

機械で拡張した能力を自在に扱う 誰もが活躍できる社会の創出へ

稲見 昌彦 Inami Masahiko

東京大学 総長特任補佐・先端科学技術研究センター 身体情報学分野 教授
2017年よりERATO稲見自在化身体プロジェクト研究総括



特集 1

OVERVIEW ■

物理空間とサイバー空間が融合した超スマート社会の到来が目前に迫る中、機械によって拡張された能力を自らの身体のように自在に扱う「自在化身体」を提唱するのは、東京大学先端科学技術研究センターの稲見昌彦教授だ。人と機械がシームレスにつながった「人機一体」を実現し、生まれながらに持つ身体の限界を超えて望みの能力を身につけ、分身となるアバターを使って誰もが活躍できる社会の創出を目指す。

細分化するサイバー空間 「マルチバース」に移行も

新型コロナウイルス感染症の拡大は、在宅勤務やオンライン会議など、非対面でのコミュニケーションを社会に一気に広げる契機となった。コンピュータネットワーク内の3次元空間「メタバース」も、もはやSFの世界ではない。オンライン会議では相手と物理的な空間を共有する必要がなく、どこにいてもメタバースに入ればアバターという「身体」を使ってサイバー空間を巡ることができる。

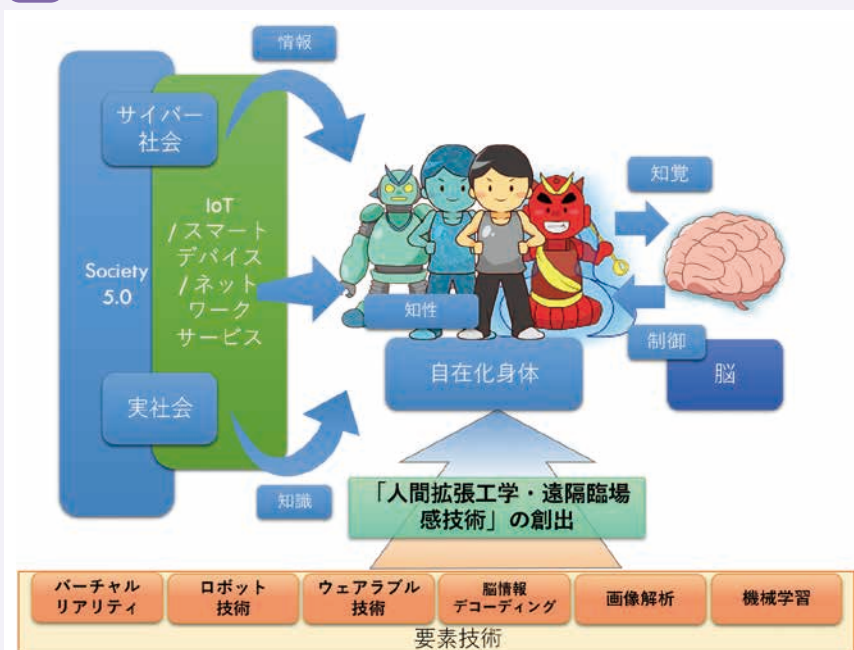
こうした情報技術の驚異的な進化により、私たちの身体は一部の物理的な制約から解放された一方、リアルなコミュニケーションの価値を認識しやすくなった。例えば、対面での会議の方が、議論が活発になると感じた人も多いだろう。生身の身体を使って人とコミュニケーションしてきた私たちにとって、身体性を伴わないコミュニケーションは、なかなかそれとイコールにならない。

今後、超スマート社会が到来すれば、ネットワーク内の活動も飛躍的に増えるはずだ。すでにメタバースでの経済活動は盛んになりつつあるが、サイバー空間はより大きな存在となり、メタバースの中で雇用され仕事をするなど、サイバー空間に軸足を置いて活動する人も現れるかもしれない。ネットワークによってより便利で高機能に働く機器も、これまで以上に当たり前になるだろう。

「現在は物理空間とサイバー空間を二項対立的に考えていますが、サイバー空間の利便性は、もはや手放せません。たくさんの国があるように、メタバースもゲーム、コミュニケーションなどに細分化された『マルチバース』になっていく可能性があります」。これからの社会をそう展望するのは、東京大学先端科学技術研究センターの稲見昌彦教授だ。

もう少し技術が進み、サイバー空間にいてもまるで現実に体験してい

図1 プロジェクト概要



超スマート社会に適応可能な「自在化身体」を構築する技術基盤の確立を目指して、VR・ヒューマンアシスティプロボット・ウェアラブルコンピューティング・脳機能イメージングなどを用いた研究開発と、社会実装を見据えた検証を展開する。

るかのような社会が当たり前になれば、あちこちの空間に同時に存在したい欲求も生まれ、身体が1つでは足りないと感じる人もいるだろう。「私も予定が重なったとき、同時にオンラインで2つの会議に出席できればどんなに便利だろうと思います。双方の内容を理解し、的を射た発言ができるようになれば理想的ですね」。

いくら情報の世界が拡大しても、人間の身体は今と変わらず、私たちはまだ複数の場で活動することに慣れていない。人間が機械とシームレスに接続される社会を実現するには、人間の身体性についての探求が不可欠だろう。そのような問題意識を踏まえ、超スマート社会に適応可能な「自在化身体」を構築するための基盤技術を確立しようとしているのが、稲見さんが率いるERATO「稲見自在化身体プロジェクト」だ(図1)。

拡張された身体とともに 拓かれていく感覚や意識

稲見さんの専門分野は「身体情報学」である。身体を生理学や運動機能

などから捉え、情報を脳科学的な観点から会得する研究はこれまでもあったが、稲見さんは心を身体の情報部分だと考え、広く情報システムとして理解しようとしている。「肉体は物理や生理で把握できますが、自分の身体がどのような形になっているか、どのように動きを学習していくかといった『身体性』については情報だと捉えられます」。こうした考えを受け、ERATOでは身体性の編集・変容について研究するとともに、それらを把握することで何が可能になるかまで幅広く研究している。

身体性の編集・変容は「人間拡張」と言い換えられる。生身の身体では難しい大きな力が出せる、1人で2人分の身体を動かす、複数人で1つの身体を操作する、などが挙げられる。稲見さんは人間拡張のタイプを①感覚の強化(超感覚)②物理身体の強化(超身体)③心と身体を分離して設計(幽体離脱・変身)④分身⑤合体の5つに分類し、身体における肉体の部分と、その内側にある心のある程度独立して設計することで、変身や分身、合体などを可能にするという。

身体の「自在化」は、工学的には人の代用をつくることと人を支援することの、大きく分けて2つの潮流がある。人の代わりに掃除をする、危険な作業を行うなど、人の身体の代替物をつくるロボット技術は「自動化」といえる。しかし何でも自動化されれば良いわけではない。自分の代わりにロボットが遊園地で遊んでも、人は楽しくない。つまり、自動化は人間がやりたくないこと、やらなくてもいいことを代用するのに適している。「自分がやりたいことをやりたいようにできるよう、機械による能力拡張で支援すること、そして能力を自らの身体のように自由自在に扱えるようになることが重要でしょう。これを身体の『自在化』と表現しています」と語る。

遠隔でただ強大な力を発揮するのではなく、拡張された身体とともに感覚や意識が拓かれていき、身にまとった機械を自分の身体のように使いこなすのが、稲見さんの目指す人間拡張だ。もちろん、機械を装着して、すぐに自在に動かせるということはないだろう。しかし、騎手が馬と一体化した人馬一体で得られる爽快感や楽しさといった新たな感覚が、「人機一体」によっても生まれるに違いない、それが目標だ。

さらに、人機一体はサイバー空間と物理空間がシームレスに接続されてこそ実現する。脳と実世界を自然につなぐのは、他でもない身体自体だが、そもそも本当に機械やサイバー空間の存在を自分の身体だと思えるかさえわからない。そこでまずは、拡張された身体を人は自分の身体の一部として認識できるのか、そしてそれを思い通りに動かせるのかを知るところから研究を始めた。

工学から心理学・脳科学まで 異分野融合で成果を生み出す

それまでできなかったことができ
るようになると嬉しくなるように、

身体の変容は心にも働きかける。拡張された身体を使いこなすには、機械を受け入れる人間の意識のあり方も重要なカギとなる。そのため、プロジェクトでは工学分野だけではなく、心理学や脳科学などの分野の研究テーマも設定している。プロジェクトに携わるのは、東京大学、早稲田大学、慶應義塾大学、豊橋技術科学大学、電気通信大学、フランス国立科学研究センター、ジザイエ(東京都新宿区)の7拠点だ。研究者は研究テーマ別に構成された5つのグループに分かれ、拠点横断的に活動している。

その1つである自在化身体構築グループは、物理空間での自在化を研究するメンバーで構成されている。バーチャルリアリティ、拡張現実感、ウェアラブル技術、ロボット技術、テレグジスタンス、機械学習などを援用した人間拡張のための研究開発と社会実装を担当する。また認知心理・行動グループは、認知心理学に基づき、自在化身体がもたらす心理と行動変容を検証し、人間の認知と振る舞いや生理反応の解析を行う。システム知能・神経機構グループは、自在化身体を支える神経機構の解析や、編集された身体性がどのように神経系に表現されるかの解明、感覚と運動連関の最適化に基づく可制御性の向上を進めている。

さらにバーチャル身体構築グループでは、バーチャル環境における自在な身体操作を実現する基盤技術の開発や、ユーザーの実際の身体情報に基づくバーチャル環境での共有身体
の操作の実現を目指す。1人が複数のアバターを動かす場合や、複数人が1つの身体を操作する場合に、何が生じるかを研究している。そして、自在化身体調査研究グループは、フィールドワーク、ケーススタディ、

市場調査などを通じて、自在化身体に対する社会的要求と社会実装の可能性を明らかにする。

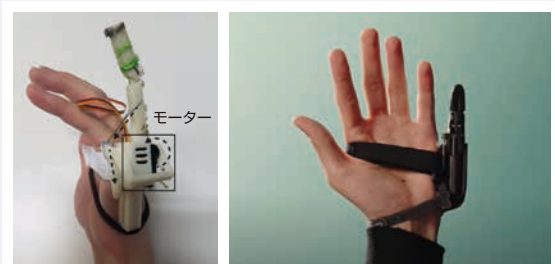
プロジェクトに適した研究者を幅広い分野から集めることは容易ではないが、異分野の融合こそ稲見さんの重視することでもある。「異なる研究文化・研究言語を持つ異分野との融合は、最初はスムーズにいかないかもしれませんが、このプロジェクトで育った若手研究者は、すでに複数の研究バックグラウンドを理解した『マルチリンガル』です。次のイノベーションを起こす人材の育成にもつながっているといえます」。

実は稲見さん自身、修士課程までは生物工学を専攻し、バイオセンサーの研究を行っていたが、博士課程で工学系に移り、まだ新しい分野だったVRなどに取り組み始めた経歴を持つ。若い頃から異分野融合を実践していた異色の「バイリンガル」だ。人間の身体と意識の関係を探求するプロジェクトを率い、新たな研究ジャンルを切り拓こうとしているのは必然といえるだろう。

なじんだ「6本目の指」 外したときには寂しさも

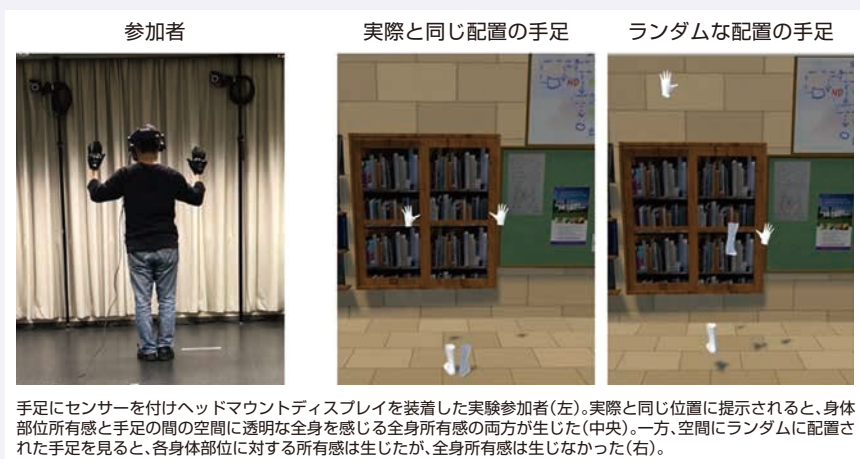
人は拡張された身体を、本当に自分の一部として認識できるのだろうか。義手や義足のように欠損を補う人工部位でなく、人間が生得的に備えていない部位を加えた場合でもそう思えるのだろうか。その答えを探

図2 独立制御可能な「第6の指(sixth finger)」



「第6の指」には、腕の筋肉による電気活動の計測結果に応じて制御されるモーターが内蔵されている。このモーターの動きに連動し、指が動く。手のひらの横の装着部位には皮膚を刺激するピンがついていて、指の曲げ伸ばしに応じた皮膚感覚がフィードバックされる。

スクランブルド ボディー
図3 手足をランダムに配置した画像を提示する「Scrambled Body」



るために開発されたのが「第6の指(sixth finger)」という人工指である。これまで、人工指を動かすために足を動かすといったタイプの人工身体は存在した。これに対し、sixth fingerは小指の隣に装着し、腕の筋肉が通常では使われない動きをしたときだけ動くように設計されており、他の身体部位と独立して動かすことができる(図2)。

実際に成人18名にsixth fingerを装着してもらい、指の曲げ伸ばしやキータッピングの練習を1時間程度行い、感覚や行動の変化を観察した。その結果、18名全員がsixth fingerを直感的に、そして思い通りに動かせるようになった。また、sixth fingerを身体の一部だと強く感じた人ほど、指を装着した手の端の位置感覚が曖昧になり、人工身体部位を自分の一部として認識できることを実証した。すっかりなじんだ人工指

を外した際に、寂しさを感じる人も少なくなかったという。

では、どのレベルまでの拡張、分身であれば、人機一体の実感を持って動かせるだろうか。自在だと思えない場合には、どう支援すれば自在だと感じられるだろうか。あるいは、バーチャルな身体を自分の身体と同じような実感を伴って動かすには、何が必要なのだろうか。参加者は、サイバー空間で手と足だけをランダム配置した画像を見ながら全身を動かし、その手足や全身を自分のものと感じられるかを調べた(図3)。この研究では、手と足に対する所有感は生じるが、全身所有感は生まれないという結果が得られた。

他にも、人と機械が協調的に動くときに機械側から支援する有効なタ

イミングの発見や、サイバー空間において2人が1つのアバターを共有して共同作業を行う際の運動特性を解明するなど、このプロジェクトは数々の興味深い成果を生み出してきた(図4、5)。前者は人間の意図と機械の動作のずれをなくし、円滑に行動を支援できる人間機械協調システムの開発に応用でき、後者はVRやロボティクスを用いた身体共有による新しい共同作業方式の提案につながるかと期待される。

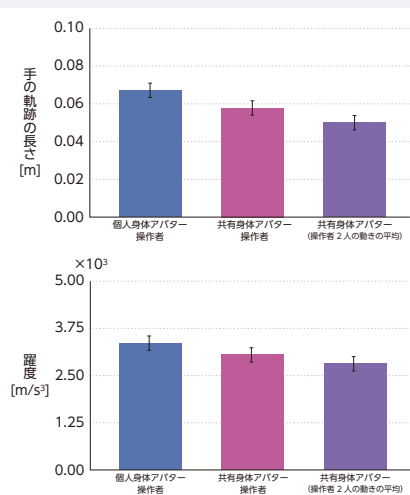
スポーツやアートにも展開 多くの人に成果を届けたい

稲見さんはこれらの研究成果を社会に浸透させていくために、スポーツや多ジャンルを融合させたメディアアートも積極的に展開している。その1つである「超人スポーツ」は、運動が苦手な人や身体に障がいがある人、高齢者など、どんな人でも楽しむことのできる、自在化身体を用いた新しいスポーツだ(図6)。「とにかく速く走る」「感覚拡張機能を駆使して、暗闇の中で障害物にぶつからずにゴールする」などの競技を楽しむだけではなく、参加者が体験したり話し合いながら、これまでになかった新しいスポーツを生み出すハッカソンも実施している。すでに認定競技は31種にも上る。

図4 人間の運動を予測・支援する人間機械協調システム



図5 2人で1体を動かす共有身体アバター



稲見さんがこうしたアウトリーチを進めるのは、より多くの人に研究成果を届けるためだ。稲見さんは子どもの頃から理科好きだったが、小学校ではその楽しさを分かち合える友だちにはなかなか出会えなかった。同様に、研究機関から素晴らしい成果が出たとしても、

情報に自らアクセスする人は限られているのが現状だ。「科学に興味のない人にまで成果を届けるには、体験して共感してもらうことから入るのが良いのではないかと思います。新しいアウトリーチ手法で新しい科学リテラシーを醸成していくことも、このプロジェクトの重要なミッションです」。

成果を持続可能なものにしていくことを目指し、ビジネス化にも注力している。過去に成果を技術移転機関の大学TLOを通じて企業につなげようとしたがうまくいかず、その後はブレインストーミングの段階から企業と連携する方法に切り替えた。変なモノをつくる能力のある研究者たちと、新事業を探す企業が一緒に議論をすることで、面白いアウトプットが出てくることを狙ったの

図6 サイバー ボッチャ
超人スポーツ認定競技「CYBER BOCCIA S®」



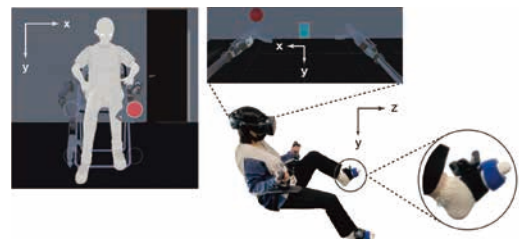
ボッチャ自体は重度脳性麻痺者もしくは同程度の四肢重度機能障がい者のために考案されたヨーロッパ発祥のスポーツで、パラリンピックの正式種目でもある。「CYBER BOCCIA S®」ではボッチャの良さはそのままに、3DCGによるリアルな演出やボールの動きに合わせた色の变化、大型ディスプレイなどを組み合わせ、大勢の人が見ても楽しめる競技になっている。

だ。自在化身体調査研究グループを中心に、スタートアップや企業との共同研究がすでにいくつも立ち上がっている。

海外からも、自在化身体は日本的な研究として認識されているという。例えば、EUでは社会的な規範により、肉体的欠損のない人の拡張は研究テーマにしにくい側面があるという。「普遍性を追求するサイエンスと異なり、テクノロジーは伝統文化やポップカルチャーと同様に、風土に根差した研究がオリジナリティにつながる面があります。日本からのアウトプットとして、自在化身体という新しいジャンルを確立したいですね」。

一見遊びのようにも見えるこれら

図7 身体化に成功した「第3・4の腕」



19年に作成した「MetaLimbs」(上)と、そのバーチャルリアリティ版ともいえる「第3・4の腕」(下)。足の動きと連動するところは共通している。「第3・4の腕」ではシステムを着用し、VR上のロボットアームでボールを触るなどの練習課題を通じて、システム周囲に対する知覚(近位空間)や、自分の腕が増えたという感覚(余剰肢感覚)を捉えることに成功した。

の研究が社会構造を変革し、新しい社会を支える基盤になる可能性を秘めている。22年6月には、19年に作成した「MetaLimbs」のバーチャルリアリティ版ともいえる「第3・4の腕」の身体化にも成功したという(図7)。機能拡張したアバターを自在に使いこなす未来がまた一歩近づいたといえるだろう。肉体の縛りから解放された、自由で自在な新しい身体をまとえる日は、そう遠くないかもしれない。

(TEXT: 桜井裕子、PHOTO: 石原秀樹)



日本科学未来館「空想⇄実装」で「自在化身体プロジェクト」を紹介

研究開発の「いま」を見せる日本科学未来館の新シリーズ「Mirai can NOW」の第1弾「空想⇄実装 ロボットと描く私たちの未来」で、稲見自在化身体プロジェクトが紹介されています。会期中には、東大LEGO部と共同開発したレゴ版「6本目の指」を使ったワークショップや、「サイバー空間で動く身体をつくる」ワークショップなどを研究者自らが実施。8月28日(日)には、稲見昌彦×藤原麻里菜(コンテンツクリエイター、文筆家)の対談も行われます。詳細はウェブページをご覧ください。

会期: 2022年7月8日(金)～8月31日(水) ※ワークショップは9月も開催予定。

会場: 日本科学未来館(東京都江東区青海2-3-6)

<https://www.miraikan.jst.go.jp/events/202207082532.html>



JST ERATO 稲見自在化身体プロジェクト主催イベント「自在化コレクション」

稲見自在化身体プロジェクトによる5年間の「自在化身体」研究と、研究成果の先にあるアップデートされた未来ビジョンを、一線で活躍するクリエイターたちの想像力で飛躍させた作品にして紹介します。詳細は随時公式ウェブサイト、公式Twitterにて公開予定です。

<https://www.jizaicollection.com>

日程: 2022年11月4日(金) 18:00開場 18:30開演
会場: IHIステージアラウンド東京(東京都江東区豊洲6-4-25)

入場無料(INVITATION・ウェブ予約限定)

※2022年秋頃より、抽選応募を開始。

