

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12434

研究課題名(和文)4次元ストリートビューによるHPCデータの対話的可視化

研究課題名(英文)Interactive visualization of HPC data by 4-D street view

研究代表者

陰山 聡 (Akira, Kageyama)

神戸大学・システム情報学研究科・教授

研究者番号：20260052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：ポストプロセス可視化はシミュレーション規模が大きくなると不可能となる。一方、スーパーコンピュータ上でシミュレーションと同時に可視化も行うin-situ可視化は視点の移動などの対話的な解析ができないという点が致命的である。本研究により、対話的なin-situ可視化を実現する新しい可視化手法「4次元ストリートビュー」を確立することができた。シミュレーション領域に散布させた多数の視点から全方位可視化動画像を生成し、それを入力として4次元の画像空間中を自由に移動してデータを対話的に解析するのが4次元ストリートビューである。この手法を実際の磁気流体力学シミュレーションに適用し、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：To realize an interactive in-situ visualization for HPC, we have developed a new method, "4-dimensional street view". The following tools and methods are developed. (1) In-situ and omnidirectional visualization library. This library uses an open-source visualization framework, KVS, for its basic renderer. (2) An MPMD (Multiple-Program Multiple Data) framework to perform simulation and visualization at once on the same supercomputer system. (3) "Movie database browser" by which we can interactively extract a sequence of still images from a four-dimensional space of visualized images.

The 4-D street view method developed in this study is successfully applied to a magnetohydrodynamics simulation. We can view simulation data from various points inside and outside the simulation region and can interactively change the viewpoint and direction.

研究分野：計算科学

キーワード：データ可視化 大規模シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

スーパーコンピュータの進歩に伴い、シミュレーションの規模と複雑さが爆発的に増大している。計算結果として生産される数値データを手元に転送し、加工する時間の方が、計算時間そのものよりも長いことも珍しいことではない。数値データを出力し、それを可視化するという現在のポストプロセス方式の可視化は限界にきているといえる。

そこで、シミュレーション計算と同時に、スーパーコンピュータ上で可視化も行う「その場」(in-situ)可視化がHPCコミュニティで近年再び注目を集め始めている。しかし、in-situ可視化では、あらかじめ指定した視点から見た可視化画像が得られるだけであり、画面の中の可視化物体を見ながら視点位置や方向を自由に変更したり、可視化手法を切り換えたりすることができない。つまり、in-situ可視化手法では(可視化解析において本質的に重要な)対話的操作性が失われてしまう。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ポストプロセス可視化と同様な対話性を備えた新しいin-situ可視化手法「4次元ストリートビュー」を提案し、その実現可能性と有効性を実証することである。

Google社のWebアプリ「ストリートビュー」では、あらかじめ撮影された多数の全方位カメラ画像をデータベース化し、Webブラウザを通じて即座に画像を引き出すことで対話的な画像体験を可能にしている。4次元ストリートビューは、全方位カ

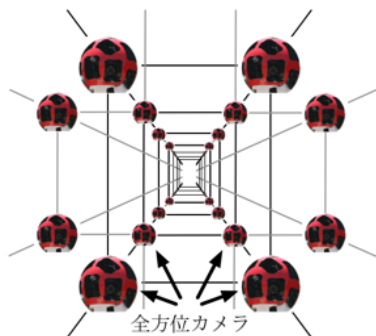


図1: 散布された可視化用カメラ

メラ(=可視化視点)を計算領域全体に散布し、シミュレーションの時間発展を追跡しながら、4次元(空間3次元+時間1次元)の付加情報をもった画像データ(動画ファイル群)を作成する(図1)。こうして得られた多数の動画ファイル群を対話的に解析するのが4次元ストリートビューであ

る。

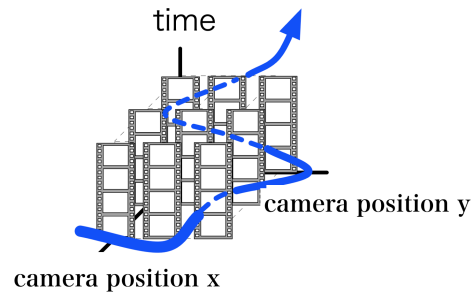


図2: 動画データブラウザの概念図

3. 研究の方法

シミュレーション領域全体に多数の可視化用カメラを仮想的に散布させ、全てのカメラから全方位(4πステラジアン)の可視化を行う。その結果、多数の可視化動画がシミュレーション終了後に生産される。

これら多数の動画ファイル群をスパコンからPCに転送し、本研究で開発する専用の動画ブラウザ「動画空間ブラウザ」を通じてユーザはその動画ファイル群を対話的に解析する。表示する静止画像データを瞬時に切り替えることで、可視化物体を実効的に回転させたり、視点を移動(ウォークスルー)させるなど、通常の可視化ソフトと同等な対話的処理が可能となる(図2)。

4. 研究成果

4次元ストリートビューという新しい可視化手法を実現することだけでなく、実際にスーパーコンピュータで走らせた磁気流体の計算機シミュレーションにこの手法を適用することで、この可視化手法の有効性を確認した。

この実現のために克服した技術的課題とその解決方法、そしてその成果について以下にまとめる。

(1) 全方位・同時可視化手法の確立: シミュレーション領域の内部と外部に散布させた仮想的な可視化用カメラ視点から、全方位で可視化画像を連続的に生成する手法を開発し、ライブラリとして実装した。可視化のための基本ソフトにはオープンソースの可視化クラスライブラリKVSを利用した。全方位可視化はユーザが任意の方向の見るができるようにするために必須の機能である。全方位画像を生成する方法としていくつか試したが、最終的には、ある視点から6方向(立方体の中心に置かれた視点から6つの面を見る)に撮影する古典的な全方位可視化に落ち着いた。一回の撮影で

生成される 6 枚の画像を 1 つのファイルにまとめる。シミュレーションの時間発展と共に多数の全方位画像ファイルが生成される。最後にそれを一枚の全方位動画ファイルにする。したがって設定したカメラの数だけ全方位動画ファイルが出力される。

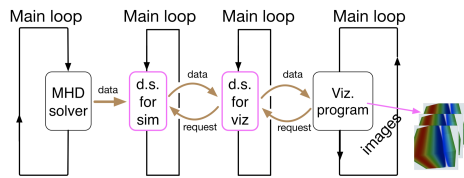


図 3: MPMD 方式の同時可視化手法

(2)シミュレーションと可視化を分離する MPMD 計算手法の確立: 上述の可視化プログラムをシミュレーションプログラムに組み込むにあたり、シミュレーションの実行速度に極力影響を与えないまま可視化を行うことは 4 次元ストリートビュー手法が実際のシミュレーション研究で真に役立つツールとして使われるために必須の条件である。これを実現するために本研究では、MPMD (Multiple-Program Multiple-Data) 方式の並列計算手法を採用した (図 3)。これはシミュレーションと同数、あるいはそれ以上の計算ノード数を (並列化された) 可視化プログラムに割り当て、両者をほぼ独立した MPI プログラムとして同時に実行させるものである。実際の実装方法は以下の通りである。シミュレーションと可視化の二つのプログラム (どちらも MPI で並列化されている) の間に半透膜をモデル化した層を置く。この半透膜は、シミュレーションプログラムから送られてきた可視化すべきシミュレーションデータを受け取る役目と、それを可視化プログラムに可視化プログラムからの要求に応じて渡すという二つの役割を果たす。概念上も実装上もシミュレーションプログラムと可視化プログラムとは直接繋がっていないので互いの干渉を避けることができる。例えばある可視化画像を生成するのに可視化プログラムが長い時間かかっている場合でも、シミュレーションプログラムはそれに影響されず (そもそもそのような状況であることに気づきもしないで) シミュレーションを進行させることが可能となった。

(3)動画データブラウザの開発:シミュレーション実行後に生成される多数の全方位可視化動画ファイル群を入力とする「動画データブラウザ」を開発した (図 4)。全方位可視化動画ファイル群は、空間 3 次元 (視点座標) と時間 1 次元の合計 4 次元の空間に置かれた全方位 (静止) 画像の「場」とみなすことができる。動画データブラウザは、この 4 次元空間中をユーザの指示に応じて自由に移動し、その軌跡に位置する静

止画像を次々に抽出し、PC の画面に表示するソフトである。この開発を成功させる鍵は別々の全方位動画ファイルから、ユーザの指定する時系列に対応して瞬時に静止画像列を抽出し、画面に表示させる技術であった。この部分は OpenCV ライブラリを使うことで解決した。また当初は全ての動画ファイルを PC のメモリに入れて解析していたが、動画ファイルの数が多くなると当然ながらメモリに入りきらなくなるといった問題が生じたため、必要となりそうな動画ファイルだけをあらかじめハードディスクからメモリに移動させておくというプリフェッチ機能を実装することでこの問題を解決した。

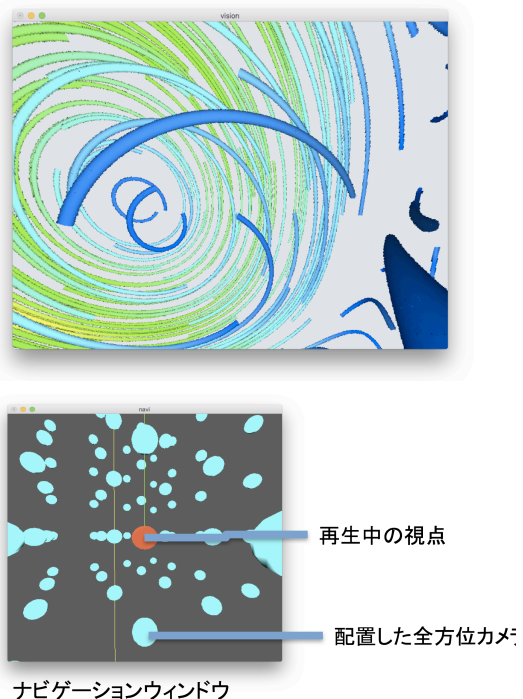


図 4: 動画データブラウザ

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① Hiroshi Hayashi and Akira Kageyama, Yin-Yang-Zhong grid: An overset grid system for a sphere, *J. Comput. Phys.*, 査読有, 305, 2016, 895-905, doi:10.1016/j.jcp.2015.11.016
- ② Akira Kageyama, A visualization method of four-dimensional polytopes by oval display of parallel hyperplane slices, 査読有, *Journal of Visualization*, 19, 2016, 417-422,

- doi:10.1007/s12650-015-0319-5
- ③ Akira Kageyama, Keyboard-based control of four-dimensional rotations, 査読有, Journal of Visualization, 19, 2016, 319-326, doi:10.1007/s12650-015-0313-y
- ④ H. Ohtani, M. Shoji, N. Ohno, Y. Suzuki, S. Ishiguro, A. Kageyama, and Y. Tamura, Visualization of Dust Particle Data with Plasma Simulation Results Using Virtual-Reality System, 査読有, Contributions to Plasma Physics, 56, 2016, 692-697, doi:10.1002/ctpp.201610054
- ⑤ Kohei Yamamoto and Akira Kageyama, MHD Relaxation with Flow in a Sphere, Procedia Computer Science, 査読有, 80, 2016, 1374-1381, doi:10.1016/j.procs.2016.05.437
- ⑥ Akira Kageyama and Asako Tomiyama, isualization framework for CAVE virtual reality systems, International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing, 査読有, 7, 2016, 1643001, doi:10.1142/S1793962316430017
- ⑦ Pierre J. Jarsaillon, Naohisa Sakamoto, Akira Kageyama, Flexible visualization framework for head-mounted display with gesture interaction interface, International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing, 査読有, 2017, doi:10.1142/S1793962318400020
- ⑧ 川原 慎太郎, 陰山 聡, HMD 型 VR 装置を用いたインタラクティブ可視化, 査読無, 可視化情報, 37, 2017, 14-19

[学会発表] (計 9 件)

- ① A. Kageyama, Magnetohydrodynamics Simulation in a Sphere by Yin-Yang-Zhong Grid, The 6th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (国際学会), July 31, 2016, Lisbon, Portugal
- ② Akira Kageyama, MHD Relaxation with Flow in a Sphere, International Conference on Computational Science (国際学会), June 6, 2016, San Diego, CA, USA
- ③ Akira Kageyama, MHD Dynamo in a Sphere, 10th West Lake International Symposium (WLIS) on

Magnetic Fusion and 12th Asia Pacific Plasma Theory Conference (APPTC) [WLIS-APPTC 2016](招待講演)(国際学会), May 10, 2016, Hangzhou, China

- ④ 陰山 聡, 薄い対流層の MHD ダイナモ, JpGU(日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月 23 日, 幕張, 千葉県
- ⑤ 陰山 聡, 薄い球殻内の熱対流と MHD ダイナモ, JpGU(日本地球惑星科学連合 2017 年大会), 2017 年 5 月, 幕張, 千葉県
- ⑥ 陰山 聡, MHD シミュレーションの 4 次元ストリートビュー, プラズマシミュレータシンポジウム, 2017 年, 核融合研, 土岐市
- ⑦ Akira Kageyama, Development of a new MHD simulation code with asynchronous parallel visualization, プラズマコンファレンス 2017, 2017 年, 姫路
- ⑧ Akira Kageyama, A simple preprocessor for Fortran 2003 simulation programs, プラズマコンファレンス 2017, 2017 年, 姫路
- ⑨ 陰山 聡, 球内部の MHD 緩和, NIFS 研究会 MHD シミュレーションのための先進的数値計算法, 2017 年, 核融合研, 土岐市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

陰山 聡 (KAGEYAMA, Akira)
神戸大学・大学院システム情報学研究科・教授
研究者番号 : 20260052

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :

(4) 研究協力者

()