

2021年8月4日

ユニットテーマ提案書

1. ユニットテーマ

多様なプラズマ現象の可知化探究

2. 提案者（氏名・所属）

大谷寛明・核融合研、小山田耕二・京都大学、大野暢亮・兵庫県立大学、坂本尚久・神戸大学

3. テーマと研究内容の概要

【テーマの意味】 可視化を超える「可知化」によるデータ解析法の探究を行う。「可知化」とは、データを見るだけでなく、多種多様な現象やデータから気づきを与える視覚情報へ変換して、対話的な方法でデータ内部に潜む複雑な構造や相関関係を解明するため、気づきを与え、腑に落ちた深い理解を得るためのデータ解析法である。可知化解析法の探究とともに、これまで経験的に行われてきた、可視化を含む知的探求プロセスを体系化して、方法論として確立することを目指す。

【具体的な研究課題】

【多次元データ可知化表現法研究】 粒子、流体量、速度分布、それらの相互作用の程度などを人間が知覚できる表現法を研究する。プラズマ・光・物質など複合物理・多階層性、乱流などの多次元データ、イベントの創発・消失などを可知化対象とする。これらの多次元データを人間に認知できるようにするため、視覚だけでなく、聴覚や触覚をも活用したVR表示を研究する。さらに、人間の視覚に近い、もしくはそれ以上の機能を持たせるコンピュータ・ビジョンも研究する。プラズマ現象の多次元時系列データをテンソルデータ形式で表現して、着目する属性を基準とする次元削減を対話的に実行する解析法を研究する。データ科学の活用として、離散データからの偏微分方程式を導出する研究を進める。これらの成果をその場可視化と組み合わせる。

【核融合炉デジタルツイン研究】 核融合炉設計では組み立て・保守工程を念頭に設計する必要がある。本研究では、核融合炉設計データの機構解析を機械学習や深層学習と組み合わせて、効率的な保守工程の探索を行う。また、製品設計・製品データ管理、製品シミュレーション・エンジニアリング、デジタルデータから物理空間へのAR/VRによるフィードバック、物理空間からデジタル空間へのフィードバックを組み合わせた核融合炉デジタルツインを作成し、設計・シミュレーション・可知化の総合的な連携を図る。

【10年間のプロジェクトで達成する目標】 研究開発した可知化表現法をツールとして公開する。

【予測される成果の学術的な意義】 多次元を認知する表現法の確立はまさに新しい風景を科学研究に与える。この研究にはデータ科学や情報科学の知見が必須であり、シミュレーション科学とデータ科学の融合をもたらす。

4. 位置づけ

【研究課題の背景】 数値シミュレーションデータを対象とした画像化技術としての可視化は、その研究成果がプラズマ物理を含む多くの学術分野に広く浸透した。しかし、可視化は見えないモノを視て、モノとモノの間関係を視ることで、新しい情報を取り出し現象を解明することが目的であ

2ページ以内で記述し、10.5pt・行間1行を使用してください。青字の注意書きは削除してください。

る。この気づきや理解を与える表現法や解析法を本研究では可知化と呼び、数理や情報科学の手法を用いて、プラズマ現象における多次元・多階層・複合物理での物理解明に寄与する。自然科学だけでなく、社会・人文科学など多くの科学分野を学際的に繋ぐことができる方法論を構築する。

【関連するテーマとの比較】可視化解析はプラズマ物理に限らず、物性・天体のような物理系や認知科学、医学、工学など全ての自然科学で不可欠であり、防災・社会科学・情報科学など自然科学以外の分野でも重要な役割を果たしている。多様な現象が発生するプラズマ現象で研究された可知化表現法は、いわば、プラズマを視る顕微鏡や望遠鏡として研究開発を進めるが、分野にこだわらない多種多様なデータを視る顕微鏡や望遠鏡と発展させれば、その波及効果は計り知れない。

【特徴，独創性，優位性】プラズマ物理・核融合プラズマは多種多様な現象・データの宝庫であり、核融合炉は大規模でかつ様々な要素で構成される工学システムである。これだけのデータを研究対象にできることが本研究の特徴であり、優位性である。また、これらの可知化表現には、ビッグデータの可視化、データ科学、情報可視化など、数理・情報科学との融合が必須であり、これらとの融合は本ユニットの独創性である。

5. 研究の方法

没入型 VR 装置 CompleXcope やヘッドマウントディスプレイを使って VR 装置による表現法の研究を進める。また、触覚デバイスを導入することで、3次元以上のデータの表現法を模索する。これらのツールの開発では高性能なグラフィックボードと CPU、高速なデータ IO に対応した SSD と大容量の HDD を搭載したワークステーションを使う。また、開発プラットフォームとして Unity や Microsoft Visual Studio 等を使い、市販の CAD ソフトウェアも使う。クラウドシステムを使って共同研究者間で開発環境やデータを共有化する。

6. 自己評価

1) 未来志向であること

既存の3次元可視化では描写できない、多次元データや多階層・複合物系データを対象とした表現法の研究である。3D可視化を超える表現法の研究に取り組む、未来志向のユニットである。

2) 目標を具体的に示していること

プラズマ現象の具体的なデータを対象とした可知化探究であり、そのデータを人間に知覚できるような表現法を確立して、その方法の効果について評価を行う。目標が明確な研究テーマである。

3) 10年後に学术界に輝くテーマに育つこと

通常の3D可視化では実空間で定義された物理量を対象とするが、本ユニットでは実空間で定義できない反応場や多次元データである配位空間での状態遷移などを人間に知覚できるように、視覚・聴覚・触覚など人間のもつ感覚器官を総動員する表現法を実現し、あるいは次元を畳み込むことで必要な情報のみを数理・データ科学に基づいて表現する。これらは人間の持つ感覚や理解の方法そのもののパラダイムシフトをもたらすと考える。

4) 多様な「個人のテーマ」を包摂できること

VR 技術を活用した可知化表現法の研究、数理・データ科学に基づいた解析法の研究、シミュレーションと同時に可視化作業を行うその場可視化の研究・開発、具体的な核融合炉設計データを用いたデジタルツインの研究など、可知化研究のための多様な個人のテーマを包摂できる。