

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00169

研究課題名（和文）大規模データ向け粒子ベースデータ探索環境の開発

研究課題名（英文）Development of particle-based data exploration environment for large-scale dataset

研究代表者

坂本 尚久（Sakamoto, Naohisa）

神戸大学・システム情報学研究科・准教授

研究者番号：20402745

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、スパコン上で計算される大規模数値シミュレーションデータを手元の可視化用端末に移動させることなく、Webブラウザを通して手軽に探索的な可視化ができるデータ分析環境を開発した。本開発では、研究代表者が開発した粒子レンダリング法を拡張し、スパコン上で効率的な並列処理を実現する手法を開発した。さらに、可視化処理手順を記述するために必要な可視化パイプラインの半自動構築手法を開発し、Webブラウザ経由でそれらの操作を実現することで、大規模データ向けの探索的なデータ分析環境の構築を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発された大規模数値データ向けの並列粒子レンダリング法により、これまではリソースの不足により可視化できなかったようなスパコン級の大規模データも詳細に可視化できるようになり、新しい知見獲得に大きな貢献が期待できる。また、Webブラウザと介した探索的なデータ探索基盤としてシステムを構築することによって、デスクトップ環境からスパコン環境まで統合的にサポートする統合的な可視化基盤環境を実現した。本開発によって可視化にかかるコストが大幅に低減されることでよりデータ解析に集中することができ、その結果、大規模数値シミュレーション結果を根拠とした科学的課題解決にかかる時間の短縮への貢献が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed a particle-based data exploration environment that allows exploratory visualization of large-scale numerical simulation data computed on a supercomputer through a Web browser without transferring the volume dataset to a visualization terminal at the local side. In this development, we have extended the particle rendering method developed by the principal investigator to realize efficient parallel processing on a supercomputer. In addition, we developed a semi-automatic construction method for visualization pipelines required to describe visualization processing procedures, and realized the construction of an exploratory data analysis environment for large-scale data by operating them via a web browser.

研究分野：大規模データ可視化

キーワード：大規模可視化 並列可視化 In-situ可視化 データ探索 数値シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

数値シミュレーションによって再現される自然現象から新たな知識や洞察を得るためには、データの示唆する情報を多面的に理解するための探索的なデータ可視化・分析技術が必要不可欠である。しかし、今後も飛躍的な演算性能の向上が見込まれるスーパーコンピュータ(スパコン)環境において、さらなる大規模・複雑化が予想される数値シミュレーション結果(ポリウムデータ)を想定した場合、従来のような計算終了後に行う post-hoc 可視化処理では、可視化端末へのデータ移動にかかるコストが著しく増大し、実質的に可視化処理が極めて困難な状況が発生する。この問題は、現在のスパコン環境においても既に発生しており、新たな知見獲得の大きな障壁となっており、喫緊に解決しなくてはならない重要な問題と位置付けられている。

我々は、大規模・複雑ポリウムデータを対象にした可視化技術において、これまで可視化研究者たちを悩ませていた格子の順序付け計算を一切排除できる新しいポリウムレンダリング法を提案し、京コンピュータ上で大規模可視化基盤システムに活用されるなど、大規模データ向け基盤技術として実績をあげてきた。また、タイル型表示装置向け並列可視化や複数ポリウムデータの同時可視化、さらにポリウムデータだけでなく、半透明属性を持つ幾何データ向けにも拡張することで高機能化を図り、汎用可視化ソフトウェア AVS の可視化基盤エンジンに採用されるなど、統合的な基盤技術として発展させてきた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、スパコン上で計算される大規模データを手元の可視化用端末に移動させることなく、Web ブラウザを通して手軽に探索的な可視化が行えるデータ分析環境を構築することである。本研究では、我々が開発し大規模データ向けの可視化基盤技術として注目されている粒子ベースレンダリング技術を利用する。

粒子ベースレンダリングでは、利用者が指定する伝達関数から求めることができる不透明度を基にして、データをオブジェクト空間または画像平面内で不透明粒子に変換し描画する。この時、不透明な粒子を描画するため順序付け計算は不要である。ただし、不透明粒子への変換時に参照する不透明度を描画確率とみなして処理を行なうため、最終画像は、複数回の描画結果のアンサンブル平均値として生成される。この技術を発展させ、以下のような技術基盤を開発する。

### (1) 粒子ベースレンダリング向け In-situ アンサンブル処理技術

本課題では、CPU での描画処理(ラスタライズ処理)を実現するソフトウェア基盤を活用した分散レンダリング技術に関する研究開発を進め、粒子レンダリング処理において要求されるソフトウェアアンサンブル処理技術を開発する。

### (2) 大規模粒子ベースレンダリング向け適応的粒子径調整技術

本課題では、従来の粒子ベースレンダリングで、ポリウム空間内に空間重点率に従い様に生成される初期粒子データに対して、利用者が指定する興味領域情報をもとに、適応的に粒子径を調整するための技術を開発する。本研究では、初期粒子径によって定義される空間重点率と画質との関係を明らかにし、指定される興味領域がどの程度確保されるかを確認する。

### (3) 大規模データ向け粒子ベースデータ探索基盤

本課題では、(1)と(2)で開発される大規模粒子ベースレンダリング技術を統合し、可視化手法をモジュールとして扱い、それらに対話的に選択することで、可視化処理手順(可視化パイプライン)を探索的に編集できる環境を Web ブラウザ上に構築する。

## 3. 研究の方法

本研究では、2 であげた目的を達成するために以下の3つの研究開発項目に取り組んだ。

### (1) 粒子ベースレンダリング向けソフトウェアアンサンブル処理技術の開発

本項目では、GPU (Graphics Processing Unit)を搭載していないスパコン上での粒子ベースレンダリングを実施するために必要となる、ソフトウェアラスタライズ基盤を構築し、並列環境下でアンサンブル平均処理を行うための基盤技術を開発する。そして、並列環境下におけるプロセス数の増加と、アンサンブル数の増加により、描画時間がどのように変化するかを確認する。

### (2) 大規模粒子ベースレンダリング向け適応的粒子径調整技術の開発

本項目では、並列環境下で効率良くアンサンブル平均処理を実施するための基盤技術を開発し、粒子径調整技術を拡張することによって対話的な可視化パラメータの変更を可能とする適応的粒子径調整技術を開発し、粒子数と画質による関係を確認する。

### (3) 大規模データ向け粒子ベースデータ分析基盤の構築

本項目では、(1)および(2)において開発された大規模粒子ベースレンダリング技術のモジュ

ール化を行い、対話的な可視化処理手順(可視化パイプライン)編集が可能なデータ探索環境を構築する。可視化パイプラインの編集においては、その操作ログを保存しておき、モジュールの接続パターンから構成モジュールの予測が可能かどうかを検討し、その知見をもとに可視化パイプラインの半自動編集機能を実装する。そして、実際の数値シミュレーション結果に本システムを適用することによって有効性を検証する。

#### 4. 研究成果

本研究における成果を以下にまとめる。

##### (1) SPARC CPU 向けソフトウェアレンダリング基盤環境の構築

本研究では、GPU 環境を前提とした可視化ソフトウェアを、GPU が搭載されていない並列環境下で実行するためのソフトウェアレンダリング基盤を構築した。本基盤の構築には、OpenGL との互換があり CPU 上で効率よくラスタライズ処理を実施することができる Mesa3D (OSMesa) を活用した。しかし、京コンピュータなどの SPARC64fx CPU を採用するスーパーコンピュータ環境では、GPU 高速化機能のソフトウェア処理(シェーダコードの実行時コンパイル)が実行できない問題があった。この問題に対して、CPU に特化した独自の最適化機能を LLVM コンパイラに組み込むことにより、高速なソフトウェアレンダリング機能を実装した。本成果によって、これまで GPU 高速化機能が利用できなかった SPARC CPU 環境において高速なレンダリングを実現するための基盤環境を構築することができた。

##### (2) 画像重畳技術を拡張した並列アンサンブル平均処理技術の開発

本研究では、粒子レンダリング(PBR)において必要とされるアンサンブル平均処理の並列化手法を開発した(図1)。PBR では、順序付け計算が不要なため、各プロセスが担当する部分データを、他の部分データを参照することなく単独で可視化処理を実施することが可能である。本手法では、描画を行うための描画フレームバッファと、平均処理を行うための重み付き加算フレームバッファからなるアンサンブルフレームバッファ機構を実装した。そして、ノード数の制約を受けない画像重畳手法を応用した分散処理技術を開発し、アンサンブル毎に画像化を行うことで、中間データを格納することなく平均化処理が可能となり、大幅なメモリコスト削減を達成した。また、本技術を使って並列環境下での性能評価実験を行った結果、アンサンブル平均数と画像転送コストの関係が明らかとなった。

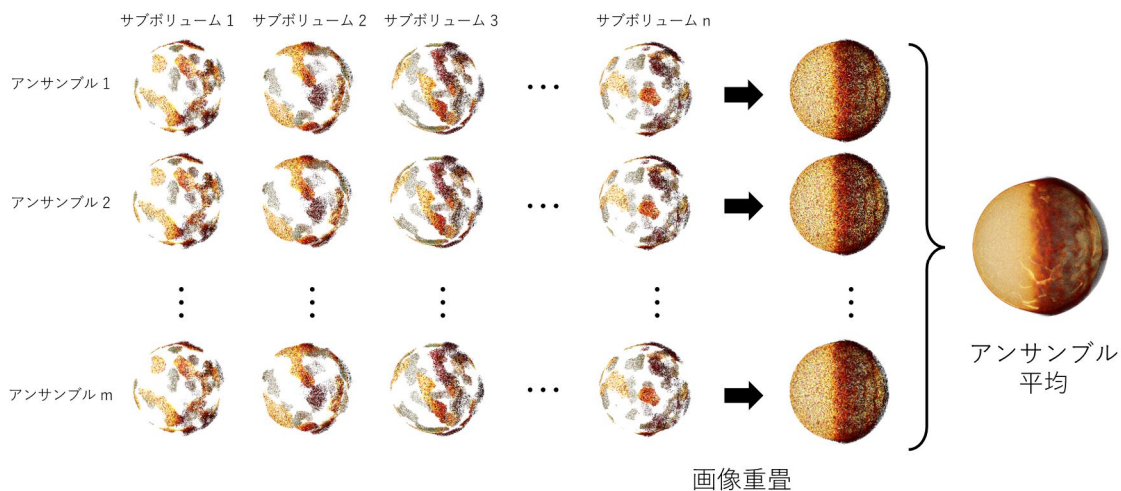


図1: 画像重畳技術を利用した並列アンサンブル平均処理

##### (3) 粒子レンダリング向け適応的粒子径調整技術の開発

従来の粒子レンダリングでは、利用者が伝達関数を通じて指定する不透明度関数に応じて粒子生成処理を行なっていたために、伝達関数を変更されるたびに粒子生成処理が要求され、対話的なデータ探索を妨げる原因となっていた。また、スパコン上での並列化処理を想定した場合も、粒子生成のたびにデータ転送処理が要求されてしまい、高速化のボトルネックとなっていた。本研究では、この問題を解決するために、並列粒子レンダリング向けの適応的粒子径調整技術を開発した(図2)。本手法では、粒子をあらかじめボリュームデータ内部に一定の粒子密度で一様に生成する。このとき、格子単位での並列化を行う。そして、生成した粒子径を変化させた時の不透明度の変化の関係から粒子拡大率を計算することができる。つまり、利用者が指定する不透明度関数に応じて、描画処理段階で粒子拡大率を考慮することで、粒子の再生成を行うことなく対話的なレンダリングが可能となった。実験では、従来法との比較において、伝達関数変更時の再描画にかかる時間と画質を評価し、画質を落とすことなく大幅な時間短縮と並列化による速度向上を確認した。本手法によって、粒子レンダリングにおいて最大の処理時間を要する粒子生成処理をスパコン上で行い、軽量化されたデータを GPU 高速化機能が利用できる端末に転送して可視化することで対話的なデータ探索が可能となり、大規模データ向けの対話的 In-situ 可

視化を実現するための一つの突破口を開くことができた。

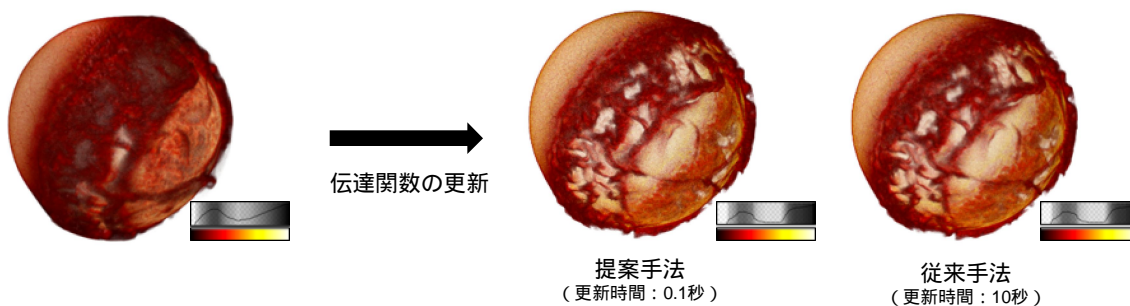
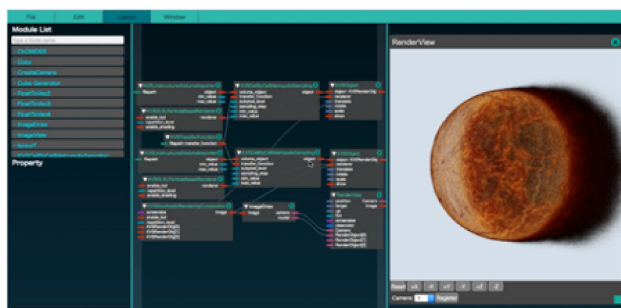


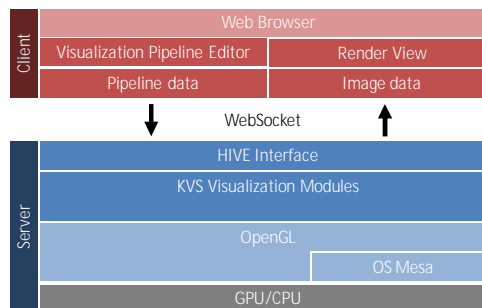
図 2: 粒子レンダリング向け適応的粒子径調整

#### (4) Web ベース統合ボリューム可視化基盤の開発

本研究では、スパコン環境上で計算される大規模数値シミュレーションデータを手元の可視化用端末に転送することなく、Web ブラウザを介して対話的な可視化処理手順（可視化パイプライン）編集および可視化結果画像の表示が可能なデータ探索環境を開発した。本システムは、サーバクライアント方式の可視化基盤 HIVE 上に構築され、研究代表者が開発する汎用可視化ソフトウェア KVS (Kyoto Visualization System) の各可視化機能をモジュールとして利用することができる。モジュールとして提供される機能を、本システム上で、直感的操作でつなぎ合わせることで（ビジュアルプログラミング）可視化処理手順を手軽に視覚的構築することができる。さらに、本課題で開発した粒子ベースレンダリングを分散環境向けに拡張し、HIVE 上で GUI (Graphical User Interface) 操作による対話的な編集を可能にした。本成果によって、これまで可視化を断念していたような大規模シミュレーションデータに対して、Web ブラウザを介して、モジュール接続を対話的に変更しながら可視化手順自体を試行錯誤（可視化プロセスマイニング）することができ、手軽にデータ探索が行えるようになった。Web ブラウザ上に構築された可視化システムはいくつか存在するが、スパコン規模のデータを対象として、かつ、可視化プロセスマイニングができる汎用的な可視化基盤システムはこれまでになく、本システムが世界に先駆けて提案する特徴的なシステムとなった。



Webブラウザ上に表示された可視化基盤システム



システムの構成

図 3: Web ベース統合ボリューム可視化基盤

#### (5) 深層学習技術を使った可視化パイプライン推定技術の開発

本課題において開発した統合ボリューム可視化基盤によって、粒子ベースレンダリングによる大規模データ可視化機能に加え、様々な可視化手法を組み合わせ、Web ブラウザを介して対話的なデータ探索環境を構築した。しかし、一部の利用者にとっては、視覚的なモジュール接続操作によって手軽に可視化手順が記述できるものの、モジュール選択やその接続自体の複雑さが問題となっていた。本研究では、この問題を解消するために、深層学習技術を活用し、過去に作成した可視化画像をもとに、その画像を作成した可視化パイプラインを推定する手法を開発した。本手法では、可視化パイプラインが既知の画像を畳み込むニューラルネットワークを用いた転移学習による再訓練モデルを作成し、それをを用いて可視化パイプライン推定を行う。実験では、約 1,600 枚の可視化画像を使って学習を行い、別に用意した 80 枚の可視化画像に対して本手法を適用した結果、可視化手法ごとに若干の精度のばらつきはあるがいずれの手法も 80%以上の正答率を得ることができた。また、本手法を Web ブラウザ上で可視化パイプラインの対話操作が可能な可視化基盤 HIVE に適用することで提案手法の有効性を確認した。本手法は、画像から可視化パイプラインを推定することで利用者の手間を大幅に減らすことが期待できるが、可視化パラメータやカメラ位置などは利用者が指定する必要がある。今後、これらのパラメータにおいても深層学習技術を用いて推定する手法を開発することで、大規模データに対してより手軽によりスマートにデータ可視化ができるようになり、次世代の視覚的データ分析環境として大きな可能性を示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yamaoka Yoshiaki, Hayashi Kengo, Sakamoto Naohisa, Nonaka Jorji	4. 巻 6
2. 論文標題 A Memory Efficient Image Composition-based Parallel Particle Based Volume Rendering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.15748/jasse.6.1">https://doi.org/10.15748/jasse.6.1</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kun Zhao, Sakamoto Naohisa, Koji Koyamada, Satoshi Tanaka, Kohei Murotani, Seiichi Koshizuka	4. 巻 Vol.24, No.2
2. 論文標題 Interactive Visualization of Large-Scale 3D Scattered Data from a Tsunami Simulation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice (IJETAP)	6. 最初と最後の頁 207-219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uemori Kaoru, Sakamoto Naohisa, Ohno Nobuaki, Kageyama Akira	4. 巻 7
2. 論文標題 YYZVis: An Efficient Visualization Toolkit for Yin-Yang-Zhong Grid Dataset	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 15~33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.15748/jasse.7.15">https://doi.org/10.15748/jasse.7.15</a>	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 18件）

1. 発表者名 山岡 義昭, 林 賢悟, 坂本 尚久, 野中 丈士, 吉永 司, 野崎 一徳
2. 発表標題 大規模数値計算結果の時空間分布変化を考慮した適応的In-Situ可視化
3. 学会等名 日本機械学会 第97期 流体工学部門 講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山岡 義昭, 林 賢悟, 坂本 尚久, 野中 丈士, 吉永 司, 野崎 一徳
2. 発表標題 In-situ可視化向け適応的時間サンプリング法
3. 学会等名 日本流体力学会 第33回数値流体力学シンポジウム (CFD33)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山岡 義昭, 林 賢悟, 坂本 尚久, 野中 丈士, 吉永 司, 野崎 一徳
2. 発表標題 大規模数値計算結果の時空間分布変化を考慮した適応的In-Situ可視化
3. 学会等名 日本機械学会 第97期 流体工学部門 講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山岡 義昭, 林 賢悟, 坂本 尚久, 野中 丈士, 吉永 司, 野崎 一徳
2. 発表標題 In-situ可視化向け適応的時間サンプリング法
3. 学会等名 日本流体力学会 第33回数値流体力学シンポジウム (CFD33)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本 尚久
2. 発表標題 スーパーコンピュータ向け科学的可視化
3. 学会等名 第10回横幹連合コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kaoru Uemori, Naohisa Sakamoto, Nobuaki Ohno, Akira Kageyama
2. 発表標題 An Interactive Visualization Toolkit for Yin-Yang-Zhong Grid Dataset
3. 学会等名 The 38th JSST Annual International Conference on Simulation Technology (JSST2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiaki Yamaoka, Kengo Hayashi, Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka
2. 発表標題 In-Situ Adaptive Timestep Control and Visualization based on the Spatio-Temporal Variations of the Simulation Results
3. 学会等名 In Situ Infrastructures for Enabling Extreme-scale Analysis and Visualization (ISAV2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiaki Yamaoka, Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka
2. 発表標題 Adaptive Spatial and Temporal Sampling for In-situ Visualization
3. 学会等名 The 2nd R-CCS International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka, Yasumitsu Maejima, Koji Koyamada
2. 発表標題 Visual Causal Exploration with Transfer Entropy Applied to a Severe Rainfall Event
3. 学会等名 IEEE Pacific Visualization 2019 (Poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yasuyuki Fujita, Naohisa Sakamoto, Koji Koyamada
2 . 発表標題 Ambient Occlusion for Semi-transparent Streamlines with Stochastic Rendering Technique
3 . 学会等名 The 15th Asia Symposium on Visualization (ASV15) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kengo Hayashi, Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka, Motohiko Matsuda and Fumiyoshi Shoji
2 . 発表標題 An In-Situ Visualization Approach for the K computer using Mesa 3D and KVS
3 . 学会等名 International Conference on High Performance Computing (ISC Workshop on In Situ Visualization 2018) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yoshiaki Yamaoka, Kengo Hayashi, Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka
2 . 発表標題 Particle Based Volume Rendering using 234 Image Composition
3 . 学会等名 The 37th JSST Annual International Conference on Simulation Technology (JSST2018) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yoshiaki Yamaoka, Kengo Hayashi, Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka
2 . 発表標題 A Memory Efficient Parallel Particle-based Volume Rendering for Large-scale Distributed Unstructured Volume Datasets in HPC Environments
3 . 学会等名 The 18th Asia Simulation Conference (AsiaSim2018) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年



1. 発表者名 Jorji Nonaka, Kenji Ono, Naohisa Sakamoto, Kengo Hayashi, Motohiko Matsuda, Fumiyoshi Shoji, Kentaro Oku, Masahiro Fujita, Kazuma Hatta
2. 発表標題 A Large Data Visualization Framework for SPARC64 fx HPC Systems - Case Study: K Computer Operational Environment
3. 学会等名 The 8th IEEE Symposium on Large Data Analysis and Visualization (Poster) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jorji Nonaka, Kenji Ono, Naohisa Sakamoto, Kengo Hayashi, Tomohiro Kawanabe, Fumiyoshi Shoji, Masahiro Fujita, Kentaro Oku, Kazuma Hatta
2. 発表標題 HIVE: A Cross-Platform, Modular Visualization Ecosystem for Heterogeneous Computational Environments
3. 学会等名 The 2018 Conference on Supercomputing (SC18), Research Poster (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naohisa Sakamoto
2. 発表標題 Visual Data Exploration for Large-scale Numerical Simulations on HPC Environments
3. 学会等名 The 27th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山岡 義明, 林 賢悟, 坂本 尚久, 野中 丈士
2. 発表標題 234画像重畳技術を使った並列粒子レンダリング
3. 学会等名 第46回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林 賢悟, 清水 天志, 坂本 尚久, 野中 丈士, 前島 康光, 小山田 耕二
2. 発表標題 大規模数値計算向け視覚的因果探索技術
3. 学会等名 第46回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林 賢悟, 吉永司, 野崎 一徳, 野中 丈士, 坂本 尚久
2. 発表標題 歯茎摩擦音発音シミュレーションにおける口腔内気流と空力音源の in-situ 可視化
3. 学会等名 第32回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田 泰之, 坂本 尚久
2. 発表標題 確率的半透明流線可視化向けアンビエントオクルージョン
3. 学会等名 第2回ビジュアライゼーションワークショップ (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村本 佳希, 坂本 尚久
2. 発表標題 深層学習技術を使った可視化画像からのパイプライン推定
3. 学会等名 第2回ビジュアライゼーションワークショップ (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長濱 愛珠咲, 坂本 尚久
2. 発表標題 ヘッドマウントディスプレイ向け統合可視化基盤システムの開発
3. 学会等名 第2回ビジュアライゼーションワークショップ (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kengo Hayashi, Takashi Shimizu, Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka
2. 発表標題 Parallel Particle-based Volume Rendering using Adaptive Particle Size Adjustment Technique
3. 学会等名 SIGGRAPH ASIA Symposium on Visualization (SA17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jorji Nonaka, Naohisa Sakamoto, Yasumitsu Maejima, Koji Koyamada, Kenji Ono
2. 発表標題 A Visual Causal Exploration Framework - Case Study: A Torrential Rain and a Flash Flood in Kobe City
3. 学会等名 SIGGRAPH ASIA Symposium on Visualization (SA17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jorji Nonaka, Naohisa Sakamoto, Takashi Shimizu, Masahiro Fujita, Kenji Ono, Koji Koyamada
2. 発表標題 Distributed Particle-based Rendering Framework for Large Data Visualization on HPC Environments
3. 学会等名 SIGGRAPH ASIA Symposium on Visualization (SA17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomohisa Tanaka, Naohisa Sakamoto
2. 発表標題 Stylized Semi-transparent Streamlines by Stochastic Rendering Approach
3. 学会等名 NICOGGRAPH International 2017 (Poster) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山岡 義明, 林 賢悟, 坂本 尚久, 野中 丈士
2. 発表標題 234画像重畳技術を使った並列粒子レンダリング
3. 学会等名 先進的描画装置を用いた可視化情報の研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 林 賢悟, 坂本 尚久, 小山田 耕二
2. 発表標題 粒子径調節技術を使った並列粒子ベースボリュームレンダリング
3. 学会等名 第45回可視化情報シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kengo Hayashi, Yoshiaki Yamaoka, Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka
2. 発表標題 A Fully Parallel Particle-based Volume Rendering for Large-Scale Unstructured Volume Datasets
3. 学会等名 IEEE Pacific Visualization 2018 (Poster) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kengo Hayashi, Yoshiaki Yamaoka, Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka
2. 発表標題 Parallel Particle-based Volume Rendering with 234Compositor for Large-Scale Unstructured Volume Data Visualization
3. 学会等名 The 8th AICS International Symposium (Poster) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jorji Nonaka, Motohiko Matsuda, Takashi Shimizu, Naohisa Sakamoto, Masahiro Fujita, Kenji Onishi, Eduardo C. Inacio, Shun Ito, Fumiyoshi Shoji, Kenji Ono
2. 発表標題 A Study on Open Source Software for Large-Scale Data Visualization on SPARC64fx based HPC Systems
3. 学会等名 International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山岡 義明, 林 賢悟, 坂本 尚久, 野中 丈士
2. 発表標題 234画像重畳技術を使った並列粒子レンダリング
3. 学会等名 可視化情報学会 第1回ビジュアライゼーションワークショップ (ポスター)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>KVS: Kyoto Visualization System  <a href="https://github.com/naohisas/KVS">https://github.com/naohisas/KVS</a></p>
---

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	野中 丈士  (Nonaka Jorji)  (80437293)	国立研究開発法人理化学研究所・計算科学研究機構・研究員    (82401)	
連携研究者	堀 司  (Hori Tsukasa)  (40744066)	大阪大学・工学研究科・講師    (14401)	