

1. バーチャルリアリティ技術の展望

館 瞭†

1. ま え が き

バーチャルリアリティ (Virtual Reality) のバーチャルは、日本では、実際には存在しない架空ないしは虚構を意味するように解釈されているようであるが、もともとの英語の意味はそうではない。バーチャルとは「実際の事実、形ないしは名前ではないが、実際の効果としては存在したり結果として生じること」を意味する。

バーチャルが用いられた例として古くは、虚像と訳された Virtual Image がある。虚像は、そこに像が実際にあるわけではないが、レンズや鏡の働きで実際の像があるのと全く同等の効果を及ぼす像であることは周知のとおりであり、これがまさにバーチャルの意味するところである。しかしこれを“虚”と訳したために、バーチャルがイマジナリー (Imaginary) のように日本人には感じられるようになったらしい。

バーチャルが“仮想”と訳されたのは、仮想仕事の原理 (Principle of Virtual Work) や仮想メモリー (Virtual Memory) などで、バーチャルは現在は仮想と訳されることが多いが、仮想という言葉も仮想敵国などは“Potential Enemy”あるいは“Supposed Enemy”であり、決して“Virtual Enemy”とはいわない (もっともバーチャルにはバーチャルエニミイかもしれないが) ことからわかるように、必ずしも適切ではない。バーチャルの意味は、“仮想”というよりは、限りなく実際であり“実効”という方が原義には近い。

このように、バーチャルリアリティとは、実際の現実、実存ないしは現物ではないが、実効的には現実であり、存在し、現物であること、ないしは人間がそのように感じることである。具体的には、人間がいま現

在实际に存在している環境以外の仮想環境 (Virtual Environment) を、あたかもそれが現実の環境のような感覚を持って体験し、かつその仮想環境で行動することを可能とすることをめざした新しい技術であり、人工現実感とも呼ばれる。

一方、テレグジスタンス (Tele-Existence)^{1)~3)}ないしはテレプレゼンス (Telepresence)⁴⁾⁵⁾とは、人間が従来の時空の制約から開放され、時間と空間ないしはそれらの両者を隔てた環境に仮想的に存在することを目指す新しい概念である。したがって、人工現実感とテレグジスタンスは、両者とも本質的には同一の概念を別の観点から言い表している。

このバーチャルリアリティないしはテレグジスタンスを大別すると、ロボットを媒体として、人間が現在存在しているのとは別に存在する実世界 (Real World) へのテレグジスタンスと、コンピュータ等の創製した実際に存在しないが、極めて現実感溢れる虚世界 (Imaginary World) へのテレグジスタンスに分かれる。前者は、遠隔臨場感覚とか遠隔現実 (Tele-Reality) と呼ばれ、後者は狭い意味での仮想現実 (Virtual Reality) と称されることもあるが、一般的には、厳密な区別なく用いられる場合が多い。

2. バーチャルリアリティの特徴

バーチャルリアリティの最も特徴的な点は、人間が仮想存在する仮想環境が、(1)人間にとって自然な3次元空間を構成しており、(2)人間がそのなかで自由に行動でき、しかもその仮想環境との相互作用が自然な形で実時間に生じ、(3)その環境への自己投射性があることである。

図1に従来のヒューマンインタフェースを示す。人間は、あくまで現在実際に存在する環境の中において、その一部に仮想環境を持込んでそれを利用する。例えば、コンピュータの表示画面は仮想環境であるし、遠隔のカメラの映像はやはり仮想環境であるが、それら

† 東京大学 先端科学技術研究センター
“Prospect of Virtual Reality Technology” by Susumu Tachi (RCAST, The University of Tokyo, Tokyo)

は自分の回りの実環境の一部を仮想環境に置き換えているにすぎない。しかも、決して自然な3次元ではない。その仮想環境に対しての働きかけは、キーボードや操作装置により行われるが、自分自身が行動しているような働きかけではない。もちろん、自分自身がそこに投射されている感覚も生じない。

図2に示す理想的なバーチャルリアリティにおけるヒューマンインタフェースでは、人間のいま実際に存在する環境はもはや人間には感じられない。人間の回りにひろがるのはロボットの存在する遠隔実空間の仮想空間であったり、コンピュータの創製した虚空間の仮想空間である。人間はその仮想空間のなかで自由に行動し、仮想空間に働きかけることができる。また、自分自身の投射がその空間に対して生じ、ロボットや仮想人間と一体化した自己を感じることができる。

そのようなバーチャルリアリティの実現のための要素として、(i)使用者たる人間へ仮想環境の情報を視覚、聴覚、触覚などのマルチメディアを介し臨場的かつ実時間にコヒーレントに統合し提示する出力技術、(ii)人間の状態推定(運動状態や音声などの外部状態と脳波や心電などの内部状態を含む)と人間の行動意思推定などの入力技術、および、(iii)仮想環境あるいは実環境のなかで仮想人間あるいはロボットを人間の行動意思に基づいて自在に制御するための構成技術に

大別される。

3. バーチャルリアリティ技術の進展

現在、人工現実感ないしはテレイグジスタンスが世界中で注目されている。その理由のひとつに、今までは全く別の分野とされていた多くの重要な領域での関心が、人工現実感の概念で統合しうる1つの目標を目指して進展していることが挙げられる。

例えば、ロボットの遠隔制御の分野では、図3に示すように、第2次世界大戦後の原子力技術の進展および義手等の身障者用補装具と関連して生じたテレオペレーション技術が、70年代になってロボット技術を加味して管理制御に進展した。しかし、直接的な操作の良さが捨てられず、エグゾスケルトン型人力増幅機の開発も進められた。それらが、いわば止揚されたかたちで出現した概念がテレイグジスタンスであり、80年代以降急速に発展してきた。この流れは、ロボットの生み出すバーチャルリアリティの世界へと着実に向かっている。

図4に示すように、設計・生産の分野においてもバーチャルリアリティに向けた進展が見られる。CGに

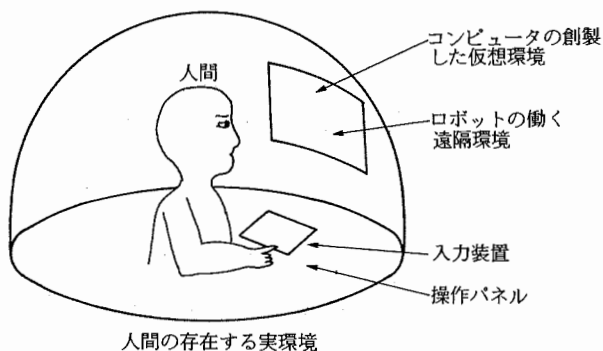


図1 従来のマンマシンインタフェース

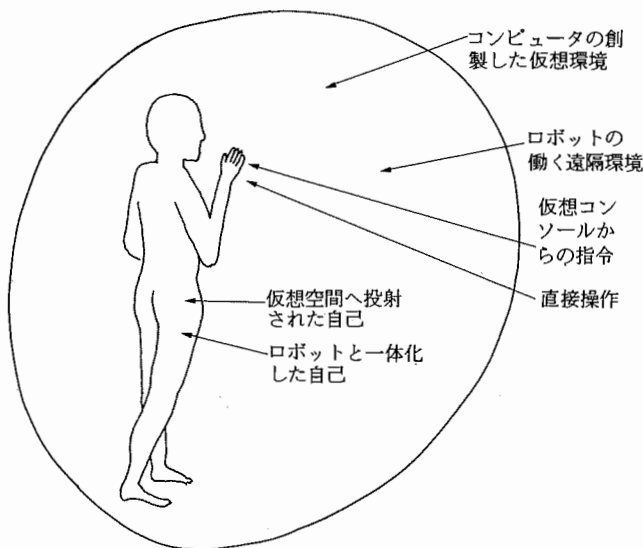


図2 バーチャルリアリティ

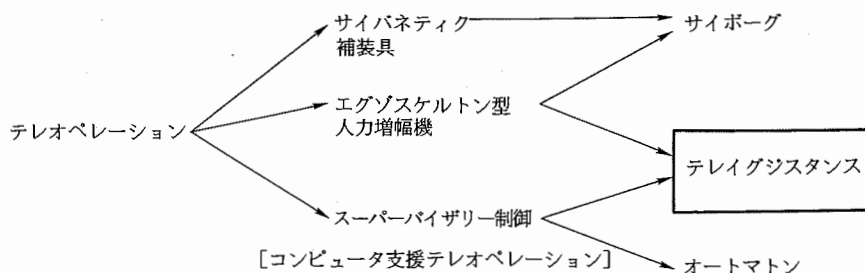


図3 ロボット分野における人工現実感の進展

においては、ソリッドモデルにパースペクティブ変換を施し陰影を付けて提示する従来の2.5次元の世界から、立体視可能な3次元へ進み、さらに、人間の視点により変化してホログラフィのように回り込んで観察することもできるインタラクティブな3次元へと進展してきている⁹⁾。

CADの分野でも、上記のCGに触覚や力感覚のフィードバックを加え⁷⁾⁹⁾、仮想製品による設計支援や評価を模索し始めている。仮想製品を用いれば、実際に製品を作る前に十分に使用感を評価して、それによって自由に設計変更が可能であり、変更したデータは計算機に蓄えられているので、CIMとつなげばそのまま実際製品を製作できる。人間にとって真に使いやすい製品あるいは、将来必要性の増すと思われる個人個人の適性或個性に合った製品などへの応用を求めて、この分野でもバーチャルリアリティが求められ始めている。

図5はコンピュータの分野におけるヒューマンインタフェースの進展を示す。従来のキーボードと文字による表示から、アイコンなどのグラフィックスによる表示とマウスによる入力へと進展し、さらに、マルチメディアディスプレイとオブジェクト指向や3Dマウスやダイレクトマニピュレーションを経て、仮想ディスプレイによる出力や仮想コンソール⁹⁾による入力などが提唱され始めている。このように、コンピュータと人間とのインタフェースも、バーチャルリアリティをひとつのターゲットとしている。

シミュレーションの分野でも、実時間かつ実体験に近い実時間インタラクティブな3Dのコンピュータシミュレーションが急速に進展している¹⁰⁾。具体的には、仮想風洞などを好例とする人工現実感型シミュレーションや、仮想コックピットで代表される人工現実感シミュレータなどが挙げられる(図6)。

芸術やアミューズメントの分野でも、いままでの芸

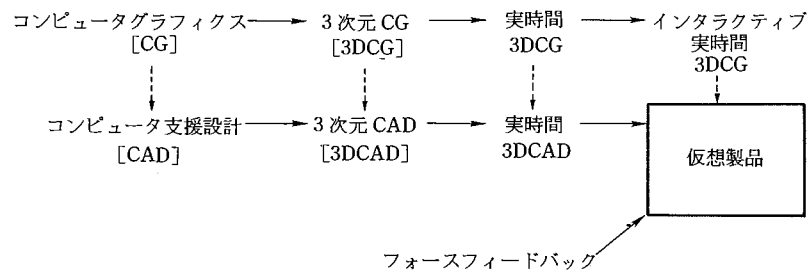


図4 設計・生産分野における人工現実感の進展

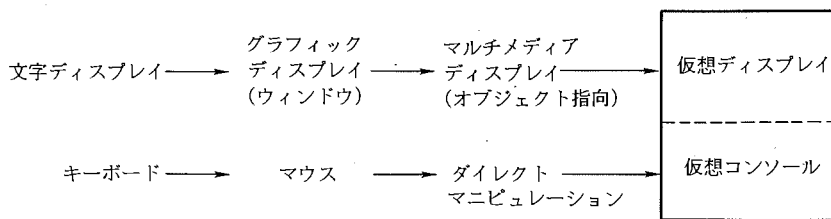


図5 コンピュータインタフェースにおける人工現実感の進展

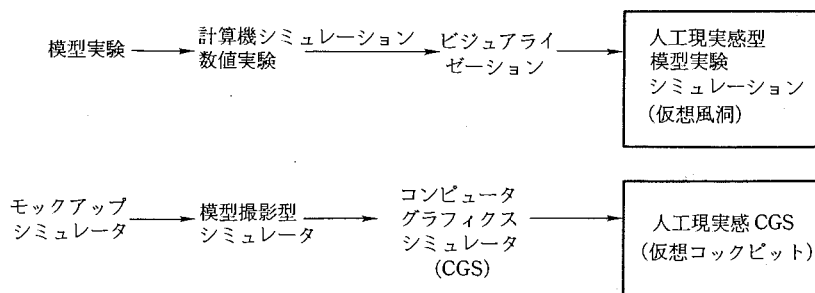


図6 シミュレーション分野における人工現実感の進展

術表現を越えた新しい芸術のメディアとしての人工現実感が盛んになっている（図7）。

図8に示す通信の分野でも同様で、電話がテレビ電話となり；さらに臨場感を増した臨場感通信¹¹⁾が将来のB-ISDN時代をにらんで真剣に研究されている。コンピュータ通信による人工現実感仮想共同体も重要である。

図9に、このような人工現実感とテレイグジスタンスのパーソナルなメディアとしての将来像の一例を示す。

4. む す び

従来の人間と機械のインタフェースは、どちらかというとう人間の柔軟さに頼って、人間の方が機械にあわせていた。近年になって機械を人に優しくするヒューマンインタフェースの考え方が提唱され、進展してきている。その次の段階として、あくまでも人間を中心として、人間の自然な感覚に機械の方から無限に歩み

寄る、いわゆるサイバネティックインタフェースの新しい概念が生まれ始め、その究極として人工現実感があると考えられる。

一方、コンピュータやセンサなどの技術が急速に進展し、また人間科学の進展による人間感覚などの知見の蓄積が進み、いままでは非現実的な夢と思われていた人工現実感の考え方が現実味を急速に増してきた。そこで、いままでは独立に進展してきた多くの分野が、人工現実感とテレイグジスタンスを注目し、21世紀へのキーテクノロジーとして認識し始め、それにともない、各分野に関連する企業においても、人工現実感やテレイグジスタンスの研究開発が精力的に繰広げられるようになった。

しかも、単にこれらの分野で共通の概念が育ってきただけではなく、人工現実感ないしはテレイグジスタンスには分野共通の基礎技術があり、ひとつの分野で開発された基礎技術が他の分野にもそのまま利用できるの、それらをまとめて1つの技術体系として研究

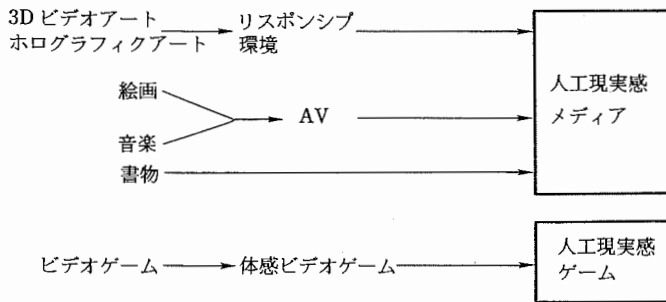


図7 芸術・アミューズメント分野における人工現実感の進展

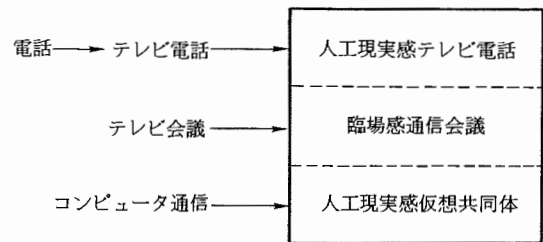


図8 通信分野における人工現実感の進展

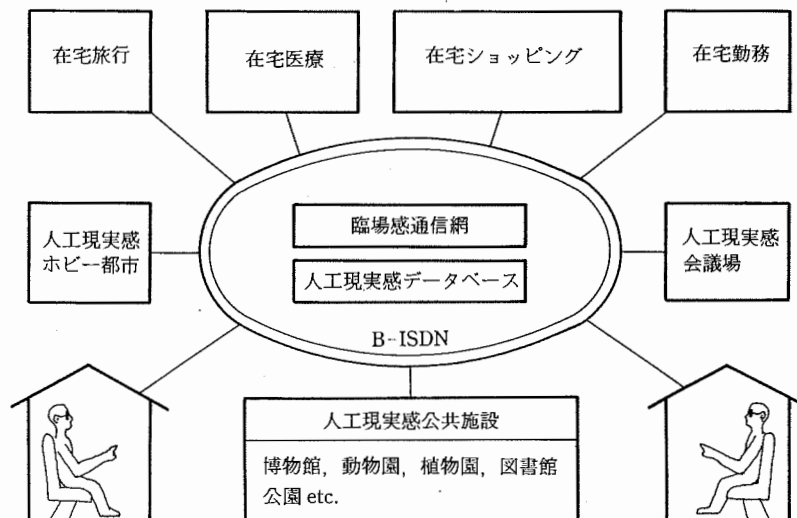


図9 パーソナルメディアとしての人工現実感の将来像

することも重要となっている。内外の学界でも、この人工現実感を重要な研究分野として認識し、盛んに研究が進められており、今後の進展が期待される。

(1992年2月13日受付)

〔参考文献〕

- 1) 舘 暲, 阿部 稔: “テレグジスタンスの研究第1報—視覚ディスプレイの設計—”, 第21回計測自動制御学会学術講演会予稿集, pp. 167-168 (July 1982)
- 2) S. Tachi, et al.: “Tele-Existence (I)—Design and Evaluation of a Visual Display with Sensation of Presence—”, Proc. 5th Symposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators (RoManSy 84), pp. 245-254, CISM-IFTOMM, Udine, Italy (June 1984)
- 3) S. Tachi, H. Arai and T. Maeda: “Tele-Existence Master Slave System for Remote Manipulation (II)”, Proc. 29th IEEE Conf. Decision and Control, pp. 85-90, Honolulu, USA (Dec. 1990)
- 4) D. L. Akin, M. L. Minsky, et al.: “Space Application of Automation: Robotics and Machine Intelligence Systems (ARAMIS)—Phase II”, NASA Contract Report 3734 (1983)
- 5) J. D. Hightower, E. H. Spain, et al.: “Tele-Presence: A Hybrid Approach to High-Performance Robots”, Proc. '87 International Conference on Advanced Robotics

- (ICAR), pp. 563-573, Versailles, France (Oct. 1987)
- 6) I. E. Sutherland: “A Head-Mounted Three Dimensional Display”, Proceedings of the Fall Joint Computer Conference, pp. 757-764 (1968)
- 7) 佐藤誠ほか: “3次元形状モデリングのための仮想作業空間”, 3D映像, 4, pp. 27-35 (1990)
- 8) 岩田洋夫: “大規模仮想空間を歩行するための人工現実感”, Human Interface, 5, pp. 49-52 (1990)
- 9) S. S. Fisher, et al.: “Virtual Environment Display Systems”, ACM 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics, Chapel Hill, North Carolina, pp. 1-11 (1986)
- 10) 廣瀬通孝ほか: “人工現実感を利用した三次元空間内作業用マンマシーンインターフェース”, ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集, 東京, pp. 201-206 (1988)
- 11) 竹村治雄, 岸野文郎: “人工現実感によるヒューマンインターフェース”, テレビ誌, 44, 8, pp. 981-985 (Aug. 1990)



たち
舘
すずむ
暲 昭和43年, 東京大学工学部計数工学科卒業。48年, 同大学院修了。東京大学助手, 通産省機械技術研究所主任研究官, バイオロボティクス課長, マサチューセッツ工科大学客員研究員などを経て, 現在, 東京大学先端科学技術研究センター教授。バースペクトルを用いる信号処理, 盲導犬ロボット, テレグジスタンスなどの研究を行う。工学博士。