

JST news

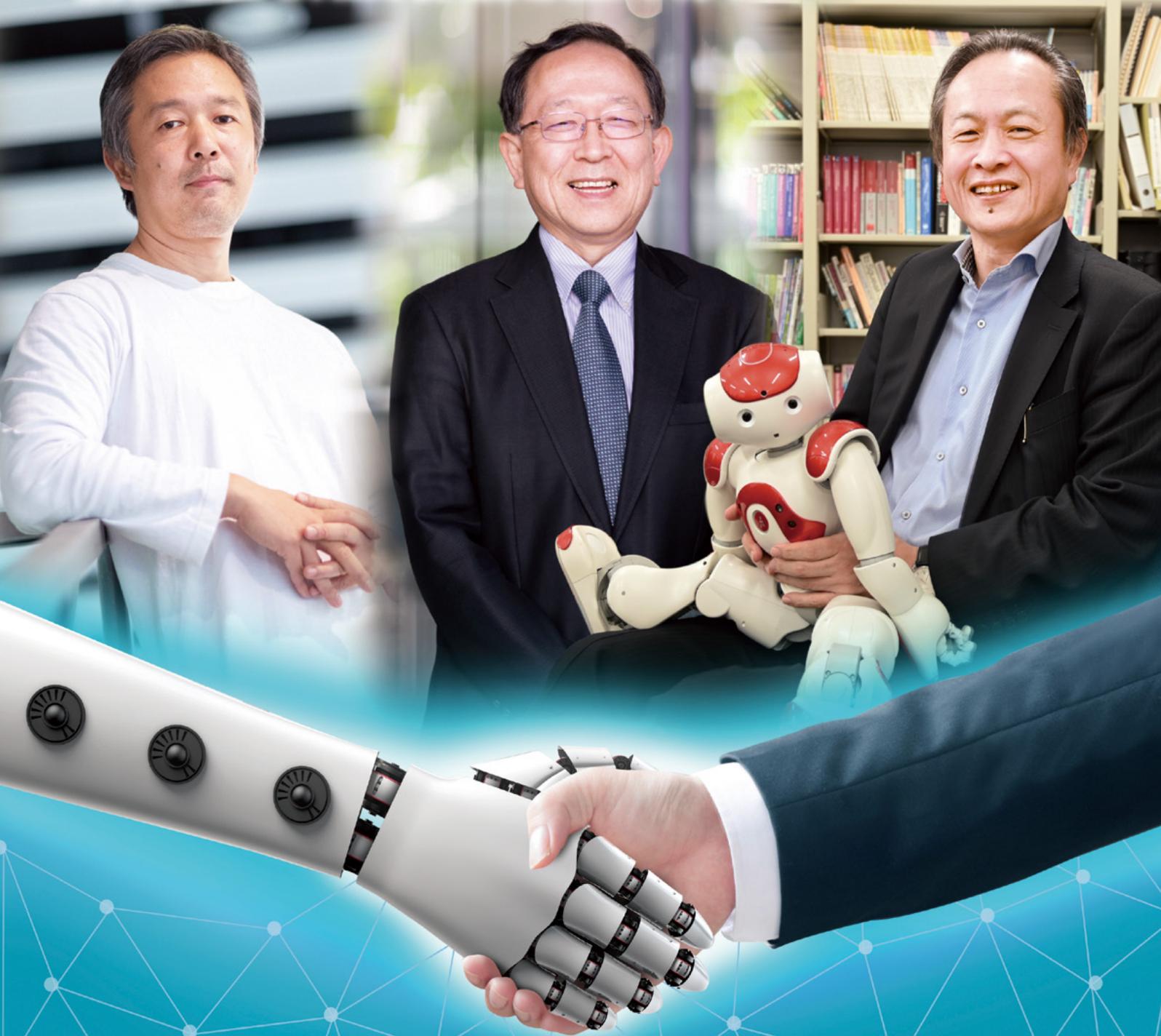
未来をひらく科学技術

特集

人間と機械が協働する時代へ 調和を創る知的情報処理システム

2

February
2020



特集

人間と機械が協働する時代へ 調和を創る知的情報処理システム

人間と機械が調和した協働関係を追究し、個人や集団の知的活動の向上を目指すのが、CREST「人間と調和した創造的協働を実現する知的情報処理システムの構築（以下、「知的情報処理）」研究領域だ。技術が社会にもたらす影響を考慮しながら、人間と機械の協働による新たな知の創出に挑む。2月号特集は、萩田紀博研究総括のインタビューとともに、第1期に採択された早稲田大学の渡邊克巳教授と慶應義塾大学の山口高平教授の研究成果、高校生を対象に開催されたシンポジウム「人とAIの未来スクール2019」を紹介する。



はぎた のりひろ
萩田 紀博
大阪芸術大学 アートサイエンス学科
学科長・教授
2014年よりCREST研究総括



03 特集

人間と機械が協働する時代へ
調和を創る知的情報処理システム



05

人と人との相互作用を解明
雰囲気の中で能力を向上

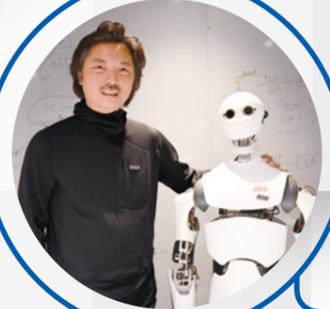


08

誰でも使える人工知能で
働くロボットをつくる

11

公開シンポジウム「人とAIの未来スクール2019」開催
AIを巡る高校生との真剣対話



12 世界を変える STORY

労働力の偏在を分身ロボットで解決



14 NEWS & TOPICS

社会課題の解決に向けた取り組みを議論
ムーンショット国際シンポジウムを開催

16 さきがける科学人

コンクリート研究で
日本と世界をつなぐ架け橋に

東京大学 生産技術研究所
准教授 長井 宏平



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

システムの設計段階から 倫理、法、社会に配慮

約20年前、萩田紀博研究総括はロボットを科学館に連れていき、来館者とコミュニケーションさせる実験を試みた。当時の音声や画像の技術では、目の前に立つ来館者をロボットが確実に認識することは難しく、来館者は自身の情報をロボットに提供する無線タグを持ち歩いた。「初めて会ったロボットが自分の名前を呼びかけてくれることに来館者は喜びました」と振り返る。来館者の行動から展示ブースの人気を正確に把握し、展示内容の向上にも役立てられると、無線タグの効果を実感する一方で、「必要以上に個人の行動を知ることが許されるのか。人間は機械にどう振る舞うべきか」と疑問が湧いた。個人

を追跡するように使うなら、無線タグを持つことを拒否する人もいるだろう。

この出来事が、萩田さんがELSIについて考える最初のきっかけとなった。ELSIとは新しい技術の導入に伴う倫理的、法的、社会的な問題 (Ethical, Legal and Social Issues) のことで、ライフサイエンスの分野では古くから検討されてきた。「どんなに素晴らしい研究成果でも、社会で使うためには技術上の課題を解決するだけでは不十分です。既存の社会に適用されるようにELSIに配慮し、人間と調和できる知的情報処理システムにすることが重要です。例えば行動データの解析は災害対策につながりますが、プライバシーを侵害しないよう個人情報と切り離した上での利用が前提です」。今までは不可能だった個人のアイデンティティ

に関わる部分が観測されたり、インターネットを通して自分の行動が他人から見られたりする不安をなくすため、設計段階からELSIを考慮した知的情報処理システムの開発が求められる。

「知的情報処理」研究領域が発足した2014年当時、AI ネットワークに関するELSIのガイドラインはまだ存在していなかったが、萩田さんはいち早くELSIを取り入れ、以降のCRESTやさき



「知的情報処理」研究領域のロゴ。立体の裏面のH(人間)とM(機械)はサイバー、表面のHとMはフィジカルを表し、サイバー・フィジカル空間の人間と機械の協働を反映している。

がけの研究領域でESLIを考慮することの先鞭をつけた。萩田さんは、人文社会系の助言と提案を研究開発段階から取り入れておくこと、インターネット環境を含む実環境で実証実験を行うことを要件として、応募を呼びかけた。社会への適用を見越してあらかじめ問題を把握し、人間と機械の協働関係の在り方を見いだした上で、実用に即した知的情報処理システムを開発してほしいという狙いだ。

若手を積極的に採択 研究成果の早期実用化へ

研究課題の採択に当たっては、研究の必要性が明確で社会的にインパクトがあるか、従来の技術と比較しても挑戦的で具体的な目標か、要素技術の開発に終始せず総合的な研究体制を形成しているか、国際的に通用する成果が見込めるか、といった点を選考基準とした。

14年から16年まで3回の募集を経て、情報科学、ロボティクス、認知科学などの技術を多岐にわたる知的情報処理システムに応用しようと挑む11の研究課題を採択した。領域アドバイザーには、各専門分野の研究者や産業界の有識者の他、ELSI 関連の選考基準を評価するために弁護士も加わった。

11人の研究代表者のうち、5人は採択時点で40歳前後の若手である。30代後半から研究チームを率いる経験を積み、大型プロジェクトを運営できる研究者を育成することを目指した。「アメリカでは研究者自らが積極的にベンチャー企業を設立していますし、それを後押しするさまざまなプレイヤーがそろっています。しかし日本では、研究に取り組む人材は豊富でも、実用化を進める人材が少ないのです。ELSIも理解した上で起業もできるような情報科学の若い人材を育てたいと考えました」。若手研究者を対象に、起業のノウハウや研究と経営の両立について講演会を開催し、既に4社のベンチャー企業が立ち上がっている。

萩田さんは、チーム内だけでなく、異分野のチーム間の情報共有や共同研究をしやすい環境づくりに努めてきた。研究領域会議では徹底的に議論しあう雰囲気醸成し、これが各チームの研究成果の深化、チーム間での共同研究の提案、追加予算の獲得につながったという。関連するCRESTやさきがけの研究領域のイベント参加や交流を通じて、研究領域間の連携や協力を促した。国際的な連携の強化や成果の発信を狙って、海外のトップレベルの研究者を交えた国際会議も開催した。研究内容の国際水準を高め、国際的な人脈を広げることに効果的だったという。

調和を実現する鍵は対話 状況に適したサービスを

「人間と機械は相いれないもの。これをどうやって調和させるかは非常に難しいことです」と萩田さん。調和の鍵となるのは、場の状況や話の流れに応じた対話の実現だと、知的情報処理システムにおける状況依存サービスの重要性を指摘する。「ロボットの活躍の場が広がることで多様なニーズが生まれます。ロボットを好意的に受け止める人もいれば、気味が悪いと感じる人もいます。人が集まる時間や場所を予測してロボットを登場させればマーケティング効果は高まりますが、多くの人が滞留して混乱が懸念されればロボットを移動させなければなりません。ポジティブなニーズとネガティブなニーズを探り、両方を満たすことが必要になってきます」。

今やインターネットとの関係は、キーワード検索ではなく、表情やジェスチャーなど人間の行動そのものが入力情報となってサービスを提供する形に変わりつつある。「変化する環境を柔軟に認識し、その時、その場所、その人や集団に合わせて最適なサービスを提供できる知的情報処理システムが人間との協働の根幹を担っていきます」。11の研究課題がそれぞれに追究している人間と機械の協働で得られる知や対話内容を変えられる「ELSIを考慮した状況依存サービス(ELSI Aligned Situated Services)」として集約される。「知的情報処理」研究領域から生まれる新たな知が「ELSIを考慮した状況依存サービス」の基盤となり、個人や集団の知的活動を飛躍的に向上させるような社会変革をもたらすと、萩田さんは確信している。

昨年12月に高校生対象のシンポジウム「人とAIの未来スクール2019」を開催した。「高校生はとてよく勉強していて、真面目な深い議論をしてくれます。人間と機械の協働をこれから体験していく高校生に夢を持ってもらうきっかけにしたい」と、萩田さんのまなざしは未来社会を担う次世代にも注がれている。

人と人との相互作用を解明 雰囲気の中で能力を向上

環境やその場の雰囲気は、人の心や行動に働きかけ影響を与えている。そういった無意識の影響は無自覚な動作や自律神経系の反応として表出すると考え、これを科学的に解析しようと挑戦を続けているのが早稲田大学理工学術院の渡邊克巳教授だ。人と人との相互作用の効果を計測技術、生理学、認知科学といった異分野の連携により明らかにし、スポーツなどのパフォーマンスの向上や人に近い知的情報処理システムの開発に生かそうとしている。

わたなべ かつみ
渡邊 克巳
早稲田大学 理工学術院 教授
2014～19年 CREST研究代表者



表層に表れる無意識を捉え 他者や環境の影響を探る

無意識は人の行動にさまざまな影響を与えるが、その詳細な仕組みはわかっていない。心理学者や脳科学者は無意識を理解しようと、心理実験や脳活動の計測など、さまざまな手法で研究を続けてきた。

「15年ほど前から無意識について調べたいと考えていました」と語る早稲田大学理工学術院の渡邊克巳教授もそんな研究者の1人だ。動機や報酬が脳内でどのように処理され、行動に結び付くのかを調べてきたが、脳活動の計測には大掛かりな装置が必要で、場所や時間、行動といったさまざまな制約を受ける。そこで着目したのが、心拍数、発汗、血圧や目の動き、瞳孔の開きなど、本人が気付かないうちに表れる体の変化だった。

特に興味を抱いているのが、2者以上が関わり合う時に生じる無意識的な相

互作用だ。心理学の実験では、感情だけではなく能力も、他者や外部の影響を受けることがわかっている。例えば、ボタンを速く押す課題でも、周りの人が速ければ速く、遅ければ遅くなる。

このように人と人が関わる時には、環境や雰囲気(アンビエント)が無意識(潜在的)に影響を与えて、発汗や心拍数など体の表層(サーフェス)に表れる。「表出しているけれど気付かれていない情報という意味で、潜在アンビエント・サーフェス(IAS)情報と名付けました。良い雰囲気や空気感と言ったりもしますが、2者の間でどのような情報が共有され、変化が起こるのかを科学的に解明したいと思ったのです」と研究のきっかけを振り返る。

実験室を出て現場で計測 センサー機器の革新で可能に

渡邊さんは実験室で精密に環境を制

御し、課題を組み合わせ、無意識が行動に与える影響を計測してきた。このノウハウには自信があったが、1つの疑問を抱いていた。サルや実験協力者にゲームなどの課題に取り組んでもらい、勝って報酬が与えられた時の脳活動を調べる実験があるが、実験でゲームに勝った時とスポーツの試合で勝った時では、喜びの表現だけを見ても大きく異なる。「報酬系」と呼ばれる脳部位の活動だけでは、説明ができなかったのだ。

「実験室では条件を整えて精密に測れるという利点がありましたが、設定された状況なので現場とは異なります。無意識や心を深く理解するため、現場で自然に振る舞っている時のデータを集めたいと考えるようになりました」と説明する。そこで渡邊さんが提案したのが、研究者で野球チームを結成して、試合中のIAS情報を測定するという、今回のプロジェクトだった。

野球で勝つためには、個人のスキル

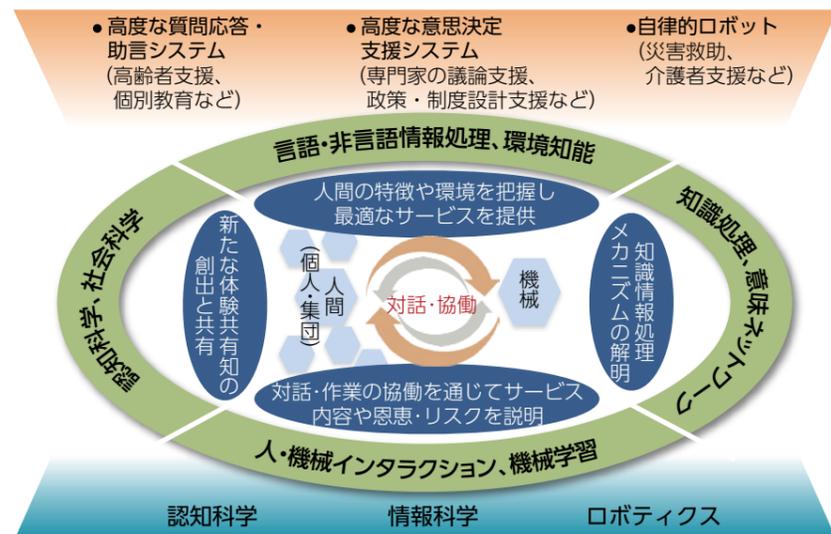
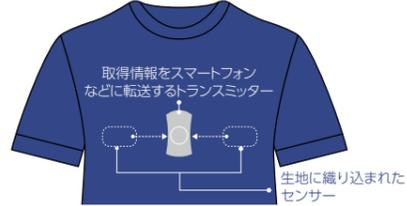


図 情報処理、認知科学、社会科学、自然言語、計算機科学、計算科学、ロボティクスなどにおける要素技術の進化と、それらのシステム統合による知的情報処理システムの構築を目指し、異分野融合・連携に取り組む。

伸縮性のあるウェア型で装着感がなく、長時間着用してもずれにくい

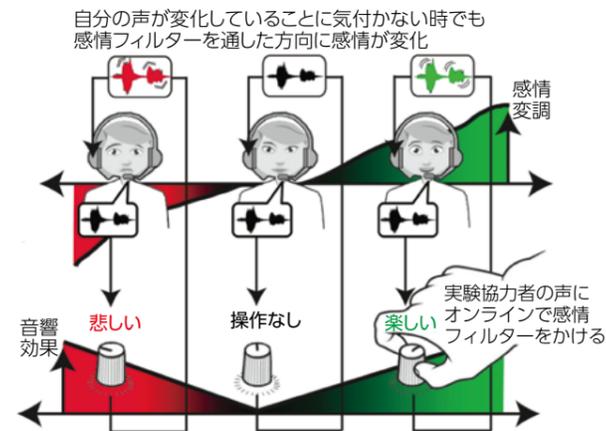


■図1 スポーツウェア型センサー。汗に強く、軽いセンサーを搭載し、運動中でも違和感なく心拍数や心電波形を測定できる。

だけでなくチーム内での相互作用が必要となる。さらに観客や応援団、相手チームとの駆け引きなども関係し、選手の肉体的な能力が必ずしも高いパフォーマンスにつながるとは限らない。このため、野球の試合中の選手や監督、観客の情報を集めて解析すれば、個人の状態に加え、個人のパフォーマンスに周囲の環境や他者が無意識に与える影響まで研究対象にできる。

「私が心理学者として知りたいのは、勝っている時、負けている時に何を感じているかです。計測のために野球をするのでは駄目で、本気で勝ちたいと思っている人を、現場で測定しなければなりません。わざわざ野球チームを結成したのはこのためです」と説明する。計測技術と生理学、認知科学といった異分野連携が必要なものもあり、「CRESTでなければ採択されなかっただろう」と振り返る。

プロジェクトを可能にしたのが、計測技術の革新だ。電気回路を組み込んだユニフォームを着用して心拍変動を計測したり、眼鏡のように装着するカメラで視線の動きを計測したりといった着用可能な(ウェアラブル)センサーの発達で、実験室の外で、より自然に近い状態で生体情報の計測が可能になった(図1)。また、



■図2 実験協力者の声を、「楽しい」「悲しい」声になるように変調して自身に聞かせると、声の変化に気付かなくても「楽しい」「悲しい」といった感情を引き起こすことができる。

「IAS情報は、数分から数十分という短い時間ではなく、1日数時間のまとまった計測を1週間以上といった長期間の連続測定が重要です」と渡邊さんは話す。その希望をかなえる、汗に強く、何度でも洗って使えるセンサーなども登場している。

長期間の計測で解明が期待されるのが、練習でできていたことが試合で急にできなくなる「イップス」である。スポーツ分野で知られている現象だが、詳細はわかっていない。「原因や体の変化が試合直前に起こっているとは限りません。練習時から試合までの長期間にわたる生体情報を集めることで、何が原因で体がどういう状態になっているかを突き止め、対処法を考えることができるでしょう」と意気込んでいる。

IAS情報から見えてきた 一体感や相互作用の持つ力

これまでの研究で、周囲の環境から無意識に影響を受け、感情や行動が変化することが少しずつ明らかになってきている。

「人は悲しいから泣く、と普通は考えます。しかし、泣くから悲しい気分になるということを実験で明らかにすることができました」と渡邊さんは「音声感情誘導システム(DAVID)」の実験について説明する(図2)。実験協力者の声を楽しく、あるいは悲しく聞こえたりするように変調して本人に聞かせると、声が変わっていることに気付かなくても実際にその感情が引き起こされる。「自分の楽しそうな声という外部からの情報が、楽しいという気持ちを引き起こす。つまり、外部からの

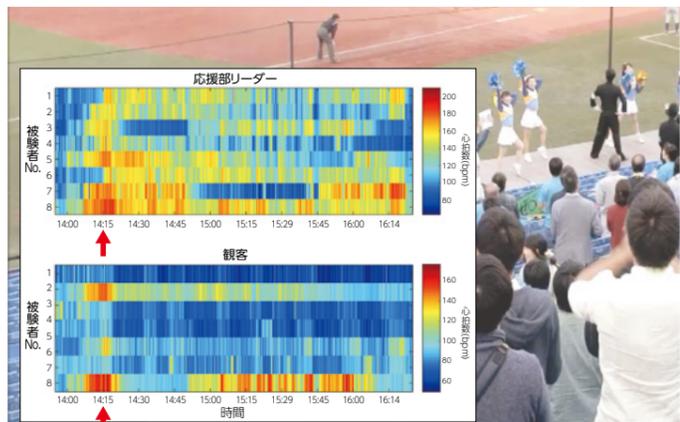
情報は無意識的に感情に大きく影響しているのです」。

周囲の環境や状況が人に与える影響は経験的には知られている。サッカーなどでは、観客の応援が選手のパフォーマンスや判定に影響するため、ホームとアウェーの両方で試合をする。応援によって何がどのように変化しているのか。本当に選手のパフォーマンスに影響しているのか。IAS情報を使えば、これを客観的に明らかにできる。

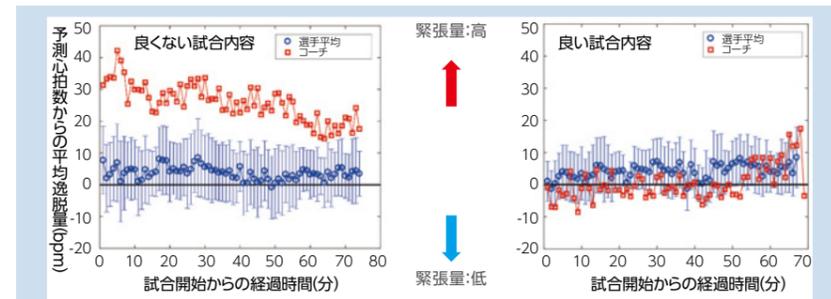
実際に応援団や観客の心拍数を調べてみると、試合に勝つ時には勝ちが決まる前から徐々に心拍数が上がっていく。ヒットを打つなど具体的な変化がなくても、応援団と観客は同じように良い雰囲気を感じ取っているようなのだ。

また、勝ちそうな試合で応援が盛り上がりつつある時には、応援団と観客の心拍や体の動きはどんどん同期していく(図3)。逆に、負けそうになると心拍も動きもばらばらになる。つまり、応援団と観客のIAS情報の同期状態は、試合の状況を反映していることになる。

IAS情報の同期は、監督やコーチとチームの間でも見られる。男子中学生のバスケットボールチームで、選手とコーチの心拍数を測定し、緊張量を可視化したところ、良い内容の試合では緊張量が一致する傾向があるが、そうでない場合はコーチだけがドキドキしているといった具合にばらつきが生じる(図4)。選手のパフォーマンスの変化についても解析する必要があるが、試合の際には応援団と観客、選手と監督の間に一体感のようなものが生まれているように見える。



■図3 東京六大学野球リーグ戦で、応援団と観客の心拍数を同時に測定した結果。試合が盛り上がっていると、心拍数がよく同期している(矢印)。



■図4 バスケットボールチームの選手とコーチの心拍数(緊張量)を測定した結果。良くない内容の試合では一致していなかった選手とコーチの緊張量が、良い内容の試合では試合開始直後から同期している。

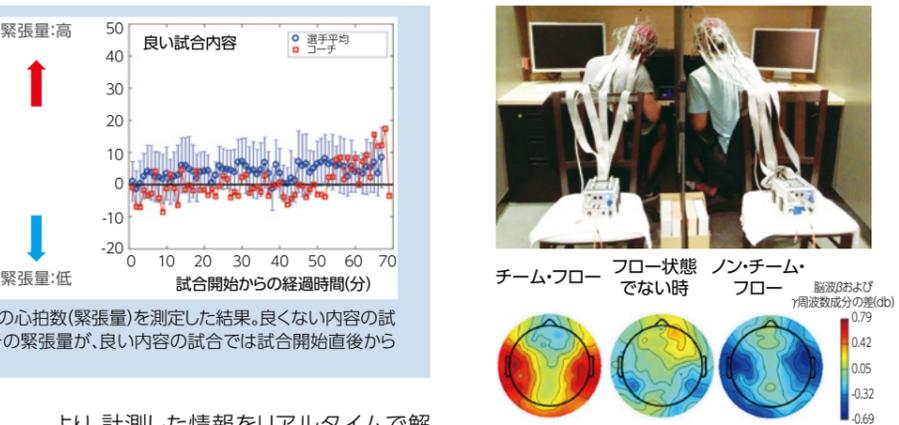
さらに、チームと個人の違いについても、研究が進んでいる。集中力が高まり、高いパフォーマンスを発揮する「ゾーン」や「フロー」と呼ばれる現象がある。この現象を2人1組でリズムゲームに取り組み課題を使って調べたところ、1人だけがフロー状態になった場合と2人同時にフロー状態になった時では、脳活動が全く異なっていた(図5)。2人が同時にフロー状態にある時には、脳活動が同期していたのだ。「1人の時と集団の時ではなんとなく感覚が違います。これが脳活動からも確認できました。チームでの心の動きをさらに分析していけば、チーム全体をフロー状態に導くことも可能だと考えています」。

これらの成果について、渡邊さんは「個人だけでなく集団のIAS情報も、長期的に安定して測定できるようになりました。練習や試合に本気で取り組んでいる時の計測が可能になり、分析する材料がそろってきています」と話し、今後の研究成果に期待を寄せる。

客観指標が新しい科学に 学習や仕事への効果も期待

IAS情報の測定によって、スポーツ選手の心の動きと、周囲の環境、チームメイトやコーチの影響などが次第に明らかになりつつある。

「これまでの研究から、選手とコーチや、観客と応援団のIAS情報が同期している時に、高いパフォーマンスを発揮することが見えてきています。この仕組みの解明が進めば、選手たちの能力を最大限に引き出す科学的な方法がわかると期待しています」と渡邊さんは語る(図6)。計測機器や情報通信技術の発達に



■図5 (上)2人1組で協力してリズムゲームに取り組む実験の様子。(下)2人同時にフロー状態(チーム・フロー)になっている時では、1人でフロー状態になっている時(ノン・チーム・フロー)より、脳波のβ領域とγ領域の周波数成分が相対的に高い。©Shimojo Psychophysics Lab, カリフォルニア工科大学

より、計測した情報をリアルタイムで解析、可視化できるようになってきた。将来はIAS情報を確認しながら、他の選手と同期していない選手を交替させる、同期を高めるために働きかけるといったことが当たり前になるかもしれない。

IAS情報が活用できるのはスポーツ分野だけではない。例えば職場や学校でも、やる気を出す、緊張をほぐす、盛り上げる、パニックを収めるなど、人の感情を良い状態に導き、生産性を上げたり、学習効率を高めたりといったことが可能になる。また、人と人が相互作用する時に、無意識にどのような情報を共有し、処理しているかを解明できれば、自閉症など他者とのコミュニケーションが苦手な人を助けることにも活用できるだろう。

しかし、IAS情報の活用には良い面だけではない。他者の無意識に働きかけ、気分や行動を操ることも起こり得る。「例えば、薬物によるドーピングは禁止されていますが、応援によって能力を底上げすることはドーピングに当たらないのか

といった議論も出てくる可能性があります。現在の状況だけで良いか悪いかを線引きするのではなく、思考実験を続け社会の変化なども加味しながら、倫理的、法的、社会的な影響についての議論を重ねていく必要があるでしょう」と渡邊さん。

これまで、気分や雰囲気といった潜在的で曖昧な情報は、「気のせい」と捉えられ、科学的に扱われてこなかった。しかし、「これらの情報を客観的な指標として捉えられれば、新しい科学が生まれます。空気を読む人工知能も実現できるかもしれません」と渡邊さんは遠くない未来を予想する。無意識が個人や集団に与える影響を理解することは、「人とは何か」を改めて見直すきっかけにもなるだろう。



■図6 パフォーマンスに影響するIAS情報を可視化することで、会場の雰囲気や一体感を客観的な指標として捉えられる。効果的な作戦や応援などが可能になり、集団のパフォーマンスの向上が期待できる。

誰でも使える人工知能で働くロボットをつくる



やまぐち たかひら
山口 高平
慶應義塾大学 理工学部 教授
2014～19年 CREST研究代表者

専門知識がなくても簡単に人工知能 (AI) プログラムを作成し、働くロボットを自在に操るツールを開発したのが、慶應義塾大学理工学部の山口高平教授だ。日本語で業務プロセスを記述すると、自動的にプログラムが生成されて、ロボットが動き始める。人間とロボットの調和関係や他の仕事現場への応用可能性を探るため、喫茶店での接客や小学校の授業支援の実証実験を積み重ねてきた。目指すのは、誰もがAIを使いこなせる未来社会だ。

人間と連携する統合知能機械との多様な調和関係

AIは人間の仕事を奪う脅威ともいわれるが、「リスクを気にして使わないのではなく、とにかく技術に触れてほしい」と、慶應義塾大学理工学部の山口高平教授は語る。第3次AIブームを牽引する深層学習によって、製品検査や医療画像診断といった目を使う仕事はAIに置き換えられつつある。「深層学習を基盤とするAIはいわば単一知能で限界があり、まだまだ人間の方が圧倒的に優れています。人間との協働を可能にするのは、複数の知能が連携する統合知能です」。

山口さんは言葉の概念を分類して関係付けるオントロジーの研究に長らく取り組み、インターネット上の百科事典ウィキペディアの知識を基に、さまざまな言葉との関連性をネットワークで示す1千万ノード(ネットワークの個々の要

素)以上から構成されるナレッジグラフを開発してきた。例えば「織田信長」と入力すると、ウィキペディアに記載がある「豊臣秀吉」や「本能寺」にリンクが張られる(図1)。

ナレッジグラフを組み込んだオントロジー人型ロボット「NAO」(表紙写真)がどれくらい人間とコミュニケーションできるかを試したことがあった。いつ(when)、どこで(where)、誰が(who)、何を(what)について聞くと、NAOがほぼ完璧に答えることに人間は感動するが、対話は長続きしない。どんな(how)、なぜ(why)に関する質問になると答えられなくなるため、山口さんは知的相互作用の継続の難しさを感じていた。

転機となったのが、NAOと哲学者との対談だった。哲学者の「神は存在しますか」という問いに、NAOは「神と存在は関係ないみたいだよ」と返した。「神」のナレッジグラフを検索しても「存在」に連

なるリンクが見つからず、「Not found」とNAOは答えたに過ぎないが、哲学者は自身が持っている知識で深く推論し、「哲学的に深い答えだ」と感心した。

ロボットは事実だけなら1千万は知っているが、因果関係の知識がないために推論ができない。一方で人間は少ない情報量を基に深く推論できる。「わからない」という答えが、人間にとっては刺激になることもあります。調和とは一律に定義できるものではなく、多様な関係があるのだと感じました」。

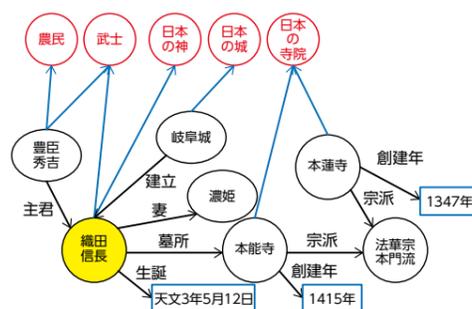


図1 「織田信長」のナレッジグラフ。ウィキペディアの知識に基づき、言葉のネットワークが形成される。

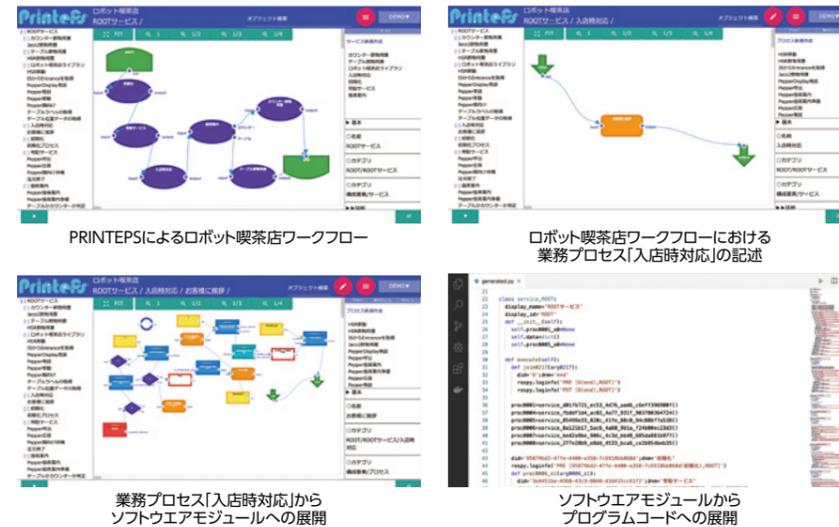


図2 ロボット喫茶店の業務手順を記載したワークフローエディター。サイドメニューに「注文[座席案内]」など入店時対応のサービスや、「両手を高く上げて話す[手で行き先を指示する]」などの業務プロセスが日本語で提示される。エンドユーザーが必要な業務をドラッグ・アンド・ドロップするだけでワークフローを作成できる。

ユーザーが日本語で編集業務プログラムを自動生成

「人間とAIの協働を実現するには、AIの専門家ではなく、現場で仕事をするエンドユーザーがAIを使いこなさないとはいけません」。山口さんは、エンドユーザーの使いやすさに配慮して、誰もがAIアプリケーションを開発できるツール「PRINTEPS (PRactical INTElligent aPplicationS、プリンテプス)」を作り上げた。

PRINTEPSは、知識推論、音声対話、対話継続、人と物体の画像認識、手足の知的動作、機械学習・深層学習の要素知能を連携させた統合知能を開発するためのプラットフォームである。あらかじめ用意された業務プロセスを日本語で編集するだけでワークフローが構築され、ロボットを動かすプログラムであるROS (Robot Operating System) 上で実行可能なPythonのソースコードに自動変換される(図2)。エンドユーザーにプログラミングの専門知識がなくても、自らの手でロボットの発話や動作を開発・修正できる点が特長だ。

「プログラムの自動生成技術の開発は1970年代から取り組まれているが、200～300行程度の生成が精いっぱい、ロボットに複雑な作業は

ロボットが喫茶店の店員に状況に応じて接客を変化

PRINTEPSの実践として、山口さんはロボットによる喫茶店の運営を試みた。「喫茶店の業務には、聞く、話す、見る、考える、学ぶ、動く、統合知能の実現に必要な全ての要素がそろっています」。ロボット店員の動きを観察した現役の喫茶店オーナーは、接客サービスの改善点1個につき平均5分と短い時間で修正し、PRINTEPSがロボットの専門家でなくとも使いやすいツールであることが実証された。

初回の実験は研究室内で行われた。2種類のロボットを連携させて、入店時のあいさつ、座席案内、注文、飲み物の準備や配膳、見送りまで、一連の接客ができるかどうかを確認した。その後、場所を研究室から食堂に変えたり、ロボットの種類や客の人数を増やしたりするなど、実験規模を拡大している。

2017年から2年連続で学園祭に出店し、9台のロボットが約100組の一般来場者の接客に挑戦した(図3)。他のロボットや障害物を見事に回避しながら、客から注文を取り、飲み物が注がれたコップを運び、使用済みの食器を片付けるなど、それぞれの役割を務める姿に、多くの客が感嘆の声を上げた。

「いらっしゃいませ」と声をかけて席に案内するといった基本の接客のみならず、小さな子供だけで来店した場合は「お父さんとお母さんはどこにいるの?」と尋ねるなど、状況に応じて接客方法を変化させた。「どれも人間なら当たり前に行えること

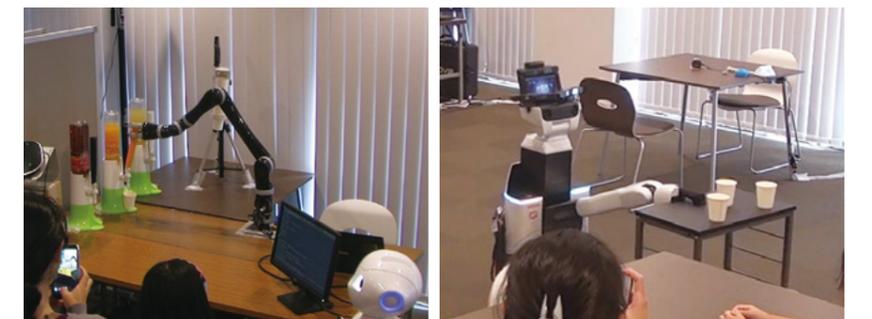


図3 2018年に出店したロボット喫茶店での接客の様子。(左)ロボットアーム「Jaco2」は、客が注文した種類・サイズの飲み物を準備する。(右)生活支援ロボット「HSR」がテーブルまで移動して飲み物を配膳したり、空の紙コップを片付けたりする。

ばかりですが、予想以上に来場者は喜んでくれました。ロボットとの動き方やロボットに任せる仕事を考えるヒントになります」と山口さんは話す。

理科実験の授業支援 教師・児童と相互作用

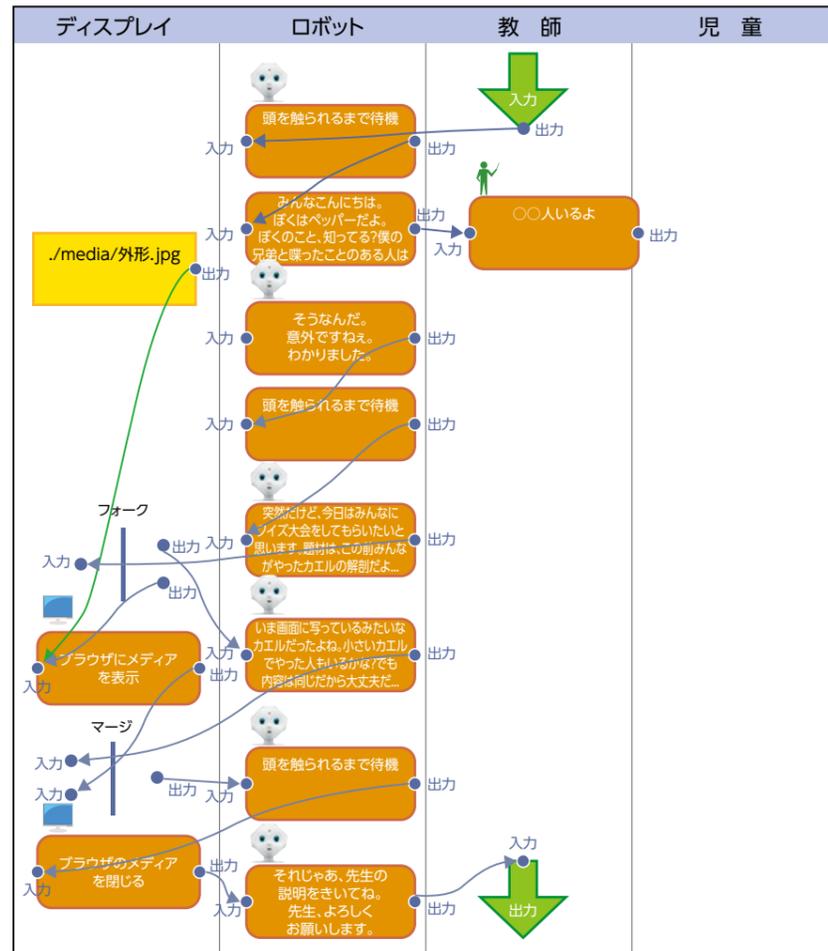
小学校では複数のロボットが教師と連携して理科実験の授業を行った。「喫茶店はロボットの動作制御が対象でしたが、授業では聞く、話すというコミュニケーション知能が中心となります」。

喫茶店でも状況に応じた接客が求められるが、授業では児童の反応次第でロボットが取るべき行動はさらに多岐にわたり、喫茶店の業務プロセスだけでは足りなかった。さらに教師側から、教師、児童、ロボットの振る舞いを分けて記述できるようにしてほしいと要望があった。1本線のワークフローだと、同時並行で進む三者間の相互作用が不明確となり、授業全体を見通せないという理由からだ。そこで、教師、児童、ロボットの相互作用を並列して記述できるシナリオエディターを組み込むようにPRINTEPSを改善した(図4)。

「授業が格段に面白くなったという意見が児童から多く上がり、ロボットとの連携は新しい授業形態になる可能性があると感じています」と山口さん(図5)。「初めて使う人がどこでつまずくかもわかってきました。教師1人でも使いこなせるツールに上げていきたい」と意気込む。

得手と不得手を理解 互いを補いながら協働

授業支援で思いがけない出来事があった。「アームロボットが重りをぶら下げようとしたところ、なかなかうまくいかず、手間取っていました」。次第に児童から批判が聞こえ始めた。機転を利かせた先生が、人間なら簡単にできる動作でもロボットには難しい作業なのだ、ロボットの仕組みを解説すると、一転して声援に変わったという。「それぞれの得手、不得手を理解して、お互い



■ 図4 教師用シナリオエディターで作成したカエルの解剖の授業シナリオの開始部分。教師、児童、ロボットの相互作用を記述できる。



■ 図5 顔の中にLED電球が埋め込まれた人型ロボット「SociBot」。顔色や表情を変化させながら、教師と息の合った対話をしたり、児童の間を動き回って解説したりする。



■ 図6 うどん板前ロボット。具材の要不要や増減など客の希望を聞きながら、ロボットアームと5本指ロボット手を駆使して最適なメニューを作る。

に補えるように関連付ければ、単独のシステムよりも良い協働関係ができるに違いありません」と確信している。

「ずっと世の中に継承される新しいことを常に考えたい」と語る山口さん。2つの実証実験を経て新たに開発したのは、うどん板前ロボットだ(図6)。対話を通して客の要望に合わせたうどんを作り、運搬と配膳を行うロボットで、動作知能とコミュニケーション知能を連携させた。

PRINTEPSは他の仕事にも適用可能であり、汎用性が高いと期待されている。すでに農業分野への適用が始まっており、環境や作業内容に応じてロボットが支援できるように、農作業に固有の業務プロセスを洗い出しているところだ。「さまざまな現場にロボットを連れていって、試してみることが重要です」と山口さん。それこそが人間とロボットが協働する第一歩だ。

公開シンポジウム「人とAIの未来スクール2019」開催 AIを巡る高校生との真剣対話



社会を変える可能性を持つAI。だからこそ、次世代を担う若者に最新の成果を伝え、技術の在り方を共に考えたい。そんな研究者の思いから、公開シンポジウム「人とAIの未来スクール2019」が開催された。

人間とAIの未来を探る

CREST「知的情報処理」の研究テーマでもある「人間と機械が調和した協働関係」は、未来の社会に大きな影響を与える可能性がある。このため、次世代を担う若者に研究成果を紹介し、共に未来を考えることは大きな意義がある。そこで昨年12月に高校生を対象として開催されたのが公開シンポジウム「人とAIの未来スクール2019」だ。同じく情報科学関連のCREST「人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開」研究領域と合同で企画された。

萩田紀博研究総括のあいさつに続き、7人のCREST研究代表者が登壇した。各講演を授業に見立てた1~6時間目までと特別授業の後には、高校生の疑問や意見を聞き、議論したいとの考えから、質疑応答の時間が1時間以上確保された。

ここで、高校生が物怖じして言いたいことを言えなくなってはもったいないと一計が案じられた。付箋紙に意見やそれぞれの研究者への質問を書いてもらい、指定するスペースに自由に貼ってもらった形式にしたのだ。工夫のおかげもあってか、数多くの意見や質問が寄せられた(写真下)。



紹介しきれなかった質問への回答をウェブで公開中!

URL:
<https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research/activity/1111083/sympo2019/index.html>



社会への影響を考えた研究

登壇した研究者に対して、「人間は自分が答えを知らない、わからないとわかるけれど、AIにはそれがわからないという話が印象的だった」といった感想や技術に関する高度な質問に加え、「高度化したAIに頼り過ぎてしまうと、人間が駄目になり、いろいろなことができなくなるのでは」といった意見も挙がった。さらに、「将来、AIは人間の仕事を奪うのでしょうか」、「どうしたら人間とAIは共生できるのですか」といった疑問も投げかけられた。

慶應義塾大学の山口高平教授は「仕事を細かく分解すると数多くのタスクに分けることができ、人間が得意なこと、AIが得意なことで役割が分担されていくでしょう。そうするとAIを導入して効率的な業務の遂行を支援するAIコンサルタントのような新しい仕事が出現するはずですよ」と答えた。さらに人間の行動を計測するソーシャル・イメージングの研究に取り組む、筑波大学の鈴木健嗣教授が「僕が高校生の頃、駅の改札では駅員さんが切符切りをしていましたが、自動改札が普及し

て、この業務はなくなりました。同じようにAIの普及で失われる業務はあるでしょうが、それは人間がしなくてもいい業務から解放されただけ。その空いた分をどう活用するかも、人間の知恵や創造力次第です」との考えを示した。

また、招待講演者で東京大学の長井志江特任教授は「AIに期待を抱くか、不安を感じるかには、持っている知識の量も影響します。AIを漠然と恐れるのではなく、人間とAIの関わりによって新しい知が生まれることにも期待してほしい」と語った。

1時間余りの議論をまとめる形で、萩田研究総括は高校生に向けて「これまでの研究開発は、どんな技術が生み出せるかを考えるだけでよかったが、これからの時代は、開発した技術が社会にどんな影響を与えるのかも考えながら研究する時代になってきました。もしも皆さんが研究者になったら、社会への影響を考えながら取り組んでください」とエールを送った。近い将来、会場に集まった高校生の中から、人間と機械の調和的な関係を見いだす、次世代の研究者が登場するに違いない。

世界を変える STORY vol.5 TELEXISTENCE テレグジスタンス

労働力の偏在を 分身ロボットで解決

テレグジスタンス(遠隔存在)とは、分身ロボットを遠隔操作して、離れた場所で現実社会との相互作用を可能にする技術。この技術をまずは小売・物流業界に応用し、人手不足の解消に挑むのがTELEXISTENCE(東京都港区)だ。富岡仁最高経営責任者(CEO)は、労働場所の物理的制約を取り払い、ロボットとインターネットを通じて人がどこからでも働ける仕組みを作ろうとしている。

TELEXISTENCE
最高経営責任者(CEO)
とみおか じん
富岡 仁

空間の制約から人を解放 テレグジスタンス技術

2009年の大ヒット映画「アバター」を覚えている人も多いだろう。人が、地球から遠く離れた惑星に住む分身「アバター」を操りながら、森の中を縦横無尽に駆け抜ける。そんな映画の世界を具現化する技術が実現しつつある。

鍵となる技術が、東京大学の舘暲名誉教授が考案したテレグジスタンス(遠隔存在)である。自分とは別の場所にいる分身ロボット(アバター)を遠隔操作することで、自分があたかもその場所にいるように、見たり、聞いたり、触れたりすることができる。空間の制約から人を解放する夢のような技術が1980年代にすでに提唱されていたというから驚きだ。

しかし、実際に社会で応用するとすれば話は別だ。産業用ロボットであれば1台数百万円を超える製作費を、産業の経済性に合う現実的な価格まで引き下げる

必要がある。これにはテレグジスタンスを利用した新たなビジネスを生み出し、ロボットを量産することが不可欠だ。その使命を託されたのが、2017年に設立されたTELEXISTENCEである。

CEOである富岡さんは前職の三菱商事でVR(仮想現実)技術の事業化を検討した経験から、この分野に興味を持ったという。事業化を模索していた16年頃、テレグジスタンスの第一人者である舘氏と出会った。

同年、テレグジスタンスが世界から大きな注目を集める出来事があった。米国のXプライズ財団が主催する、課題解決型の技術開発を促進するための賞金レースのテーマに、「アバター」が選ばれたのだ。テーマを決定するサミット会場で紹介された舘氏らのロボットは大きな反響を呼び、投資家から資金提供の話が数多く舞い込んだ。その内容を吟味するうち、舘氏はテレグジスタンスの事業化を検討し始め、富岡さんに相談したのだ。

テレグジスタンスのコンセプトの面白さに加えて、「この技術を実用化すれば、

非線形状の成長が見込め、世界が変わる」と考えた富岡さんは舘氏や慶應義塾大学の南澤孝太教授、現在は最高技術責任者であるソニー出身の佐野元紀氏らと共に、TELEXISTENCEを設立した。

技術を「何に使うのか」 120社訪問してニーズを探る

まず取り組んだのは、この技術を何のために使うかを見極めることで「ここが最初のハードルだった」と振り返る。投資を引き出すにはさまざまな可能性を持つ優れた技術というだけでは不十分で、産業のどのような課題を解決し、どのように利益を出すのかを明確かつ具体的に示す必要があった。そこで、富岡さんらは8カ月をかけて、大企業を中心に国内外の約120社を訪問し、ニーズを探っていた。さまざまなニーズが浮かび上がったが、事業化にはロボットの大量生産によるコストダウンが不可欠であるため、「向こう5年で最低1000台売れるマーケット」という基準を設け、検討を進

めたという。

そうして絞り込んだ事業ターゲットが、小売と物流である。コンビニやスーパー、ドラッグストアなどの店内に設置されたロボットを遠隔操作し、多品種、多形状の商品を棚に陳列する作業を想定している。商品の陳列には形状の異なるさまざまな商品をつかみ、棚の空きスペースにミリメートル単位の精度で並べる能力が必要となる。人が目で見えて操作するテレグジスタンスの特長を生かせるのだ。富岡さんによると、小売店舗での陳列は作業全体の2~3割を占め、ロボットを導入すれば大幅な効率化が見込めるという。

この技術で解決しようとするのは、労働力の偏在の問題だ。人手不足が深刻な地域で人を雇う代わりに、人とロボットをインターネットでつなぐことで、異なる地域の人を雇用し働いてもらう。「私たちが目指すのは、実際にいる場所にかかわらず、どこからでも労働できるプラットフォームの構築です。これを『拡張労働力、augmented workforce』と呼んで

います」と富岡さん。

ロボットは、VRヘッドセットとコントローラーだけで誰でも簡単に操作できる。技術面における目下の課題は、伝送速度によりロボットと操作者の間で生じる視覚情報や運動のずれをなくし、遠隔操作におけるリアルタイム制御の性能を向上させること。また、店内を動き回るロボットが安全に人や物を避けるための技術も検討中で、20年下期の導入に向けて開発を進めているという。

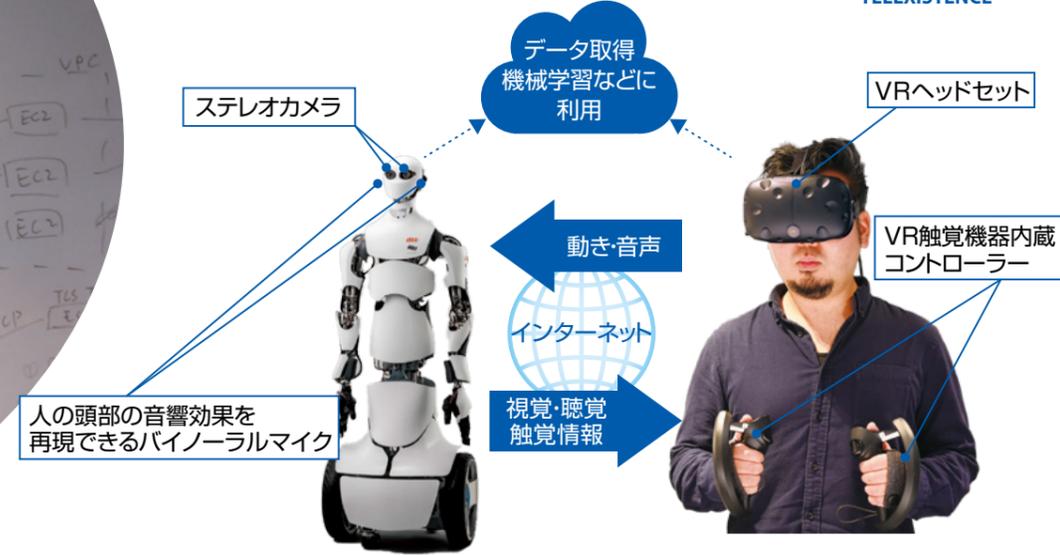
拡張労働力の仕組みを構築し ビジネスモデルを変革する

まずは国内で拡張労働力の仕組みの構築を目指す。海外展開も視野に入れている。「海外の労働力と日本をつなげば、オペレーションコストがさらに下がり、より多くのメリットを享受できます。言語や通信など解決すべき点はありますが、新たな労働基盤として多国間をつなぐことで強みを発揮すると考えています」と富岡さんは未来を見据える。

ただし、ここで重要な問題は「ロボットの恩恵を誰が受けるか」と富岡さんは指摘する。今の世の中の仕組みのままでは、生産性向上の恩恵は従来通り、機械を所有する大企業や資本家が受けることになってしまう。「労働者が不利益を被らないよう、ロボットの役務提供に対する対価を労働者が直接受け取る仕組みも、同時に考えていく必要があると考えています」。

その先にあるのは、ロボットの自動化がもたらす「不労の世界」、すなわち人が働かなくてもよい世界の到来である。自動化については、人が遠隔操作した時のロボット関節の動きといった運動データを集め、機械学習させることで実現を目指す。「この段階まで来ると社内のリソースだけでは難しい。ぜひアカデミアの知見を借りたい」と富岡さんは産学連携に期待を寄せる。

拡張労働力を実現するテレグジスタンスの技術は、新たなビジネスの創造にとどまらず、社会の構造さえも変えるインパクトを秘めている。



量産型プロトタイプロボット(左)と操作するための装備を身につけた同社の小松豊氏(右)。操作者は遠隔地にいるロボットから視覚・聴覚・触覚情報を受け取り、その場にいるように見て、聞いて、感じながらロボットを操作する。将来は、ロボットの詳細な運動データなどを集め、機械学習による自動化も想定している。

HISTORY

1980年

東京大学の舘暲名誉教授がテレグジスタンスの概念を考案。2012年、30年以上に及ぶ研究の集大成として、テレグジスタンスロボット「テレサV」を製作。

2016年

VR領域に関心のあった富岡さんが、舘氏と出会う。同時期にテレグジスタンス技術が米国で脚光を浴び、事業化を検討し始めた舘氏から相談を受ける。

大学での研究が「発明」だとすれば、スタートアップが取り組むべきは「イノベーション」です。事業化を目指すには、人が対価を払ってもいいと思えるものを作っていくことが重要だと思います。



2017年

富岡さんが商社を退職し、2人の技術者らと共にTELEXISTENCEを設立。技術のニーズを探るため、大手企業を中心に約120社を訪問。その結果、事業ターゲットを小売・物流に絞った。

2018年

テレグジスタンスのコンセプトを具現化した量産型プロトタイプ「Model H」を開発。現在は、20年下期の市場導入に向けて、よりシンプルな構造で製造コストを削減できるロボットを開発中。

量産型プロトタイプは、その見た目に賛否両論あったという。店内を動き回るロボットは見た目も重要となる。このため、開発に当たっては、「不気味」と思われたいための見た目も議論している。



ムーンショット型研究開発事業

開催
報告

社会課題の解決に向けた取り組みを議論 ムーンショット国際シンポジウムを開催

超高齢化社会や地球温暖化問題など重要な社会課題に対し、人々を魅了する野心的な目標(ムーンショット目標)を国が設定し、挑戦的な研究開発を推進する「ムーンショット型研究開発制度」がスタートしました。この研究開発プログラムの開始に先立ち、昨年12月「ムーンショット国際シンポジウム」が開催され、国内外の産業界、官公庁、大学関係者など約600人の参加者と共に、研究目標や制度運営の方法を議論しました。

1日目のセッションでは、ムーンショット型研究開発制度を今後運営する上でのマネジメントについて話題提供や議論が行われました。2日目は、「人の持つ能力の向上・拡張等による『誰もが夢を追求できる社会の実現』」「神経系とその関係組織等生命メカニズムの完全理解による『心身に成長し続ける人生の実現』」など、合計7つのテーマの分科会で、ムーンショット目標に関して具体的に議論し、その結果を全体セッションで報告しました。参加者からは「素晴らしい制度だ」という意見の他、「より多様な人材から意見を聴取すべきだ」などの声も聞かれました。

総合科学技術・イノベーション会議は、シンポジウムの議論を踏まえ、今年1月23日にムーンショット目標を決定しました。JSTは今後、目標達成に貢献する研究開発を進めていきます。



プレナリーセッション「ムーンショット研究の進め方」でパネリストと議論する濱口理事長

ムーンショット国際シンポジウム
<https://www.jst.go.jp/moonshot/sympo/sympo2019/>
(当日の講演資料や動画を公開中)



「STI for SDGs」アワード

話題

「STI for SDGs」アワードを受賞した取り組みを発信 SDGs達成への貢献を目指す

日本におけるSDGsの活動に積極的に貢献するため、JSTは、科学技術イノベーション(STI: Science, Technology and Innovation)を活用し、地域における社会課題を解決する優れた取り組みを表彰する「STI for SDGs」アワードを設立しました。サイエンスアゴラ2019では、化学染料と同水準まで機能を向上させた天然染料で排水の無害化を実現した北陸先端科学技術大学院大学・山梨県立大学(文部科学大臣賞、写真右)、ブロックチェーンを通じて再生可能エネルギーの普及を推進しているみんな電力株式会社(科学技術振興機構理事長賞)など、7団体を表彰しました。

このアワードは、受賞者の優れた取り組みがより発展し、さらに同様の課題を抱える他の地域へと水平展開されることを通じて、SDGsの達成に貢献することも目的としています。JSTは受賞者による事例紹介の場づくりに取り組み、これまでにピッチトーク形式によるステージ発表やエコプロ2019へのブース出展を実施。来場者からは「科学技術の力でSDGsを達成しようとしていることに興味湧いた」などの声が聞かれました。さらに、社会課題の解決に向けたシナリオに関する情報のポータルサイト(SCENARIO)でも、各団体の取り組みを紹介しています。今後も積極的な発信を推進し、SDGsの達成に貢献していきます。



エコプロ2019のブース出展の様子

サイエンスアゴラ2019ピッチトークの様子

「STI for SDGs」アワード
受賞団体のピッチトーク動画など
詳細情報を公開中
<https://www.jst.go.jp/sis/co-creation/sdgs-award/>

SCENARIO
社会課題の解決に向けた好事例を蓄積、共有するポータルサイト
<https://www.jst.go.jp/sis/scenario/>

戦略的創造研究推進事業ERATO
野村集団微生物制御プロジェクト研究
成果

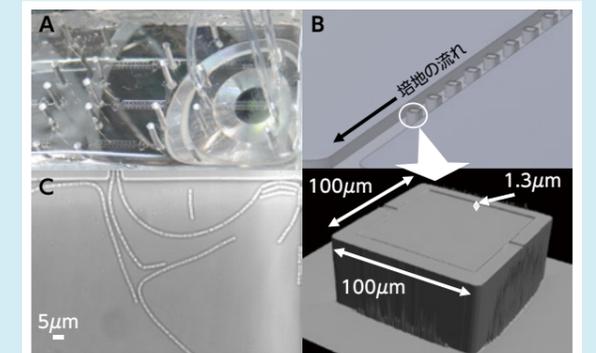
鉄細菌が集団で伸長していく仕組みを解明 分泌されるナノ繊維が制御し環境に適応

鉄分の豊富な湧き水や沼などに生息する鉄細菌レプトスリックス属は、菌体表面から無数のナノ繊維を分泌します。これらの繊維が絡まった「チューブ原基」の外側に酸化鉄粒子が沈着することで細かいチューブ状の集団を形成しています。

筑波大学生命環境系の野村暢彦教授らは、微細加工技術を駆使して高さを1.3マイクロメートルに制限した二次元空間を持つマイクロ流路デバイスを作製しました。これを用いて培養したところ、鉄細菌のチューブ状の細胞集団形成をリアルタイムで観察することに成功しました。

さらに蛍光顕微鏡や大気圧走査電子顕微鏡で観察した結果、表面接着直後のナノ繊維の分泌には偏りがあり、細胞集団の伸長に関わることや、細胞集団が壁に衝突しても、屈曲や反転によって伸長を続けることが明らかになりました。分泌されるナノ繊維が伸長を的確に制御することによって、鉄細菌は狭い空間でも集団を最大化し環境に適応しています。

鉄細菌がつくるチューブ原基はさまざまな金属イオンを吸着するため、水処理施設で金属除去システムとして利用されています。また、鉄を吸着したチューブは顔料、電極、触媒、農薬などへの利用が模索されています。今回の成果は、これらの分野のさらなる進歩に寄与することが見込まれます。



作製したマイクロ流路デバイス。(A)顕微鏡に設置した様子。(B)流路には、縦×横×高さが100×100×1.3マイクロメートル(μm)の二次元空間が並ぶ。(C)チューブ状に成長した鉄細菌。

戦略的創造研究推進事業さきがけ

研究領域「理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築」
研究課題「高効率な新物質発見のための合成手法推薦システムの構築」研究
成果

新物質の合成条件を人工知能が予測するシステムを開発 24万通りの実験をせずとも「おすすめ」提示

人工知能(AI)を使って未知の物質を予測する研究が世界中で進められています。しかし理論上は予測できても、実際に合成するには研究者の勘と経験に頼るしかなく、試行錯誤に多大な時間と労力を要します。京都大学大学院工学研究科の林博之助教授は、AIに学習させるための実験結果のデータベースを整備して、新物質の合成条件をAIで効率的に推薦するシステムを開発しました。

対象としたのは9種の陽イオンのうち2種を組み合わせた、モリブデン酸アルミニウムなどの金属酸化物です。23種類の原料をさまざまな配合比にして、4通りの合成方法と5通りの焼成温度で、合計約1600通りの合成実験をしました。目的の物質ができたかどうかを粉末X線回折で評価して点数化し、系統立った実験結果データベースを整備します。

これをまだ試していない約24万通りの合成条件が多次元に並んだ配列へ入力し、予測した成功可能性をスコアとして与えます。予測には、ネットショップなどで購入履歴から「おすすめ」を提示するAIシステムと同じ考え方を

適用しています。

得られたスコアに従って合成実験をしたところ、スコアの高い有望な条件ほど合成に成功することが確かめられました。失敗データも貴重なデータとして、膨大な試行錯誤を省くのに役立っています。

この推薦システムは物質のさまざまな特性値に適用可能で、材料開発に幅広く応用できます。将来、自動実験で大規模な実験結果データベースが得られるようになると、さらに研究開発が加速すると期待されます。



推薦システムの概念図。整備した実験結果データベースに基づき、まだ試していない合成条件から有望な条件を推薦する。オレンジ色は、合成条件の点数およびスコアが高いことを表している。

Q1 印象に残っている言葉は？

A1

今いる場所で
最大限の
努力をする

学生の時から心掛けていたことです。大学院生時代は留学生の多い研究室に所属していました。当時の指導教官の方針で、打ち合わせや論文の執筆は全て英語でした。留学生との交流は大変なことも多かったのですが、おかげで成長できました。2年間スイスで研究に携われたのも、現在所属している東京大学に呼んでもらえたのも、院生の時の経験が糧になりました。

特に将来を考えていたわけではないのですが、その場その場で努力を重ねていったことが、今につながりました。将来を見据え、向上することも大切ですが、今いる場所で最大限に努力することで道が開けると考えています。

Q2 SATREPSで取り組んでいることは？

A2 ミャンマーにおけるインフラの維持管理システムの構築

父も橋を研究していたので、土木はとて身近でした。小さい頃はあまり興味が湧きませんでした。大学入学時に自然と土木工学の道に進み、卒業論文の研究で鉄筋コンクリートと出会いました。

今は、これまでに培った鉄筋コンクリートの知見や技術を生かして、ミャンマーの研究者たちと共に、ミャンマーの道路や橋の維持管理に取り組んでいます。橋脚にセンサーや傾斜計を取り付けることで、状態を常時把握できるシステムの構築を進め



さきがける 科学人

vol.94

コンクリート研究で 日本と世界をつなぐ 架け橋に

東京大学 生産技術研究所
准教授

長井 宏平
Nagai Kohei

Profile

新潟県出身。2005年 北海道大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。スイス連邦工科大学チューリッヒ校日本学術振興会海外特別研究員、東京大学大学院工学系研究科特任講師を経て、11年より現職。



ています。簡素な方法ですが、低コストで実装することが可能です。現状では日本とミャンマーの技術力に差があるので、日本の最先端技術をミャンマーでも使える技術にして普及させることも大切だと考えています。

2018年4月に現地で橋が崩落する事故がありました。ミャンマー建設省からの依頼を受け、日本企業と協力して類似の橋を調査し、維持管理に関わる改善策を提案しました。

日本国内でも地方は開発途上国と似たような問題を抱えていて、土木インフラの老朽化が深刻です。日本の技術を海外に展開すると同時に、海外の事例に学び日本で活用することも求められています。

い研究者と共同で研究しています。基礎的な研究をしっかりすることで、構造物がどうやって傷むのかをきちんと理解でき、適切な対応が可能になります。日本をはじめ世界各国で、構造物の老朽化や災害への対策は喫緊の課題です。日夜研究に励み、今まで以上に社会へ貢献していきたいです。

妻と2人の子供も一緒に住んでいます。デービスは内陸部ののどかな町で、広い公園もあり遊具も充実しているので、よく子供たちを連れて遊びにいらしています。大人になった時は覚えていないかもしれませんが、海外で暮らした経験を将来生かしてくれたらと願っています。

Q3 現在の研究生活は？

A3 米国で育児を楽しみつつ 基礎研究に励む

昨年約1年間カリフォルニア大学デービス校で、客員研究員として分野の近

