

PC-CABIN による共有型没入仮想環境の構築

小木 哲朗[○] (筑波大学)

Construction of Networked Immersive Virtual Environment Using PC Based CABIN

Tetsuro OGI

ABSTRACT

Immersive projection technology is an effective tool for scientific visualization. In this study, PC based scalable immersive projection system named CC(Component Cabin) display was developed. Since this system has flexible scalability for both the hardware and software constructions, it can easily be extended to the multi-screen display systems. In addition, MVL Toolkit was developed in order to construct a collaborative VR application using the networked immersive virtual environment, and it was applied to the collaborative visualization.

Keywords: Immersive Projection Technology, PC-CAVE, Collaborative Visualization

1. 緒 論

可視化環境として CAVE や CABIN に代表される没入型仮想環境の有効性が認識されるようになり、各地で研究開発が盛んに行われるようになってきた[1][2]。しかしながら、これらのシステムは一般に大掛かりな構造となり、費用的にも高価にならざるを得ない。そのため、普及用の小型 VR 環境と大型の没入仮想環境間でプログラムやデータの互換性を実現したり、高性能化してきた PC を用いた没入型ディスプレイ装置の構築に関する研究が注目されつつある[3][4]。

本研究では、このような要求から PC をベースとしたスケーラビリティを有する没入型ディスプレイ技術の開発を行った。また没入型ディスプレイが各地に設置され可視化環境として普及してくると、次の要求としてこれらをネットワーク化し、遠隔地間で空間共有型の可視化環境を実現しようという要望が生まれてくる。本論文では、筆者等がこれまでに開発してきた共有型没入仮想環境における協調作業を支援するための幾つかの要素技術と、これらの要素技術を利用するために現在開発中であるソフトウェアライブラリについて論じる。

2. CC(Component Cabin) ディスプレイ

本研究では PC ベースのスケーラビリティを有する没入型ディスプレイ技術に関する研究を行っている。スケーラビリティを有するためには、ハードウェア的にもソフトウェア的にも柔軟な拡張性を持つことが必要である。ここでは特に、単面スクリーンから CABIN 等の多面スクリーン構成に容易に拡張可能な構成要素型の没入型ディスプレイシステムである CC (Component Cabin) ディスプレイの開発を行った。

2.1 ハードウェア

代表的な没入型ディスプレイ装置として、CAVE や CABIN 等の多面構成のシステムがあげられる。これらのシステムは、4 面あるいは 5 面のスクリーンを組み合わせることで立方体状のディスプレイ空間を構成する。本研究で開発を行った CC ディスプレイは、単面スクリーンとして単独で利用できる構造を取りながら、CABIN 等の多面のスクリーン構成に容易に拡張可能な形態を取る。

複数のスクリーンを組み合わせることで視野を拡大するためには、スクリーンの境界部分に映像を隠すボーダーラインができない構造を取ることが必要である。CC ディスプレイでは、スクリーンシートの両端部分を 45 度の角度で巻き込む形でフレームを構成している。そのためスクリーンを直角に組み合わせてもフレーム部分が重ならず、ボーダーラインを作らない構造を取ることができる。Fig.1 は CC ディスプレイの概観を、また Fig.2 はスクリーンの両端部分の構造を示したものである。

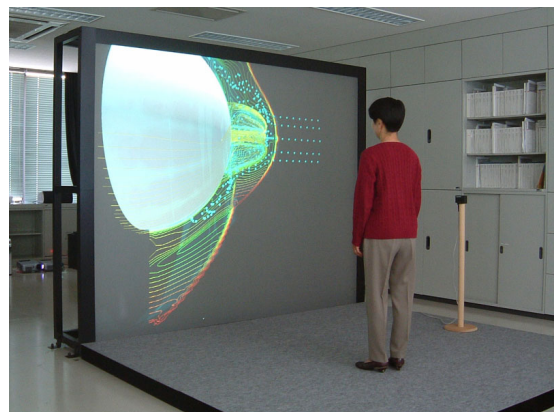


Fig. 1 CC(Component Cabin) Display

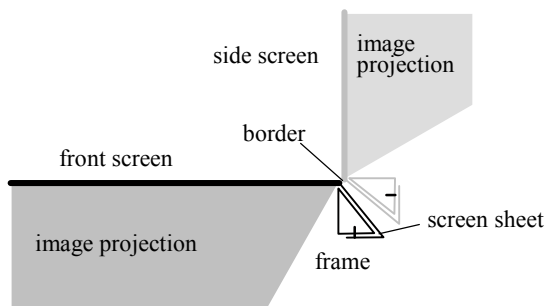


Fig. 2 Structure of Screen Border of CC Display

映像生成を行う計算機システムに関しては PC をベースとしたシステムを構築し、立体視映像の提示にはスタックの DLP プロジェクタを用いる円偏光方式を採用した。PC の計算機性能としては CPU に Intel Xeon 3.2GHz, グラフィックスボードに NVIDIA Quadro FX3000G を使用し、マルチビュー出力によって 1 台の PC で左右両眼に対する視差映像をそれぞれ生成している。

また本計算機システムは CRT プロジェクタを用いる時分割立体視方式に対応することも可能である。一般に時分割立体視を用いながら多面スクリーンに拡張するためには、各スクリーン間の映像描画における同期の問題が生じるが、本システムでは FX3000G の genlock, frame lock の機能を利用することでスクリーン間の同期を実現している。

2.2 ソフトウェア

没入型仮想環境としてのスケーラビリティを実現するためには、ハードウェアの拡張性と同時にソフトウェアについても拡張性が保証されなければならない。SGI 等のグラフィックスワークステーションを用いたシステムに比べ PC をベースにしたシステムでは、1 面のスクリーンに対して 1 台の PC を割り当てることができるため、スクリーン枚数の変化に応じてシステムを拡張することが比較的容易である。

ここでは、従来のグラフィックスワークステーションをベースにした CABIN 用ソフトウェアとの互換性を保つため PC の Linux 環境を用い、グラフィックスワークステーション版の CABIN ライブラリ(CABIN Lib.)を PC 版のライブラリとして移植を行った。PC 版の CABIN Lib.では、各 PC がそれぞれ単独で 1 枚のスクリーン映像を描画するため、スクリーン枚数やディスプレイ構造に依存しないプログラムとなり、スクリーンサイズ、立体視方法等のディスプレイに関する情報はパラメータファイルとして実行時に参照される。

多面スクリーンに対応するには、複数台の PC でクラスタを構成し、各 PC が同期を取りながら同一のプログラムを実行することになる。また PC の 1 台がインタラクション用のサーバとなり、トラッキングデータや入力

デバイスから受け取ったコマンドデータを各 PC に送信することで、データレベルの同期を取ることができる。Fig.3 は PC をベースにした東京大学の CABIN のシステム構成を示したものである。

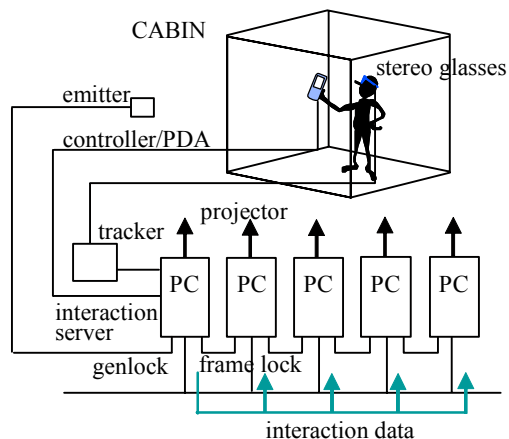


Fig. 3 System Construction of PC based CABIN

3. 共有型没入仮想環境の構築

3.1 要素技術

このように没入型ディスプレイの PC 化とスケーラビリティが実現され、各地に同種の可視化環境が設置されてくると、次の要求としてこれらをネットワーク化することで、没入仮想環境を共有した協調作業の実現が望まれてくる。筆者等はこれまでに総務省 MVL プロジェクト等においてネットワーク上の仮想研究環境の構築を目指し、各種要素技術の開発を行ってきた。本研究では、共有型没入仮想環境を用いた VR アプリケーションを容易に構築するため、これらの要素技術をライブラリとして整備した MVL Toolkit の開発を行っている。

MVL Toolkit では、共有仮想空間において要求される種々の機能を、1)空間の共有、2)時間の共有、3)人物の共有、4)操作の共有、5)情報の共有の各機能に分類し、それぞれをサブライブラリとして構成するように設計されている。各機能の内容は以下の通りである。

1) 空間の共有

仮想空間を共有するためには、まず両サイトの利用者が幾何学的に同一の仮想世界の中に存在することが必要である。ここでは、両サイトで同一のプログラムを実行することで、同一の仮想空間を体験する方法を取っている。また各利用者は、ディスプレイ内の移動やウォークスルー操作によって仮想世界の中を移動することができるが、この際にトラッキングデータや移動コマンドをお互いに送受信することで、共有仮想世界の中でのお互いの位置関係を表現することが可能になる。

2) 時間の共有

遠隔地間で精度の高いコミュニケーションを実現するためには、時間的な同期の問題も重要である。例えば、

遠隔地の利用者がアニメーション表現された可視化データを見ながら議論を行う場合、両者が同じ瞬間に同じ映像のフレームを見ていることが保証されることが必要である。そのため、ここでは共有仮想世界において時間管理を行うための機能を導入している。

一般に VR のアプリケーションでは、計算機で時間ステップを更新しながらシミュレーションを実行するため、仮想世界の中の時間スケールが計算機の性能に依存してしまうことが多い。本システムでは、各計算機がレンダリングに要する処理時間を自分で計測しながら時間ステップを更新することで、各サイトの進行時間を一定に保つ方法を用いている。また共有仮想世界の中での時間を同期させるためには、各サイト間で時計を合わせておくことが必要である。そのため、ここではインタラクションに関するコマンドが入力される毎に、コマンドと一緒にサーバ側からクライアント側に時刻データを送信することで、両者の時刻合わせを行う方法を取り入れている。

3) 人物の共有

共有型没入仮想環境の中で円滑なコミュニケーションを実現するためには、お互いの利用者の姿を高い臨場感で表現することが必要である。一般に共有仮想世界の中で人物を表現する手法として CG で表されたアバタを用いる方法がよく使われているが、この方法では相手の利用者の表情等を伝えることはできない。そのため、本研究ではお互いの利用者の姿をビデオカメラで撮影し、これを送受信して共有仮想世界の中に合成するビデオアバタ技術を開発し、利用している。

最も簡単なビデオアバタ手法としては、撮影された人物像から背景を切り取り、2次元の平面映像として仮想世界に合成する2次元ビデオアバタがあげられる。また人物像の撮影にステレオビデオカメラを使用し、撮影映像からステレオマッチングにより各ピクセルの奥行き情報を取得することで、表面形状を有する2.5次元ビデオアバタを生成する手法もあげられる。Fig.4 はこれらのビデオアバタの生成方法を図示したものである。

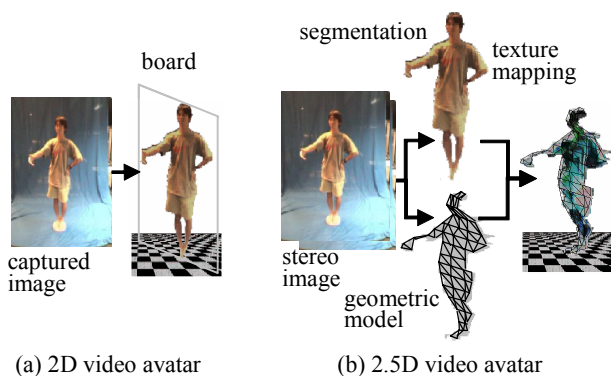


Fig. 4 2D and 2.5D Video Avatar Technologies

4) 操作の共有

共有仮想空間における協調作業で、両者が対等なコミ

ュニケーションを行うためには、全ての利用者が仮想世界に対して自由に操作を行えることが必要である。また各利用者の操作は、ローカルな環境だけではなく全てのサイトに対して、共通の変化として反映されなければならない。そのため本システムでは、一方のサイトの計算機をインタラクションサーバとして利用し、各サイトから入力される操作コマンドを統一的に処理する方法を採用している。一般にネットワーク上で複数のユーザがそれぞれ矛盾する操作を行った場合、共有仮想世界を矛盾無く管理するためには排他制御等の仕組みを持つことが必要になるが、インタラクションサーバが一括して受け取ることで操作入力に対する管理が容易になる。

またインタラクションサーバは遠隔の利用者からの操作コマンドも受け取る必要があるため、入力用のインタフェースデバイスとして、携帯電話や無線 LAN を備えた PDA 等のワイヤレスデバイスを利用可能にしている。

5) 情報の共有

共有仮想空間の中で創造的な作業や議論を行うためには、各利用者が必要な情報に自由にアクセスできることも必要である。例えば、遠隔地間で可視化データを見ながら現象についての議論を行う場合、計算方法を説明するための資料を提示したり、他のデータとの比較を行うこと等が要求される。本システムではこのような機能を実現するため、共有仮想世界の中からネットワーク上のデータベースにアクセスし、必要な情報を遠隔地間で共有するためのデータベースインタフェースを開発した。このシステムでは、仮想空間の中でキーワードを入力するとデータベースへ検索コマンドが送信され、検索されたデータは共有仮想空間の中で可視化して表示される。Fig.5 は前述のインタラクションサーバを介してデータベースへアクセスする仕組みを示したものである。

現在のシステムでは、画像、ビデオ、3次元モデル、PowerPoint ファイル等のデータを扱うことができる。そのため、共有仮想世界の中で PowerPoint の説明資料を利用したり、実験の撮影ビデオ映像を表示してシミュレーションデータと比較する等の利用を行うことができる。

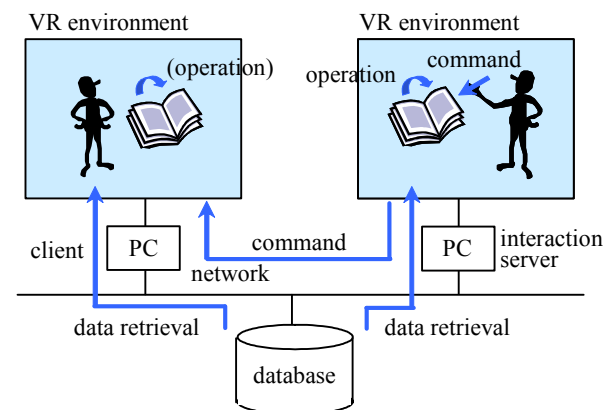


Fig. 5 Database Access in Shared Virtual World

これらの機能は、現在 MVL Toolkit としてライブラリ化が行われている。Fig.6 は MVL Toolkit を用いた仮想空間共有型アプリケーションのソフトウェア構成を示したものである。MVL Toolkit は前述の CABIN Lib.等とは独立に、仮想空間共有機能を付加するためのライブラリとして設計されているため、他のシステムの利用者が既存の VR アプリケーションにこれらの機能を付け加えることも可能である。また、MVL Toolkit は各要素機能ごとにサブライブラリとしてまとめられているため、利用者は必要な機能だけを選択的に利用するという使い方が可能となる。

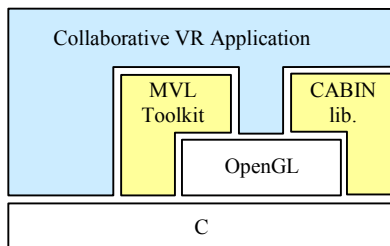


Fig. 6 Software Construction of Collaborative VR Application Using MVL Toolkit

4. 可視化への応用

上記のシステムを用いることで、遠隔地に存在する没入型ディスプレイ間で仮想空間を共有し、可視化における協調作業を実現することが可能になる。Fig. 7, Fig. 8 は CABIN を用いて行われた流体解析データの共有可視化実験の様子を示したものである [5]。この実験では、超音速逆噴射ジェット流れの解析結果を共有仮想空間の中で 3 次元アニメーションとして表示している。遠隔地の研究者が現象についての議論を行うため、共有空間の中で 2.5 次元ビデオアバター手法を用いたコミュニケーションや、PowerPoint ファイルを用いた計算手法の説明、風洞実験の様子を撮影したビデオ映像を参照しながらシミュレーションと実験の比較等の協調作業を行っている様子が示されている。

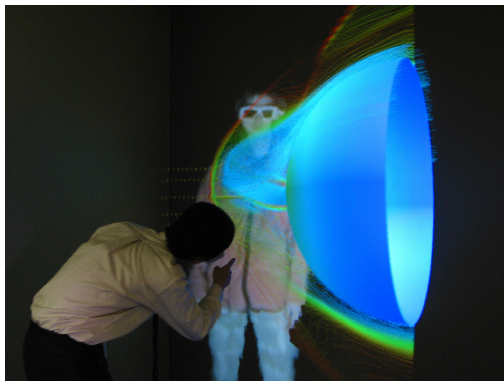


Fig. 7 Sharing Animation data with a Video Avatar in the Shared Virtual World

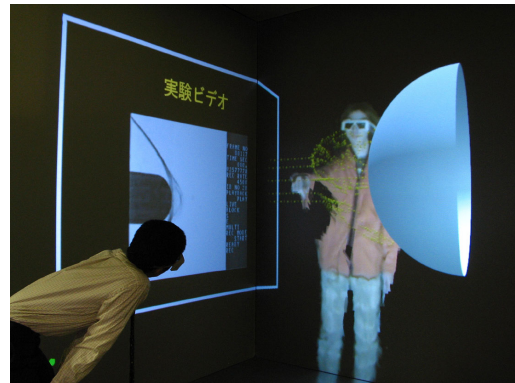


Fig. 8 Discussion between Remote Researchers Referring to PowerPoint Slides and Video Clips

5. 結論

本研究では、没入型仮想環境を用いた可視化技術を容易に利用するため、PC をベースとしたスケーラブルな没入型システム CC ディスプレイの開発を行った。このシステムは、ハードウェア的にもソフトウェア的にも自由な拡張が可能であり、単体の立体視スクリーンとして利用できると同時に、これを複数台組み合わせることで多面型ディスプレイを構成することができる。また、各地に設置された没入仮想環境をネットワーク化し効果的な協調作業を実現するため、空間の共有、時間の共有、人物の共有、操作の共有、情報の共有に関する各要素技術の開発および実装を行った。これらの機能は現在 MVL Toolkit としてライブラリ化しているが、これらの機能を整備することで、可視化システムを始めとして、さまざまな空間共有型の VR アプリケーションの構築に利用されることが期待される。

参考文献

- 1) Cruz-Neira, C., Sandin, D., DeFanti, T.: Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE, ACM Computer Graphics, Vol. 27, No. 2 (1993) pp. 135-142.
- 2) 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 (1999) pp. 43-49.
- 3) 安藤真, 吉田和弘, 谷川智洋, 王燕康, 山下淳, 葛岡英明, 廣瀬通孝: スケーラブル VR システムを用いた教育用コンテンツの試作-マヤ文明コパン遺跡における歴史教育-, 日本 VR 学会論文誌, Vol. 8, No. 1 (2003) pp. 65-74.
- 4) Staadt, O., Walker, J., Nuber, C., Hamann, B.: A Survey and Performance Analysis of Software Platforms for Interactive Cluster-Based Multi-Screen Rendering, Proceedings of IPT-EGVE2003 (2003) pp. 261-270.
- 5) Ogi, T., Yamada, T., Hirose, M., Fujita, M., Kuzuu, K.: Collaborative Flow Field Visualization in the Networked Virtual Laboratory, CD-ROM Proceedings of IPT2004 (2004).