



超臨場感と バーチャル・サイボーグ/ テレエクスperiences

Yasushi Ikei 池井 寧

首都大学東京

近年、バーチャルリアリティがかつてないほどに世の人々の目にふれるようになった。一般への普及によって応用分野が広がるのを見ているのは、研究者としてとても興味深い。社会に急速に進出している現在のバーチャルリアリティの多くは、HMD (head mounted display) と没入型レンダリング世界からなる形式だが、これはジャロニアらが1989年に最初に登場させたときのものと概念的にはあまり変わってはいない。その後の実空間リアルタイム3次元計測技術の進展がもたらしたAR (augmented reality), MR (mixed reality) によって目の前にVRの要素を結合するタイプが展開されたが、これらが今後のVRの領域に豊かな成果を追加していくことは確実であろう。この展開の一因はハードウェア性能の圧倒的な向上だが、それに支えられたコンテンツの多様化はVR2.0と言っても良い変化のように見える。1989年に出現したバーチャルリアリティは本年(2018年)で生誕29年となるのだが、しかしこのVRの概念が本当に意味するところを完全に実現する過程は(強力なbreak throughを見ないと)、まだ遙かに遠い道のように見える。バーチャルリアリティは、現実の空間の特性にできる限り近くなるように^[1]、リアリティの高い世界を描画するのだが、コンピュータとディスプレイの性能次第で幾らでも現実に近くできるかというところではないからである。

別の世界の中に入ったかのように、その場の周囲を見まわせるような映像が提示されれば、その世界にいる臨場感が得られる。(勿論、臨場感は自由な視線方向だけに依存するわけではない。)この臨場感という体験事態は、バーチャルリアリティのかなり重要な特徴であるが、VRの特性というだけでなく将来の通信技術一般でも引き続き望まれる特性である。臨場感は、正確な空間認知(による活動品質向上)、体験の記憶、他者認知、感性的インパクト、利用の満足度などを高めると考えられ、我々の活動空間を拡大する観点から興味深い知覚の一面である。

そのような意味で、臨場感を発展させることを目指す‘超’臨場感というキーワードが総務省の研究会(座長:原島 博元会長)で最初に提示された。それを契機に設立された超臨場感コミュニケーション産学官フォーラムで現在会長を勤められている廣瀬通孝先生(本学会の元会長)は、情報通信研究機構における超臨場感の研究の中で超臨場感を2つの観点からとらえた。従来の臨場感を超える方向としてのスーパーリアリティとメタリアリティである。スーパーリアリティとは、提示情報の密度を格段に向上する超高リアリティの立場であり、別の空間の情報を正確に伝えるために感覚情報をできる限り大量に転送する方向である。現在実用化直前の8Kスーパーハイビジョン(とその音響システム)、裸眼立体視、解像度の向上が続くHMDなどはその典型例と言えるであろう。またマルチモーダル情報の充実もそれに含まれる。

一方、メタリアリティは、単に情報を増加するだけではない様々なリアリティの向上の方向性であり、一定の手法が定義されているわけではない。著者は超臨場感の1つの考え方として、別の空間にいる人間がその時に感じた「身体の運動感覚」について情報を伝えることに注目した。それは別の空間にいた(いる)別の人間の体験、特に身体運動に関わる感覚(固有感覚、皮膚感覚、前庭感覚など)を再現することであり、別の身体に対する臨場感(別身体への没入感)ともいえる。これまでの臨場感が主として遠方や合成世界の外界環境の視聴覚情報の再現を対象としていたのに対して、その場で活動した(している)別の人間の身体感覚をも提示し、まだ実現されていない身体全体の多感覚情報を含む臨場感を得ようとするものである。これは、別空間での身体活動を前提とするテレプレゼンスやテレプレゼンスの感覚取得に重要であり、また身体活動のスキルを伝承し習得させる可能性を与える機能でもある。

バーチャルリアリティが、別の空間における体験を可

能にするとするとき、そこには解決すべき問題がいくつもある。大きく分けてみれば、VR空間での体験の対象となる外界の再現の問題、体験者が外界と関わるインタラクションの再現の問題、そして体験者自身の身体の再現の問題がある。これらは相互に関係があるものだが、上記に述べたのは最後の再現課題の一種である。これは、体験者がしている実際の身体運動とは一致していない運動を、別の空間で行っている場合にその空間での身体感覚を体験者に感じさせることが特徴であり、別状態の身体内に臨場することである。一般のバーチャルリアリティで別空間の体験をするというときに、多くの実用的な応用では、その別空間にいる自分自身とは主に視点と手先だけが再現された自分である。もしくは、より凝った実装では自分自身の身体全体の動きがそのままバーチャル空間の身体モデル（アバター）に投射される。しかしながらこの場合にVR空間に送信される身体情報とその結果として得られる感覚フィードバックは、まだ限定されており、実体験の状況とは明らかに異なっている。一人称の視点で現地（VR空間）の視野映像を得て見回すことは現在では容易と言えるが、視覚情報だけを取得できても、本格的に現地における活動の体験とするには不十分である。もし実空間の自分自身の身体運動をそのままVR空間に入力するならば、その場合の運動感覚は正確にVR空間での身体感覚だが、実空間で実際にできる運動への制約が大きいことが問題である。

VR空間に居る時に自由自在に身体活動できてこそ、実空間の発展としてのVR空間の利点を最大限に活用することが可能となる。かつて本学会のFellow 拝受の挨拶で「存在を自由自在にする」VRのための新しい存在論の必要性や超存在に触れたが、「身体活動」を自由自在にする困難は射程内の事象との認識はなかった。人間の身体活動は暗黙知の筋シナジーを基底とした極めて複雑な知覚認知運動制御系に拠っている。この身体制御は、しかし完全ではなくほころびが随所に見られるものでもあり、VR空間におけるバーチャル身体と実際身体との新たな結合によるバーチャル・サイボーグ（VC）を成立させる余地が十分にある。健康な若い人でも実際の身体の不自由さを認識するのに困難はない。ほとんど同じ身体構造を持った五輪選手やプロ選手のようにできないだけでなく、マンガ・映画の超人が好まれることから明らかである。VCが構成できれば、例えば極めて優れた技能者の身体運動を自分で行っている感覚として得ることが可能と考えられ、これは恐らく実世界における巧緻運動のための効率の良いトレーニングになるであろうし、eスポーツのような疑似超人化の満足度はさらに高められ、優れた娯楽体験が提供されるだろう。

このようなVR空間は特定の身体運動に限らずさまざ

まな活動のエクスペリエンスが合成できる空間として大きな可能性を持っている。したがって、各ユーザーに対応したVC構造を解明・構築することは、将来のVR空間の利用において本質的に重要である。実空間のユーザーの身体運動と大きく異なるバーチャル身体運動（視点移動だけの場合も含む）との整合の問題は、現時点ですでに明らかな障害をもたらしており、その1つは感覚間の矛盾によるVR酔いである。従って別空間のバーチャル身体またはアバターロボットが伝える身体感覚を、実際の身体の運動と感じられるように合成したVCを構築することは急務である。この実身体とバーチャル身体の写真・合成関係は、能動型体験と受動型体験で異なるが、遅延を含む遠隔の体験の場合はその両者が関係するであろう。著者は後者の受動型体験についての実現を模索し始めている。これは他者の価値ある体験を受け取る形式であり、通常は追体験と言われるものに近い。ここでの受動型体験は、身体的追体験というのが分かりやすいが、これは本来は同義反復の言い回し^[2]ではある。まずこの形式で、他者の身体に臨場することを検討してきた。その技法として、自己の身体を他者身体表現のためのメディアと位置づけ、他者の身体運動感覚（全感覚の統合によるものだが）を再現するモデルを検討している。これは、通常の能動型のVRでは自己の身体運動がVR空間のバーチャル身体（通常のアバター）の運動に投射される順方向の写真となるのに対して、追体験の場合は、既存のエクスペリエンスとしての身体運動が逆に自己の身体を通して統合されて（脳内に）描きたいバーチャル身体像に投影される（VCの一種が構成される）ことになる。

これは、「追体験」が成立するという意味と考えて良いことだが、本来の「体験」では自分自身でその行動をすることと、その記憶が残ることが必要である。つまり能動的な運動を行うことが体験の重要な要件である。追体験の意味には、他者と同じことを自分ですることも含まれるが、本来の目的は他者の体験を知ることであり自分の身体で行わない形式の知覚による理解が、典型的には追体験と呼ばれる。しかしながら、この意味はあまり明確な技術仕様として述べるのが難しい。それは、自己と他者を理解する脳の処理の仕組みがまだ解明されていないからである。一見自明のようにも見えるが、自己や他者を認識している脳の情報処理プロセスを説明しようとするとそれほど簡単でないことが分かる。他者認識に自己理解と制御のプロセスが使われていると考えられるためである。この理解の範囲はかなり広いが、身体運動の側面に限定した場合で述べると、ともかくこの追体験の中で他人の行動を受け取る「観測」者においては、自己の行動として自分の身体を筋肉で駆動するための運

動指令とその遠心性コピーが発生しない、つまり追体験が観測だけであるとすれば、能動運動としての体験とは異なるものとなっている。従ってそのような運動主体性 (agency) が共存するための認知的な補償構造を組み入れることが一つの課題である。

上に述べたように超臨場感を実現するバーチャルリアリティ (VR 3.0?) の目指すものには、これまでのバーチャルリアリティで中心的に探求されてこなかった論点が含まれている。すなわち、外界からやってくる五感に亘る情報を再現するだけでなく、それを含む自己身体の情報に脳に投射される過程に介入することで、体験者の現在身体とは異なる身体状態あるいは他者身体の感覚をバーチャルに再現し、多様な身体的エクスペリエンスを表現することである。その表現対象はサイバー空間での任意の身体的行動であったり、実空間の遠隔地における行動のテレエクスペリエンスであったりするが、これを実現するために、身体情報を含む認知ループで別空間を解釈している過程を人工的に修飾する。これは、究極のバーチャルリアリティあるいは超臨場感を目指す技術の一形態である。このために、従来のサイボーグのような身体侵襲的な手段^[3]を受け入れるかどうかは、各人の好みであろう。それによって脳への情報投射がより直接的に操作できるのは明らかであり、脳とコンピュータの直結が新しいVR世界として劇的なエクスペリエンスをもたらすことは間違いない。(シンギュラリティ論の言う未来。そこでは物理的現実とVRが主観的に等価となる。)ただし、それがどれだけ無謀な想像にすぎないのか、あるいは人類のすすむべき進路であるのかはまだ分かっていない。

そうした完全な他者没入やVC投射の事態では、臨場感という言葉や説明は不要となるであろう。臨場感は、物理的にそこに行かずここに居る自分を認知していることを前提とした言葉だが、完璧なバーチャルリアリティ世界に没入した際には、本人の意識(認知モード)にとってその没入世界以外の場所に居ることはあり得ない。従って、それを臨場感と呼ぶことはない。すなわち超臨場感とは、臨場感を超えて、認知系もそれが認知する自分の身体もVR側の場に居て(臨場して)‘自然に’活動している感覚である。このように、臨場感という言葉がすでに消滅した世界を描いているSFは多いが、その世界がVR 3.0で実現された暁には、我々が「認知的

に住む世界」は無数に選べるようになるに違いない。そうした世界は勿論、AIによる人間的エージェントも共存する社会であり、虚実皮膜を超えた両者の統合構築物である。そのような世界が、今よりも遥かに現実的に主観的リアルの一部をなして我々の生活空間に逢着するのはそれほど遠い未来ではないのかも知れない。

謝辞

超臨場感システムの開発においては、東京大学 廣瀬通孝教授の指導を受けたことを記し謝意を表す。本稿の技術開発を共同で進めていた電気通信大学広田一教授、豊橋技術科学大学北崎充晃教授、NTT 両宮智浩博士、および池井研究室所属の学生諸氏に感謝する。システムのプロトタイプの開発は、情報通信研究機構の受託研究、総務省の戦略的情報通信研究開発推進事業、文部科学省科学研究費補助金などの経済的支援を受けて実施されたことに謝意を表す。

- [1] そうではなく、まったく架空の特性を持った世界はコンピュータゲームが既に与えている。
- [2] 体験は身体がかかわることを前提とした語である。
- [3] たとえば脳神経系に大量の人工的計算機プローブを埋め込む。

略歴

池井 寧 (IKEI, Yasushi)

東京都出身。1988年東京大学大学院工学系研究科産業機械工学専攻 博士課程修了(工学博士)。大阪大学工学部、東京国立科学技術大学工学部を経て、現在首都大学東京大学院システムデザイン研究科教授。視覚、聴覚、固有感覚、皮膚感覚、前庭感覚、嗅覚を提示する多感覚情報のバーチャルリアリティ、身体的超臨場感、認知工学インタフェース、先端ヒューマンインタフェースなどの研究に従事。バーチャルリアリティ学会 VRと超臨場感委員会委員長、元拡張認知インタフェース調査研究委員会委員長、ASIAGRAPH 運営委員会、文化芸術委員会、文化フォーラム委員会、ICAT 運営委員会等の委員。日本バーチャルリアリティ学会論文賞、貢献賞、ヒューマンインタフェース学会研究会賞、学術奨励賞、ICAT2004、IEEE VSSM2012、経産省 DC EXPO 2012、2017 Innovative Technologies 他受賞。日本バーチャルリアリティ学会、ヒューマンインタフェース学会、日本機械学会、IEEE、ACM、情報処理学会、ロボット学会などの会員。日本バーチャルリアリティ学会副会長、フェロー。