

## ビデオアバタと空間通信

小木 哲朗

通信・放送機構 ぎふMVLリサーチセンター／東京大学IML  
tetsu@iml.u-tokyo.ac.jp

### はじめに

広帯域ネットワークの整備に従い、バーチャルリアリティ環境をネットワークで接続し空間通信を行うことを目指した研究が盛んになってきた。特に没入型ディスプレイをネットワーク化することで臨場感の高い空間共有を実現することが可能である。本稿では、空間通信に関する研究の動向と筆者が行っているMVL (Multimedia Virtual Laboratory) プロジェクトについて紹介する。MVLとは、高速ネットワーク上に構築される仮想の研究所を表す概念であるが、特にこの際に高臨場感コミュニケーションを行うために開発を行っているビデオアバタ技術について述べる。

### 広帯域ネットワークとバーチャルリアリティ

広帯域ネットワーク環境の整備が進むにつれ、3次元モデルや映像等の大容量のデータを遠隔地間で送受信することが可能になってきた。たとえば、1998年に敷設された通信・放送機構のギガビットネットワーク (IGN) では、北海道から沖縄まで国内を縦断する広帯域ネットワーク環境が整備され、種々の研究開発環境として使用されている<sup>1)</sup>。一方、バーチャルリアリティのディスプレイ装置としてここ数年研究開発が盛んになってきた技術として、Immersive Projection Technology (IPT)、あるいは没入型ディスプレイと呼ばれる技術が挙げられる。没入型ディスプレイとは、高精細プロジェクタによって広視野の立体映像空間を提示する装置であり、臨場感の高い仮想世界を生成する技術として注目されている。没入型ディスプレイが各地に設置されるようになるに

い、これらを広帯域のネットワークで接続し、遠隔地間で臨場感の高い仮想空間を共有する、いわゆる空間通信に関する研究が行われるようになってきた。本稿では、筆者が行っているMVL (Multimedia Virtual Laboratory) 等の研究プロジェクトの紹介を行うとともに、没入型仮想環境を用いた空間通信に関する研究動向と、特にその際に重要となるビデオアバタを用いたコミュニケーション技術について述べる。

### 種々の没入型ディスプレイ

没入型ディスプレイの技術が注目されるようになったのは、1993年にアメリカのイリノイ大学で開発されたCAVEと呼ばれるシステムの影響が大きい<sup>2)</sup>。図-1はCAVEのシステム構成を示したものであるが、利用者を取り囲むように配置した立方体状のスクリーンにプロジェクタからの立体映像を投影することで、広視野の映

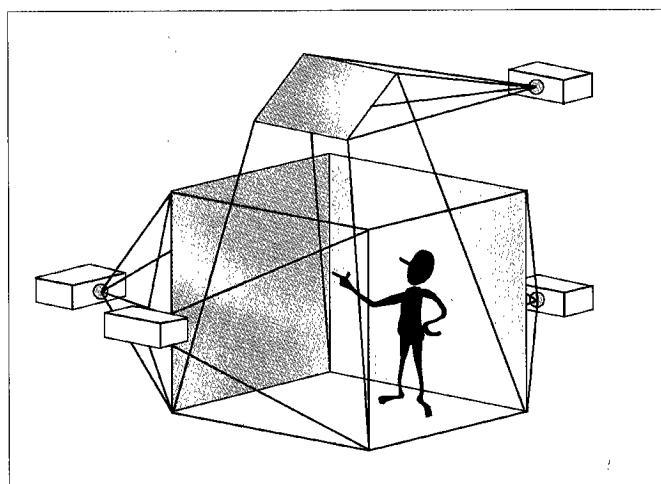


図-1 CAVEのシステム構成

像空間を提示する。この際、利用者の視点位置をセンサで計測しながら、視線方向に応じた映像を提示することで、臨場感の高いインタラクティブな仮想空間を生成することができる。没入型ディスプレイ装置は、従来使われてきたHMD (Head Mounted Display) 等のディスプレイ装置に比べて、非常に高い没入感を作り出すことができるため、各地で研究開発が行われるようになってきた<sup>3)</sup>。

たとえば東京大学IMLでは、CAVEの構成に天井スクリーンを加えた5面構成の没入型ディスプレイCABINの開発が行われた(図-2)。このディスプレイ装置では床面を含めたすべてのスクリーンを背面投影にする必要があるため、ディスプレイ全体を持ち上げ、強化ガラスを用いた床面スクリーンを用いているのが特徴である。またさらにスクリーンを拡張し完全に6面構成としたものとして、スウェーデンのKungl Tekniska HogskolanのVR-CUBE、岐阜県テクノプラザのCOSMOS、アイオア州立大学のC6等が開発されている。完全な6面ディスプレイを作るには、床面スクリーンの他に入口となる背面スクリーンをどのような構造にするかという問題が出てくるが、これらのシステムではドア式、電動式等種々の方法が工夫されている。

また簡易型の没入型ディスプレイに関する研究も行われている。イリノイ大学で開発されたImmersaDeskは、1面のスクリーンを製図板状に配置することで広視野のディスプレイ空間を確保している。またドイツのGMDで開発されたResponsive Workbenchでは、テーブル状のスクリーンを用いることで立体映像による作業空間を構築している。少し変わったディスプレイ装置としては、東京大学IMLで開発されている透明スクリーンHoloProを用いたシースルー型の没入仮想環境の研究等が挙げられる。

## IPネットワーク

このように没入型ディスプレイが各地に設置されるようになると、次の段階としてこれらのディスプレイ装置をネットワークで接続し、臨場感の高い共有仮想空間を構築しようという動きが始まってきた。高臨場感の仮想空間を生成するためには扱う情報量が多いため、空間情報を送受信するために広帯域のネットワーク環境が必要となる。



図-2 東京大学の没入型ディスプレイ CABIN

イリノイ大学のCAVEでは、MREN (Metropolitan Research and Education Network)、vBNS、STARTAP (Science, Technology And Research Transit Access Point) 等のネットワークを経由して、NCSA、アルゴンヌ国立研究所等の米国内の研究機関だけではなく、日本やシンガポール等の海外の研究機関とも没入型ディスプレイを用いたネットワーク環境を構築している。ここでは、CAVE、ImmersaDesk等の種々のディスプレイ間での空間共有を実現するため、基本ソフトウェアの開発を含めたCAVERNと称する研究プロジェクトが進められている。構築されたネットワーク環境では、遠隔地の利用者がネットワークを介して仮想空間への没入体験を行ったり、臨場感の高い仮想空間の共有を行うことが可能であり、DeFantiらはこのような空間共有の概念をTele-immersionと称している<sup>4)</sup>。

また、東京大学IMLのCABINにおいても、現在いくつかの没入型ディスプレイとの間でネットワーク環境が構築されている。図-3はCABIN周りのネットワーク環境を示したものである。まず国内環境としては、岐阜県テクノプラザのCOSMOS、筑波大学の3面ディスプレイCoCABIN、総務省通信総合研究所の3面ディスプレイUNIVERS、メディア教育開発センターの5.5面ディスプレイTEELexとの間が通信・放送機構のギガビットネットワークで接続され、総務省が進めているMVLプロジェクトの実験環境として使用されている。

MVLとは、遠隔地の研究者、研究施設、情報を広帯域のネットワークで接続することで、あたかも1つの場所にあるかのような仮想の研究所を構築しようという概

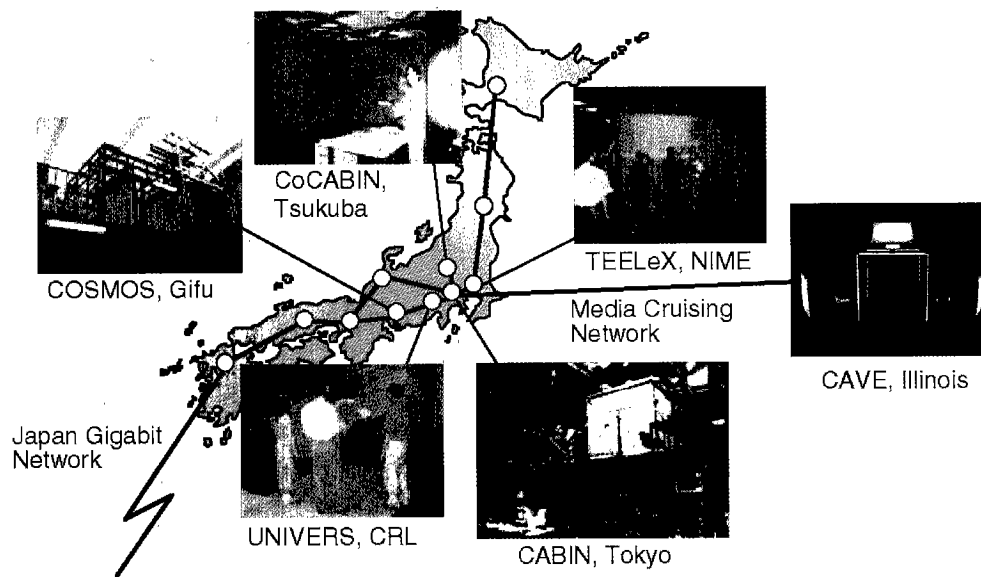


図-3 CABINネットワーク

念であり、MVLを実現するためのテストベッドとして没入型ディスプレイを用いたIPTネットワーク環境が想定されている。特に、東京大学IMLと岐阜県テクノプラザにはMVLリサーチセンターが設立され、CABIN-COSMOS間のネットワークを用いて種々のMVLの実験が行われている。また国際間としては、イリノイ大学のCAVEとの間がNTTのMedia Cruisingネットワークによって接続されており、N\*Vectorと称する空間共有に関する研究プロジェクトが進められている。

### コミュニケーションとビデオアバタ

没入環境における仮想空間の共有を実現するためには、まず臨場感の高いコミュニケーション技術を開発することが必要である。そのため最も基本的な要素技術の1つとして、遠隔地の通信相手の人物をどのように表現するかという問題が挙げられる。これまでにネットワーク仮想環境で用いられてきたコミュニケーション手法としては、アバタ (avatar) 技術がある。アバタとは“化身”を意味する単語であるが、ネットワーク上では利用者が自分の姿を表現するための分身を表す言葉として使用されている。しかしながら従来のアバタは、CGを用いたキャラクタとして表現されることが多く、これでは利用者の表情や感情等を表現することは困難であった。

一方、遠隔地の利用者が実映像を用いてコミュニケーションを行う方法として、テレビ会議システムがある。このシステムでは利用者のビデオ映像を送受信することで、お互いの表情や感情を伝えることができるが、2次元のビデオ映像を介したコミュニケーションであるため空間を共有しているとは言い難い。

仮想空間において臨場感の高いコミュニケーションを実現するためには、上記のアバタとテレビ会議システムの両方の特徴を備えた新しいコミュニケーション技術の開発が望まれる。すなわち、ビデオ映像を用いたアバタ表現手法の開発である。前述のMVLプロジェクトでは、このビデオアバタを用いたコミュニケーション技術の開発が主要な研究テーマの1つとなっている。

ビデオアバタの生成は、基本的に以下のような手順で行うことができる。まず利用者の姿をビデオカメラで撮影し、撮影画像から人物像だけを切り抜く。この人物映像を利用者が立っている位置情報とともに相手側に送信し、受信側では、受け取った人物映像を仮想世界の中で相手が立っている位置に合成する。このようにして合成されたビデオアバタを相互に送受信し合うことで、遠隔地の利用者は仮想世界の中で相手のビデオ映像と対話し、コミュニケーションを行うことが可能になる。

しかしながら、没入型ディスプレイの中でビデオアバタを用いるためには、いくつかの問題点がある。まずプロジェクタを用いたディスプレイ環境は一般に暗いた

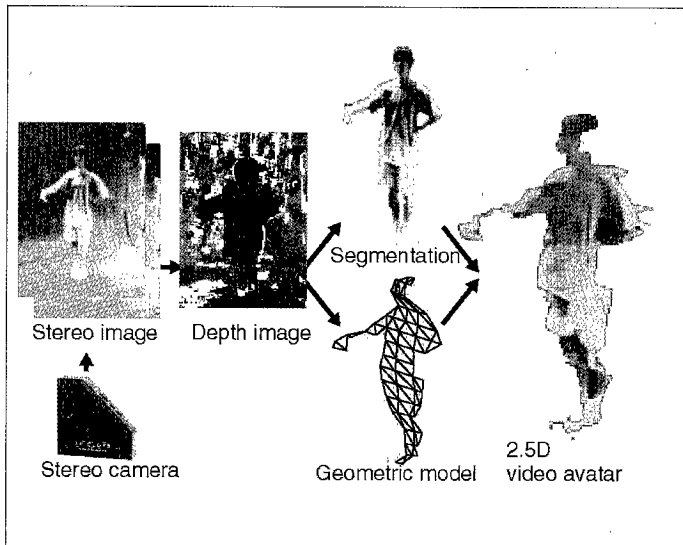


図-4 立体ビデオアバタの生成方法

め、人物を撮影するために感度の高いカメラを用いなければならない。また広視野の没入仮想環境では、相手の人物像も顔だけ上半身だけではなく、全身映像を用いた表現が望まれるため、広画角のカメラが必要になる。特に筆者らは上記の問題に加え、臨場感の高いアバタ表現を行うため、画像処理技術を応用することで立体的なビデオアバタ構築手法の開発を行っている。

### 立体ビデオアバタ手法

ここでは、筆者らが開発を行っている立体ビデオアバタ技術について少し詳しく紹介することにする<sup>5)</sup>。図-4は、立体ビデオアバタの構築方法を示したものである。この方法では、没入型ディスプレイの中にステレオビデオカメラを配置し、利用者の姿を撮影する。ステレオカメラでは、三角測量の原理に従って撮影映像の各画素に対する距離データ、つまり距離画像を求めることができる。特に本手法では距離画像の精度を高めるため、2つのベースラインを持つ3眼のステレオカメラを使用した。撮影映像に関する距離データが求められると、人物と背景の間の奥行き距離をしきい値とすることで、人物像だけを切り出すことができる。また画像内の各点を奥行き距離に従って空間内に配置し、ポリゴンでつないでいくことで、撮影画像に関する立体形状モデルを作成することができる。切り出した人物映像を形状モデルの上にテ

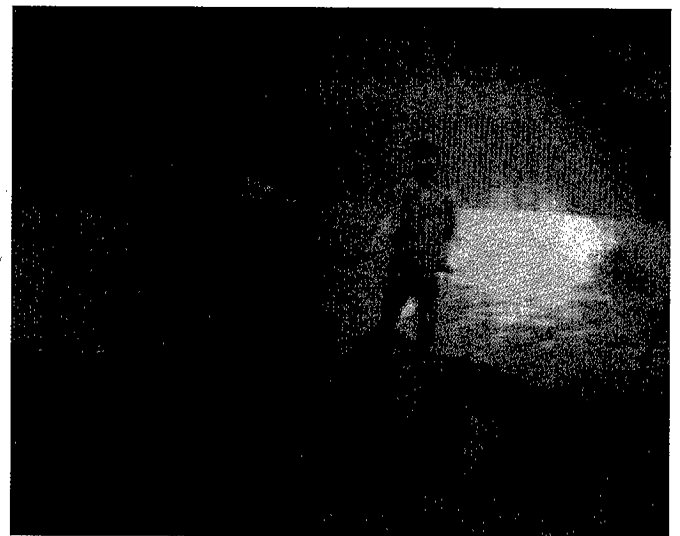


図-5 仮想空間におけるビデオアバタコミュニケーション

クスチャマッピングとして貼り付けていくことで、立体形状を持つビデオ映像、すなわち立体ビデオアバタを生成することができる。特にこの方法で生成されるビデオアバタは、撮影カメラに面した方向しか形状モデルを持たないため、2.5次元ビデオアバタと呼んでいる。

2.5次元ビデオアバタは、撮影カメラに近い方向からはきれいな立体映像として見えるが、視線方向がはずれてくると形状モデルを持たないため大きく歪んだ映像になってしまう。そのため、ここでは没入型ディスプレイ内に複数のステレオビデオカメラを配置し、相手の視線方向に応じて最も近い方向のカメラ映像を選択して使用するという方法を用いている。このような方法をとることによって、3次元仮想空間の中で立体的なビデオアバタを合成することが可能になる。この手法では、立体的なビデオ映像を用いることで臨場感の高い表現を行えるだけでなく、身体の立体形状を用いることで指差し動作等による正確な情報伝達を行うことが可能である。たとえば図-5は、CABIN、COSMOSの没入型ディスプレイ間で立体ビデオアバタを用いたコミュニケーションを行っている例を示したものである。この例では、車の設計モデルを共有仮想空間の中に提示し、遠隔地の設計者が対話しながら共同設計を行っている様子を示している。

またビデオアバタは共有仮想空間の中だけではなく、実空間上の遠隔コミュニケーションに利用することも可能である。図-6は、送信された立体ビデオアバタをシ

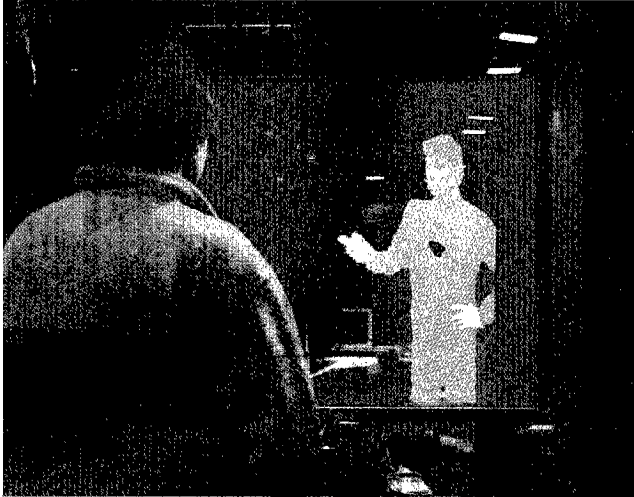


図-6 実空間におけるビデオアバタコミュニケーション

ースルー型の透明スクリーンに投影し、実空間上に合成した例である。この場合、利用者は自分がいる実空間と合成されたビデオアバタ映像を同時に見ることができるため、現実空間の中で遠隔地の相手とコミュニケーションを行っている感覚を得ることができる。

### 空間通信の展開

このような空間通信型のコミュニケーションに関する研究は年々盛んになっており、デモンストレーション的な実験も行われるようになってきた。たとえば、イリノイ大学等が中心となって進められているイベントとしてiGridがある。iGridは、国際的なネットワークを用いた空間通信に関するデモンストレーション実験の場として、1998年にオランダで開かれたSupercomputing98の中で第1回目が行われた。第2回目は東京大学、慶應義塾大学等も加わり、2000年7月に横浜で開かれたINET2000という国際会議の中で開催された<sup>6)</sup>。

このiGrid2000では、会場に大型の没入型ディスプレイであるCAVEが仮設され、ギガビットネットワーク(JGN)、WIDEプロジェクトネットワーク、APAN (Asia-Pacific Advanced Network)、APAN/TransPAC、STARTAP等を経由して、東京大学、大阪大学等の国内の参加機関をはじめ、米国、ドイツ、シンガポール等のいくつかの研究機関が広帯域のネットワークで接続された。図-7は



図-7 iGrid2000におけるデモンストレーションの様子

iGrid2000で行われたデモンストレーションの様子を示したものであるが、CAVEを用いて種々の通信デモンストレーションが行われた。筆者らのグループも、東京大学のCABINと会場のCAVEとの間でビデオアバタを用いた空間共有等のいくつかのデモンストレーションを行った。

このような没入型の空間通信を実現するためには、現状ではまだ特別なネットワーク環境が必要となるが、Internet2等が目指す次世代ネットワーク環境では、空間通信への要求はますます大きくなり、重要な応用技術になってくるものと期待される。また本稿では映像を用いたコミュニケーションについてしか触れることができなかったが、空間共有という概念を実現するためには、3次元音響や触覚等の五感情報すべてを含めた意味での空間共有技術の開発も必要になってくるであろう。

#### 参考文献

- 1) 青山友紀. ギガビットネットワークとVR, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol.4, No.1, pp.46-53 (1999).
- 2) Cruz-Neira, C., Sandin, D.J. and DeFanti, T.A.: Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE, Proceedings of SIGGRAPH93, pp.135-142 (1993).
- 3) 小木哲朗: 没入型ディスプレイの特性と応用の展開, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.1, No.4, pp.43-49 (1999).
- 4) Leigh, J., DeFanti, T.A., Johnson, A.E., Brown, M.D. and Sandin, D.J.: Global Tele-immersion Better Than Being There, ICAT'97, pp 10-17(1997).
- 5) Ogi, T., Yamada, T., Kano, M. and Hirose, M. Video Avatar Communication for the Multimedia Virtual Laboratory, IEEE PCM2000 Conference Proceedings, pp.90-93 (2000).
- 6) <http://www.startup.net/igrd2000/>

(平成13年1月18日受付)

