

超臨場感とは何か。¹

池井 寧（首都大学東京）

1. はじめに

「臨場感」という概念は、通信技術の発展と共に生まれた。通信技術は、ある場所に存在する情報を、別の場所に運んで再現するものである。ある場所で記録された情報を、別の場所に全く同じ物として正確に立ち現せしむることが、通信技術の目指している理想である。

この技術を使えば、ある場所の空間的情報を、そっくり別の場所に「空間」として再現することができることになる。再現された空間を見れば、運ばれてきた元の場所を見ているのだと感ずること、あるいは、元の場所に自分が臨んでいるのだ、と感ずることができるはずで、それが「臨場感」である。この際、体験している自分自身の眼前には、発信元の場所の空間情報が展開されることになる。この再現が正確であればあるほど、その場に臨んでいるという感覚、すなわち臨場感が高まる。

このように、臨場感とは、通常は、元の空間の「再現の出来栄え」に言及する言葉である。出来栄えとは、「別の場所にある現実の空間」が、再現されたときの「感覚の忠実性」である。再現対象は、通常は（自分はいない）別の場所であり、（自分ではない）他人が体験しているところの「実際の場所」である。（勿論、伝達されたものに対する感覚であって、実際のそのものに対する感覚ではない。）

この再現は、ある種の客観性を持つものと考えられるであろう。すなわち、「他人が誰であるかは、問題ではなく」、その人がいる場所の忠実な、すなわち「客観的な再現」ができれば良いという立場である。通常、その場所の様子が視覚、聴覚にリアルに感じられれば良く、そのためには、より高画質な映像とより高品質な音響が捉えられて、正しく再生されることが求められる。つまり、他人が見聞した実際の空間の再現の出来栄え、それによるリアリティの高さが、通常一般に言われる臨場感ということが出来るであろう。これは、写実的なリアリティによる臨場感ともいえる。

このような臨場感の捉え方は、初期の通信技術からの延長線上にあるものである。その場の状況が、まざまざと分るといふこと、映像や音声（視覚、聴覚情報）がどれだけ明確であるかということが主要な論点であって、TV 映像や写真の再現性などにふれる際に言及される臨場感である。この方向は、現在も 4K TV から 8K TV へと解像度を高める我が国の放送の展開の軸となっている。このような臨場感の概念が、明確に変化するきっかけとなったのが、バーチャルリアリティという考え方の出現である。これは、更に、本稿のテーマである超臨場感の概念を派生する基礎となった。

2. バーチャルリアリティの臨場感——主観座標における客観的再現

¹ 超臨場感，感覚デバイス開発—機器が担うヒト感覚の生成・拡張・代替技術，NTS, 2014 より改変。

バーチャルリアリティとは、実際の現実世界に相当するような空間が再現されているという感覚であり、また、そのための技術のことである。「現実世界に相当する」というのは、そのように知覚されるという意味であり、上記の臨場感と類似したものを創り出すものであるが、その概念を拡張した点がいくつか加わった[1]。

その1つは、「3次元の空間」として、別の空間が再現されていることであり、見ている空間が、立体的に知覚されることである。見えている物が立体映像として、視差をともなって提示されており、音響も空間特性に基づいて再現されることが、バーチャルリアリティの特徴の1つである。このような情報を受け取ると、実際にその空間が眼前に広がっているように感じられるので、2次元の映像による空間再現を見るより臨場感は遥かに高まる。これは、単に写実性が高まるというだけでなく、空間の奥行き知覚の手がかり情報が、眼前の実世界の場合に近づき、空間の構造が立体的に捉えられるという意味で臨場感において重要である。

さらに、バーチャルリアリティでは「対話性」が導入されたことが、とりわけ特徴的である。すなわち、前節の臨場感は、通信によって、遠方の情報を取り込んで、再現するというものであり、通常、遠方の情報が視聴覚に、一方的に提示されて、それを受け取ることに限定されるものであった。もし、その場に本当にいるならば、見まわして自分で主体的に得る（見る）情報を選択することができるが、それは通常はできない。これに対して、バーチャルリアリティでは、能動的な情報選択を可能とするという特徴がある。つまり、実際の現実に対応するように、周囲の情報を準備しておいて、体験者がどちらを見ても、その情報が得られる、もしくは、周囲にある物体に触れることができるように触覚情報が提示される。それは、体験者が情報を選択して取得したり、さらに進んで対象に変化を与えられるということであり、インタラクティブティ（対話性、双方向性）を持つことが特徴と言える。これは、現実の世界にあっては極めて当然のことであるが、それと同じことを再現すれば、その空間にいるという臨場感は格段に高まる。そうした対話性は、前節の臨場感にはなかったものである。

このインタラクティブティは、臨場感を感じることに非常に重要な効果を持つが、それを含んだ再現をするのは、かなり難度の高い課題である。対話的であることには、空間再現の構造を与える際の基本的で重大な仮定が含まれているが、それは、「体験者が主体となる再現」ということである。つまり、映像であれば体験者が自由に選ぶ視点で、見た方向の映像が再現されるということであり、その地点で、特定の相対的方向から音響が聞こえてこなければならない。また、触って場所などを変化させるとなると、空間への直接の物理的作用が含まれるので、これを実現するには、再現対象となる「元の空間」に対する効果器が必要となる。いずれにしても、情報は単に受け取るだけでなく、少なくとも、まず選択されるための仕組みが重要となる。別の空間の情報は、TV映像のように勝手にやってくるのではなく、それを主体的に得るということである。これは、前節に述べたような「誰かが体験した空間」ではなく、本人が選択して体験しているという意味で「第1人称の空間再現」あるいは、「第1人称の体験」と呼ぶことがある。

上記の2つの特徴に加えて更に重要なバーチャルリアリティの概念として、体験者の自分自

身の身体の映像が、再現された空間に現れること、すなわち「自己投射」[1]が導入された。これは、自分の視野に自分の身体（手など）が見えている、ということである。日常の体験としては全く当然のことであるが、空間を遠方から持ってきた時には、本来はその空間には自分自身の身体はないので、そこに自分の像は見えない。TV の通常のライブ映像の中に自分がないのと同じことである。自己投射とは、例えば、再現された空間において、物を操作して位置や姿勢・形を変える行為を行う自分の手が見えるということである。あるいは、その空間で階段を上るときに自分の足が見えているということであり、これによって次の段の上に足を置くことができるようになる。これは、再現された空間に、確かに自分の手や身体が存在することを確信させるものであり、「そこに居る」という意味の通りの証拠を示して臨場感を補強することに寄与する。図1は、第1人称の空間再現のための視覚提示装置HMD (Head Mounted Display) と、自己投射のために手を自己投射するために現実の手を計測する手袋である。

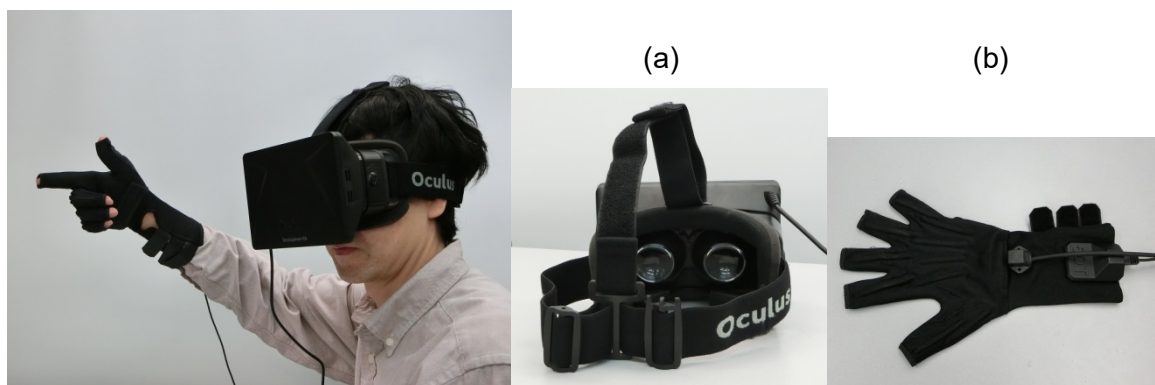


図1：主観的な視覚再現のための HMD (Head Mounted Display) と自己投射に必要な手の計測装置 ((a)Oculus Rift (Oculus VR 社製), (b) 5DT Data Glove 14 Ultra (5DT 社製))

これらの臨場感のベースとなっている条件の1つは、体験者が空間の情報を自分で選んで取得することであり、その対象となる空間の情報は、ある種の世界の表現として、予め与えられているということである。つまり、実際の空間に自分がいるのと同様に、再現された空間は、「そこに客観的に存在し」、体験者は、そこに行ってその情報を受け取るという枠組みである。前節に述べたような「他人の視点でとらえた空間」の再現ではなく、「主観的座標を独自に設定して客観的空間の再現を体験する形態」である。これを実現するには、本書籍の第1編に述べられているような様々な感覚デバイスを駆使して、体験者に空間の情報を提示することが必要となる。即ち、実際の空間において、我々が五感を通して得ている情報を、これらのデバイスによって伝達しなければならない。これを、できる限り完全に行おうとすれば、実際には相当な難題となる。前節のように情報が勝手にやって来る条件では、体験者の意図とは無関係に現実の一部を切り取って伝達すればよいのであるが、上記の構成では体験者が任意に切り出す動作に呼応して、空間情報をリアルタイムに用意しなければならないからである。これがどれだけ成功するかによって、バーチャルリアリティの臨場感の品質が決まることになるが、そこで与えられる臨場感は、前節の他人の視点の空間再現とは全く次元が異なるものである。バーチャルリアリティでは、体験者の五感に対して、その主観

的座標から見た空間の情報を提示することで、他人の視点からの映像音声の再生とは次元の異なった極めて高い臨場感を与えることができる。この場合、提示する空間は、遠方の空間の再現にとどまらず、任意に合成された現実相当空間であっても良く、この点がむしろ、バーチャルリアリティによって初めてもたらされた恩恵と言える。

3. 超臨場感とは何か？

前述のように、バーチャルリアリティによって得られる臨場感は、それ以前の技術とは比較にならない水準であり、遥かに高いものとなっている。このバーチャルリアリティの臨場感の特徴は、勿論、「あたかも、その場所にいるかのように感ずる」ということであり、そのために伝える感覚情報が五感に拡張されることで体験のリアリティを追求しようとしていることである。自分の身体は再現された場所にあつて、そこにおける自分自身の身体を基軸にした「外界の知覚体験」が統合的に発生し、その結果得られる高い臨場感の体験が、バーチャルリアリティ技術が目標としている点の1つである。このVR技術で空間を再現する精度は、年々高まっており、多様なシミュレーションやトレーニング、文化の伝承、あるいはゲームなどの応用におけるリアリティが著しく向上してきた。

この臨場感の技術を今後更に進める方向を探求するため、超臨場感の概念が提唱されている。東京大学の廣瀬通孝らは、情報通信研究機構における超臨場感の研究において、超臨場感を2つの観点からとらえている。即ち、これまでの臨場感を超越する方向性として、スーパーリアリティとメタリアリティの2つを主張している。スーパーリアリティとは、リアリティを高める方向の1つとして、情報の密度を徹底して追求する立場である。自分が実際に居る場所とは異なる別の空間の情報を、できる限り正確に伝えるために、人間が情報を取得しやすい視聴覚情報他のビットレートを引き上げることは有効である。このアプローチは、通信速度の向上や関連技術の進展で期待できる方向であり、現在進められている8Kディスプレイの開発は臨場感の向上に確実に貢献するであろう。

もう1つのアプローチは、メタリアリティであり、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る。一定の手法が定義されているわけではないため、ここでは、著者の考え方を述べる。臨場感は上記の意味では、外界の知覚体験の現実（類似）性について注目しているが、一方で、臨場感は人間の総合的な認知過程の所産であり、その空間に対して存在性を認める根拠となる独自の意味と観点にも支配されている。人間はその能力の限界から、現実そのものの「全て」を見ているわけではない上に、様々な認知状態によるバイアスの中で外界を見ている。その中で、特定の指向性を持って意味を見出して行動しており、それが空間の知覚を限定しているとすらいえる。つまり、高次の認知過程としての現実の価値においてリアリティを定義していると見ることができる。

従って、臨場感の概念を拡張する方向として、この様な広義の意味的価値を中心とする立場を設定することができる。そこでの価値の設定は、その空間の用途に依存して任意と言えるが、一般性を考慮すれば、合理性または情報性（知的空間軸）、および、感動・共感等の情動性（感性的空間軸）をとることができるであろう。それらのコンテンツを表現するための基礎となる空間は、意味を排除した客観的な空間要素で組み立てられ、これは上記に述べたバーチャルリアリティ技術に任せるところとなる。図2は、この作業仮説を表したものである。右手に向かうx軸は、時間経過に沿って人工的空間が進歩する過程を示しており、空間の客観的表現、即ち知覚的な時空間リアリティが増加する方向である。座標系の原点は、バーチャルリアリティが生まれた年（1989年）であり、その後、従来の時空間が、電子的に

拡張された空間として急激に発展することを示すのが x 軸方向である。この方向は、時空間構築の基礎としての知覚世界の高度化を表し、Mixed Reality (MR) を含めた VR 空間の進展度を示している。実際の現実を第 1 のリアリティとすると、その複製を創ることを主眼とした第 2 のリアリティを与える軸であると言える。これに対して、図 2 の z 軸および y 軸は、それぞれ合理性と情動性の軸であり、空間合成の VR 技術に基づいて実装された空間が、修飾と演出による意味の伝達に最適化が図られた空間を張ることを示している。

すなわち、特定の趣旨を持つ VR 空間が構築される際のコンテンツの意味構造が、高次の臨場感を与えると見ることができる。実際、我々の活動は当然に意味・目的によって駆動されており、空間はそのための存在として対処されている。インタラクションと自己投射を含んで、その空間の中で特定の文脈に沿った活動が構成されるとき、人間はその意味やメッセージを感じることができる「場」に対して、強い臨場感を感じる。ある種の特定の意味を持った場こそが臨場感を与えるのである。現実空間の複製を基本とする第 2 のリアリティの上で、説明的な意味や感動を与える構造を持った空間で感じられる臨場感は、第 3 のリアリティとしての超臨場感と呼んでもよいのではないか。ここに起こっている臨場感は、知覚的臨場感というよりは、認知的臨場感と言うほうが適している。

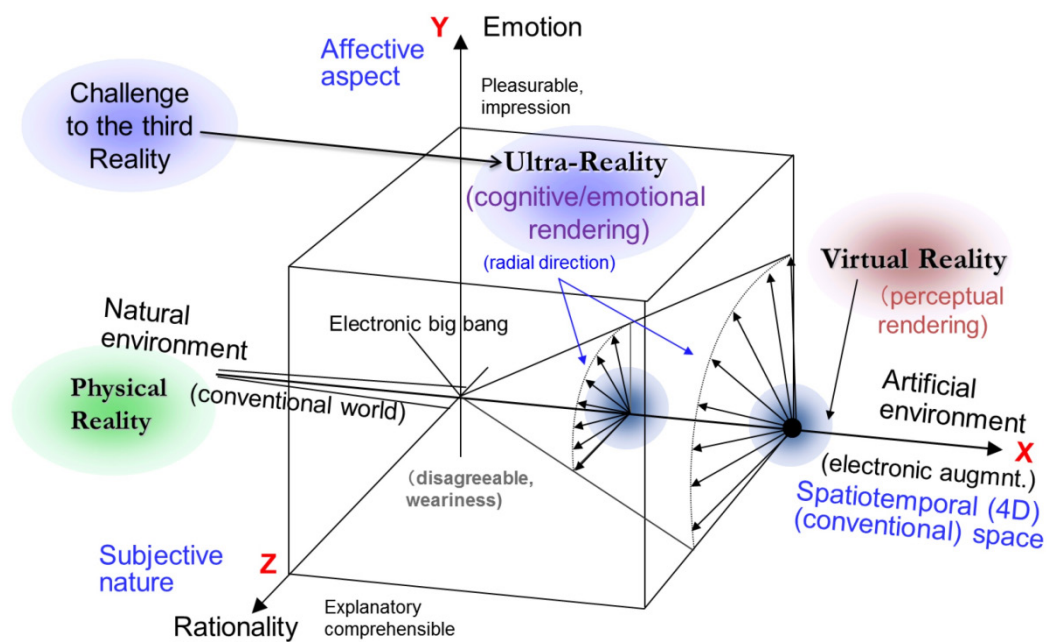


図 2 超臨場感の空間とバーチャルリアリティ [2]

さて、超臨場感の可能性について、もう 1 つ作業仮説を立てて見よう。繰り返しになるが、臨場感とは、自分が、ある空間に存在することを認める感覚である。ただし、それだけではなく、自分がその空間におかれる中で、その「空間のこと」、およびその「空間と自分の身体の関係」、および次の「行動」が意識されることになり、それらの総体が、臨場感の本当の意味であると考えられる。すなわち、臨場感とは「その場にいる感覚」であるが、それ自体を説明するためには、体験者が意識するか否かは別として、以下の概念が使われているであ

ろう。

1. その空間の詳細な知覚情報と、その空間に関する知識
2. その空間における自分の身体の位置・姿勢
3. その空間における状況の判断
4. その空間における可能な行動と次の行動

これらは、後半がより高次の認知活動と考えられるが、当然のこととして、自分の身体を基軸とした捉え方となっている。空間をとらえるということにおいて、自分の身体と感覚器の構成を前提とした知覚認知体系が絶対的なベースである。通常は体験者がそのこと自体を自覚することはないが、その枠組みの中で知覚していることはむしろ当然である。第1に記載した「空間の詳細な知覚情報」が臨場感に重要であることは間違いないが、より基底的条件（知覚できる情報は何か、などの決定要因）は、知覚系を含む人間の身体が与えている。我々は、知覚系を含む身体を全く離れて世界を認識するようにはできていない。

臨場感の得られる状況とは、言い方を変えれば、その空間の中に自分自身が没入していることである。「没入」とは、包まれるように中に浸されることだが、通常は「没頭する」などの意味で使われることが多く、その場合は、本人の注意が意思によって集中している側面が強い。それとは違って、ここでの空間への没入とは、与えられた感覚情報の中に浸されることであって、それらの情報が高品質であると、本人の意思とは無関係にその空間の中にいると知覚系が伝えてくる状況となる。あたかも、自分の身体がその知覚された空間にあって、今、体験している本人が実際に存在しているところの周りの空間は知覚されなくなる、というのが VR の創り出す理想的な臨場感である。但し、実際の没入感は、知覚系からくる包囲空間の構造と、体験者が意識的に向ける注意の両者からなっていると考えるべきであろう。

この没入という状態においては、実空間中の実際の身体と、VR 空間に向かう意識の状態が乖離している状況が発生しているわけであるが、先ほど述べたように、我々の意識の主体は、本来は身体とは切り離せないものとなっているので、このような状況は、シミュレータ病（酔いなど）が発生する原因となっている。身体への入力情報（視覚情報も含む）のバランスが完全でないがゆえに、第1人称の体験に矛盾が含まれているということである。第1人称の体験というのは、本来は正確な言い回しではないが、ゲームなどで第3者の視点ではなく、自分で選択し制御している視点で外界を見ていることに相当している。この場合に、実際の身体の状態と提示されている情報が合致することが要求されるが、そこに矛盾が生じうることは、VR の提示情報自体の再現の正確さの限界とともに、臨場感への制約を与える可能性がある。実際には、VR 空間内の自由空間における身体の自在な運動に基づく体験を満足することは、本質的に容易なことではない。

こうした身体と情報提示の矛盾も含んだ臨場感の制約を超えるための作業仮説として、体験者の身体の状態をも含めた臨場感構築という方法論を考えることができる。上記のように、身体は臨場感体験の全て基底であるのだが、この体験者の自己の身体が臨場感体験システムの構築において、逆説的であるが中心的には論じられてこなかった。即ち、臨場感の構築においては、上記の論法で、まず第一に空間の再現が指導原理であって、客観的な外界の状態

の再現を目指して来たが、それに対する身体はクライアントとして見られていたと言える。しかしながら、臨場感体験の構築を目的とする過程で、体験の基底としての身体に注目するのは、むしろ当然で、身体も含めた体験構築を考えるべきとの立場は合理的に設定しうると言える。我々のグループでは、上記の制約を回避するために、これまでの考え方を改めて、新しいタイプの臨場感へのアプローチを採用することとした。即ち、自由に体験するための空間を再現または提供するバーチャルリアリティの目指す臨場感とは別の方向として、体験そのものを伝えるという方向であり、「自分の身体も含めて空間に関係づけられた場」を一括して受け取るということ、ある種の超臨場感であるとみなしている。

体験を伝えるとは、ある人の体験自体を伝えることであり、具体的には過去に実行された身体の運動を、別の人間の身体に再現することである。勿論、その際の外界の空間の感覚情報も同時に再現するため、過去にあった体験を記録し、できるだけそのままに、別の人間に伝えようとするものである。VR の通常のアプローチでは、バーチャルに自由な運動ができる空間を提示して、任意の体験ができる環境を用意するが、その場合は、体験者はその環境内で自分自身の意思と選択で疑似体験を行う。これに対して、体験を伝えるという場合は、身体運動を含めて疑似的に過去の人物の行動を追体験することを意味している。

4. 追体験：身体的超臨場感

追体験とは、あたかも自分で体験したがごとくに他人の体験を生き生きと捉える、というような意味であるが、通常の利用例のように単に読んだり聞いたりするだけでなく、本稿では、身体運動を含んだ追体験を考えている。すなわち、「追体験」が文字通りに意味するところとして、ある人の過去の空間的活動である身体的運動を追ってみて、それが自分自身の体験となること、がその目標である。ここで注目する追体験の対象は、価値のある多様な体験である。例えば、特別な身体運動技能（オリンピック選手など）や技能伝承（文化芸術の特殊技能など）の対象となる人などでは、身体運動の質や技巧そのものに高い価値がある。また、世界各地の旅行や探検に類するような世界の空間を歩いて楽しむ活動などの体験も一般的に価値が認められる例であろう。高速交通機関の発展により、世界は時間的には狭くなっているが、世界各地を自分の足で体験するとなれば、そう簡単に尽くせるものではない。また、人間の身体的活動の多様性は、言うまでもないことであり、そうした多様な体験を共有することは、これまでにない全く新しい価値の提供となる。従来は、追体験のメディアとしては、文字言語による書物や映像による再現などが良く言及されてきたが、本稿で述べているのは、従来より発展させた感覚ディスプレイ装置と、体験者自身の身体とを融合したものが、新しい超臨場感の提示メディアであるという主張である。即ち、ここでは「自分の身体は、メディアの一部である」と仮設する。これによって得られる臨場感を、ここでは「身体的超臨場感」と呼ぶことにする。

以上の内容を図式化すると図3となる。図において VR 空間と書かれている部分は、空間の提示装置がその実体だが、体験者の身体（円環で表示）がその VR 空間と一体化している。これによって知覚認知の主体である中枢神経系（小円で表示）が身体を含む臨場感を得ることを意味している。この身体的超臨場感の構成においては、従来のバーチャルリアリティの技法におけるリアリティの再現とはかなり異なるアプローチをとることになる。バーチャル

リアリティにおける再現は、客観的な空間の複製に注目しており、概念的には、再現空間は体験者と独立な存在であろうとする。これに対して、身体的超臨場感では、表現対象は別の人物の過去の体験である。繰り返しになるが、体験は身体で行われるので、追体験者の身体は、被追体験者の過去の身体に拘束され、従属することになる。追体験とは、言い換えれば、その時、「別の人間の身体になる」、ということである。明らかに、その際には、自由な空間体験はない。体験「自体」はすでに存在していて、その体験をトレースするのであり、それは映画を見ているのと同種の状況である。その時、身体感覚も同時に、過去に記録された動作を取得するということである。ここで得られる体験は、別の人間が実現した体験であり、通常、現実の空間での体験である。このような追体験は、バーチャルリアリティと同じく、ある種の現実の再現なのであるが、ここでのポイントは、追体験の現実は、先行する「人間というフィルタを通した現実」であることである。

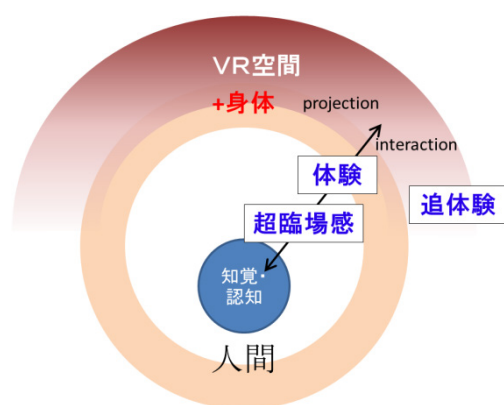


図3 身体的超臨場感の構成 [2]

つまり、バーチャルリアリティの現実、客観的な現実であるが、身体的超臨場感の現実、誰かの主観的現実、である。更に言えば、人が意味付けをしたリアリティであり、他人が組み立てたリアリティである。映画を見るように、すでに出来上がっている現実を見るわけだが、第一人称視点で見る現実世界である。この視点が新鮮であることは、近年のTV番組で第一人称視点の旅の映像が増えていることでもわかるが、単なる視点移動だけでは、歩いているという実感はほとんどない。我々は、上記の身体的超臨場感を実現するための端緒として、歩行運動の追体験を実験的に評価している。人間の活動において、歩行による空間移動は、身体的活動の基礎であるので、歩行運動を最初の検討対象とした。

身体的超臨場感、上記のように特殊な臨場感体験であるが、1つ再確認をしておきたいこととして、第一人称の体験としての再現の特殊性がある。通常の体験とは、現実世界の空間と対峙する中で、自らの選択による能動的な身体運動が実行されることで創り出され、また、それこそ得られるものである。この観点では、他人の体験の存在を前提とする追体験は、いわゆる体験と矛盾する。つまり、追体験は、体験とは言えない。これは追体験と随意性という問題である。追体験とは、他人の体験をトレースすることであるため、追体験者には随意性はない。他人というシナリオを持つことが追体験の本質であるとする、 「体験」の本

性ともいえる随意性とは相入れないのではないかということである。これは大変興味深い論点であるが、こうした矛盾は、「自分の身体が自分のものではない」、と言った時点ですでに発生していた問題設定と考えるべきであろう。

身体的追体験を実現するための手法は、通常の追体験のように視聴覚に状況を伝えるだけでなく、いわゆる五感に対して多様な情報を与えることを出発点とするものである。特に、体験を表現するメディアとして身体自体が用いられるとすると、身体の固有感覚、触覚などの情報が、身体を‘借り切って’表現されることになる。通常の意味の追体験では TV や映画などを見て経験的知識を得たというのだが、身体的な追体験の場合は、他人の行った身体行動を追体験者の身体で再現しなければならない。そのために、追体験者の身体は、表現メディアの一部として感覚を生産する装置となるわけである。その際、具体的な方法論として、追体験者の身体は先行する体験者と同じの身体運動をすべきか、という問題が提起されることになる。

通常の視聴覚メディアの場合、追体験と称して先行体験を追従すると言っても、追体験者の立場は基本的に傍観者である。つまり、ストーリーの中に追体験者が入り込むということはなく、先行体験者の身体運動をまねて身体を運動させることはない。一方、第2章で述べたバーチャルリアリティや、ある種の電子ゲームにおいては、自分自身が主役として没入しつつ、第一人称の身体運動を入力し、そのレスポンスを楽しむが、このような体験も、他の人間が経験した特定の空間を知るという意味では、広義の追体験と言うこともできるかもしれない。この場合は、本来的にインタラクティブであり、体験者は自ら身体運動を選択して、その結果が即座にフィードバックされる。これは、第一人称の参加形態であり、現実と同じように自分自身が唯一の中心であって、問題となっている空間を追体験するが、その際に先行体験者の身体運動そのものが参照されることはない。

これに対して、身体的追体験の場合は、追体験者の身体は、外部のデバイスによって受動的に駆動され、それによって感覚が生産され知覚されることになる。この際、感覚が、先行体験者の身体感覚と等価になればよいのであるが、そのための自明な方法は、先行体験者と全く同じ身体運動をすることである。しかしながら、これは明らかに効率の良い方法ではない。視聴覚の情報は、先行体験者にウェアラブルシステムを装着して記録し、それを再生することである程度可能となると考えられる。他方、身体運動を全く同一に追従させることは、人間の運動の多自由度性と高速性を考えると、それを実現するための装置を構成することは実質的に困難である。しかしながら、本来、必要なのは、身体運動「感覚」の生産であって、身体の運動そのものの再現ではない。そこで、人間の五感と身体感覚への刺激の提示法を工夫することによって、この困難を回避することができるか、が身体的超臨場感の研究課題の1つを与える。

本稿で表現される身体的超臨場感は、もう少し具体的に言うと、本質的には、自分の身体の像である。自分が空間を体験している感覚であり、それは自分自身の身体感覚である。一般的に、自分の身体は現実世界では極めて明らかな存在である。存在しているという意味に限って言えば、明確である。しかしながら、その存在が感覚系を通さなければ、確認できないことも自明であり、感覚系がキーである。この感覚系を欺くことができると、身体の規範

性が崩壊する。有名なラバーハンド錯覚[2]は、感覚系への欺瞞を積み重ねることにより、自分自身の身体像を見失うという驚くべき事実を明らかにした。これは、視覚刺激も同時に加えられた中で、自分の手に触覚的な干渉（筆で皮膚をなぞる）が行われたとき、実際に見ているものが、ゴムでできた手の模型でありながら、それが自分の身体であると思ひこむという錯覚である。これは、自分の身体像が別のものに投射しうることを示唆している。

身体を世界理解の規範としている人間にとって、このラバーハンド錯覚は、まさに衝撃である。もっとも信頼できる拠り所としているはずの自分の身体、しかも外界とのインタラクションの要というべき手を間違ふとは、信じられない現象である。しかしながら、身体像の結像形態が必ずしも固定されていないということは、上に論じてきた超臨場感の観点では、むしろ好都合である。像を結ぶように情報を運ぶことを投射（projection）と呼ぶが、すでにバーチャルリアリティの特徴として自己投射を論じた。バーチャルリアリティにおける自己投射は、自分の身体をバーチャル空間に可視化することにより、インタラクションを実行可能とするとともに、その空間に自分自身を配置し、臨場感を確実にする意味でとりわけ重要

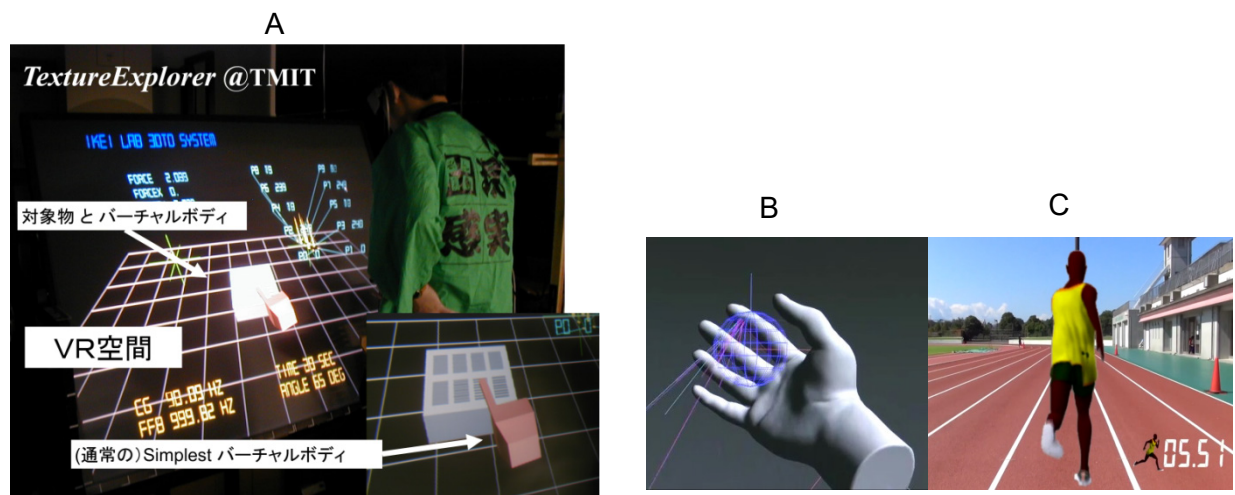


図4 順向投射バーチャルボディ。A 簡単な手の像，B 複雑な手の像，C 身体の像

である。この場合に投射された自己は、通常、バーチャルボディ（virtual body, 図4）と呼ばれる。ネット空間やゲームにおける自分自身の像として描かれる身体はアバターであるが、どちらも自己の身体を表し、空間や他のアバターとのインタラクションの媒体となる。このタイプの投射は、実世界の本人の意思で、自分の身体の分身ともいうべき像を別の空間に描き出すものであり、自分の意思がもう1つの空間に向かう順方向の投射（forward projection）である。この対応関係は明白であるが、現在のところ、VR空間の中で自由に動かすことができる手を自分の身体と完全に間違えるということとはできないが、この方向性は、第1の意味での臨場感の拡張である。

これに対して、身体的超臨場感は、過去の先行者の体験があり、それが現在の実世界の自分に投射するので、上記とは逆方向の投射（back projection）となる。図5は、その関係を表している。通常の順方向の投射は、本人の意思を保持する中枢神経系から、自分の実際の身体へ指令が下され、実空間での身体運動となる。さらにこの運動は、別空間に投射されて、アバターの運動への指令として用いられる。このアバターは、この別空間における自分の身

体であり，これによって別空間での体験が創られると考えることができる．これに対して，逆投射の場合は，過去の別空間の体験が，自分の身体に投射される．その際，自分の身体の制御は，外的なデバイスによる駆動で受動的な支配状態に置かれる．これによって，身体のイメージは自分の身体ではなく，別の身体となることができるという仮説である．身体のイメージは，中枢神経系の中で保持されているが，これが疑似的に別の人間の身体の写像とな

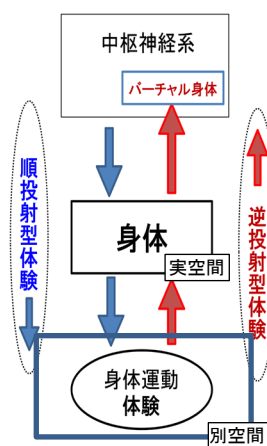


図 5 順向投射と逆向投射

る．この身体のイメージの写像は，理想的には多様な他人がソースとなり得るとすれば，身体イメージがバーチャル化（計算機関連用語では仮想化）していると言える．図 5 で，中枢神経系の中にバーチャル身体と書かれているのが，投射された身体イメージである．自分の身体をメディアとして，このバーチャル身体を自在に描画できるとすれば，無限の体験を取得することが可能になると言う仮説をここに設定できる．この作業仮説の検証は，これからの課題であるが，五感の情報提示により，身体から発せられる感覚の合成がどのような表現力を持つのかは，非常に興味深い課題である．

5. 身体的超臨場感のディスプレイ

前章で述べた身体的超臨場感を実装するためのディスプレイは，先行する他人の身体運動とその人物が五感で受けた情報とを，体験者の身体に投射する機能を有するものである．ここでの議論の中心は身体の運動であるので，他人の運動を表現するために，追体験者の身体を駆動する装置について述べよう．身体運動を生成する場合に，先行者と完全に同一の運動を再現することは困難であり効率が悪い．ここでは，再現する運動として，基本的で一般性の高い「歩行運動」を採り上げるが，この際，再現の方法論に次の仮定を置く．即ち，身体の姿勢に関して，先行者と追体験者の姿勢の同一性を解除することとする．過去の先行者の歩行は，もちろん立位での運動であるが，追体験者の姿勢は，立位であることを要しないとする．前章の議論で，追体験者の身体をメディアとするとしたので，その身体は外的に自在に制御できる必要があるが，追体験者の筋活動は抑制されていなければならない．従って，立位において筋緊張下で身体の姿勢制御が行われるのとは相容れない．この意味において身体の

骨格筋の活動は、十分に低下していることが望ましい。同時に、身体メディアの表現法の基礎的な水準においては、先行者の姿勢に近い方が、両者の姿勢の差を埋めるための表現の負荷が低減できると期待される。また、追体験者への身体的負荷は小さい方が良く、それにより追体験者の身体的要件を緩和し、適用範囲を広くすることができる。以上により、我々の研究グループでは、追体験者の姿勢を座位として、両負荷のバランスを図ることとした。

図6は、五感シアターと称する五感追体験ディスプレイである。本ディスプレイは、着座した体験者に対して、座席の運動（前庭感覚刺激）、下肢の運動（固有感覚刺激）、振動や気流による皮膚感覚刺激、嗅覚刺激、映像・音響を提示する追体験生成装置である。五感刺激を生成することにより、世界の観光地の歩行体験、運動体験などを投射することができる。このディスプレイを用いて、ミラノ（イタリア、世界遺産）の街を散策して歩く体験を再現して、先行の旅行者を追体験するバーチャル旅行を試作した（図7）。現地で記録した映像の提示に同期させて、図8に示す座席、下肢運動デバイス、皮膚振動刺激提示ユニット、が



図6 五感シアターの構成



図7 旅行追体験の実装例



図8 身体感覚提示ディスプレイ



図9 身体運動追体験の実装例

体験者の身体を駆動し、固有感覚、皮膚感覚を生成させる。同時に気流・香り提示装置は、屋外の風の流れを皮膚感覚に提示し、カフェのコーヒーや女性の香水の香りを嗅覚に提示する。このような五感情報を駆使して、先行者の身体の運動状態を投射する。こうした追体験の品質は、単なる映像だけの体験とは全く異なるものであり、現地を歩行している印象は格段に高められている。

本ディスプレイによる五感情報の提示においては、視聴覚以外のモダリティに重点が置かれているため、視覚的な没入感の水準は高くはない。しかしながら、映像と同期する身体感覚が歩行の体験をうまく伝えており、現地におかれた身体の運動状態を追体験することに成功している。また、図9は、陸上競技のトラックを走行している競技者の走りを追体験している状況である。これは、世界記録保持者のウサイン・ボルト選手が、2009年8月16日に世界記録を出した時のタイムとストライドタイミングを再現しているものであり、世界記録のスピード感、長いストライド感など、世界最速の身体感覚がリアルに体験できる。いずれの場合も、対象は立位における全身の運動としての歩行と走行の状態であるが、着座した追体験者の身体を駆動することによって、先行者の身体像が投射される。

感覚を表現するデバイスの詳細は省略するが、歩行や走行の運動状態を想起させ、自分の身体がその状態にあると感じさせるために適切な刺激を構成する過程で明らかになった事がある。まず、身体運動の想起には、関連して同期する刺激は多い方がよく、その貢献度は異なるということであり、人間の統合的知覚認知過程を考えれば、これは妥当な結果であると言える。他方、各刺激の量に関しては、忠実に再現された刺激量ではなく、むしろ非常にわずかな刺激量が適合することが分っている。即ち、旅行の歩行、およびトラックの走行の場合のいずれにおいても、先行者の実際の身体運動の大きさより、約 20 分の 1 から 10 分の 1 分の 1 程度の身体運動の大きさが適している。例えば、可動椅子の鉛直運動は、実験結果によると約 2 mm の振幅が適切な表現であるが、実際の身体運動（頭部）では、約 30 mm 程度の振幅である。このような関係は、下肢の鉛直運動、水平運動についてもいえることである。このような逆向投射のメカニズムについて、次第にその特性が明らかになりつつある。

6. 展望

身体的超臨場感は、身体のバーチャル化によって、いかなる身体も投射できることを目指すものである。これは、現実空間の克服を目指すバーチャルリアリティ技術の、もう 1 つの目標として、（追）体験者の身体をも克服することを含めるものであると言える。すなわち、追体験者の身体が透明化され、先行の他人の身体に置き換え、かつ他人が行った行動に従うことである。そこでは、自分の体験でありながら身体運動の随意性は失われている。この事象には、自分の身体とは何かという身体所有性（body ownership）と、自分の随意性とは何かという制御主体性（agency）の認知特性が関わっている。自己の実際の身体と異なる体形と姿勢を持つ他人の身体の像を写像しうるかは、自分の身体認知の許容範囲に依存している。また、制御主体性については、現在の提示条件が物理的な外的駆動に留まる以上、その刺激だけでは持ちえない特性である。制御主体性が制御ができるかは、今後の研究によるところだが、先行の他人への同化、没入が環境の文脈の中で得られれば、他人の行動選択と自分自身の随意性の間の距離は狭まり、自分自身の新しい随意的体験の中に織り込まれる割合が高まるとの作業仮説を置くことで解明を進める予定である。

身体的体験の投射先は最終的には脳であり、脳への直接投射、あるいは脳との直接通信が最終形態となるであろうが、そこに至る道りはまだかなり険しいものと思われる。脳における世界認知の体系は身体を基盤として構成されており、その重要チャンネルが五感情報（感覚情報）である。脳での情報処理は五感情報を前提としているわけであり、それを度外視することは現在の脳の構造を無視することになりかねない。従って、今のところ、五感情報の制御が脳の情報処理への近道であろう。我々の試みは、五感を含む身体自体をも、脳への入力を制御するために利用しようとするものであり、五感情報の存在を前提とするものである。しかしながら、上記の議論から明らかなように、この五感研究の最終到達目標は、本質においては五感ではなくなることであり、感覚を超えること、つまり感覚それ自体が問題となくなることである。それは、これまでの感覚情報の通信を超えた空間認知、臨場感に相当するわけで、その意味では、真の超臨場感を定義するのは、その段階になってからと考えることも可能であろう。

謝辞： 本稿の基礎概念は，情報通信研究機構の受託研究で生まれた．R&Dアドバイザー 東京大学 廣瀬通孝教授，榎並和雅理事（当時）に感謝する．本研究の実施は，科学研究費補助金基盤研究（A）の支援に基づいている．研究の遂行は，池井研究室メンバー諸氏の協力によることを記し謝意を表す．

文献

- [1] 舘 暲，廣瀬通孝，佐藤誠：バーチャルリアリティ学，コロナ社（2010）．
- [2] 池井寧，阿部浩二，雨宮智浩，広田光一：超臨場感：バーチャル身体による迫体験，次世代ヒューマンインタフェース開発最前線，(株)エヌ・ティー・エス，494－497（2013）．
- [3] Botvinick, M., Cohen, J., Rubber hands 'feel' touch that eyes see, Nature, 391, p. 756, (1998).