

# Visualization of Large-Scale Data by APRG, ESC

Project Representative

Akira Kageyama    The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Authors

Akira Kageyama <sup>\*1</sup>, Fumiaki Araki <sup>\*1</sup>, Shintaro Kawahara <sup>\*1</sup> and Nobuaki Ohno <sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We have developed interactive visualization software, VFIVE, for CAVE-type virtual reality system. VFIVE enables us to visualize intuitively three-dimensionally complex features of phenomena in the simulation data. In this fiscal year, four kinds of functions, animation, acceleration of polygon generation, interactive data extraction/amplification and parameter saver, have been added to VFIVE.

We have developed also a visualization program system, YYView, to realize semi-interactive visualization for large-scale data. YYView puts our parallel visualization program, MovieMaker, at the core of visualization and rendering processes, and makes fast a high-quality movie (sequential images) of visualization results for given simulation data. In this fiscal year, user interface programs and a data processing program have been newly developed for interactivity of YYView system. These programs enable us to determine several visualization parameters interactively on the windows, before making movie.

Movies of visualization results for three different kinds of simulation data are shown at the end of this report. Two of those are visualized by YYView/MovieMaker.

**Keywords:** Visualization, CAVE, Parallel rendering

## 1. Introduction

Advanced Perception Research Group of the Earth Simulator Center is performing research and development on advanced visualization of large scale simulation data. The results in this fiscal year can be summarized as: (1) Development of three-dimensional and interactive visualization software, VFIVE, for the CAVE-type virtual reality (VR) system; (2) Development of a parallel rendering software, YYView, for scientific visualization of large-scale and three-dimensional simulation results with time evolution.

## 2. Development of VR software, VFIVE

The development of an interactive visualization environment for three-dimensional simulation data is one of the most challenging tasks for visualization researchers. We believe that the modern virtual reality (VR) technology, especially the CAVE-type VR system, provides the best solution today.

The CAVE is a room-sized and cubic-shaped VR system developed at University of Illinois, Chicago. We installed a CAVE system "BRAVE" in 2003 (Fig. 1). Stereo images are projected onto its 3m × 3m screens of the walls and the floor. The viewer stands in the CAVE's room wearing a liquid crystal shutter glasses. Several retro-reflective markers are attached to the glasses so that the projected images are automatically adjusted to the viewer's position and direction in

real time. The stereo images for the four screens (3 walls + 1 floor) are generated by four DLP projectors. Since they are projected seamlessly on their borders, everything looks natural from the viewer inside the CAVE and feels a deep immersion in the VR world. The viewer can interact with the simulation data through a portable controller. Markers are also attached to the controller to detect its position and direction.

VFIVE is our original virtual reality visualization software for CAVE systems (See Fig. 2). VFIVE is a fully interactive visualization tool; we can control the isosurface level by the vertical motion of the controller in the CAVE room; we can release new tracer particles from the tip of the controller by pressing a button; and a spotlight is emitted by the controller and thousands of tracer particles are flying in the cone-shaped light. From the original version, VFIVE has basic visualization methods such as the isosurface and the stream line.

In this fiscal year, we added the following new functions and features into VFIVE:

- (1) Animation: We can show 3-D movies in the CAVE room.
- (2) Acceleration of polygon generation: We have speeded up the polygon generation in VFIVE by making use of the OpenMP parallel processing.
- (3) Interactive data extraction and amplification: We can pick and cut out a local region of the whole simulation domain in the CAVE room by hands. The extracted data

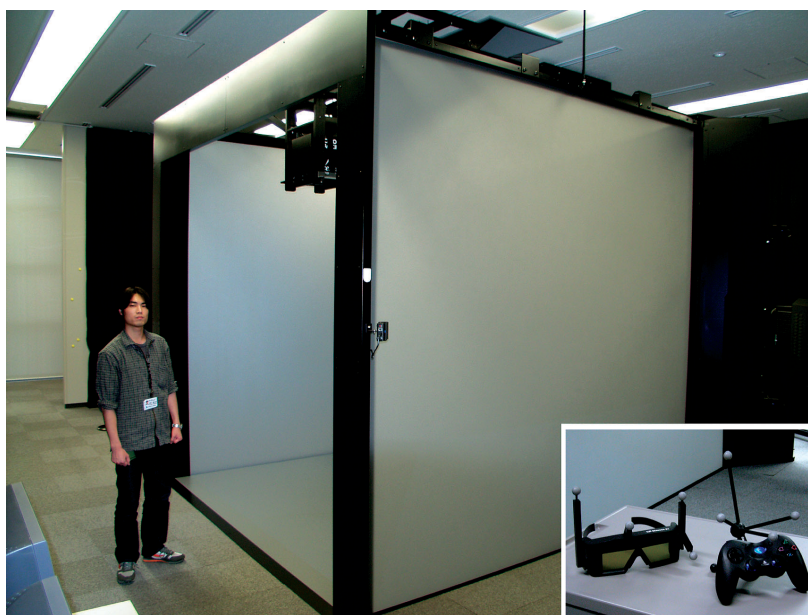


Fig. 1 CAVE-type Virtual Reality System "BRAVE".

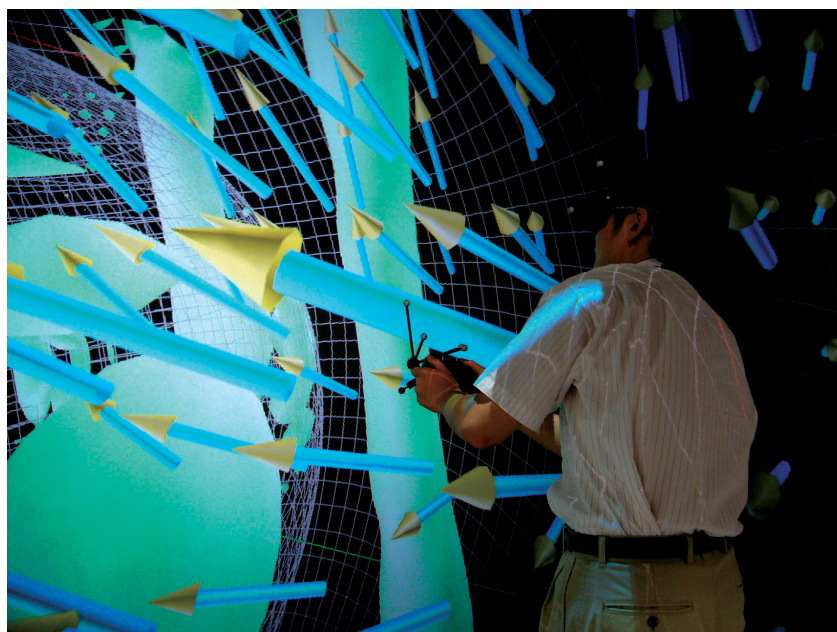


Fig. 2 A snapshot of VR visualization software VFIVE. One can interactively analyze vector field by moving the portable controller. The field arrows follow the controller's motion, with real time interpolation of the grid data.

region is automatically amplified to show the detailed structure of the data with higher resolution.

- (4) Parameter saver: In the CAVE room using VFIVE, one may specifies a lot of visualization parameters such as isosurface level and starting position of tracer particles. These parameters can be saved on the hard disk drive by specifying the save menu.

### 3. Development of YYView

We have developed a new visualization software named YYView. YYView is composed of multiple sub-programs

including a main rendering engine (MovieMaker), a user interface (YYview console), and an interactive previewer (PlayWright).

We have designed MovieMaker as a master/slave parallel rendering program for the shared-memory architecture. The master process and slave processes have the simulation data stored in the shared memory area. The master process performs the following tasks; (i) to read a configuration file, (ii) to read the simulation data into shared-memory area; and (iii) to control the slave processes keeping a good load balance. Slave processes perform rendering tasks following

commands sent from the master process and then return partial-images back to the master via shared memory. Interprocess communications are performed with Message Passing Interface (MPI). We have achieved the dynamic load balancing in MovieMaker by an active monitoring and dynamic control of the slave processes.

Figure 3 shows a snapshot of the user interface of YYView. The largest window seen in Fig. 3, with a colorful visualization image in the black background, denotes PlayWright. One can zoom/translate/rotate visualization objects by the mouse control through this window. The image shown in the PlayWright window is the result from reduced data that is automatically downsized by a converter program called DataFilter. The rendering command for the downsized data is automatically sent by YYView to a

remote parallel computer on which MovieMaker receives and executes the command. The user of YYView can specify the appearance of the visualization through another sub-program of YYView called ColorEditor. After he/she specifies visualization methods, camera position, colors, and other parameters through PlayWright and ColorEditor, YYview invokes a command to MovieMaker in the remote computer to generate a high quality image with the original (non-downsized) data.

#### 4. Movies

We conclude this report by showing snapshots of our movies produced this fiscal year.

Figure 4: Hurricane Katrina, visualized by YYView/MovieMaker. A volume rendering was performed in the spher-

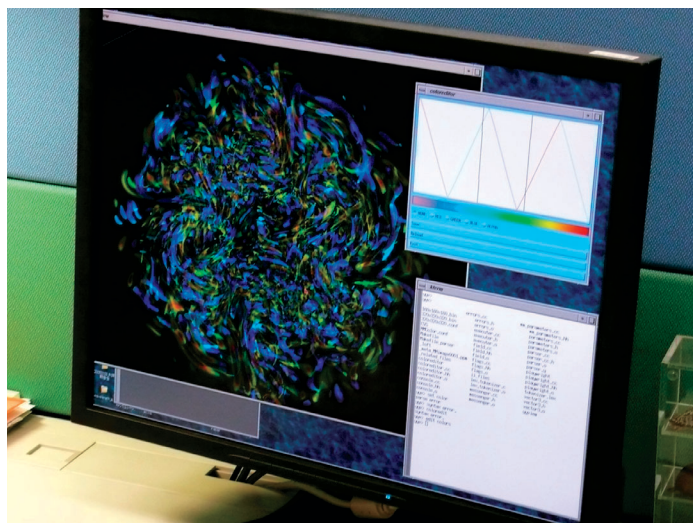


Fig. 3 A snapshot of our newly developed visualization software YYView, which is a parallel rendering software with interactive user interface with automatic data reduction.

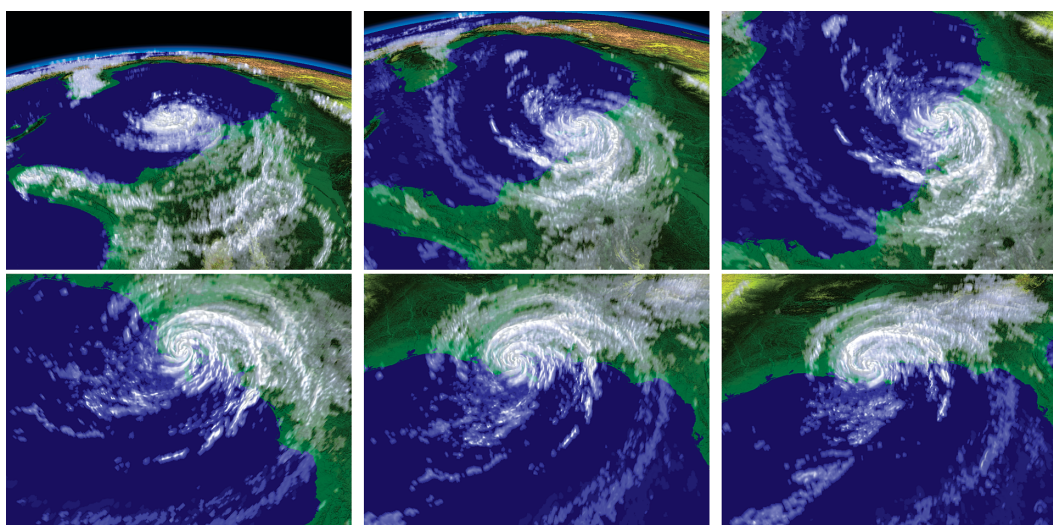


Fig. 4 Movie of hurricane Katrina visualized by YYView/MovieMaker in the spherical geometry. The simulation was performed by Multiscale Simulation Research Group, ESC.



ical geometry. The simulation was performed by Multiscale Simulation Research Group, The Earth Simulator Center.

Figure 5: Volcanic cloud. The simulation was performed by IFREE/JAMSTEC. This animation is also visualized by YYView/MovieMaker.

Figure 6: Cloud formation. The simulation was performed by Holistic Simulation Research Program, The Earth Simulator

Center. Each image of the animation is based on the pointillism, in which coordinates of all hypothetical particles (Super Droplets developed by Holistic Simulation Research Program) are plotted. Each particle represents an indefinitely large number of raindrops (indicated by rainbow colors with opacity) and cloud droplets (indicated by grayscale with opacity).

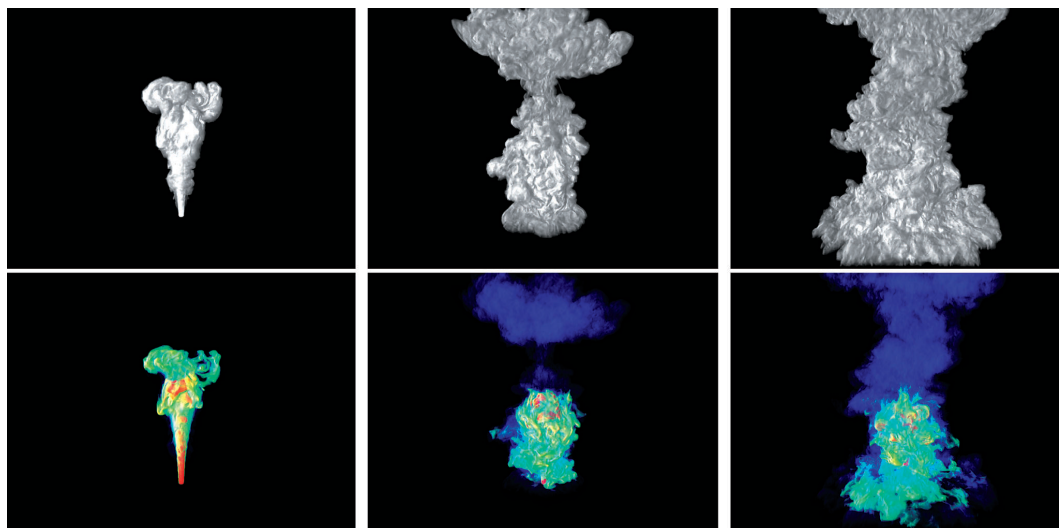


Fig. 5 Volcanic cloud visualized by YYView/MovieMaker. The simulation was performed by IFREE/JAMSTEC.

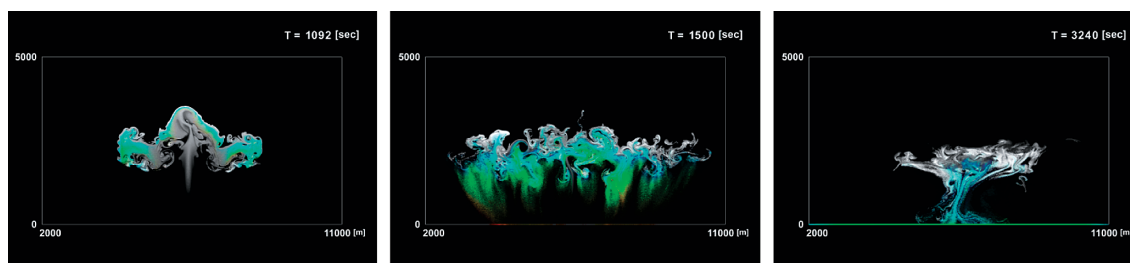


Fig. 6 Cloud formation and precipitation simulation performed by Holistic Simulation Research Program (HSRP) /ESC. Each image of the animation is based on the pointillism, in which coordinates of all hypothetical particles (Super Droplets developed by HSRP) are plotted. Each particle represents an indefinitely large number of raindrops (indicated by rainbow colors with opacity) and cloud droplets (indicated by grayscale with opacity).

# 高度計算表現法研究グループにおける可視化研究

プロジェクト責任者

陰山 聡 海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター

著者

陰山 聡<sup>\*1</sup>, 荒木 文明<sup>\*1</sup>, 川原慎太郎<sup>\*1</sup>, 大野 暢亮<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター

キーワード: 可視化, 並列レンダリング, 仮想現実技術, CAVE

地球シミュレータセンター、高度計算表現法研究グループでは、大規模シミュレーションの可視化に関する研究開発を行っている。今年度の主な成果は以下の3つである：(1)仮想現実 (Virtual Reality, VR) 装置用可視化ソフトウェアVFIVEの開発。(2)大規模データ用可視化ソフトウェアYYViewの開発。(3)その他、点描法などの新しい可視化手法の研究開発。

VFIVEはCAVE型VR装置を用いて3次元・対話的可視化処理を目的として我々が開発を続けているVR可視化ソフトウェアである。今年度VFIVEに関して以下の開発を行った。

- 時系列データの可視化：昨年度より引き続き、VFIVEでアニメーションを実行するための機能を追加、改良した。アニメーションを行う際のポリゴンデータの計算時間をOpenMPにより並列処理で短縮させた。また、一度作成した各時間ステップのポリゴンデータを一時的に保存しておき、アニメーションを繰り返し表示させるときの再描画を高速化した。
- 空間切り出し、高解像度データ抽出機能の開発：仮想空間の中に可視化されているデータ中の任意の領域を、ユーザがコントローラを使って直接切り出すことができる機能を付け加えた。そして切り出した領域は自動的に拡大される。このようにすることで、シミュレーションで定義されている広大な領域から特定の領域だけをすばやく指定して、その部分を詳細に解析することができるようになった。
- 可視化パラメータの保存機能：VFIVEを用いて解析をした後VFIVEを終了し、後日VFIVEを立ち上げて解析の続きを行いたいとき、これまでは可視化パラメータの設定を最初からやり直さなければならなかった。これは非効率である。解析の続きを行うためには、前回までに設定した可視化パラメータを再利用できることが望ましい。このためVFIVE上で一連の可視化、解析作業を進めた時点で可視化パラメータを保存できる機能を追加した。

一般に、可視化手法には大きく分けて(a)大規模なデータをバッチ処理によって並列可視化処理する手法、(b)比較的小規模なデータを対話的に扱う可視化手法、の二つがある。YYViewは両者の長所を融合することを目指した可

視化ソフトウェアである。YYViewの開発によって以下のような可視化スタイルが可能となった。

- (1) オリジナルのシミュレーションデータから解像度を落とした粗い(データサイズの小さい)プレビュー用データが自動的に作成され、そのデータを対話的に可視化し調節しながら、可視化パラメータを決定する。
  - (2) オリジナルのシミュレーションデータに対して(1)で定めた可視化パラメータを適用して、バッチ処理によって大規模並列可視化を実行し、可視化結果の高精細な(連番)画像を作成する。
  - (3) (2)の処理の後に高精細な(連番)画像を詳細に観察する。
- YYViewは複数のプログラムから構成される統合的可視化環境である。今年度開発したYYViewの要素プログラムを以下にまとめる。

- フィルタリングプログラム(Filter)の開発：YYViewシステムで対話的可視化を実現させるために、オリジナルのデータから解像度を落としたデータサイズの小さいデータを作成するプログラムである。YYViewコンソール上でユーザが指定した解像度に従いプレビュー用データが補間処理により作成される。現在のFilterプログラムでは等間隔および不等間隔の直交格子型データの取り扱いが可能であり、データ解像度だけでなく指定された時刻範囲のデータの切り出しも可能である。
- 連番画像閲覧プログラム(MoviePlayer)の開発：連番画像を閲覧するためには、動画表示系のソフトウェアが必要である。一般的な動画表示系ソフトウェアではスムーズなストリーミングに耐えられるようMPEGなどの画像圧縮をかけることが多いが、可視化結果を詳細に観察するためには、画像の大きさ(幅、高さのピクセル数)は変更せず、圧縮もかけない方がよい。そのため、出力した画像解像度のまま閲覧するためのプログラムを開発した。
- 配色設定機能(ColorEditor)の追加：可視化の際の配色設定を容易にするため、カラー設定用GUI機能を追加した。
- 各プログラムとユーザインターフェース(YYViewコンソール)との連携：MovieMaker, Filter, MoviePlayer, ColorEditorの各プログラムを、YYViewコンソールから呼び出してデータを受け渡し実行できるよう改良し、呼び出し用の独自シェルコマンドを追加した。これにより、各プログラムは、単体のツールとしてだけでなく、全

体で一つのプログラムシステムとして連携して動作できるようにになっている。

- 地形等背景データ作成ツール (TopoMaker) の開発：  
MovieMakerでは奥行情報を用いることにより、シミュレーションデータと他のオブジェクトとの合成が可能である。そこで、標高データ、都市測量データから、

MovieMakerでシミュレーションデータとの合成が可能な奥行情報を作成するツールを作成した。現時点でこの機能はYYViewシステムには取り込まれていない外部ツールであるが、都市景観などの可視化画像とシミュレーションデータの可視化結果を簡単に合成することができるようになった。