

CAVE 用 4 次元シミュレーションデータビューアの開発

杉山 大祐 川原 慎太郎 陰山 聡 坂下 善彦

湘南工科大学工学科 情報工学科

地球シミュレーターセンター 高度計算表現法研究グループ

概要：本研究では、計算機シミュレーションの結果として出力される 4 次元シミュレーションデータの可視化結果を、CAVE 型 VR 装置でアニメーション表示できるソフトウェアの開発を行った。これにより、既存のソフトウェアによる可視化結果を通常のディスプレイだけでなく、CAVE 型 VR 装置でも表示させることを可能とした。

1 はじめに

計算機シミュレーションとは、様々な現象を数式化し、計算機を用いて現象の再現・予測を行うことである。近年、地球シミュレータに代表されるスーパーコンピュータの高性能化に伴い、シミュレーションも大規模化する傾向にあり、出力されるデータサイズも大規模なものとなっている。

しかし、これらの情報は単なる数字の羅列でしかなく、そこからデータに含まれる種々の現象の抽出・解析を行うことは困難である。このため、シミュレーション結果の解析過程において、これらを図にする操作、すなわち可視化が必須となる。

現在広く用いられている可視化手段としては、AVS/Express や EnSight といった汎用可視化ソフトウェアを用いて等値面表示などの可視化処理を行い、その結果を通常ディスプレイ上で確認するのが一般的である。しかし、2 次元平面上に投影された映像のみでは、複雑かつ立体的な構造を伴う現象の観察には不十分であると言える。

そこで本研究では、多種多様にある既存の可視化ソフトウェアと VR 装置との連携を容易にすることを目的として、可視化ソフトウェアにより VRML 形式でエクスポートされた 4 次元シミュレーションデータの可視化結果を、CAVE[1]型バーチャルリアリティ(以下 VR)装置上に表示するソフトウェア「4D Data Viewer」の開発を行った。ここで、4 次元シミュレーションデータとは、3 次元情報を時系列に保存したデータのことを指す。

本ソフトウェア「4D Data Viewer」では、主に以下の 3 つの特徴がある。

ユーザが現在使用している可視化ソフトウェアが VRML 形式でのエクスポートに対応していれば、どのソフトウェアでも可視化結果を CAVE で表示することができる。これにより

4D Data Viewer の操作方法を知っていれば、各 CAVE 用の可視化ソフトウェアごとの操作方法を知らなくても、VRML さえ用意すれば CAVE で容易に可視化結果を閲覧することが可能となる。

時系列情報を持つデータに対応し、アニメーション表示することが可能である。

表示するファイルの切り替えや、アニメーションの制御を CAVE 空間上のメニューボタンで操作できる。

また、スムーズな映像を実現するため、描画性能の目標として 16fps 以上[2]で動作することと設定した。

2 4D Data Viewer の開発

開発したシステムの概要を図 1 に示す。

まず、シミュレーションの実施により得られたデータに対し、可視化ソフトウェアを用いて様々な可視化処理を行う。次に、その可視化結果を VRML1.0 形式で出力し、4D Data Viewer を用いて CAVE 上への表示を行う。出力形式を VRML1.0 形式としたのは、多くの可視化ソフトウェアが VRML 形式での可視化結果の保存に対応していることから、ユーザの使用している可視化ソフトウェアの種類により依存しにくいという理由からである。

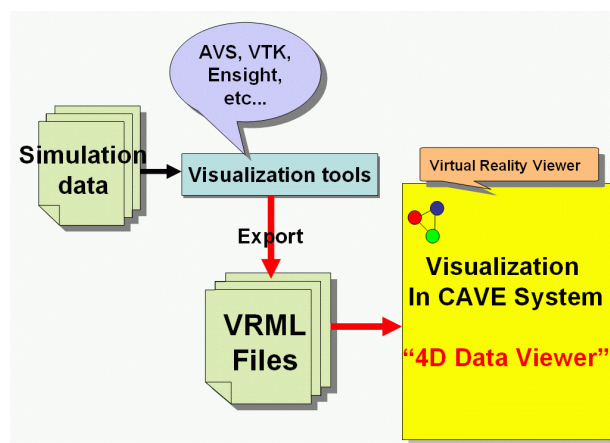


図 1 システムの概要

4D Data Viewer の開発には C++ 言語を用い、CAVE 表示用ライブラリとして CAVElib[3]、グラフィックスライブラリとして OpenGL Performer[4]を使用した。

ビューアの機能として、表示するオブジェクトの拡大・縮小および回転、移動を可能とした。CAVE での 4 次元シミュレーションデータの 3D アニメーションは、可視化ソフトウェアからの VRML 出力に際し、シミュレーション時刻毎に個別のファイルとして出力し、これを連続表示させる

ことで実現した。また、CAVE 空間上にはメニュー表示機能を付け、ユーザが任意にアニメーション速度の調整、再生、停止を行えるようにした。さらに、ファイルメニュー機能を付加することで、VR 装置を出ることなく別のデータファイルへの切り替えることを可能とした。

立体映像の提示に使用した CAVE 型 VR 装置(図 2)は、壁 3 面、床 1 面の 4 つのスクリーンを有し、それぞれのスクリーンにはプロジェクタにより視差画像が投影される。今回使用した装置は、スクリーンのサイズが一辺 3m と大型のものであり、CAVE 内に構築された仮想空間に対し、高い没入感を得ることができる。ユーザは CAVE 内で液晶シャッターメガネを装着し、これを通してスクリーンに投影された映像を観察することで立体視を行う。この際、画像処理を用いたトラッキングにより、液晶シャッターメガネの位置および方向がリアルタイムで検出されるため、ユーザに対して常に正しい視差画像が提示される。4D Data Viewer の実行による視差画像の作成には、Onyx3800 を用いた。

仮想空間とのインタラクションは、専用のコントローラを用いて行う。このコントローラについても液晶シャッターメガネと同様の位置・方向のトラッキングが行われる。



図 2 CAVE 型 VR 装置

3 表示例

4D Data Viewer を用いて CAVE 上に表示した、逆モンテカル口法による原子結合シミュレーションの結果を、図 3 に示す。

シミュレーションの実施により得られた、時系列を持つ非構造格子データを AVS/Express を用いて可視化し、その結果を VRML1.0 形式にて保存した後に、4D Data Viewer による表示を行った。表示に使用したモデルにおける三角形ポリゴンの総数は約 5 万個であり、この時の描画速度が 16fps 以上であったことより、目標を達成したと言える。またポリゴン数の増加による描画速度の変化を計測したところ図 4 のような結果が得られた。この結果は、ポリゴン数が 15 万個程度まで 16fps 以上の描画が期待できることを示している。

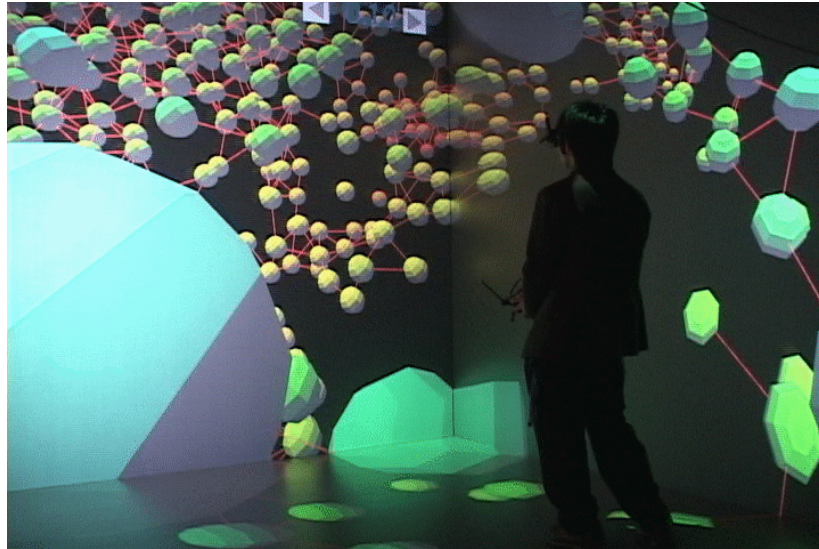


図3 4D Data Viewer による表示例

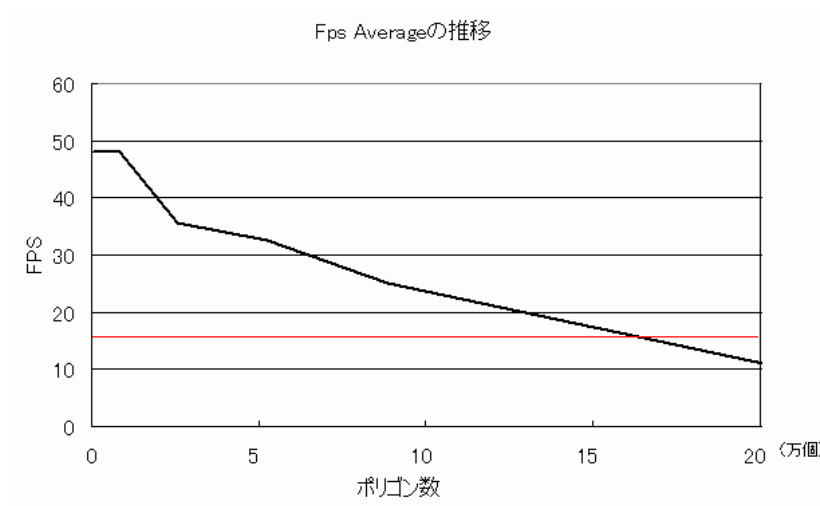


図4 FPS Average の推移

4 まとめ

本研究で作成した 4D Data Viewer を用いることにより、既存の可視化ソフトウェアから出力された連番 VRML ファイルを、CAVE 型 VR 装置上で高速にアニメーション表示させることが出来た。今後の課題として、ユーザインタフェースの改良や、VRML2.0 への対応などが挙げられる。

5 参考文献

- [1]Cruz-Neira, C., Sandin, D. J. and DeFanti, T. A.: Surrounded-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE, ACM SIGGRAPH 93, pp.135-142(1993)
- [2]中島 義明 映像の心理学(1996)
- [3]陰山 聡、佐藤 哲也 VR システム CompleXcope プログラミングガイド Research Report NIFS-MEMO No.28(1998)
- [4]Silicon Graphics, Inc. OpenGL Performer Getting Started Guide (1997, 2000, 2002–2004)