

[第14回情報システム学会シンポジウム]

バーチャル環境を通じた身体自在化の探求

慶應義塾大学 理工学部情報工学科 教授

杉本 麻樹 氏

この記事は、情報システム学会第14回情報システム学会シンポジウム「最新技術による人間中心の社会システムを目指すためには～5G・VR・AIの動向を踏まえて～」(2021年5月29日)における講演の口述内容をまとめたものです。

■はじめに

ご紹介いただきありがとうございます。慶應義塾大学の杉本です。本日は「バーチャル環境を通じた身体自在化の探求」というタイトルで、われわれは物理的な制約を超えて情報システムを活用することでいろいろな可能性が考えられると思うのですが、そういった中でも、人間の拡張という観点でどういったことが可能だろうかということについて、事例紹介を踏まえながらお話ししたいと考えています。

最初に少しだけ自己紹介をさせていただきます。私の主な研究分野は、山口先生からのご紹介にもありましたようにARやVRに向けた計測技術や、バーチャル環境を活用したヒューマンオーグメンテーションといったことを研究の対象としています。個人的な趣味はドライビングで、たまに軽自動車の耐久レースで富士スピードウェイを走ったり、趣味で写真を撮ったり、コンピューターグラフィックスのモデリングなども趣味にしています。

CGの方は、自分で作ったものの一例としては、日本の太陽観測衛星の「ひので」という人工衛星があるのですが、これの国立天文台が使用しているCGのモデルは実は私が学生時代にアルバイトで作ったものです。最近ではNASAのWebサイトに行くとこういうCGのモデルが観測データと一緒に出てくるということもあつたりしますが、コンピューターを使ったり、デジタル制御されているものを取り扱うことが趣味

としても非常に好きです。

■Society 5.0：超スマート社会

今日の話としては、先ほどの森川先生の話の中でもデジタル化という非常に大きなキーワードがあったと思いますが、バーチャル環境を活用することによって、われわれにとってどのような新しい可能性が見えてくるのかというところを少しお話しさせていただきますと考えています。

バーチャル環境を使うことは、近年では政府の政策レベルの中でも目標に入ってきています。2016年度に策定された内閣府の第5期科学技術計画の中には「Society 5.0：超スマート社会」というキーワードが入っていて、これに関して皆さんもいろいろなところで聞いたことがあると思います。改めてSociety 5.0という概念を確認すると、人間の社会は文化や技術の進展に伴っていろいろなバージョンがあるだろうというのが基本的な考えで、その中でSociety 1.0は狩猟による社会が考えられます。さらに、人間が安定して文化的な生活を行うようになる過程の中では農耕によるSociety 2.0が広がり、その後、工業化によってSociety 3.0、そして情報化によってSociety 4.0になりました。この次に来る社会がSociety 5.0という、今回の話の中にも出てくるキーワードになります。

Society 5.0、情報化の先にあるものは一体何なのかというと、基本的には、現実世界にあるフィジカルな環境と、情報化されたサイバー空間、バーチャル環境の中に構

築されている空間が重ね合わされて密接に連携している社会，そういった技術的な基盤によって成り立っているものがSociety 5.0になるだろうと考えられています。

Society 4.0の情報化された社会においては，希望としての情報として現実世界のデータがさまざまに取り扱われることがあったと思いますが，Society 5.0の環境においては，IoTやAIなどと連携してリアルタイムの現実世界の状態が情報環境に反映され，そこに蓄積されているビッグデータを学習して現実の環境を制御することにより，人間にとって快適なサービスをどんどん提供していくことができるだろうというのが基本的な考えであると言えると思います。このような形で，バーチャル環境の中にあるサイバー空間を活用することによって，今日，われわれは現実と密接に連携した情報サービスを作れるようになってきています。

サイバー環境を活用した場合に，どういったことができるのかという一例として，われわれの研究室のある研究の事例をご覧くださいと思います。このシステムでは，現実の環境にあるIoTのデバイス同士の連携やプログラミングをサイバー環境を通じて行うことができます。このシステムの中では，センサーやスイッチのような入力のデバイスと，ライトやアクチュエーターのような出力を行うデバイスの関連性を，サイバー環境における中間モジュールなどを介してひもづける操作を行うことにより，ユーザーが意図した形で連動して動くようなシステムを作ることができます。このような形で現実の空間とサイバースペースが密接にくっついていることによって，単に現実の世界にあるシステムを直接的に使うということ以上に，その背後に情報システムの高度な制御や，状況に応じたカスタマイゼーションといったメリットを享受することができ得ると言えると思います。

Society 5.0の環境においては，フィジカルな空間とサイバー空間をつなげ合わせたものとしてサイバーフィジカルな空間を想定し，そこにロボットやAI，ビッグデータ

といった概念が入ってくることにより，両者をシームレスにつないでいくことができ得ると言えると思います。

こうした技術的な基盤があったときに，その中でできることは何なのかと考えると，その一つには，われわれ人間の可能性をこうした情報システムによって広げていくことができ得ると考えられます。このときに，われわれ人間はどのような形の可能性を持っているのかということに改めて考えるために，レオナルド・ダ・ビンチの非常に有名な人体の図を見ると，人の周囲に円形の線が描かれ，はたまた手の領域には四角い線が描かれています。このような形で，従来，現実世界における私たちは，身体の形によって可能であることが規定されていました。

一方で，人体の可能性としては，バーチャル環境やウェアラブルロボティクスのような構造的な技術を導入することによって身体そのものを拡張することができたり，感覚情報をどのように受け取るのかという意味で，拡張現実感や，機械学習や人工知能のサポートによって知覚や認知を拡張することができ得ると考えられます。すなわち，人間というものがあったときに，われわれは制限内の技術を適切に使うことによって，身体を構造的に拡張したり外観をアップデートしたりすることがもちろん可能ですし，それ以外の可能性として，知覚や認知に関わる情報処理を拡張していくことも可能であると言えるかと思えます。本日の話の中では，こうしたさまざまな人間拡張の形態について，関連研究の事例なども含めながらご紹介したいと考えています。

■研究事例

まず，機構要素としての人間の拡張という観点に立つと，機械工学やロボット工学分野の技術によって非常に多くの試みがされています。MITの浅田ハリー先生の研究では，ウェアラブルロボティクスの技術によって第3，第4の腕を自分自身の身体に装着し，これを計測している自分の運動の情報に合わせて制御することで，機構と連携

した作業を現実の空間で行うことが可能になっているという研究事例があります。このような形で、われわれが生得的に持っている人間の自由度や身体のパラメーターを物理的に書き換える試みが多くされています。

また、こうした新しい自由を私たちが身に付けているとき、これをどのような形で制御することができるのかということも、人間拡張の観点においては非常に興味深いものであると考えられます。自由度を操作するときのマッピングをいろいろな形で書き換えることができるのかということを探る研究の一例としては、東京大学の稲見昌彦先生や慶應義塾大学の南澤先生の研究グループで、「メタリム」という第3、第4の腕を身に着けている場合に、その操作を自分の身体の中のどこで行うのかを切り替えることができるという研究事例があります。この研究では、自分自身の脚という、腕と類似した自由度を持っている機構に対し、運動のフィードバックと感覚情報を提示する装置を装着することにより、脚を動かすことで第3、第4の腕が自在に操作できるという研究の試みがあります。このシステムの中では、腕と脚の自由度が近いという特徴に注目し、物体を把持したり、腕を空間の中で自由に動かすといったことが、自分の脚部を使った操作によって実現できています。例えば第3、第4の腕があると、自分自身の手と、追加した機構要素と一緒にはんだ付けをすることができたり、自分の拡張した腕と握手することもできたりします。自分の生得的に持っている自由度が使いにくいときに、こうしたメカニズムを使うと自由度をさまざまな方法で操作し得ます。こうした可能性を示している研究の事例と言えるかと思います。

さて、こうしたわれわれの身体の拡張は、現実の環境でウェアラブルロボティクスを使って行う以外にも、情報環境において身体を書き換えることも可能になっています。身近な試みとしては、最近、YouTube上でバーチャルユーチューバーという活動をしている人たちがすごく増えています。これ

は、拡張現実の技術を使い、映像の中に映っている人物の骨格のモデルや顔の表情に合わせてCGのキャラクターを重畳して表示することにより、あたかもその人がキャラクターになったような映像を作り得るものです。うちの研究室の学生にも非常に多くのファンがいて、たまに研究そっこのけで見ている学生もいますが、こういった形で人間の外観を書き換える試みもされています。

外から見たときに人体を書き換えるだけではなく、一人称視点において自分の身体があたかも違うものになったかのような体験を提供する研究の事例も多くあります。ドイツの研究グループでは、一人称の視点から自分自身の身体が見えるバーチャル環境を構築し、その環境の中で、生身の人間と同じ形の身体と、でく人形のような形の、関節の自由度は維持されているけれども外観は全然違うもの、またそのバリエーションとしてロボットのように非常に力強い機構を持っているもの、それから、でく人形とリアリスティックな人体の中間ぐらいということで、少し変形した形の人間の身体を自分自身の運動に合わせて表示するというを行っています。

こうした研究の中では、バーチャル環境にあるアバターに対する身体所有感や行為主体感を測った場合に、人間に近づいていくほどそれに対する好意が上がっていくのかということを見ており、実はロボットの研究でもよくいわれている不気味の谷に相当するようなカーブが観測されたということがいわれています。これは、人間にすごく近くなってくると、微細な違いに対して違和感を抱いてしまうことで、人間に近いけれどもちょっとだけ違うモデルを提示すると、その違和感が大きくなるという現象が確認されています。それから、こうした環境の中で、炎や爆発のような危険な刺激をユーザーに対して提供した場合に、自分の身体がどういった形のものであるのか、炎によって影響を受けるか、受けないかに応じて、その行動は切り替わるということが観測されています。

このような形のバーチャルリアリティの環境を使った人体のアップデートは非常に興味深いものであると言えます。では、こうしたバーチャルリアリティの概念の中ではどういったことが大切にされているのかということをも改めて確認すると、バーチャルリアリティの技術の本質は、われわれの頭の中に生じる認知が現実の環境とバーチャル環境で同一になることを理想としています。われわれは現実にある何らかの物体を観測すると、そのとき現実の環境から発せられている刺激を視覚や聴覚や嗅覚といった五感、いわゆる感覚の窓を通じて受け、そこで得られた情報から、われわれは頭の中で目の前に何があるのかということをも再構成して理解しています。

このときに、理想的なバーチャルリアリティのシステムにおいては、現実から得られている刺激とバーチャルリアリティの環境から得られている刺激が等価になることが理想であると考えられています。すなわち、刺激のレベルや感覚器で受容できる情報のレベルにおいて、現実の世界とバーチャルの世界からの情報が同じになることが実現できれば、それがVRとしては究極の形態であると考えられるわけです。結果として、われわれの頭の中に生じている認知が、現実の世界に対するものとコンピューターの中の世界に対するもので等しくなることが望まれています。

■バーチャルリアリティの歴史

こうしたバーチャルリアリティの技術の歴史をひもとくと、いつぐらいに始まったのかを見てみると、今日、われわれはコンピューター等のインターフェースとして Graphical User Interface (GUI) というものを使用していますが、GUIの父でもあるアイバン・サザランドという研究者がバーチャルリアリティの父であるといわれています。彼が最初にバーチャルリアリティのシステムの構想を考えたのが1965年ということで、50年ちょっと前といわれています。

このとき、サザランドがどういったことをしたのかということ、実は実際のバーチャ

ルリアリティのシステムを作る前に、彼は「The Ultimate Display」というエッセイを発表しています。このエッセイはシステムの実装について語ったものではなく、先ほどのような究極のバーチャルリアリティとは何なのかということをも語った文章です。今では発表されている論文に1,000件以上の引用があるものです。実は発表されているエッセイ自体は1.5ページという非常に短いものですが、その内容はとても示唆に富んでいます。

この「The Ultimate Display」の中では、究極のディスプレイのシステムとは、コンピューターが全ての要素をコントロールすることができる部屋型のものであるだろうということがいわれています。その部屋の中にある全ての要素は現実の世界と同じ機能性、等価なファンクションを持っていることが理想であると述べられていて、椅子であればそれに腰掛けることができるし、手錠であれば誰かを拘束することができるし、はたまたそこに銃弾が表示されているのであれば、それは誰かを殺傷する能力を持っているという、少し怖いことも含んでいる内容ですが、こうした現実のものと同じ機能をコンピューターがコントロールして作り出すことができる部屋があるとすると、これが究極のディスプレイになり得るだろうということをも述べている文献です。

それから、「The Ultimate Display」の最後の締めくくりのところにも非常に面白いことが書かれていて、こうした究極のディスプレイのシステムを適切にプログラミングすることにより、文学的には、アリスが歩いたワンダーランドをつくることができるかもしれないといったことが述べられています。「不思議の国のアリス」の話は皆さんもよくご存じかと思いますが、この創作の中でルイス・キャロルが描いている世界は、アリスの身体がさまざまなスケールに変わったり、人間以外の形をしているクリーチャーと対話したり、その中に登場するキャラクターの身体が状況に応じて変わってしまうことも描かれています。バーチャルリアリティの技術を適切に使用する

ことにより、こうした形でわれわれの身体やその周囲のものを任意に書き換えることができ得るとというのが、サザランドのバーチャルリアリティの最初の論文で既に構想されていたということが、こうした話の中から分かります。

■人間拡張の可能性

このような形でバーチャルリアリティの技術を使うと、現実世界の物理的な制約を超えて、われわれの新しい身体を作り得る可能性があるということが言えるかと思えます。また、情報環境において新しい身体を持ったときに、われわれがそれをどのように認知するのか、また行動のレベルでどういった変容が起こるのかということも興味深い研究対象だと思いつつ、われわれは研究を行っています。

こうした人間拡張にはどんな可能性があるのか考えてみると、先ほどの物理的な人間拡張の試みで行われていたように、1人の人間の身体の中で新しい機能を追加することも人間拡張の一つの形態であると考えられるかと思えます。一方で、情報技術を使って複数の人間やアバターを自在に組み合わせることができるか考えていくと、例えば複数人のユーザーが合体して1人のアバターを操作することや、1人のユーザーが複数の分身した身体を持って同時に違う場所で行動することもできると考えることができます。

ここでは、バーチャルリアリティの技術を使った人間拡張の試みとして、こうした三つの項目に対して研究事例を幾つかご紹介させていただければと考えています。

まず一つ目は、先ほどの「メタリム」の例でもあった、新しい自由度を制御する操作のためにどういった形で生得的な人体の自由度とバーチャル環境の身体をマッピングすればいいのかということについて、研究を行っている事例をご紹介させていただきたいと思えます。この研究の例は、FaceDriveという名前をわれわれは付けていますが、顔の表情を使って先ほどの第3、第4の腕を操作した場合にどういった操作

性になるのか、また、そういった形で操作している身体を果たして自分の身体の一部というようにきちんとわれわれが認識することができるのかということを検証するためのシミュレーションの環境を構築しています。このシステムにおいては、ヘッドマウントディスプレイの内側で表情を計測する光センシングの技術を構築しており、その光センサーの情報を機械学習することによって第3、第4の腕を伸ばす・縮める、それから手で対象をつかむ・離すといったコマンドを発行できるマッピングを行っています。このとき、腕の到達目標は、操作者の頭の向きに合わせて、頭部の向いている方向にリーチングを行うという形的设计をしています。ピック・アンド・プレースのような形でバーチャル環境の中にある物体を把持して、特定の場所に置くというタスクが顔の表情の操作でもきちんとできることを確認しています。こういった形のシステムを構築すると、われわれが生得的に持っているよく使う手足の自由度は基本的に維持した状態で、普段、物理的な作業などには使用していない別の自由度を使って拡張した身体の操作を行うことができるということを実際に示していると考えています。

こうした身体拡張は、コロナの影響もあり、なかなかヘッドマウントディスプレイなどを使ったユーザースタディが難しくなっているということが昨年発生しましたので、そういった環境に対応する開発としては、スマートフォンの顔表情の認識システムを応用して、iPhoneやiPadのシステム上でバーチャル環境の身体を操作するシミュレーターを作っています。

こうした形のものを利用して、クラウドソーシングで認知心理の実験をするという試みも現在行っています。このシステムではAmazonのMechanical TurkやProlificのような、さまざまな大学生や、暇を持て余しているという少し失礼かもしれませんが、クラウドワーカーの方が実験に参加してタスクをこなして、そのデータをネットワーク上に吸い上げて解析する形で認知実験が

可能な状況を作っていました。コロナの環境でなかなか現場での実験がしにくいときにも、こうした枠組みがあるといろいろな実験をすることができ得るという意味で、やはりクラウドソーシングは便利だとわれわれも実感しているところです。

それから、個人の身体をこうした形でいろいろ書き換えることができる状況が生じると、われわれはどこまで書き換えても自分の身体であるというようにそれを感じられるのかというのは、科学的にも興味深い研究対象ではないかと考えています。こうした方向の試みとしては、豊橋技術科学大学の北崎先生を中心とした研究グループの中で、自分自身の体の一部を透明にして表示した場合に、そうした身体に対して身体所有感や行為主体感を持てるのかという評価が行われています。この実験の中ではモーションキャプチャーのシステムを使い、ユーザーの身体を計測し、これをバーチャル環境のアバターに反映することを行っていますが、このとき、手袋やブーツといった身体の中の局所的な特徴、ボディパーツだけを表示するという形で実験を行っています。このときの比較の条件としては、手袋とブーツを表示したときに、空間的な人間の身体の構造を維持している条件と、ばらばらにしてしまった条件をつくり、こうした条件での身体認知がどう変わるのかということを探査しています。

この実験の知見としては、どちらの条件においても手袋やブーツそのものが自分の身体の動きと同期している限りは、やはり自分の身体の一部であると認知できることが分かっています。一方で、真ん中の身体が透明になっている部分に対して、そこに身体があると感じるかどうかということについて調査してみると、空間的な構造が維持されている条件においては透明になっていてもその間に自分の身体があると感じていて、脅威刺激などが与えられた場合にそれを回避するというところを行いますが、空間構造を除いてしまうと、やはり自分のメインのボディがどこにあるのかが分からなくなってしまうので、個別のパーツにのみ

身体所有感や行為主体感が生じている状態になることが明らかになっています。

複数人が一つのアバターを共有できるという研究の一例としては、2名の被験者がいた場合に、それぞれの被験者の関節角のパラメーターに対して重みをかけて1体のアバターに反映するというものがあります。こうしたシステムにおいては、2人の合体しているユーザー同士が目的を共有して同じターゲットに対して何らかの行動をする場合は、リーチングのタスクの実験などで、その精度が上がることを確認されています。

一方で、こうしたシステムにおいては複数人が一つの身体を操作しているので、誰かがサボってしまうと、その人に引っ張られてしまいアバターが最適な行動ができない、もう1人の意図がきれいに反映されないといった問題があります。そこで、この研究の事例では、EMGのセンサーを用いて筋活動を個々のユーザーごとに計測し、意図的に身体に力を入れているユーザーの運動をしっかりと反映する形のアダプティブな操作方法を実現するシステムを提案しています。こうしたシステムにおいては、片方のユーザーがどういったことをしようとしているのかを理解していなかったり、ターゲットが見えていないといった条件でリーチングタスクなどを課した場合にも、もう片方のきちんとタスクを理解している側の運動がしっかりと反映されて適切な行動ができるということが確認できています。

また、こうした身体の拡張をした場合に、われわれは自分自身をどこまで増やしていてもそれを自分と認知できるのかという限界を探る試みを行っています。この研究の事例では、バーチャル環境に2体もしくは4体のアバターを用意し、そのアバターに対してユーザーの運動情報をリアルタイムで反映すると同時に、それぞれのアバターが見ている視覚情報を組み合わせる形でユーザーにフィードバックすることにより、同時にそれぞれのアバターの感覚情報を受け取れるという形の枠組みを作っています。このシステムにおいては、視覚情

報のフィードバックがリアルタイムに入ってくるので、それぞれの視点の情報を見たときに、どこかのアバターの視点の情報に対してすごく注意して、それをスイッチングする形で全部の身体を制御しているのか、それとも、それぞれのアバターの状態を同時に把握しながら制御できているのか、どちらの制御がされているのかを調べる試みを行っています。

この実験の中では、やはりリーチングタスクという形で、空間の中にランダムに生成されるボールに対して、複数の身体を使って最適な行動ができるかどうかといったことの評価や、先ほどのようなパラレルに入ってくる刺激に対してアテンションを切り替えながら操作をしているのか、それとも全部の状態を同時に把握しながら操作しているのかということを確認するために、パラレルな刺激を与えてそれに対する反応を見るという実験を行っています。こうした実験の結果としては、アテンションをスイッチングする必要がない、同じ身体に対して連続した刺激が与えられている条件と、複数ある身体に対してばらばらに切り替えながら刺激が与えられている条件において、タスクパフォーマンスに差があるのかということを確認した場合に、飛んでくるボールに対してタッチできたかをパーセンテージで確認してみると、どのアバターに対して刺激が与えられているかがどんどん変わっている条件と、連続している条件において、この実験においては差が観測できませんでした。複数ある身体に対して、その状況をわれわれはパラレルに把握して、それぞれのアバターに対して最適な行動ができているのではないかということがこの実験条件においては示唆されていました。

このような形でバーチャル環境を使うことによって、個人の身体としての拡張でどんなことができるのかをシミュレーションする環境を作ったり、同じくその制御方法を探究する意味で、複数人の動作を合体したときにどのような制御ができると最適な運動ができるのかをリサーチクエストとして研究することを行っていました。ま

た、最後の研究事例のように、われわれのアバターと生得的な身体を同期するときに、単一の身体同士でのマッピングだけではなく、複数のアバターと同時に同期することを行った実験系も作っており、その中では、複数のアバターと感覚や運動を同期したとしても、われわれはそれを並行して認知しながら行動できていることが確認できています。

ここまで、バーチャル環境においてどういった身体拡張が可能かという事例を幾つか紹介させていただきました。こうした人間拡張の、直接的に身体を拡張する形態以外の可能性としては、冒頭に述べたように人間の情報処理を拡張する形の情報システムも当然、作り得るだろうと考えられます。人間の知覚や認知を拡張するという意味では、例えば拡張現実感のようなシステムを使うと、現実の環境の上にサイバー空間の情報を重ね合わせることによって知覚が拡張できるということもありますし、マシンラーニングやAIを活用することにより、環境から入ってくる大量の情報の中で人間が必要なものをうまくハイライトし、人の注意や、情報を受け取るメカニズムをサポートしていく形の人間拡張も可能であると考えられます。

ここでは、AIや機械学習を活用した研究の一例を紹介させていただきたいと思います。われわれのこうした環境における取り組みの一つとして、医学部と連携して、ウェアラブルデバイスを装着し、手術室の中の作業をレコーディングするという試みがあります。これは少しバーチャル環境から離れて、もう少し広い意味でのフィジカルな環境ということになるかと思いますが、医師や助手、看護師といった複数のユーザーにウェアラブルデバイスを付けて、その作業の工程を記録してもらっています。

このようなウェアラブルのデバイスを活用すると、一人称視点から各自の作業を記録している映像を手に入れることができます。一人称視点のデータは非常に貴重ですが、例えば作業の時間が長いと、ずっと映像を記録していると非常に膨大な情報が集

まります。そこで、われわれの研究の中では、長時間の手術映像の中で重要なシーンをハイライトして再生するメカニズムを機械学習を援用することで作る試みをしています。準備などの重要性の低いシーンはどんどん再生して飛ばしていき、手術中の手元などの重要なシーンについては再生速度を下げて、プラスチックなタイムラインの中で再生を試みる枠組みを作っています。

手術室の中でレコーディングを行うときに、われわれはウェアラブルの一人称視点のカメラと、視線計測装置がセットになっているものを利用しています。ここで得られる情報としては、作業を行っている執刀医や助手がどこを見ていたのかという一人称視点のデータをずっと記録しています。こうした映像の中で、重要な部分と重要でない部分を切り分けるために、基本的にはタグ付けを行うことにより、切開を行っているシーンとそれ以外のシーンを機械学習で識別するといった枠組みを作っています。このときに参照している情報としては、先ほどのような視線情報と、それに追加して、映像の中で手の領域を機械学習で抽出することで、何人の手が映像の中にあるのかということから、共同作業を行っているかどうか分かるような手掛かりも機械学習に加えることを行っています。さらに、ウェアラブルデバイス自体がどれくらい動いているかを考慮するために、手の領域を除いた残りのエリアでオプティカルフローを計算することにより、各フレームの中で自然特徴量がどれくらい移動しているのかということも考慮するような枠組みを作っています。また、自然特徴量の中では、医師がよく見ている視線の位置が分かっているので、これを学習するニューラルネットワークを作り、映っているシーンの中で医師が一般的に視線を与えていそうな場所を推定する空間的なネットワークも作り、その領域をハイライトするという空間でのハイライトの試みも行っています。

こうした形のものを合わせて使うとハイライトを実現することが可能です。単に倍速再生を行っているだけの映像と、切開し

ているかどうかを機械学習によって判定し、切っている部分だけ再生速度を下げている映像と、視線情報が向いているところを拡大している映像といった形で、注意を向けている領域のハイライトができる枠組みを作っています。

■まとめ

人間拡張の試みを行っているさまざまな研究事例を紹介させていただきました。全体として考えてみると、バーチャル環境や機械学習という情報処理の先進的なものを使っていくことにより、物理的な制約から解放された新しい試みをわれわれは行うことができるということが、人間拡張の枠組みの中では非常に重要なポイントではないかと思っています。バーチャル環境においては、生得的に持っている身体を離れて新しい物理的な存在、バーチャル環境における存在を作ることでもできますし、機械学習がサポートすることにより、時間的な方向での重要な部分をハイライトしたり、空間的にハイライトしたものをユーザーに提供することで情報処理の機構を支援するような試みも可能となっています。

コロナの環境で、物理的な行動を現実の場面で行うことに制限が付いてしまっていることが非常に多いと思いますが、情報システムをきちんと活用していくことにより、時空間の中で物理的な制約を超えた新しい情報システムがさらに生まれてきたら面白いと思っています。

最後に著書紹介をしたいと思います。最近リリースした書籍として「自在化身体論」というものがあります。こちらは先ほどの研究事例でもご紹介した稲見先生や北崎先生との共著の書籍です。興味がありましたら、ぜひお手に取っていただければと思います。

以上で私からの話を終わりにしたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

(文責：編集委員会)