

VR 可視化ソフト VFIVE の開発とその地球科学への応用

陰山 聡^o (海洋研究開発機構, 地球シミュレータセンター)
上原 均 (海洋研究開発機構, 地球シミュレータセンター)
川原 慎太郎 (海洋研究開発機構, 地球シミュレータセンター)

Development of VR Visualization Software VFIVE and its Application to Geosciences

Akira Kageyama, Hitoshi Uehara, and Shintaro Kawahara

ABSTRACT

For interactive data analysis of large scale simulations, we are developing a virtual reality (VR) visualization software called VFIVE. VFIVE uses OpenGL and CAVE library to generate and interact with virtual objects in a CAVE VR system “BRAVE” installed in the Earth Simulator Center. The development of VFIVE and its application to geoscientific data obtained by computer simulation on the Earth Simulator is described.

Keywords: Virtual Reality, Simulation, Visualization, Earth Simulator, VFIVE, BRAVE, Geoscience

1 はじめに

近年、スーパーコンピュータの進歩に伴って、計算機シミュレーションで扱う物理現象の複雑さが高まり、グラフィックワークステーションや PC を使ったこれまでの伝統的な可視化手法ではシミュレーション結果を解析することが次第に難しくなっている。特に現在、世界最高速のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を駆使した大規模なシミュレーションになると、そのデータ可視化は非常に深刻な問題である。

例えば、地球磁場の起源を解明するために我々自身が行っている地磁気ダイナモのシミュレーションの場合、一回のランで出力されるデータは数十ギガバイトから数百ギガバイトに及ぶ。その出力データを解析するという

ことは、複雑な空間構造を持った磁場、流れ場、渦度場の各 3 次元ベクトルや、温度や圧力の場などを可視化し、それぞれの場の 3 次元構造と相互関係を直感的に把握することを意味する (図 1 a 参照)。

大規模な 3 次元データの可視化にバーチャルリアリティ (VR) 技術を応用することは自然な考えであろう。VR 技術を使えば、3 次元データを 3 次元のまま、あたかも目の前にシミュレーションの対象物体 (あるいは現象) が浮かんでいるかのごとく感じられほどの実在感をもって観察する。また、それだけでなく、その対象をインタラクティブに解析することが可能となるからである (例えば、流れ場の 3 次元構造を把握するために、自分の手の先から仮想的なテスト粒子を放出させたりなど)。

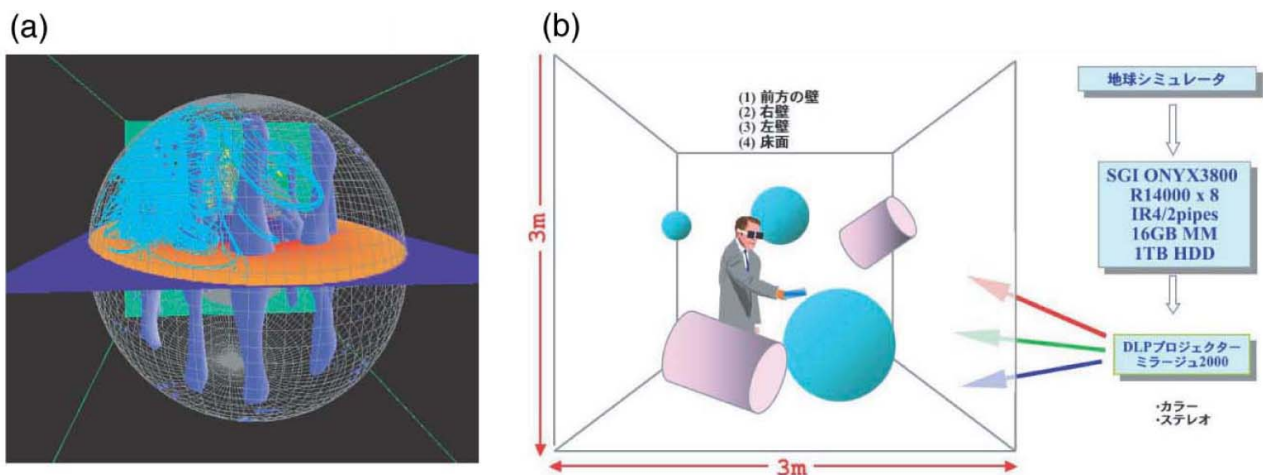


Figure 1: (a) 地磁気ダイナモのシミュレーションデータの例。地磁気ダイナモの物理機構を理解するためには、複数の 3 次元場の立体構造とそれの相互関係を正確に把握する必要がある。(b) 地球シミュレータセンターに導入された CAVE 型 VR 装置 BRAVE の概要。

2 BRAVE システムの概要

地球シミュレータセンターでは、CAVE と呼ばれる方式の VR 装置を導入し、これを BRAVE と名付けた (図 1a 参照)。CAVE は米国イリノイ大学シカゴ校、Electronic Visualization Laboratory で開発された、没入ディスプレイ方式 (あるいは CAVE 方式) と呼ばれる VR システムのパイオニアである¹⁾。

我々の CAVE 装置 BRAVE は、一辺が 3 メートルの立方体の部屋である (図 1 b)。部屋の 3 つの壁 (正面、右面、左面) と床の合計 4 つ面が全てスクリーンになっ

ており、ここにステレオ・カラー画像が投影される。利用者は液晶シャッター眼鏡をかけてこの部屋の中に入り、立体画像を見る。二つのスクリーンの境界でも映像はなめらかにつながるよう投影される。液晶シャッター眼鏡には位置・方向センサが付いており、トラッキングシステムが眼鏡をかけている人の頭の位置、向き、及び傾きを常に検知している。この視点情報をもとに、4 つのスクリーン面上にの映像がリアルタイムで更新される。部屋の中を歩いたりしゃがんだりしても、常にそこから見えるべき映像が投影されるので、全てが自然に (リアルに) 見える。

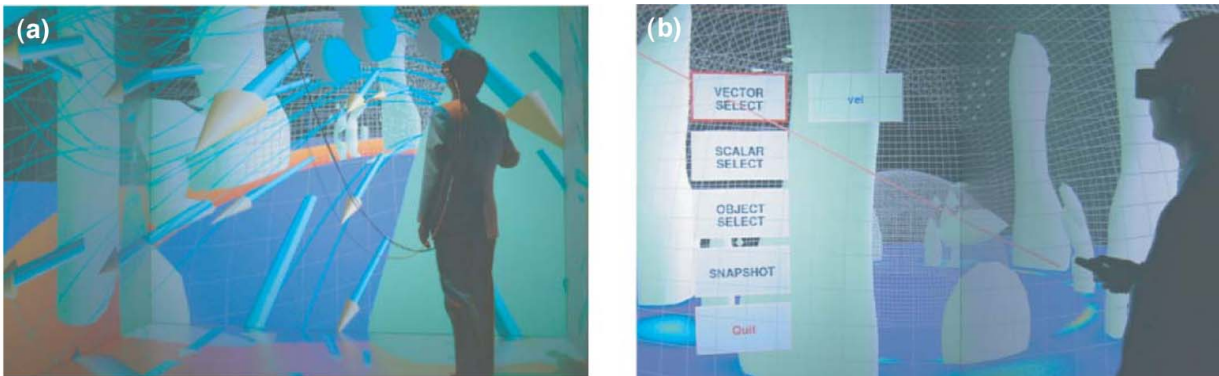


Figure 2: (a) VFIVE を使ったシミュレーションデータの可視化。地球シミュレータで得られた地球コア内部の 3 次元流れ構造を、矢印を使った可視化手法で解析している様子。この矢印群は、手に持ったコントローラの動きについて動く。(b) VFIVE のメニュー画面。仮想空間に浮かんだメニューを仮想レーザービームで選択することで VR 可視化の対象データや、その手法を選択することができる。

3 VFIVE

BRAVE (あるいはそれを含めた一般的な CAVE 装置) を使ってデータを解析するためには、CAVE ライブラリと呼ばれる基本ライブラリを学び、OpenGL を使った VR プログラムを書く必要がある^{2),3),4)}。これは多くのシミュレーション研究者にとって大きな負担となる。そこで我々は、シミュレーション研究者がコマンド一つですぐに自分のデータを CAVE 装置内で解析する事の出来るような汎用のプログラムの開発に取り組み、このソフトを VFIVE と名付けた⁵⁾。VFIVE は汎用性を意識して開発しているため、地球科学のシミュレーションデータだけでなく、各種の実験データや観測データの 3 次元解析にも利用することもできる。また VFIVE は、基本ライブラリとして OpenGL と CAVE ライブラリを使っているだけなので、BRAVE に限らず多くの CAVE 装置で利用することができる。

VFIVE の最大の特徴は、立体視、没入感、対話性といった VR の特性を十分に生かした様々な可視化機能にある (図 2 a)。スライス表示や等値面表示といった従来の可視化機能だけでなく、手の先から出発した力線 (流線や磁力線など) を追跡させる機能、手の先からテスト粒子を次々に放出させる機能などが既に組み込まれている。

VR 可視化における一つの問題は、効率的なユーザーインターフェースである。VFIVE では、仮想空間に浮かぶメニューを仮想レーザービームで選択する方法で、可

視化の対象とする場や可視化手法の選択を行う (図 2b)。

地球シミュレータセンターの高度計算表現法グループでは、地球シミュレータから出力される大規模な 3 次元データを高速・効果的に可視化し、解析するための様々な新しい機能を VFIVE に組み込むことをめざし、現在も精力的に開発研究を行っている。

参考文献

- 1) C. Cruz-Neira, D. J. Sandin and T. A. DeFanti, *Proc. SIGGRAPH '93 (1993)*, p. 135
- 2) A. Kageyama, et al. *Data Visualization by a Virtual Reality System*, Proc. 16th International Conf. Num. Sim. Plasmas, Feb. 10-12, 1998, Santa Barbara, CA, USA pp.138-142
- 3) A. Kageyama, Y. Tamura, and T. Sato, *Scientific Visualization in Physics Research by CompleXcope CAVE System*, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, No.4, pp.717-722, 1999
- 4) 陰山 聡, 佐藤 哲也, 「VR システム CompleXcope プログラミングガイド (Ver.1)」, Research Report NIFS-MEMO No.28, pp.1-115, 1998,
- 5) A. Kageyama, Y. Tamura, and T. Sato, *Visualization of Vector Field by Virtual Reality*, Progress of Theoretical Physics Supplement, No.138, pp. 665-673, 2000