

PCクラスタを用いた多画面同期描画システムの開発

—ITとVRに基づく次世代設計環境の研究—

山田 俊郎 棚橋 英樹

Development of Synchronized Multi-Screen Rendering by using PC Cluster

Toshio YAMADA Hideki TANAHASHI

あらまし 製造分野での3次元CADの利用が一般的になり、そのデータを用いてCOSMOSに代表される没入型の立体映像ディスプレイで立体的に形状確認を行う、試作レス設計が期待されている。しかし、COSMOSのような大規模な設備を事業所に展開することは困難であるため、CADデータの形状確認に特化した小型の高臨場感立体ディスプレイの開発が求められていた。我々は過去に傾斜型の3面立体視ディスプレイを提案し、今回その描画システムをPCクラスタに置き換える技術開発を行った。PCクラスタでは複数のPCで1つの連続した映像を生成するため、データの同期が重要な技術要素となる。本技術開発では、ギガビット・イーサネットを用いてPC間を接続し、UNIXの共有メモリに似たネットワーク共有メモリアイブラリ(NETSHM)を開発し、同期描画の基本ライブラリを作成した。これによって、COSMOS上で動作していたソフトウェアに最小限の修正を加えるだけで、同じアプリケーションをPCクラスタの上で動作させることが可能となった。

キーワード 没入型ディスプレイ、3次元設計、PCクラスタ、ネットワーク、データ同期

1. はじめに

製造分野において、3次元CADを用いた設計作業が一般的になり、従来の平面的な三面図に代わって、立体形状を持ったデータの利用が盛んになっている。このようなデータは直接製造機械にかけることが出来るだけでなく、プロトタイプの試作においても光造形等で利用できるため、試作から製造までの作業の効率化に寄与している。一方、立体映像の表示技術も高度化が進み、COSMOSに代表される臨場感の高い表示が可能になっている^[1,2]。COSMOSは全面を囲みこむ究極のディスプレイであり、その映像表現力は非常に高い。これによって、3次CADのデータを臨場感の高い立体映像で評価することが可能となるため、試作レス設計での利用が期待されている^[3]。

しかし、COSMOSの利用には、“COSMOSは立ち姿勢での利用を前提としており、長時間の作業には向かない”、“映像生成にワークステーションを用いており、PCとは使い勝手が異なる”、という問題点が指摘されていた。前者に対し我々は、設計作業を想定して、着座姿勢で利用可能な傾斜型3面立体ディスプレイを提案してきた^[4,5]。このディスプレイによって、臨場感はCOSMOSに劣るものの、通常のモニタよりも広視野の立体映像を着座姿勢で見ることが可能になり、長時間の使用にも耐えうるシステムが実現できた。しかし、このシステムはCOSMOSのワークステーションを用いて映像を生成しているため、COSMOSとのソフトウェア互換性は高いものの依然2点目の問題点が残されていた。そこで、高性能化が進んで

いるPCを複数台用いたPCクラスタによって、傾斜型3面立体ディスプレイの映像を生成する技術を開発した。開発にあたっては、COSMOSのソフトウェア資産が活かせることを考慮し、最小限のソースコードの修正で対応出来るよう、COSMOSのOSに似たLinux OSの上にライブラリを構築した。

2. システム構成

傾斜型の3面立体視ディスプレイは、図1~3に示すように3面のスクリーンがユーザを取り囲むように配置したものであり、各面には偏光フィルタを利用した立体映像が提示される。作業姿勢としてデスクトップ作業を想定しているため、各面には傾斜をつけ、下方の視界が広くなっており、傾斜をつけたスクリーンで連続した表示を



図 1 傾斜型3面立体視ディスプレイ

行うために、各スクリーンは台形になっている。ユーザの足元に置かれた3対のプロジェクタから投射された映像は、ミラーで反射してスクリーン上に投影される。

コンピュータシステムは、図4に示すように6台の描画用PCと1台のマスタPCで構成され、これらは高速なギガビット・イーサネットでは結ばれている。描画用PCはそれぞれ1台のプロジェクタに繋がっており、各スクリーンの右目用、左目用の映像を生成する。プロジェクタのレンズの前には偏光フィルタが取り付けられ、ユーザが偏光フィルタのついたメガネをかけることでスクリーン上に立体映像を観察することが出来る。COSMOSと同様の入力デバイスも用意されており、ユーザの視点位置を計測するための磁気式センサ、インタラクションを行うためのコントローラはマスタPCに接続されている。

PCクラスタによる多画面映像の生成では、異なったPCで連続した一つの映像を作り上げるため、PC間の同期が重要なポイントとなる。同期のレベルには、ソフトウェア的なものからハードウェア的なものの順に、①データの同期、②描画更新の同期、③映像信号の同期、のレベルがあるが、今回の開発で実現する同期は①のみとした。

①の同期は連続画像生成のためには必須の同期であり、これが実現されないとそれぞれのPCがまったく繋がらない映像を表示することになってしまう。しかし、②の同期が取れていなくても、最大で1更新フレーム以内のずれであり、致命的な映像の乱れに繋がることはない。また、③の同期は液晶シャッターメガネを用いた時分割立体視方式では必須の同期であるが、偏光式立体視では問題

にならない。

本システムでは、ギガビット・イーサネット上でデータ共有を行うネットワーク共有メモリアイブラリ(NETSHM)を開発して、①のデータ同期を実現した。

3. ネットワーク共有メモリ(NETSHM)

一般にPCクラスタのデータ同期にはMessage Passing Interface(MPI)が用いられているが、これは数値シミュレーション等の大型計算を高速に行うために開発されたものであり、データ同期の信頼性は高いもののオーバーヘッドも大きく、VRのような高速性を要求されるアプリケーションには向いていない。また、APIも固有のものであるため、既存のワークステーション上で動作させていたアプリケーションの移植が容易ではない。本開発では、既存のアプリケーションのコード変更を極力なくするため、UNIXの共有メモリ機能に似たAPIを実装した。また、ネットワーク通信にはUDPプロトコルを用い、ブロードキャストと合わせて高速性を追求した。UDPではパケットの到達が保障されないためPC間のデータ同期を保障することは出来ないが、VRアプリケーションは随時データの更新が行われるため、元になるデータの計算をマスタPCで行い、描画に関する情報だけを随時描画用PCに送ることによってパケットの廃棄があったとしても次のデータ更新でリカバリーが可能であり、影響が後に残ることはない。

ソフトウェアの構成は、図5に示すようにLinux

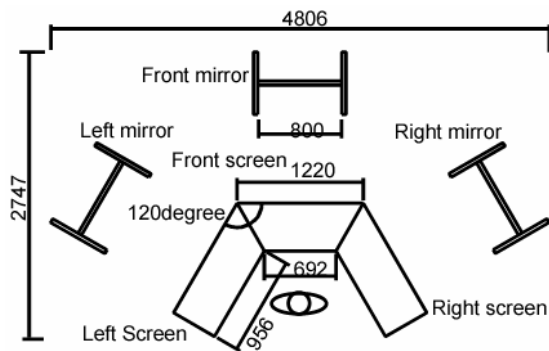


図 2 スクリーン配置 (平面図)

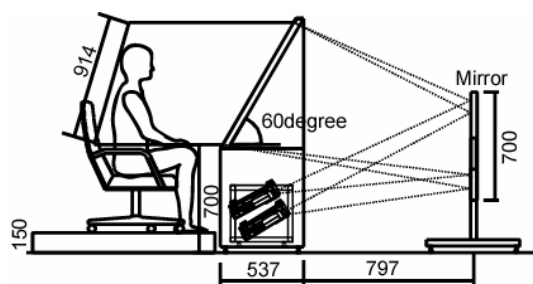


図 3 スクリーン配置 (側面図)

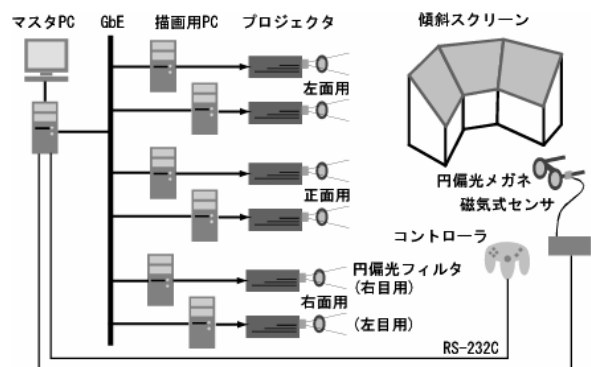


図 4 システム構成

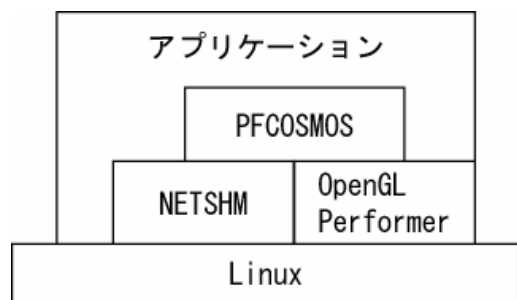


図 5 ソフトウェア構成

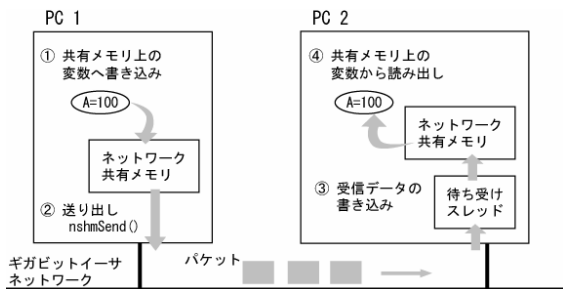


図 6 ネットワーク共有メモリの構成

OS(RedHat 9)の上に描画ライブラリのOpenGL Performer(Silicon Graphics社からダウンロード)をインストールしてベース環境とした。この上にネットワーク共有メモリライブラリと多画面描画ライブラリPFCOSMOSを実装し、アプリケーションに対して多画面同期描画環境を提供している。これによって、COSMOSのワークステーションと同様のプログラミング環境を実現した。

ネットワーク共有メモリは、図6に示す仕組みになっており、UNIXの共有メモリと同様にライブラリの初期化関数で確保されたメモリ領域は通常の変数と同様に読み書きが可能である。唯一の違いとしては、書き込み後に送り出しの関数を呼び出すことであり、送り出し関数が呼び出されると、指定された領域のメモリ内容が適切なサイズのバケットに分けてネットワーク上に送り出される。受け側のPCでは初期化関数によって作られた待ち受けスレッドが自動的にバケットを取り込み、メモリ上の所定の位置に受け取ったデータを書き込む。そのため、受け側のアプリケーションは何ら特別な処理を行うことなく、ネットワークで更新されたデータへのアクセスが可能になる。この機能は一方通行ではなく、双方で書き換えが可能であり、さらに2台のPC間のみでなく、ブロードキャストを用いることで複数のPCのメモリ内容を1回の操作で同時に書き換えることも可能である。

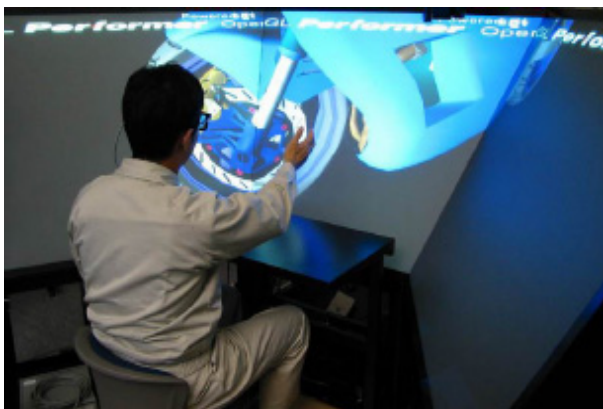


図 7 オートバイモデルの表示例

4. まとめ

本開発では、一般的なオフィスに展開が可能なデスクトップタイプの傾斜型3面立体視ディスプレイのグラフィック描画をPCクラスタで実現する技術を開発した。このシステムによって、図7に示すような臨場感の高い連続した立体映像を安価なPCで表示することが可能となった。

今後は、本システムの上に立体空間の操作を行うインタフェースを実装し、立体映像を見ながらCADデータの操作が行える環境の開発を目指す。また、COSMOSディスプレイの映像生成にPCクラスタを用いることも検討している。

文 献

- [1] Toshio YAMADA, et al., “Development of Full Immersive Display: COSMOS”, Proc.VSMM98, pp.522-527, 1998.
- [2] 山田俊郎ほか, “完全没入型6面ディスプレイCOSMOSの開発と空間ナビゲーションにおける効果”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.4 No.3, pp.531-538, 1999
- [3] F Zorriassatine, et al., “A Survey of Virtual Prototyping Techniques for Mechanical Product Development”, Proc. Instn Mech. Engrs Vol.217 Part B, pp.513-530, 2003
- [4] 山田俊郎ほか, “触力覚提示装置のための傾斜3面ディスプレイの開発”, 日本バーチャルリアリティ学会第5回大会論文集, pp.287-290,2000.
- [5] Toshio Yamada, et al., “Desk-size Immersive Workplace Using Force Feedback Grid Interface”, Proc. of IEEE-VR2002 pp.135-142, 2002.