

没入型ディスプレイとインタラクション技術

小木 哲朗

1 はじめに

イリノイ大学でCAVEが開発されてから15年程が経過し、プロジェクタを用いた没入型プロジェクト技術(Immersive Projection Technology: IPT)はバーチャルリアリティのディスプレイ装置として広く利用されるようになってきた^[1]。この普及の背景には、没入型プロジェクト技術が有するポテンシャルの高さと共に、その構成要素となるプロジェクタやグラフィックス用計算機等の各種デバイスの高性能化、低価格化があげられる。またここ数年はJGNを始めとする広域ネットワークの普及により、バーチャルリアリティの応用分野にも変化が表れつつある。例えば、数値計算結果の可視化を行う場合、バーチャルリアリティ環境を単独で利用するだけではなく、複数のバーチャルリアリティ環境をネットワーク化することで、遠隔地の利用者が可視化データを共有しながら議論する等、テレイマージョン環境としての利用も行われるようになってきた。この場合、仮想空間の中ではポインティングやウォータースルー等の機能の他に、利用者のアバタ表現や共有ホワイトボード等のインタラクションのためのツール機能も必要になってくる。

本稿ではCAVEに代表される没入型ディスプレイ技術とそれを用いたインタラクション技術について、最近の研究動向等を交えて概説する。

2 没入型ディスプレイとテレイマージョン

2.1 各種の没入型ディスプレイ

CAVEに代表される没入型ディスプレイの特徴は、高精細の大画面スクリーンを用いて視点に追従したインタラクティブな立体視映像を提示することで、利用者が実寸感覚を伴った没入感の高い仮想世界を体験できる点である。今日使われている没入型ディスプレイは、スクリーン構成等によってCAVE型、Wall型等、幾つかの種類に分類される。

CAVE型ディスプレイは、複数枚のスクリーンを立方体状に配置した装置で、スクリーン枚数により種々

筆者紹介



おぎ てつろう

1960年生まれ。1986年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了、1994年同博士課程修了。博士(工学)。1986年(株)三菱総合研究所、1996年東京大学助教授、2004年筑波大学助教授、2008年より慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科教授。専門は、バーチャルリアリティ、ビジュアルシミュレーション。

のシステムが開発されている。イリノイ大学で開発されたCAVEは正面、左右、床面の4面スクリーンの構成であったが、東京大学のCABINは天井を加えた5面、岐阜県のCOSMOSは更に背面スクリーンを加えた6面構成の装置である^[2]。また筑波大学のCS Galleryのように3面構成の簡易なシステムもよく使われるようになってきた。

これに対してWall型ディスプレイはスクリーンを平面に並べることで、高解像度の大画面を構成する。代表的なWall型ディスプレイとしてはミネソタ大学で開発されたPowerWallがあげられるが、Christie Digital System社のHoloStageのようにCAVE型と組み合わせた装置もある。最近の傾向としては、没入感を前提とした、より高解像度の映像提示が要求されるようになり、液晶モニタを並べたタイルドディスプレイや4Kプロジェクタを用いたシステム等も重要な技術となってきた。図1は慶應義塾大学で構築されたCDF(Concurrent Design Facility)を示したもので、中央の4K立体視スクリーンと左右の108インチ液晶モニタにより高解像度の没入映像環境を実現している。



図1 4K立体視映像を用いたCDF

またIPT技術の新しい応用として空間型拡張現実感への適用も行われている。空間型拡張現実環境を生成するためには、大画面のCG映像を現実世界のシーンに重ね合わせて提示するため、ハーフミラーや透明スクリーン、実物体スクリーン等が用いられる。

図2は筆者等が開発を行っているAR Viewを示したものである^[3]。このシステムでは大型のハーフミラーフィルムを45度に設置し、床面スクリーンに投影されたステレオ映像をハーフミラー前後のシーンと重ね合わせて見ることができる。拡張現実感ディスプレイでは、現実の物体と仮想の物体の間のオクルージョン表現が

問題になるが、このシステムでは照明プロジェクタを使用して影のある照明を照射することで解決している。

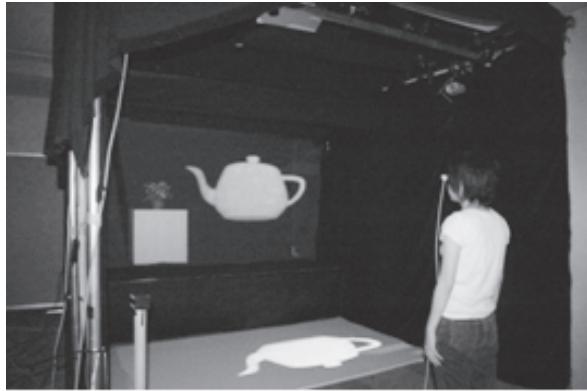


図2 没入型拡張現実感ディスプレイ AR View

2.2 テレイマージョン環境

このように種々の没入型ディスプレイ装置が各地に設置されると、次の段階としてこれらをネットワーク化した没入感の高い空間共有の実現が望まれてくる。このような応用領域はテレイマージョンと呼ばれ、各地で研究が盛んになりつつある。テレイマージョンは、もともと米国で行われたNational Tele-immersion Initiativeの研究プロジェクトで考えられた概念であるが、日本においても総務省が推進してきたMVLプロジェクトや現在筆者等がかかわっているCnCプロジェクト等で、JGNネットワークを用いたテレイマージョン環境が構築され、各種の遠隔協調作業の実現に向けた研究が行われている。

3 没入型共有空間でのインタラクション技術

没入型ディスプレイで構成されるテレイマージョン環境では、その特性を活かしたインタラクション技術が要求される。

3.1 ビデオアバタ

筆者等はネットワーク没入環境におけるコミュニケーション技術としてビデオアバタの研究を行っている。ビデオアバタとは、遠隔地の利用者が没入型ディスプレイの中でお互いの全身のビデオ映像を用いてコミュニケーションを行う方法である。図3は背景差分法によるビデオアバタの生成方法を図示したものである。この方法ではディスプレイ内の利用者の姿をビデオカメラで撮影し、あらかじめ記録してある背景画像との差分を取ることで利用者の姿だけを切り抜く。この利用者の姿をネットワークを介して伝送し、受け取った側では人物像を3次元仮想世界の中の相手が存在する位置に合成する。この処理を遠隔地間でリアルタイムに行うことで、共有仮想空間の中でのコミュニケーション手法として利用することができる。

3.2 仮想ホワイトボード

また共有仮想空間で効率的な協調作業を行うために

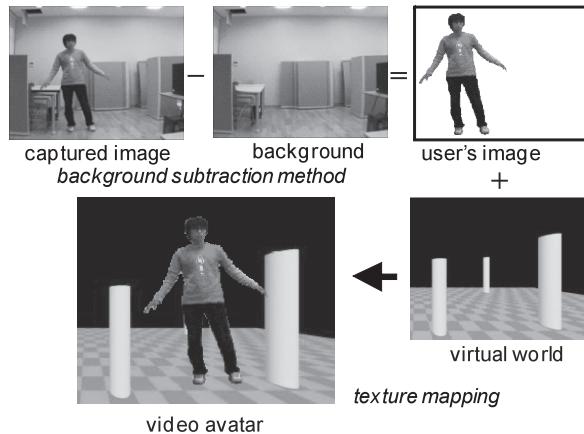


図3 ビデオアバタの生成方法

は、遠隔地の利用者がお互いに必要な情報を共有できることが必要である。遠隔協調作業のためのコミュニケーションツールとしては、仮想ホワイトボードがあげられる。これは、共有仮想空間全体をホワイトボードとして利用する機能で、一方の利用者が仮想キーボードやマーカで空間に文字や絵を描くと、他方の空間にも描画される(図4)。この仮想ホワイトボードは共有空間内のどこにでも自由に置くことができるため、空間全体を利用した情報共有に利用することができる。



図4 空間型ホワイトボード

4 テレイマージョン用ソフトウェア

次にこれらの機能を実現するためのソフトウェアについて考える。没入型ディスプレイを用いたVRアプリケーション開発用のライブラリとしては、これまでにもCAVE Lib. やCABIN Lib. 等幾つかのソフトウェアが使われてきた。しかし、従来のライブラリは没入型ディスプレイを単体で使用する想定で設計されているため、CAVE間通信やネットワーク上のサーバへのアクセス、複数アプリケーションの融合等を行うためには、専用の機能を開発する必要があった。ここではCnCプロジェクトで開発が行われている幾つかのソフトウェアについて紹介する。

4.1 OpenCABIN

OpenCABINは東京大学で開発されたCABIN Lib.をベースに、テレイマージョンでの使用を想定した幾つかの機能を含めてオープンソース化されたライブラリである^[4]。OpenCABINの主な特徴としては、マスタ・レンダラ構造とプラグイン機構があげられる。

マスタ・レンダラ構造とは、アプリケーションプログラムが状態を管理する1つのマスタプログラムと状態に従って各スクリーンに描画を行う複数のレンダラプログラムに分かれて構成される構造をさす。PCクラスターを用いた従来のプログラム構成では、外部のデータベースにアクセスしたりシステム間で通信を行う場合には、各ノードPCがそれぞれ通信を行う必要があった。これに対しマスタ・レンダラ構造では、マスタが代表して外部との通信を行うため効率的なシステムを構築することができる。

またOpenCABINではアプリケーションプログラムを動的ライブラリとして作る形態を取る。そのため開発したアプリケーションは、他のアプリケーションの実行中にプラグインの形で実行し、機能を追加していくことが可能である。例えば、複数のオブジェクトを同時に可視化したい場合、オブジェクトの組み合わせ毎にアプリケーションプログラムを作る必要はなく、各オブジェクト単体の可視化プログラムを作成しておくことで、実行時にプラグインの形で種々の可視化映像を自由に融合することができる。前述のビデオアバタのプログラムもプラグインとして既存のアプリケーションに追加することで、容易に空間共有型のアプリケーションに変更することができる。

4.2 FusionVR

映像やアプリケーションを融合するための別のアプローチによるソフトウェアとしてFusionVRがある^[5]。前述のOpenCABINは、同一のライブラリを用いて開発されたアプリケーション間での融合は行えるが、それ以外のソースコードが入手できないアプリケーション等を融合することはできない。FusionVRはGLR(GL-DLL Replacement)技術を用いることで、複数のアプリケーションの実行時に使用されるOpenGLコードを抜き出し、奥行き情報を考慮した融合を行う。この際、立体視やCAVE等の多面ディスプレイへの対応も合せて行うことができるため、OpenGLベースのアプリケーションであれば、ソースコードを必要とせずに没入型ディスプレイ上でアプリケーション融合を実現することができる。図5はFusionVRを用いた映像の合成例を示したものである。

4.3 CCBASE

CAVE等の多面ディスプレイを協調作業空間として利用する際に要求される機能のひとつに情報検索があげられる。ここでは仮想空間の中からネットワーク上のデータベースにアクセスするためのライブラリとして、CCBASEの開発を行っている。このシステムで

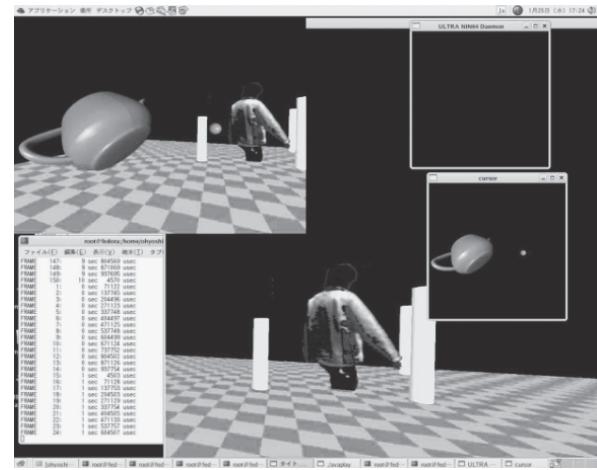


図5 FusionVRによる映像合成の例

は仮想空間の中で仮想キーボード等を用いたキーワード入力やあらかじめ登録されたアクションを行うことで、SQL検索式を生成しデータベース検索を行う。またデータベースから検索されたデータは、仮想空間の中では本のメタファを用いて可視化される。検索されたデータは本の中に綴じられ、利用者は本のページをめくることでデータのブラウジングを行い、必要なデータは本から取り出すことで仮想世界の中で利用することができる。図6はCCBASEを利用してデータベース検索を行っている様子を示したものである。

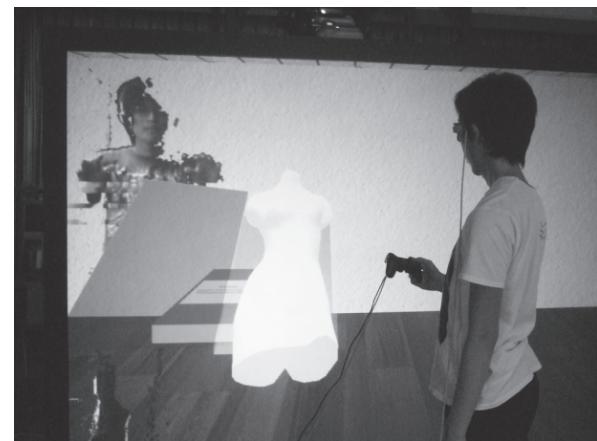


図6 CCBASEの使用例

5 応用例

これらの要素技術を用い、テレイマージョン環境における協調作業の実現を目指した幾つかの応用研究例を紹介する。

5.1 地震データの可視化

日本では毎日のように多くの地震が発生し、震源位置、発生時刻、マグニチュード等のデータがデータベースに記録されている。これらのデータを必要に応じて取り出し、地図や地形情報と関連付けて可視化することができれば、地震現象の解析や地震予知へとつ

ながっていくことが期待される。そこでここでは地震データの解析に利用可能な各種データの可視化プログラムをOpenCABIN、CCBASEを用いて実装した^[6]。これらのデータはプラグイン機能を用いることで、実行時に必要に応じてアプリケーションに組込み可視化することができる。

図7は構築した地震データ可視化システムを使用している様子を示したものである。没入仮想環境を利用して、震源データ、地図、地形、基盤深度、プレート情報等のデータを必要に応じて可視化することで、データ相互間の関連性等の分析を手軽に行うことができる。またビデオアバタのプログラムを同時にプラグインすることで、遠隔地の利用者と地震データを共有しながら議論を可能にしている。



図7 共有没入環境における地震データの可視化

5.2 空間共有型遠隔授業

またテレイマージョン環境の応用分野として空間共有型の遠隔授業システムがあげられる^[7]。通常のテレビ会議システムを用いた遠隔授業では、講義中心の授業にはある程度利用することができるが、実験や演習を含んだ体験型の授業の場合には、教師と生徒の間で必要な情報を共有することが困難である。没入型ネットワーク環境では遠隔地の教師と生徒が空間を共有しながら授業を行うことができるため、黒板やホワイトボード上の情報だけではなく、教材や実験装置等の3次元的な情報を共有することができる。

図8は筑波大学で行われているコンピュータグラフィックスの演習授業を遠隔地の没入型ディスプレイ間をつくばWANネットワークで接続して行った遠隔授業の様子を示したものである。この授業ではビデオアバタを用いて教師と生徒の姿をお互いに伝送し、PowerPointや説明に使用する3次元CGモデル等を仮想

空間で共有しながら講義を行った。

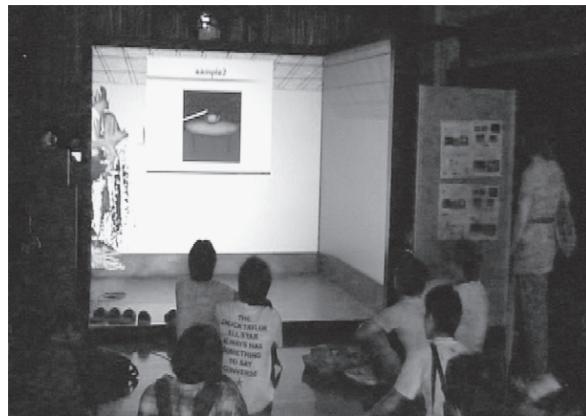


図8 共有没入環境における遠隔授業

6 おわりに

以上、本稿では最近の没入型ディスプレイ技術の動向とテレイマージョンへの応用展開等について概観した。没入型ディスプレイ技術は、装置そのものの大型化等の問題点はあるが、高品質な仮想空間を生成するシステムとしてのポテンシャルの高さとともに、利用技術の進歩や低価格化も急速に進んでおり、身近なVR環境になりつつある。今後、テレイマージョン等の応用領域の確立とともに実用的な技術として発展していくことを期待する。

■参考文献

- [1] C. Cruz-Neira, D.J. Sandin, T.A. DeFanti: Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE, Proc. of SIGGRAPH'93, pp.135-142, 1993.
- [2] 廣瀬、小木、石綿、山田：多面型全天周ディスプレイ（CABIN）の開発とその特性評価、電子情報通信学会論文誌D-II、Vol.J81-D-II、No.5、pp.888-896、1998。
- [3] 村瀬、小木、齋藤、小山：大画面ハーフミラーによる没入型拡張現実環境の構築とオクルージョン表現、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol.13、No.2、pp.141-150、2008。
- [4] OpenCABIN, <http://www.cnc-proj.org/>
- [5] FusionVR, <http://www.fiatlux.co.jp/product/virtual/fusion/fu-index.html>
- [6] 小木、大貫、古村、伊藤：没入型ビジュアルデータマイニング環境を用いた地震データの可視化、計算工学講演会論文集、Vol.13, No.2, pp.947-948, 2008.
- [7] 小木、左近：テレイマージョン技術を用いた遠隔授業システムの構築、第16回設計工学・システム部門講演会講演論文集、pp.343-344, 2006.