

14-NA28

## High-end VR のシステム・コモディティ化の実証検証

萩田 克美 (防衛大学校)

本課題では、大阪大学／名古屋大学／東北大学に導入された高精細高解像度可視化装置でシミュレーションデータ可視化の実証利用を行い、High-end な VR システム利用のコモディティ化を進めるために必要な技術要素の議論や、その技術的改良を行った。あわせて、遠隔ディスカッションやアウトリーチなどにも活用できる VR コンテンツの作成やプレゼンに関する技術的な検討も行った。

### 1. 共同研究に関する情報

#### (1) 共同研究を実施した拠点名

大阪大学サイバーメディアセンター  
 名古屋大学情報基盤センター  
 東北大学サイバーシナジーセンター

#### (2) 共同研究分野

- 超大規模数値計算系応用分野
- 超大規模データ処理系応用分野
- 超大容量ネットワーク技術分野
- 超大規模情報システム関連研究分野

#### (3) 参加研究者の役割分担

参加研究者の役割分担は次の通り。

★印は、JHPCN 拠点情報基盤センターの教員。

参加研究者	役割分担
防衛大 萩田克美	総括、有効性の検討
阪大 下司雅章	物質の電子状態計算での VR 可視化の検討
阪大 伊達進★	阪大の装置での検討
阪大 下條真司★	
阪大 清川清★	
RIST 高田大輔	
名大 萩野正雄★	名大の装置での検討
東北大 江川隆輔★	東北大の装置での検討

### 2. 研究の目的と意義

High-end VR として、タイルドディスプレイによる高精細高解像度可視化装置や、視聴者の動きをトラッキングした没入型立体可視化装置などが、大阪大学、および、名古屋大学、並びに、東北大学に導入されている。これらの装置の特徴は、CAVE

で知られる従来の複数面の没入型立体可視化装置に比べて、高い解像度を持ち、複数名でのディスカッションに利用する等の研究支援用途での活用が期待される。特に、3次元構造観察が重要となるシミュレーション結果について、没入感の高い VR 可視化装置で探索的な可視化をすることで、科学的な発見や研究推進のきっかけ／気づきに繋がることが期待されている。研究用途に並んで、3次元空間認知が容易であることから、シミュレーション結果を学生や一般の方々に示すアウトリーチ活動での活用が期待されている。

このような中、VR や可視化表示の分野については、ゲーム業界との関わりが深いこともあり、技術の進歩が速く、研究室においても 4K 高解像度ディスプレイ、Oculus Rift で知られる没入型立体ヘッドマウントディスプレイ HMD や、NVIDIA 3d Vision と 3D テレビの組み合わせ等が、浸透しつつあり、差別化が難しくなっている。大規模シミュレーション研究の視点では、ゲームを牽引力としたハードウェア技術の恩恵は受けるためには、広い意味でのソフトウェア技術のキャッチアップも必要である。

そこで、本研究では、情報基盤センターの高精細高解像度可視化装置のみならず、近い将来の研究室環境での利用を念頭に、大規模計算を実施する計算科学の研究者に、その研究者の使いやすい形で、高機能 VR 環境を提供するための可視化ソフトウェア周りについて、JHPCN 拠点教員と共同で議論・検討することを目的とする。実際の集中的

な実証利用を通じ、可視化技術や情報基盤技術として、研究開発すべきテーマを探索し、実際に検討することを目的とする。

加えて、シミュレーション結果の VR による理解増進を目指し、アウトリーチ向けのコンテンツの拡充や、コンテンツ作成の容易化を検討することも、目的とする。

シミュレーションが大規模化したり、複雑な構造を扱ったりするようになると、直感的に扱っている系の様子を空間認知／把握する手段として、VR 可視化は有用であると考えられる。込み入った 3 次元構造を扱う材料系シミュレーションでは、初期配置の確認や計算結果についての考察において、直接的な VR 可視化は有効な手段である。本研究は、これら可視化の研究／技術水準を高めるものであり、意義は大きいと考えられる。

VR を活用した探索的可視化は、有用なツールでもあるが、現時点では、VR 装置の利用にかかる情報や体験的利用が少ないために、活用が進んでいない側面もある。多くの研究者が、VR 立体可視化を自らのシミュレーションデータで試験的に体験することで、利用が促進されると考えられる。本研究では、物性物理／材料科学分野における幅広いシミュレーション研究者の、多種多様なシミュレーションコード／データ形式の VR 可視化を実証検証し促進するものであり、「計算科学－計算機科学の連携型の共同研究」としても、意義が深いと考えられる。

高精細高解像度可視化装置での可視化の検討は、基本、技術開発であることから、通常の研究テーマとして成立させることが難しい面がある。研究として成立する具体的テーマの模索も本研究の一つの目的である。本研究は、狭い意味で捕らえれば、既存の可視化ソフト AVS/Express を使うだけと見なせるが、広い意味として、AVS/Express をベースにして技術改良を経ることで VR 活用をコモディティ化するために不足している技術要素を見出し、検討を深めることを目指している。VR コ

ンテンツの流通（共有利用）という側面を考えた場合、AVS/Express のレンダリングデータを記録する gfa ファイル形式は、実用上有効であると判断した。gfa ファイルを AVS/Express で読み込めば、あらかじめ記録された可視化表現を簡単に VR 装置で再生することができる。（Ensign や FieldView でも、AVS/Express の gfa に相当するデータファイル形式が存在する。必要に応じて、これらのソフトを利用する考えではある。）既に製品として確立された技術であるが、これを如何に、遠隔での研究ディスカッションやアウトリーチの場で活用するかを軸に、改良や研究開発の要素の開拓を検討事項とした。

### 3. 当拠点公募型共同研究として実施した意義

JHPCN のネットワーク型拠点であることを活かし、情報基盤センター教員との共同で作業を進めることができた。また、大阪大学、名古屋大学、東北大学で導入されている高精細可視化装置を横断的に利用して検討を進めることができ、相補的・協調的に、これらの装置の運用レベル向上を促進できたと考えられ、意義は大きい。

さらに、これらの装置の利用などを通じて、本研究の関係者以外の研究者や一般の方々へ VR コンテンツ視聴などの成果公開を通じて、今後の発展に資する情報を得ることができたと考えている。

### 4. 前年度までに得られた研究成果の概要

今年度において、新規に提案した課題である。

### 5. 今年度の研究成果の詳細

本研究では、JHPCN 課題申請において、高精細高解像度可視化装置、および、それに導入されているソフトウェアの利用を申請した。阪大・名大・東北大に設置された装置を実際に実証利用し、シミュレーション結果の可視化検討に活用するとともに、可視化技術や情報基盤技術として開発（改

良) するべきテーマの探索を、共同研究で行うこととした。

まず、本研究では、物質材料系をはじめとするシミュレーション研究での可視化の活用法、既存の可視化アプリの VR 対応状況、および、アウトリーチコンテンツの拡充と利用普及を検討した。

それとともに、情報基盤センターの高精細高解像度可視化装置の動作確認等のシステム利用に係る検討を行った。

当初、High-end VR 可視化をコモディティ化して活用を促進させるためには、下記の 2 点についての検討が重要であると考えた。

- ・可視化表現方法の手順／事例の整備
- ・データのインターフェースの洗練

さらに、議論を深めると、シミュレーション研究におけるワークフローの検討や効率化など、シミュレーション・データ・マネジメントとの関連も重要との認識に至った。

以下では、H26 年度の JHPCN 課題を通じて、検討作業を実施した結果等を報告する。

### (1) 高精細高解像度可視化装置に関する調査

阪大・名大・東北大の高精細高解像度可視化装置は、多数の画面で構成されるタイルディスプレイであるが、対応 OS、トラッキング機能や、多数画面の表示方式の違いがある。トラッキング機能がある場合、没入型立体視が可能となる。表示方式が、Master-Slave (M-S) の場合、1つのマスター PC と複数のスレーブ PC で、同一のアプリケーションを同時並列的に起動し、画面を分割表示し協調動作させることで、多数画面の表示を実現している。そのため、利用やアプリ開発は複雑となる。一方で、表示方式が、Single (Sin) の場合、1台の計算機 (名大の場合は、SGI Altix UV2000) に、多数の画面を全て接続し、1台の PC と画面のセットの延長で利用できるデザインとなっている。

表 1 各装置のシステム的な特徴

	阪大	名大	東北大
Windows	○	×	×
Linux	○	○	○
トラッキング	○	×	○
立体視	○	×	○
表示方式	M-S	Sin	M-S

阪大・名大・東北大の高精細高解像度可視化装置では、VR にも対応した可視化アプリとして、AVS/Express が導入されている。現状、AVS/Express は、VR の共有利用に便利な gfa フォーマットを有しており、技術的に優位性があると考えられる。他の選択肢としては、Paraview などの汎用可視化ソフトや、研究分野に特化したソフト群 (VMD 等) が考えられる。これらは、研究室レベルの装置では、NVIDIA 3d Vision によって、3d テレビでの立体視が可能となっている。多数画面の環境では、整備調整が必要であり、一般向けではない。

一方で、可視化アプリを利用しないで独自にプログラムする場合、OpenGL や、java 等を通じた OpenGL ミドルウェアの利用が一般的な手段である。Master-Slave 型のアプリの作成は手間を要する。EasyVR などのミドルウェアを用いれば、可視化プログラムを改造することなく、OpenGL 描画ライブラリ中のデータを再加工してトラッキングによる没入型 VR 装置での VR 視聴に対応させることができる。EasyVR は、Windows に対応し、阪大の高精細高解像度可視化装置で導入されている。

### (2) 高精細高解像度可視化装置における可視化アプリの利用に関する調査検討

本研究では、可視化アプリ等の利用に関する実証検証として、AVS/Express、VMD と JoGL アプリについて、動作確認を行った。結果を取りまとめると、下記の通りである。

表 2 各装置での可視化アプリ対応状況

	阪大	名大	東北大
AVS/Express	○	○	○
VMD	△	○	△
JoGL アプリ	EasyVR	○	△

△は、映像分配器による HiVision 解像度の拡大表示。EasyVR は、EasyVR 経由の利用。

① AVS/Express の利用に関する調査検討

本年 4 月の段階で、阪大・名大・東北大の各装置において、高精細高解像度可視化装置に導入されている AVS/Express (MPE 版) が、研究室レベルで利用する AVS/Express と同様に利用できることを確認した。あわせて、阪大・東北大では、トラッキングシステムと連動させた没入型立体可視化ができることを確かめた。

これにより、研究室等で、AVS/Express の gfa ファイルを作成しておけば、アウトリーチ活動などで支障なく VR 利用できることが担保できた。

② VMD の利用に関する調査検討

研究分野に特化したフリーソフトの代表格として、VMD の利用環境についての調査検討を行った。VMD は、NAMD や LAMMPS といった汎用 MD アプリと連動して、interactive な MD シミュレーションを行うことができる点で、VR 利用が期待される。

阪大・東北大の高精細高解像度可視化装置では、Master-Slave 方式を利用しているため、映像分配器の機能を利用して、HiVision 解像度を拡大して多画面表示する方式となった。

一方で、名大の装置は、1 台のコンピュータに対して、16 台の HiVision が接続されており、通常の PC の延長で利用できる。通常の PC での利用手順で、そのまま、高精細高解像度環境を利用することができた。また、本調査を通じて得られた実用上の課題をセンター側にフィードバックし、GPU カードドライバの性能改善が行われるなどの相乗効果が得られた。

③ 独自プログラムの利用に関する調査検討

独自プログラムによる VR 可視化対応の確認として、Java から OpenGL を利用するミドルウェア JoGL について実証検証を行った。

阪大の高精細高解像度可視化装置において、EasyVR を経由して、複数の JoGL アプリが動作することを確認した。これにより、JoGL を利用したアプリ (OCTA の GUI である Gourmet や、名工大の MAV など) が、本体の改造なく VR 対応できることを確かめた。

東北大については、映像分配器の機能を利用した HiVision 解像度での多画面表示に限定された。

名大の高精細高解像度可視化装置では、VMD 同様、1 台の PC に接続された 1 つの大画面として利用できることを確認した。

(3) VR 可視化のコモディティ化に向けたデータ形態の議論と AVS/Express の入力機構改良

可視化ミドルウェアの視点では、ユーザーが、スタンダードなデータフォーマット (VTK 系や AVS 系等の構造格子や非構造格子) に変換し、可視化すれば良いと考えられる。一方で、ユーザー側としては、可視化に限定したフォーマットのデータファイルを作成するよりも、サイエンス研究に基づいたデータ保存を可能とする独自フォーマットの利用が重要である。実際に、研究分野に特化したソフト群では、代表的なデータフォーマットをサポートし、利用者のデータフローを乱していないことが、広く利用されるに至っている理由と考えられる。同時に、VR に対応した可視化ミドルウェアが、標準的なフォーマットを必要としているため、現代においては利用普及の阻害要因と見なすことができる。

これらの課題点を埋めるためには、可視化ミドルウェア側から、独自のデータフォーマットのデータにアクセスさせ、研究者独自のデータ形式のファイルからの読み込みを実現する必要がある。すなわち、ユーザー視点では、可視化アプリが、背後でデータ・コンバータを起動し、データを取

り込めば良いと考えられる。AVS/Express の開発元への改良・機能追加の要望をあげている。

一方で、本検討の過程で、大規模データ系においては、データフローに基づく議論から、別の結論が得られた。大規模データ系では、データそのものの転送が困難という問題や、ストレージデバイスからのデータの読み込みが遅いという問題がある。研究代表者の別の JHPCN 課題「JHPCN-DF (数値精度に応じて浮動小数点データの下位ビット部分をゼロパディングして Huffman 符号化圧縮する方法)」の検討では、可視化の実用に耐える精度での lossy 圧縮は、圧縮率が高く、作業上の改善効果が大きいことが判明した。結果的には、ここでもデータ・コンバータを用いることになる。大規模データ系においては、データ保存方式の洗練やシステムソフトウェア連携など、議論・検討を深める要素があるとの判断に至った。今後、検討を深める考えである。

さらに、データ探索・フィルタリングが性能要因となる超大規模データ系と、VR との連携を考える上でも、AVS/Express の入力機構の改良は、有効な方策と考えられる。現在、(数千万粒子と数千万ボンドの) Ball-stick 系の可視化において Paraview で生じる不具合を、我々は解消できていない。一方で、AVS/Express はそのような大規模系でも安定的に動作し、VR にも対応していることから、データフィルタ機構を別に作成して組み合わせることが良い方向ではないかと考えている。

#### (4) 遠距離長時間ディスカッションでの VR 活用に関する検討

本研究課題では、当初、下記の 3 ケースについて比較検討することを計画した。

- 1) 阪大・東北大の間での SAGE などを利用した高精細高解像度可視化装置間の画像転送をベースにした方式
- 2) gfa ファイルなどの VR データを直送する方式
- 3) 可視化アプリを同時利用する方式

SAGE (Scalable Amplified Group Environment) の利用は、テレビ会議における解像度の問題や画像更新頻度の問題を解消するものとして期待される。2014 年中に SAGE に比べから SAGE2 への移行で、利用方法・デザインが大幅に変わった。(SAGE2 では、SAGE に比べ、簡便に実現できると発表されている。遠隔共有環境での活用が期待されている。<http://sage2.sagecommons.org/>) そのため、方式 1) に関する実際の検討作業は延期とした。方式 2) と 3) については、特別な装置を利用しないものである。テレビ会議において、方式 2) と 3) を併用することで、VR データを見ながらの議論は可能であった。但し、見るべき画角や視点の伝達が難しく、方式 3) では可視化アプリそのもの利用方法の伝達が簡単ではない点 (画面共有などで操作することが有効策) が課題であった。

方式 2) については、非同期 / オフラインで利用する場合に有効である。専門的な可視化アプリを利用できないユーザーとの VR 共有利用に非常に有効であった。但し、3d AVS player では、見るべき視点を設定できる機能がないことが、メールベースなどの非同期なオフライン・ディスカッションをする場合に不便な点であった。この点の改良は、新規開発要素として開発元に要望している。また、大規模系では gfa ファイル自体が小さくないため、不便なこともある。可視化の実用に耐えうる lossy なデータ圧縮等で容量軽減されると便利であり、改良検討が望まれる。

#### (5) 物性物理 / 材料科学のシミュレーションでの応用にむけた検討

本研究では、最先端の VR 可視化装置での応用利用において、結論的には、gfa を利用した VR 可視化コンテンツの作成が有効であると考えている。少数の事例ではあるが、物性物理 / 材料科学の研究分野に特化したソフト XCrySDen のデータ形式を AVS 形式の標準フォーマットに変換して可視化することに、問題のないことを確認した。(なお、XCrySDen 自体が OpenGL ベースで作られているた

め、Nvidia Quadro を搭載した標準的な 3 次元可視化環境で、3 次元可視化することができる。) また、AVS/Express の CCMS ライブラリ (東北大学 金属材料研究所の研究開発成果が標準機能化されたもの) を利用することで、原子と電子密度の同時プロットは容易であった。これにより、Master-Slave 方式のタイルディスプレイ環境での高解像度可視化や遠隔ディスカッション用の gfa ファイル作成が可能になることを確かめた。

ここでのポイントは、データを、Paraview や AVS/Express で可視化できるように (標準的なデータフォーマットへ) 変換するツールやコードを整備することと考えられる。今後は、データフォーマットを変換して Paraview や AVS/Express で可視化を行った事例に関して、関連データや技術情報の収集を行い、データ・コンバータの作成や、可視化アプリ側からの制御の仕組みや GUI の検討に活かしたいと考えている。

#### (6) ディスカッションでの高精細高解像度可視化装置を用いた対話的可視化を活用の検討

本検討では、3 次元的に複雑な構造をもつ大規模シミュレーションデータについて、高精細高解像度可視化装置を用いて、対話的な可視化を実施しながら、ディスカッションする試みを行った。これは、VR 立体視可視化をして、科学的知見や研究上の理解のために役立つ事例やその可能性を見出すことが目的である。本検討では、可視化用バックエンド計算機の性能を期待し、名古屋大学の SGI Altix UV2000 とタイルディスプレイの環境を用いて検討した。また、比較として、準備段階 (単一人での作業) では、研究室レベルの高性能環境として準備した 4K ディスプレイ (2 面) と高性能 GPU カード (Nvidia GeForce TITAN Black や Nvidia K5000 など) を搭載した環境などを用いた。

具体的な対象として、JSR (株) の曾根博士、富永博士らが放射光施設 SPring-8 で観測した X 線小角散乱実験の散乱スペクトルから、逆問題解法で推定した高分子中のナノ粒子の 3 次元構造モデル

の比較観察を扱った。この SPring-8 実験では、2 種類の異なるサンプルを観察している。挙動の異なる散乱スペクトルからは、異なる特徴を持った 3 次元凝集構造モデルが得られている。その一端は、スライス像 (図 1) などで把握できる。今回は、約 3000 万粒子の球 (同一半径約 19nm) が体積分率 16% で充填されている系の比較観察を行った。

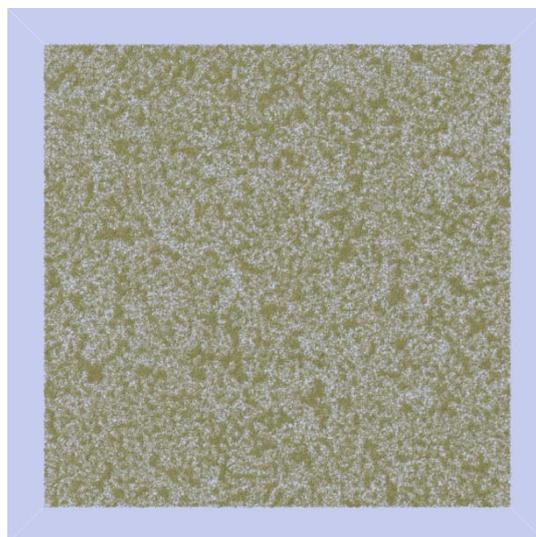
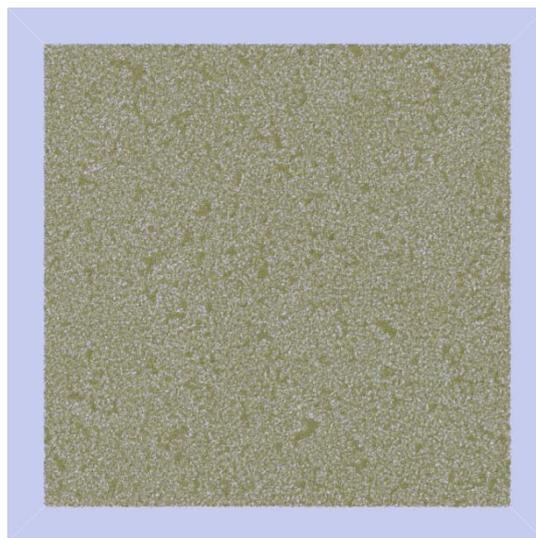


図 1 高精細高解像度可視化装置での対話的可視化検討に用いた約 3000 万粒子の系のスライス像 (スライス厚は 120nm 相当。周期境界条件の一辺は約 9000nm。)

図 1 のような複雑な 3 次元凝集構造の複数人の共同観察では、視点の変更、拡大縮小、表示領域の変更 (スライス厚の変更含む) などの操作が、

滑らかであることが望ましい。また、可視化表現の工夫として、設定した距離内の近接粒子数毎に応じた色づけやフィルタリング等の処理については、可視化用のバックエンド計算機の計算能力が高いことが望ましい。さらに、2つの可視化像の比較検討の場合、並べて表示しても十分な解像度があり、必要に応じて同期した操作ができることが望ましい。このような要求に対して、名大の SGI Altix UV2000 (Nvidia Quadro K5000 搭載。4枚を描画に使用。)が、メモリも大きく高性能であった恩恵は大きいと感じた。複数名でのディスカッションという観点では、人間よりも高さのある画面で、視野を覆い尽くす形で画面内を探索的に観察することは、小さいディスプレイに比べて、特徴的な構造の認知やその情報共有において、定性的に価値が高いと感じた。(一方で、コスト比の価値を考えると難しい点がある。)

今回の可視化処理では、名大の SGI Altix UV2000 のような高性能環境を用いても、約 3000 万粒子の系のデータの表示については負荷のかかる作業であった。(表示データが大きい場合、リアルタイムでの可視化は難しく、数秒程度の待ちなどが必要であった。)可視化表現を変えた場合などでは、データの再処理や本体からグラフィックカードへのデータ転送は行われるため、その転送性能の問題が顕在化すると考えられる。手元の計算機環境に比べれば、(計算機性能の力技で)素早く処理される点が相対的な優位点といえる。本来は、不要なデータの効率的な削除などで、転送の負荷を削減できる可能性はあると想像される。この点については、Paraview や AVS/Express 等の可視化アプリや関連する可視化ライブラリの進展を期待している。

今回のテストケースは、研究室レベルの可視化環境でも可視化処理が可能なケース(約 3000 万粒子の系)を扱ったが、より大きいデータに対する可視化では、名大の高性能可視化環境は優位性を発揮すると期待される。その評価検証は今後の課題である。特に、SGI Altix UV2000 をバックエンド計算機として「遠隔可視化」する機能を利用し

た場合に、処理能力やメモリ空間の広さの点で、その優位性を示すことができると考えられる。

## 6. 今年度の進捗状況と今後の展望

次世代可視化環境として、大阪大学・名古屋大学・東北大学の高精細高解像度可視化装置を利用し、High-end VR 装置を利用したシミュレーションデータの検討が、申し分なくできることは確かめた。特に、可視化アプリとして AVS/Express を利用することで、研究室レベルの環境とシームレスに利用できる点も明確にできた。VMD などのフリーウェアや、JoGL アプリについても、EasyVR を利用することで、高精細高解像度可視化装置での VR を、ソフトウェアの改造なく実施できることを確かめた。

当初よりの懸念事項であったが、大規模シミュレーションで生じた大規模データを High-end な VR 可視化装置を利用することで成立する共同研究テーマの模索という点では、実施事項は技術開発的であり、成功したとは言いがたい面がある。H27 年度の JHPCN 課題では、JHPCN の別課題である「VR 可視化のためのデータ圧縮技法 (JHPCN-DF) の検討」と統合して、シミュレーションの大規模データの圧縮と、そのデータの大規模可視化という形で、高精細高解像度可視化装置の活用検討を継続していく考えである。JHPCN 拠点の高性能可視化装置の活用促進という点では、高性能な可視化用バックエンド計算機による「遠隔可視化」と「データ転送」を組み合わせた検討が、1つのポイントであると考えている。また、アウトリーチにおいては、VR は間違いなく有効な手段であることから、コンテンツの拡充が望まれることである。H27 年度の JHPCN 課題では、JHPCN-DF データ圧縮の検討で作成された可視化コンテンツを、高精細高解像度可視化装置で視覚的に確認するなどの作業を通じて、充実させることを考えている。さらに、遠隔ディスカッションでの VR 活用について、SAGE2 を利用した高精細高解像度可視化装置の利用確認は、今後の検討課題として残っている。

本研究の本来目的は、High-end VR の利用のコモディティ化（広く使われるようにすること）を進めるために必要な技術やノウハウを、JHPCN 拠点の教員と共同で検討することである。既存技術をしっかり使い込む／使い方を教育普及するという点でカバーできなくもない。実際の障害は、汎用可視化アプリ向けのデータ変換作業が面倒である所にある模様である。今後、可視化アプリ側と連携してデータ変換プログラムを事項するなどの GUI の整備など、この方向の改良が望ましいと考えられる。

高精細高解像度可視化装置や没入型立体可視化に関するハードウェア技術については、急速に発達しており、大阪大学・名古屋大学・東北大学に導入された装置と、研究室機材との差は小さくなっている。3 拠点の高精細高解像度可視化装置の優位性は、スパコンなどの演算サーバや高速ネットワーク回線に近いことや可視化用バックエンド計算機の性能などに立脚すると想像される。なお、シミュレーションデータを可視化して表示すること自体は比較的成熟した技術であり、目新しい研究開発の要素を見出すことは簡単ではない。高精細高解像度可視化装置について言えば、シミュレーション分野以外で、実物大である特性や、視野全てを画面で覆われる特性に意義を見出した活用が進んでおり、HPC とは別の方向の展望があるようである。

## 7. 研究成果リスト

### (1) 学術論文

なし

### (2) 国際会議プロシーディングス

なし

### (3) 国際会議発表

なし

### (4) 国内会議発表

- ・萩田 克美, 「可視化用途向けの Lossy 圧縮手法 JHPCN-DF の提案」, 核融合科学研究所 先進的描画装置を用いた可視化表現法

の研究会(2015)

- ・萩田 克美, 「JHPCN-DF の概要と、多分野での利活用に向けて」, 第 1 回名古屋大学情報基盤センターネットワーク型共同研究シンポジウム(2015)

- ・K. Hagita, Study of Efficient Data Compression by JHPCN-DF, Annual Meeting on Advanced Computing System and Infrastructure 2015 (2015)

### (5) その他（特許, プレス発表, 著書等）

- ・萩田克美:サイバーメディア HPC ジャーナル (大阪大学サイバーメディアセンター発行), No.4 (2014) 15-20.
- ・大阪大学 いちよう祭でのサイバーメディアセンターの一般公開への VR コンテンツ提供 (2014.5)
- ・名古屋大学 ホームカミングデーでの情報基盤センターの一般公開への VR コンテンツ提供 (2014.10)