパートナーと協力して開発する「マルチオープンプラットフォーム」として、連携と共創に積極的に取り組んでいます。そして未来の技術を企業の皆様とともに考え、創り上げるパートナーとして、あるいは研究開発アドバイザーとしてお役に立てる研究機関を目指しています。

産総研LINKを読まれている企業や研究機関の皆様、ご関心のある研究テーマや詳しい内容を知りたい研究成果などがありましたら、どうぞお気軽にお問い合わせください。

皆様のご要望にお応えできますよう、所員一同努めてまいります。

一層のご支援とご協力をお願い申し上げます。

理事長

中鉢 良治

Ryoji Chubachi

1977年東北大学大学院工学研究科博士課程修了、工学博士。同年、ソニー株式会社入社。社長・副会長を経て、2013年4月独立行政法人(現・国立研究開発法人)産業技術総合研究所理事長に就任。総合科学技術会議有識者議員、東日本大震災復興構想会議委員等を歴任。



新棟
始動

産総研がAIと産業をつなぐ 新たな拠点を新設

サイバーフィジカルシステム研究棟が動き出す



人工知能研究センター
副研究センター長

谷川 民生

Tamio Tanikawa

AIとロボットを活用する未来の現場

—— この新棟施設で行う研究開発の狙いを聞かせて下さい。

谷川 産総研に人工知能研究センターが設立されたのは、第3次人工知能(AI)ブームが高まっていた2015年のことです。あれから4年、人工知能研究センターではさまざまなAI技術に関する研究開発に取り組み、技術を蓄積してきました。実社会でもAIはすでに製品やサービスに実装され始めています。

これまで、AI研究で先を走るグーグルやアマゾンなどの巨大IT企業を含め、AIが扱ってきたのは主にインターネット上にある情報でした。その技術が形になってきている今、AIはいよいよインターネット上にないデータ、すなわち、リアルな現場にある物理的なデータをターゲットにしていく段階に入っており、私たちとしてもAI研究を次のフェーズに進める時期がきたと考えています。

現実問題として、労働人口が大きく減少していく中で、産業の現場では手順の最適化など効率化を進めるためにAIを活用する動きが急速に高まっています。それに加えて、人の代わり作業を行うロボット、あるいは人と協働して仕事を進めるロボットも、これから確実に必要になってくるでしょう。

センサーが集めてきた多様なデータを、AIとロボットがあれば現場でダイレクトに活用していくことができます。産総研にはAI



KEY POINT



2019年4月、産総研臨海副都心センターに新設された**サイバーフィジカルシステム研究棟**が本格稼働する。この新棟には**工場、コンビニ、バイオ実験、半導体製造施設**という現場を模したスペースを設置し、企業とともにAIやロボットを活用する技術の実証実験を進め、研究室と流通・生産の現場をつないでいく。

技術だけでなく、センシング技術もロボット技術もありますので、私たちは現場の情報とAI・ロボットをつなぎ、製造や流通現場で使える技術やサービスを生み出す基盤をつくっていきたくて考えています。その研究開発のプラットフォームとなるのが、今回オープンしたサイバーフィジカルシステム研究棟です。

製造・流通を再現したスペースで作業をデータ化

—— 具体的にはどんなことをしていくのでしょうか？

谷川 現場の情報とAIをつなぐといっても、現状では大きな問題があります。当たり前ですが、データなしではAIは何もできません。ところが製造や物流などの現場にある物理的な情報は、まだほとんど定量的なデータとして加工されていません。そこで今回稼働を始めたサイバーフィジカルシステム研究棟には、製造現場である工場、変量多品種デバイス製造のための半導体製造施設、販売と物流の現場であるコンビニ、そして創業・バイオ実験の現場という4種の模擬現場をつくり、実際の現場と同じような物理データを取得できる環境を整えました。

この4種を実証実験の対象として選んだのは、社会的なニーズがあり、かつ産総研がすでに十分蓄積した技術を活用できる領域であること、実際にロボットを動かせる現場であること、という理由からです。各スペースの詳細は別途紹介しますが、多数

のセンサーを備えた模擬現場でロボットを実際に動かし、人との協働作業に関するデータを集めて現場の動きや設定条件などをデータ化していくほか、AIを使いロボットを動かすために必要なさまざまな要素技術の開発も進めるなど、AIと現場、サイバー空間と実空間をつなぐ研究開発を進めていきたいと考えています。

新ビジネスを創造する場に

—— これからの構想についてお聞かせ下さい。

谷川 現在、多くの企業では、生産性向上だけでなく人材育成も課題となっています。特に中小製造業では技術が属人化しているケースも多く、高度な技術を持つ人が退職すると、それまでと同じものが製造できなくなってしまうという例も少なくありません。現場作業のデータ化やAIを用いた作業分析は、そういった技術の継承・保存という点でも役に立つでしょう。

また、世の中にはない新しいビジネスが、あるビジネスと別のビジネスの間の横断的領域から生まれる可能性があります。しかし、企業が単独で横断的領域の探索を独自に行うのは簡単ではありません。そこでこのサイバーフィジカルシステム研究棟には、さまざまな企業や研究分野の方々が集まる環境をつくっていきます。そして、新しいビジネスを創造できる場にしたいと考えています。皆様、ぜひここにお集まりいただき、未来のビジネスを一緒に作りだしていきましょう。

AIを自分の分野に活用してみたい! と思ったらぜひ一度ここにおいて下さい。新たなアイデア・発想と出会えます。

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

産総研 情報・人間工学領域 人工知能研究センター

〒135-0064 東京都江東区青海2-4-7
<https://www.airc.aist.go.jp>
airc-info-ml@aist.go.jp

機械加工
工場
模擬環境

ものづくりは次のステージへ

人と機械が協働する次世代の製造現場を目指して



人工知能研究センター
副研究センター長

谷川 民生

Tamio Tanikawa



人工知能研究センター
総括研究主幹 兼
つながる生産システム研究チーム
研究チーム長

澤田 浩之

Hiroyuki Sawada



人工知能研究センター
オートメーション研究チーム
研究チーム長

堂前 幸康

Yukiyasu Domae



人工知能研究センター
デジタルヒューマン研究チーム
研究チーム長

多田 充徳

Mitsunori Tada

KEY POINT



サイバーフィジカルシステム研究棟の1階に、「工場」を模した空間がある。ロボットが製造ラインで組み立てを行い、製品が自動で移動し、さまざまな加工機械が並んでいる。産総研がつくりあげようとしている未来の製造現場は、**人とロボットはいかに協働**していくべきなのか、AIをどのように活用すべきなのか、IoTによって**工場のネットワーク化はどう進めるべきか**、などの技術をトータルで実証・実験するプラットフォームとなる。企業とともに未来の工場を模索、追求し、日本のものづくり再興を目指す。

人とロボットが協働して日本の製造業を支える

谷川 サイバーフィジカルシステム研究棟にどのような模擬環境を設置するかを決めるにあたり、「労働生産人口減少により影響が大きい産業の環境」を解決すべき課題の一つとして掲げました。製造工場も近い将来直面する課題です。

工場の代表ともいえる自動車工場は特定の車種を大量に生産するため、ロボットによる作業の自動化が進んでいます。一方、部品等の製造工場では、事業の性格上、多品種少量生産が主流になっており、人間が工程を担う「セル生産方式」が採用されています。しかし、労働生産人口が減っていく中で、将来的に人の力に頼るわけにはいきません。すでに人手不足の影響が出ている現場もあります。そのような状況を踏まえ、この模擬工場では、まず、ロボットと人間が効果的に協働する仕組みを考えていきます。これまでの工場ではロボットと人間は別の仕事をしていたのですが、これからは人間のフレキシブル性と従来のパワーに加え、多様な動きができるようになったロボットをどのように組み合わせしていくかが重要となります。

また、加工機などを使いこなす熟練した職人たちの高齢化により、製造現場から「匠の技術」が失われつつあり、AIを活用し、彼らの技術を後世に残し、伝える仕組みをつくっていきます。

さらに、1工場で1つの製品の生産を完了させるのではなく、複数の工場をネットワーク上でつないで多品種少量生産に適応していく新しいダイナミックな生産体系、すなわち「つながる工場」の仕組みづくりにも取り組み、この模擬工場では実証実験を進めていく予定です。

これらの研究開発には、ロボットや加工技術、そして人間の動きを計測する技術など、多様な技術が必要となります。まずは堂前さんから工場にロボットを導入していく場合の課題について話してください。

暗黙知をデータ化する技術を開発

堂前 これまでの大量生産の現場では、ロボットは特定の動きだけをしていればよかったのですが、1人の作業者が1つの製品を組み立てる変種変量生産の現場では、ロボットは非常に複雑な作業を要求されることになります。

また、短期間で次々と新しい工程に移っていく環境の中で、人と機械が協働しながら組み立て作業を行えるようにするには、作業者の動きのデータを取り、人の作業をどのようにロボットに置き換えていくかを見極めていく必要があります。

さらに、これまでのロボットは据え置き型でしたが、今後は人の代わりに工場内を自在に移動する必要も出てくると思います。ロボット自体が移動できる状態で、いかに作業精度を上げていくか、また作業自体を計画していくかも課題となると考えています。

谷川 加工技術のデータ化についてはどうでしょう。

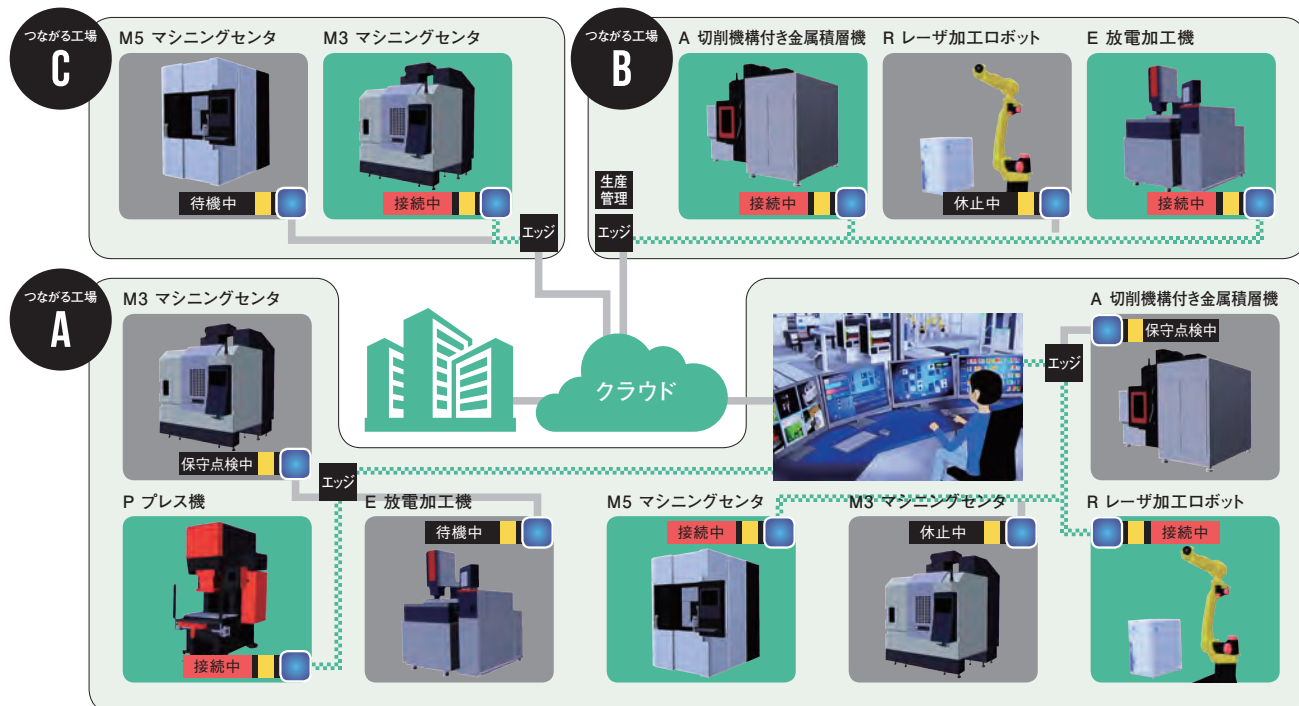
澤田 加工技術のデータ化にもまだ多くの課題があります。例えば、熟練者の技能をデータ化する場合、熟練者はどこを見て、何を計測し、そこからどう判断して制御パラメータを設定するのかといった暗黙知を明らかにしていく必要があります。それには、まず、どのようなデータを取るべきか、そのデータがどのようにアウトプットにつながっているのかを突き止めなくてはなりません。その上で、作業と製品品質の関係性もみていかなくてはなりません。

谷川 つながる工場についてはどうですか。

澤田 工場と工場、装置と装置間をネットワークでつなぎ、作業工程の情報などをやり取りしながら製品をつくる「つながる工場」では、ある工場のある装置でトラブルが生じても、すぐに工場内あるいは他の工場にある同じ役割を担う装置とつないでスムーズに製品を完成させる、というビジョンを描いています。とはいえ、ネットワークで工場や装置をつなげば、すぐに「つながる工場」になるわけではありません。最近の製造装置

つながる工場モデルラボ

A、B、C各工場の機械の移動状況は、ネットワーク経由ですべて把握でき、どこかの機械（例えばC工場M3 マシニングセンタ）に異常が発生した場合には、すぐに代替可能な機械（この場合、C工場の待機中のM5 マシニングセンタやA工場の休止中のM3 マシニングセンタ）を割り当て、工程の組み替えやスケジュールの再調整を行う。



は製造に関するさまざまなデータを自動的に取得していますが、メーカーによってデータの種類も形式も違うので、まずはそれらのデータを一元的に管理する仕組みをつくる必要があります。ここの模擬工場にはあえて異なるメーカーの装置を揃え、データの扱い方を検証していきます。これは将来的に標準化にもつながっていくと考えています。

谷川 現場の加工技術のデータをつくるにも、人とロボットの協働方法を見出すにも、作業者の動きの正確な把握が必要です。人間の動きの計測や解析は、どのように進めていくのですか。

多田 工作機械やロボットであればセンサーを機器に組み込み、そこから情報を取得できますが、人の動きを計測するのは簡単ではありません。私は模擬工場を活用して信頼性の高い人間のデータを取る技術を開発し、その場にいる人間の動作をコンピュータ上に再現したいと考えています。

そのためには製品をつくる作業の流れの中で作業者の一連の動きを計測したり、非熟練者から熟練者までさまざまなレベルの作業者の動きや力のかかり具合などのデータを取得して、解析していく必要があります。現在は十数個のセンサーを作業者につけてもらう必要がありますが、将来的には少ない数のセンサーで人間の運動の計測・解析ができる技術も開発し、精度

の検証も進めていく予定です。この動作分析は、人材育成プロジェクトの一環としても考えており、企業や大学の方々にきていただいて育成カリキュラムを実施し、その中でデータを集めていくことを検討しています。

また、人とロボットが協働するためには、データを後から解析するのでは間に合わないため、その場でリアルタイムに計測・解析する技術をつくる必要もあると考えています。

製造現場でAIをどう活用するか

谷川 それぞれの技術領域で、AIはどう活用していけるでしょう。

堂前 ロボットが物体を認識する部分にも、人とのインタラクティブなやりとりの部分にも、AIは広く活用できます。また、囲碁や将棋のAIが、人間では思いもよらない手を打ったりするように、製造現場のAIは人間が考えつかない効率的な工程、エラーが生じにくい新しい工程を生み出せるのではないかと期待しています。

多田 人間の行動様式や認知様式などがデータ化されるということは、人間のフィジカルな情報がサイバー上で解析できるよ

うになるということです。ある作業をするときに関節の角度はどうか変化し、ねじりの強さや筋肉の張力はどの程度かということも把握できるようになれば、作業者が感じる負担も予測できるようになるでしょう。それはロボットが人と協働作業をするときに、負担なく作業できる環境をつくることにも役立てられます。これまで数十人程度の作業員へのアンケート調査などから作業負担を計測してきたのですが、将来的には工場で働く人にウェアラブルセンサーをつけてもらって、大規模にデータを取り、そこから人間の行動様式のモデル化につなげられると考えています。

谷川 模擬工場から取れる多様なデータから、AIがさまざまな因果関係を見出すことで、1人あたりの生産力の向上につながる支援策をつくっていけるでしょう。また、工場全体を運用していく管理者への支援にも、AIは使われていくと思います。「もう少し人を雇おう」などの判断を行うのは人間ですが、AIはそのような経営判断のもととなる情報と解を提供できます。

澤田 AIにより人間の作業予測ができるようになれば、工場では非熟練者などを対象に拡張現実(*1)技術を導入し、次の作業の指示を的確に行うようなことも考えられますね。

未来の工場の実現に向けて

谷川 企業とともに研究を進めるこの模擬工場は、AIを実際の工場に入れていくという最終目的を目指し、企業とデータを共有しながら、どのようなビジネスに活用できるかを考え、導入モデルをつくっていきたいと思っています。皆さんはどうですか。

澤田 「つながる工場」に関しては、将来的には工場同士、企業同士をつなげて、仮想的な生産ラインをつくる時代が来ると予想されます。この模擬工場と他県の公設試験研究機関などをつなげ、未来に向けた実験も進めていきたいですね。

堂前 すでにロボットが人と同じ生産ラインの一部を代替している工場はありますが、人と環境を共有しながら、ロボットが新たにセル生産による組み立て環境をつくるような、未来のニーズに即した人と親和的に作業できるロボット技術をつくっていきたいです。

多田 人間の運動計測に関する究極的な目標は、全国のあらゆる工場の作業員がウェアラブルセンサーを身につけ、各人の動きのデータをインターネット上で、リアルタイムに解析することです。それによって負荷の少ない働きやすい環境をつくることが

できれば、その技術は、人々の生活シーンにも応用され、住みやすい住宅や人が集まりやすいコミュニティをつくるためなどにも展開していけるでしょう。

谷川 将来的には機械類の製造工場だけでなく食品工場のような超多品種を扱う製造現場も自動化していきたいですし、屋内から出て農業との連携なども考えていきたいですね。適用範囲を外に広げ、最終的には社会全体とつながることで、「Society 5.0(*2)」の実現も見えてきます。

堂前 工場における人間とロボットの協働も、Society 5.0の実現につながっています。人とロボットの協働が可能になれば、その技術をオフィスや家庭にも広げて「ロボットと暮らす」を考えていけるようになりますからね。

澤田 工場内には社会へ応用できる技術がたくさんあります。例えば工場内で部品などを自動走行車に乗せて運ぶ場合、作業員の安全確保が課題となりますが、安全は公共の場や家庭内などどのような場面でも重要で、工場内で安全を確立する技術は社会に応用できると考えています。

谷川 この4月には産総研が中心となってコンソーシアムを立ち上げ、どのような研究をすべきか、どのように人材を育成すべきかなど、企業の方々と検討していきたいと思っています。皆さんも一言お願いします。

澤田 考えるだけで手を動かさなくては、決して前には進みません。この模擬工場を、ぜひ皆様の思いつきを試す場にしたいと思っています。

堂前 工場のノウハウは現場に集約されています。苦労されている課題などを共有し、協力して解決していきましょう。

多田 人間の作業計測はまだあまり手のつけられていない分野です。製造現場における人間の動作に科学的なメスを入れて、動作分析を企業の方と一緒にしていければと考えています。

谷川 これまで日本はものづくりで強くなってきましたが、現在は低迷し、将来的な人口減を考えると衰退の危機にあると言っても過言ではありません。これまで培ってきた技術を残し、さらに発展していくためには、各企業が連携し、情報を交換しながら、次世代の技術を積極的に取り入れる必要があると考えます。ぜひ産総研コンソーシアムを活用していただければと思います。

*1 Augmented Reality の訳。実在する風景(現実)にバーチャルの視覚情報を重ねて表示することで、目の前にある世界を“仮想的に拡張する”というもの

*2 サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会

小売店
模擬環境

人とロボットがともに働く時代のために 流通現場の自動化を目指し、模擬コンビニで実証実験



人工知能研究センター
副研究センター長

谷川 民生
Tamio Tanikawa



人工知能研究センター
オートメーション研究チーム
研究チーム長

堂前 幸康
Yukiyasu Domae

マテリアルハンドリング技術の開発と 人・機械の協働のあり方を検証

AIが実社会の情報を正確に扱えるようになれば、AIによってロボットを制御することが可能となり、企業や社会の中でロボットが活躍できる場面は飛躍的に増えることが予想されている。その有力候補としてロボットの導入が期待されているのが、物流の現場だ。

現在、流通事業者の倉庫などでは、注文を受けると人間が商品をピックアップし、梱包して発送している。しかし、物流の現

場では人手不足が大きな問題となっており、将来労働人口の減少が急速に進むと予想される中、物流の現場にAIを搭載したロボットを投入することは、人手不足の有効な解決策の一つであり、これまでもマテリアルハンドリング(通称マテハン。生産拠点や物流拠点内で物を移動したり扱ったりすること)にロボットを導入する研究は進められてきた。

「少し前までは、ロボットに物体認識をさせること自体に課題があったのですが、現在は画像認識技術が高度化し、多品種の画像認識に対応できるようになってきています。また、物をどのような角度で、どのような力加減で掴むかといったピックアップ

KEY POINT



サイバーフィジカルシステム研究棟に設置された、**コンビニ**の模擬店舗。ここではAIやロボットを導入した時の、**マテリアルハンドリング技術**や、**人と機械の協働**のあり方について検証を進めていく。

の技術開発についても、さまざまな種類の物に対応できるようになりました」

ロボット制御技術の研究を手がける人工知能研究センターオートメーション研究チームの堂前幸康は近年の要素技術の進展をそう説明し、マテハン技術が高度化した今、次の研究フェーズに進む機が熟しつつあると熱を込める。

そこで産総研はサイバーフィジカルシステム研究棟に、物流現場のマテハンに必要な要素技術の研究開発および実証実験を行うための模擬コンビニ店を設置した。

「コンビニは扱う商品アイテム数が多く、1店舗500アイテムにもなります。また、品出し、陳列のほか、清掃や調理まで多様な業務が集約されていて、要素技術の実証実験の場として適しているだけでなく、同じ空間内で人と機械がそれぞれ異なる仕事をするにより、全体で労働の効率を上げるという、新しい人と機械の協働のあり方も検証していけると考えたのです」堂前はコンビニを実証実験の現場として選んだ理由をそう説明する。

技術の実用化までの過程において、模擬施設が果たす役割について、研究の取りまとめ役を担う谷川民生は次のように語る。

「研究室でも物を掴む、並べるといった一つ一つの動きの実験はできますが、実際の空間で稼働させてみなければ、本当に社会で使える技術になっているかどうかはわかりません。しかし、営業中の店舗での長期間の実験は簡単にはできません。まずはこの模擬スペースで、ロボットにできることを確認し、最終的にはリアル店舗で検証して実用化につなげていきます」

技術を開発し、使う仕組みも考える

実際にここではまず、ロボットが物を掴めるようになった段階から、掴んだ物をどう棚に置き、どう整理させるかなど、スムーズに次の動作につなげていくための研究開発を進めていく。ロボットによるマテハンが高度化すれば、コンビニをはじめとする小売業の自動化を担うシステムづくりにもつながる可能性がで

てくる。なぜならロボットが作業するという事は、それだけで各種のデータが取れ、データ管理が自動化されるからだ。例えば、消費期限や在庫数などが自動的に把握されると、データ管理の手間を大幅に減らすことができる。

「マテハンの領域ではまだ人間に比べてロボットの動きは遅いですが、当面の間、データ管理はロボットが行い、スピードが必要な仕事は人間が行うなど、それぞれの得意分野によって担当業務を分けることで、全体の業務の省力化を図ることができるでしょう」(堂前)

そのような効率化が期待できる一方、社会実装に向けての課題は少なくない。例えば、現在AIが商品を認識するためには、パッケージの色や形状など、その商品に関するデータが用意されていなければならない。今はそのデータを研究者たちがつくっているが、将来的にロボットが現場で使われるようになったとき、誰がそのデータをつくるのだろう。メーカーなのか、それともコンビニ側の仕事になるのだろうか。

「私たちの仕事は技術が完成したら終わりではありません。新しい技術を社会で使ってもらうためには、それを使い続けられる仕組み自体もつくり、社会全体で共有していく必要があります。このような模擬環境があれば、その技術を使うための仕組みづくりのステップにも進みやすくなるでしょう。店舗運営に必要な機器類・商品のメーカー、ユーザーであるコンビニチェーンだけでなく、ぜひ多くの企業にご参加いただき、お互いに意見を出し合って、考えていきたいと思います」(谷川)

「仕組みづくりとともに、個々の要素技術も実用化に向けて実証していきます。技術シーズを持つ大学も、それをビジネスにつなげたい企業も、ぜひお気軽にご相談ください」(堂前)

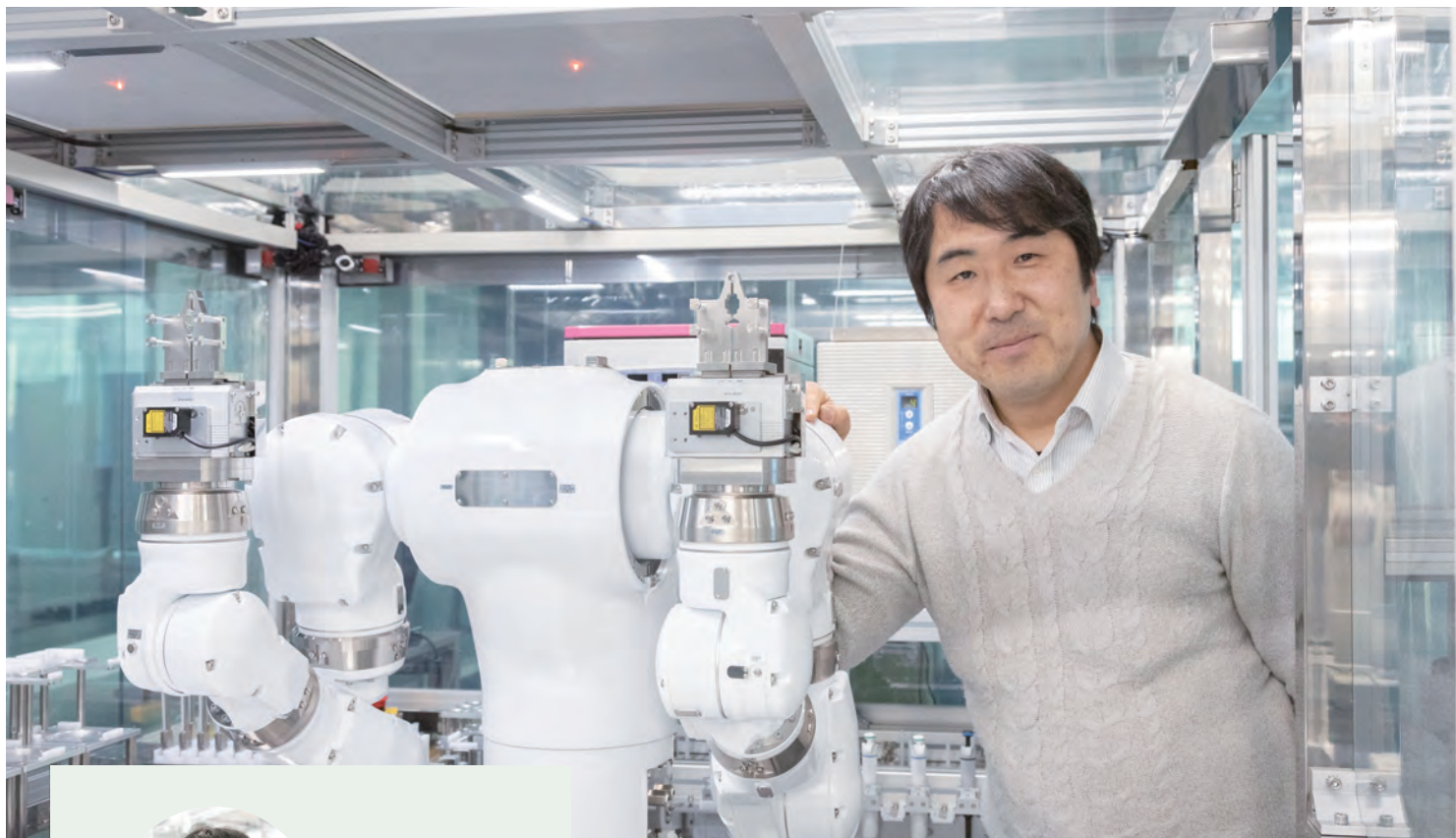
ここで開発した技術や得られた知見は、流通だけでなく、製造や介護など、さまざまな現場にも活用できる可能性がある。

また、安全性の問題など乗り越えるべきハードルはたくさんあるが、これらのデータを学習したロボットがゆくゆくは家庭の中でも使われる、そんな未来がくるかもしれない。

バイオ
模擬環境

AI × ロボットで、バイオ産業の未来を拓く！

実験・解析の自動化でスピーディな創薬開発



人工知能研究センター
オーミクス情報研究チーム
研究チーム長

光山 統泰

Toutai Mitsuyama

バイオ分野の実験をロボットが高精度で実行

サイバーフィジカルシステム研究棟の4階バイオ実験室で、2台の双腕型ロボットがゆっくりと腕を動かし、ピペットで中の液体を吸い取っていた。

ピペット操作も含めライフサイエンス実験は、人間が一つ一つ手を動かして行うものが多い。しかし、人間の手作業では、サンプルの条件を高い精度で一定にそろえることが難しい。「それに対してロボットは24時間、いつでも確実に同じ作業ができます。培養液も、決められた量をわずかの狂いもなく注入できるので、

実験条件を常に一定にすることができるのです」と人工知能研究センターオーミクス情報研究チームの光山統泰は言う。

培養条件を細かく変えて、その結果をもとに実験を行う場合、人間の手作業では条件が一定にならないため、得られた測定データの品質は高いとはいえない。そのため、大量のデータを解析する場合、それぞれのデータに応じた補正処理が必要になる。しかし、生物学には物理学で用いられるような普遍モデルはなく、実験ごとの補正条件を定めるには研究者の経験や勘に頼らざるを得なかった。

「より正確な解析結果を得るには、品質の高い測定データが必要であり、それにはより高い精度で条件を一致させた実験をしなくてはなりません。これまではそれ自体が難しいことでしたが、自動で実験を行うロボットを導入することにより、測定データの品質の問題が解消できると期待されています」

KEY POINT



AIとロボット、超解像度顕微鏡を組み合わせ、バイオ分野研究のための実験とデータ解析を自動かつ高精度で実現。高品質な測定データを大量に収集し、正確に解析することで、**再生医療や創薬の効率化を目指す。**

AIが細胞の分化度合いを自動判別 培養条件の探索も可能に

細胞培養を行う際、細胞の分化度合いを顕微鏡で確認する作業が必要になる。ここでは、ロボットで培養した細胞を超解像度顕微鏡で自動的に撮影し、その画像の分化度合いをAIが判断するシステムを構築している。このAIとロボット、さらには超解像度顕微鏡との組み合わせが、この研究の大きな特徴だ。

「超解像度顕微鏡の画像では、これまで人間には捉えきれなかった精度で細胞分化の度合いなどが観察できます。これまで人が写真から、培養条件と細胞の変化の関連性を見出していました。AIの導入により、人間が気づかないような微妙な関連性が解析できるようになったのです」

現在、特定の細胞においては、ほぼ100%の割合で分化度合いを判断できるようになった。

「ロボットを用いれば、培養条件を細かく変え、細胞がそれぞれでどのように分化していくかに関して、信頼性の高い測定データを得ることができます。その測定データをAIが自動判別できるようになれば、それぞれの細胞を培養するための最適な条件を自動探索することも可能になってくるでしょう」

さらに、高速で撮影ができる超解像度顕微鏡を新たに導入し、AIに学習させるための大量のデータ取得も同時に行っている。

創薬や再生医療への貢献を目指して

AIとロボットの組み合わせによる実験の自動化と実験品質の安定、そこから得られる測定データの品質の安定により、データ解析の精度があがる。解析の結果に基づき実験手順を変更し、またそのデータを用いて解析する、というような活用もできるかもしれない。そしてこのサイクルが発展することで、再生医療やがん治療法の開発などを、よりスピーディに進めていけるよう

になる可能性がある。また、これまで人間の経験と勘に頼っていた核酸やタンパク質などの生体機能分子の探索が自動化されることで、新薬の開発や革新的な機能を持つ分子の開発が、これまでよりもずっと短時間になることも期待されている。

現在は双腕型ロボット2台を使って細胞培養の実験やがんの進行過程の解明につながるエピゲノムに関する実験を進めている。将来的には、この型のロボットだけでなく、さまざまなバイオ実験ロボットとの組み合わせを検討する構想もある。

「今後このサイバーフィジカルシステム研究棟を、新しいバイオ研究の拠点としていきたいと考えています。頭=AI、手=ロボット、目=顕微鏡という役割分担で、AIは実験手順の最適化を行い、ロボットが実験を実施し、顕微鏡で結果観察をする。そしてその結果に応じて再度AIで最適化…というループを高速に動かすことが期待できます。いずれはバイオ実験の全工程を自動化し、研究者は実験をロボットにすべて任せて、新たな価値を生む研究に専念することが当たり前になるとよいですね。そのためには今後、“細胞培養実験をしているが細胞がうまく培養できない”、“培養の最適条件を見つけない”などの課題に対し、いろいろな企業の方々とチャレンジしていきたいです。ぜひお気軽に声をかけてください。各種の実験にAIとロボットを応用することで自動化し、バイオの世界の新しい未来を拓いていきましょう」と光山は力強く語る。

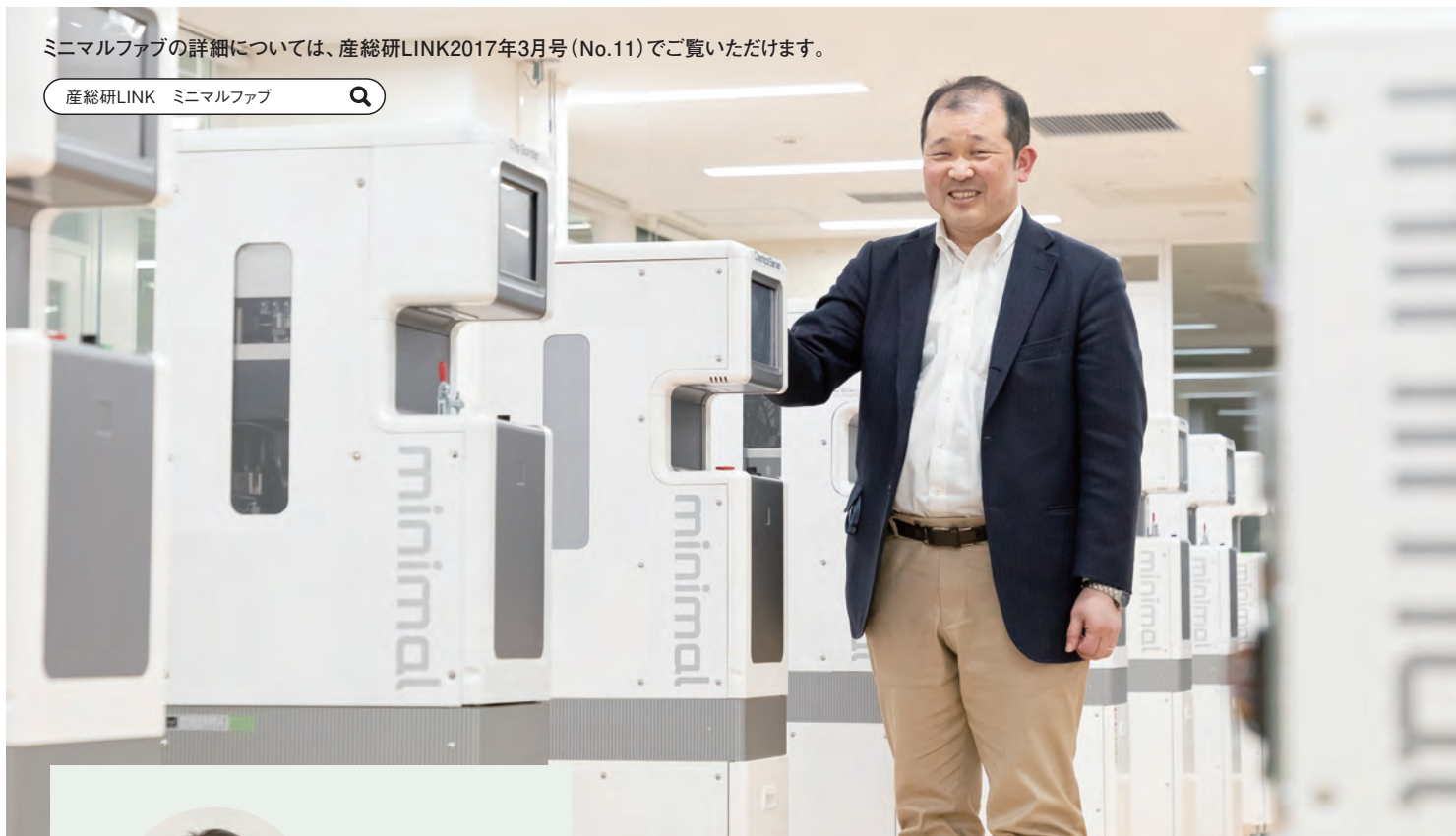


半導体製造の全自動化に挑戦

企業とともに育てる「AI×ミニマルファブ」

ミニマルファブの詳細については、産総研LINK2017年3月号(No.11)でご覧いただけます。

産総研LINK ミニマルファブ



人工知能研究センター
つながる生産システム研究チーム
上級主任研究員

池田 伸一

Shinichi Ikeda

ミニマルファブにAIを導入

産総研で開発された「ミニマルファブ」は、幅30 cm弱、奥行45 cm、高さ144 cmの超小型の規格化された半導体製造装置によって構成される。クリーンルームが不要で、わずか1個から半導体製造が可能。このような“常識外”を実現し、半導体製造を一変させるポテンシャルをもつ「ミニマルファブ」は大きな注目を集めている。

サイバーフィジカルシステム研究棟の一角には、このミニマル装置がズラリと並んでいる。一見どれも同じものに見えるが、感

光剤の塗布、露光、エッチングなど、それぞれ異なる1つの機能をもつ製造装置であり、目的の半導体デバイスの製造に必要な複数の装置を選択し組み合わせることで、半導体製造ラインとなる仕組みだ。

ミニマル装置は2014年から販売が始められた。最近、タッチパネルと制御システムを一体化した新開発のコントローラをミニマル装置に実装することで、高度なセキュリティ対策が可能となった。

「複数のミニマル装置をネットワークでつなげて、一体的に運用できる準備が整いました。最終的に、ミニマルファブをつながる工場として運用し、半導体製造にAIを導入していけるよう、この新棟を拠点に開発を進めていきたいと考えています」

これまで産総研のつくばセンターでミニマルファブの開発に携わってきた池田伸一は、これからは臨海副都心センターを拠点に、新たな開発に取り組んでいくことになる。

KEY POINT



半導体などの電子デバイスを製造できる小規模工場「**ミニマルファブ**」の新型装置群が、サイバーフィジカルシステム研究棟に設置された。産総研では、これらの製造装置にAIを取り入れることにより、**半導体製造の省力化、効率化**を進め、最終的な全自動化を、企業との協業により実現していく。

人間による条件設定をデータ化し、AIが好適条件を抽出

ミニマルファブの製造装置を動かす際、現状ではオペレーターが細かい製造条件の調整を行っている。例えば半導体の洗浄工程一つとっても、洗浄液の温度や成分、洗浄時間や手順などの条件を設定する必要がある。全工程について、今は人間が条件の洗い出しを行っており、それには膨大な経験に裏打ちされた暗黙知的要素が重要となる。

「製造工程数が数百にもなるLSI(大規模集積回路)などの複雑なデバイスをつくるには、少なくとも100台単位のミニマル装置群を動かす必要があります。全工程について条件出しを行い、連続稼働させたときにデバイスがきちんと製造できるよう調整するには、人間の経験だけに頼ってでは限界があります。例えば質の良いデータを取得できる環境を整えた上でこの部分にAIを活用し、各工程内あるいは工程間の製造条件を最適化して自動化していければ、製造現場の省力化に大きく貢献できるでしょう。同時に故障・異常検知、品質の安定化や向上にもつなげていけると思います」

つまり、半導体製造各工程の製造条件について、さまざまなデバイスごとの最適な製造条件データセットを用意し、共有できる形で管理する。そうすれば「今回はこんなデバイスをつくりたい」「前回のこの部分を変えたい」といったニーズに対し、すぐに基本的な好適条件を示すことも可能になる。あとは実際のデバイスに合わせて条件を詰めていくだけでよくなるので、これが実現できればデバイス開発のスピードは格段に上がる。

全工程の条件を大量に洗い出し、データを蓄積していくにはもちろん時間はかかる。その過程では、さまざまな失敗もあるだろう。しかし、AIを使えば、その試行錯誤のプロセス自体も意味のある学習データとなる。

「人間が製造条件を試行錯誤し決定していく場合、その知見はその人の頭の中にだけ蓄積されていきますが、AIを活用すれば

プロセスのすべてをデジタルデータとして外部に蓄積でき、ノウハウをオープンな場で活かしやすくなるのです」

低コストでデバイス1個から製造可能に

複数の研究領域がサイバーフィジカルシステム研究棟に集約されたことで、領域横断的な新しい動きが起こるかもしれない。例えば、隣接するバイオ実験の関係者からは、化合物の合成に用いるマイクロ流路(石英板上に空けられたマイクロサイズの溝)の作成が可能か、関心が寄せられている。ミニマル装置で微細加工を行えば、大型装置を稼働せずに済むため低コスト・短納期での作成が可能になるからだ。

「ミニマルファブは半導体製造以外の分野にも幅広いニーズがあります。サイバーフィジカルシステム研究棟には装置を気軽に試していただける環境がありますので、装置メーカー、デバイスメーカーはもちろん、多様な分野の企業の方々にこの装置を見ていただき、メリットを実感してほしいです」

池田らは装置自体のブラッシュアップや開発を続けるとともに、この新棟でミニマルファブを動かしながら、AIを用いて製造の自動化を進めるにはどのようなことが必要なのか、どのようなシステムを導入したいのかなどを、企業とともに議論していく予定だ。

「最終的にはここを、研究者らが求める『マイ半導体』をつくれる工場にしたいと考えています。興味のある方はぜひ実物を見にきてください」



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.24 2019年4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

