

立体視に基づく流れの対話的可視化システムの構築

中央大学 学生員 ○ 山崎 輔
中央大学大学院 学生員 高田 知学
中央大学 正会員 檜山 和男

1. はじめに

近年、コンピュータの性能の向上により様々な流れ現象の予測および把握のために、三次元数値計算が行われている。そして、この計算結果の三次元的構造を可視化により正確に把握するために VR (Virtual Reality) 技術¹⁾が利用され始めている。現在、VR 装置の形態として、CAVE (CAVE Automatic Virtual Reality Environment)²⁾に代表される没入型 VR 環境が注目されており、商用ソフトウェアが多数開発されている。しかし、予め生成した可視化データを VR 空間に投影することが可能である商用ソフトウェアは数多く存在するが、観察者視点の可視化データをリアルタイムで生成し、かつ対話的な可視化処理を実現できるものは数少ない。

そこで本研究では、地球シミュレーションセンター高度計算表現法グループが開発を行っている対話性の高い没入型 VR 環境を構築するソフトウェアである VFIVE⁴⁾を基に、そのシステムの一部を変更し、VR 空間において、対話的に処理可能な可視化システムの構築を行った。また、本システムを有限要素法により解析された立方体周辺気流解析の可視化に適用し、その有効性を検討した。

2. VFIVE の概要とその機能

(1) VFIVE の概要

VFIVE (VectorField Interactive Visualization Environment)⁴⁾は、OpenGL と CAVE ライブラリと呼ばれる二つのライブラリから成り立っているソフトウェアである。OpenGL は、三次元 CG 描画のための基本ライブラリである。また、CAVE ライブラリとは、複数のスクリーン同士で同期を取る他、観察者の位置の読み込み、コントローラデバイスの情報の読み込み等の処理を自動で行うことが可能なライブラリである。また、図-1に VFIVE における可視化処理工程を示す。

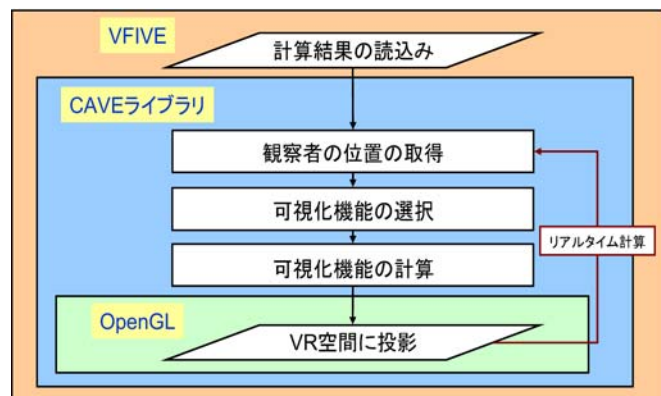


図-1 VFIVE における可視化処理工程

(2) VFIVE の機能

VFIVE の機能として、予め計算した計算結果をバイナリデータに変換し、VFIVE に読み込ませることで、VR 空間において計算結果に基づいた、スカラー量、ベクトル量の可視化を行い、観察者が指定する位置に意図する可視化機能でリアルタイムに表現することが可能となっている。

また、VFIVE は、計算結果を VR 空間上で観察者が理解し易いように表示するために、VR の構成要素である立体感や対話性、没入感等の特徴を利用した様々な可視化手法を持つ。本研究では VFIVE 上で Hotaru と呼ばれる可視化手法（計算領域全体に粒子群を配置し、その粒子群の挙動により、領域内の全体の流れを把握する可視化手法）、および Snow と呼ばれる可視化手法（観察者がコントローラデバイスによって指定した位置に円錐状の表示領域を発生させ、その内部に粒子群を表示し、可視化領域内における任意の場所の局所的な流れを把握する可視化手法）に着目した。

3. VFIVE の機能の追加

本研究では、観察者がより容易に流れ場の挙動の把握が可能となるように、Hotaru, Snow に新しい可視化機能を追加した。以下、VFIVE に追加した可視化機能について説明する。

(1) 粒子の総数変更機能

計算領域全体に粒子を配置する Hotaru において、粒子の数を観察者が任意に変更することで、流れ場の把握が容易になるように、粒子の総数を変更するプログラムを作成した。また、この機能は表示する粒子をコンピュータの性能によって変更することで処理落ち等の問題を回避し、性能に関らず粒子の挙動を把握することも可能としている。

(2) カラー変更機能

観察者が流れの挙動を把握する際、流速に応じてカラーを変更することで VR 空間における視覚効果を向上させ、計算領域内において、ベクトル場の様子を容易に把握することが可能となる機能を作成した。なお、 i 番目の粒子のカラーを決定する数値は以下の式により求める。

$$c_i = \frac{V_i - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (1)$$

ここで、 V_i は i 番目の粒子における速度ベクトルの大きさを示している。また、 V_{max} は計算領域内での流速ベクトルの最大値、 V_{min} は計算領域内での流速ベクトルの最小値を示している。

また、本研究では、粒子の分布をグラデーション表示により表現することで、流れ場における流速分布の把握を容易にし、視覚的効果の向上を図った。なお、グラデーション

KeyWords : 可視化, 立体視, 流体シミュレーション

連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 E-mail: d35127@educ.kc.chuo-u.ac.jp

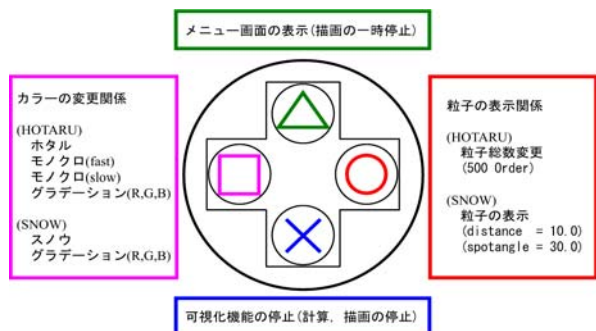


図-2 コントローラへの対応

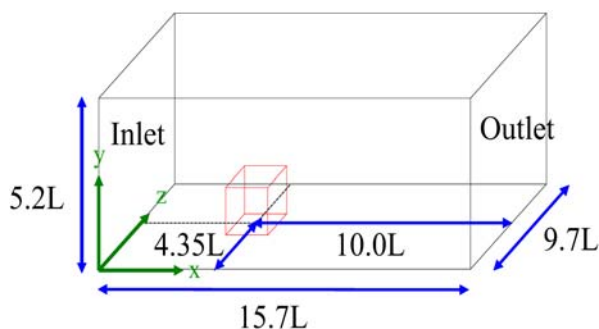


図-3 計算領域

ンのカラーは RGB 値により決定しており、その値は線形補間により求めた。

(3) コントローラへの対応

上記の機能を VR 空間内で観察者が対話的に操作できるように、追加機能を観察者が持つコントローラに対応させなければならない。本研究では図-2のようなコントローラデバイスを用い、各機能をボタンに対応させている。

4. VR 空間への可視化

(1) 可視化適用例

VFIVE は直交格子のデータしか対応していないため、本研究では四面体要素に基づく有限要素法による立方体周辺気流解析の計算結果を予め直交格子補間したデータを用いて可視化を行った。今回使用した計算領域を図-3に示す。

(2) 可視化結果

図-4 は粒子による全体的な流れの表示 (Hotaru) を、図-5 は粒子による局所的な流れの表示 (Snow) を、流速の大きさに応じて色を変え、グラデーションで表示したものを VR 環境内で観察している様子である。これにより、計算領域内におけるベクトル場の様子を、粒子の挙動だけでなく、色による視覚的效果によって、より容易に把握することが可能となっている。

5. 終わりに

本研究では、没入型 VR 環境用ソフトウェアである VFIVE を基に、VR 環境内において対話的に処理可能な可視化システムの構築を行い、新たな機能を追加した。以下に、追加した機能を示す。

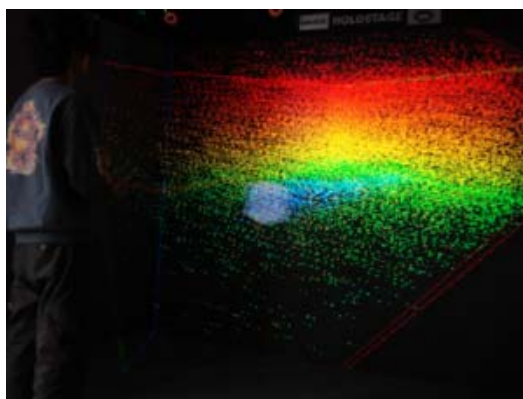


図-4 グラデーション (Hotaru)

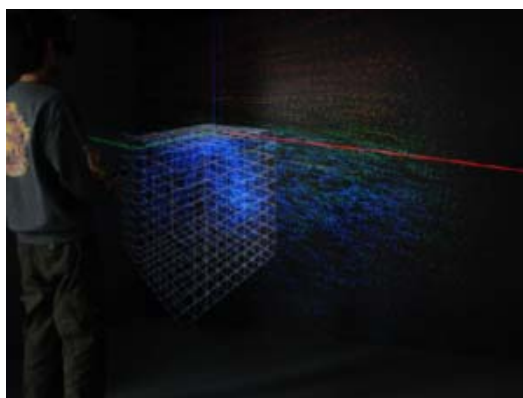


図-5 グラデーション (snow)

1. 流速によって粒子のカラーを変更することで、視覚効果の向上を行った。
2. 表示させる粒子の総数を変化させることにより、観察者が観察し易い状態を設定する事を可能とした。
3. 上記の機能をコントローラデバイスに対応させることによって、VR 空間における対話性の向上を行った。

以上の機能を可視化適用例 (立方体周辺気流解析) に適用した結果、視覚効果の向上、対話性の向上が見られ、本システムの有効性が確認された。

今後ののは、VFIVE の持つ他の可視化機能の改良。また、防災・環境シミュレーションに適した新たな機能を開発し、VFIVE に追加する予定である。

参考文献

- 1) 館 暲：バーチャルリアリティの基礎，培風館，2000
- 2) C. Cruz-Neira, C., 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
- 3) 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, pp.43-49, 1999
- 4) 陰山聡，上原均，川原新太郎：VR 可視化ソフト VFIVE の開発とその地球科学への応用，第 32 回可視化情報シンポジウム講演論文集，Vol.57, No.6, pp.319-320, 2004.