

ユニットテーマ提案書

1. ユニットテーマ

データ駆動型複雑系構造抽出

2. 提案者（氏名・所属）

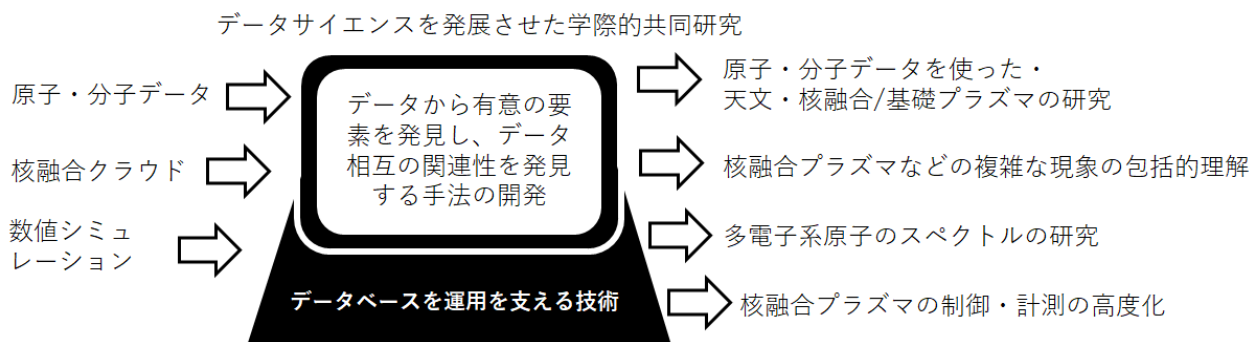
村上泉、大館暁、加藤太治、坂上裕之、中西秀哉、江本雅彦、市口勝治

石井康友（客員教授）、山中顕次郎（客員准教授）、中村信行（客員教授）、稲垣滋（九州大学）、藤井恵介（京大）

3. テーマと研究内容の概要

核融合プラズマをはじめとするプラズマは複雑性の宝庫である。電磁流体としての複雑性、装置との相互作用による複雑性、その中で起こる原子分子素過程の複雑性など、人間の直観力を有に超える複雑さを内包している。一方で近年では、計測技術やデータインフラの発展により、プラズマの複雑性を補えるほどの大量のデータが得られている。

本ユニットの目的は、このような大量のデータを用いて、複雑な現象のダイナミクスの普遍的な性質を抽出し、一般化することである。核融合プラズマに限らず成り立つような普遍的な法則を得ることを目指す。図に示すように、多様なデータを対象とした種々の研究が想定される。データの拡充、データ構造の透視と分解と、それらの粗視化・抽象化と分けて、具体的なテーマを挙げると以下のようなになる。



・データの粗視化モデリング・抽象化と法則性の発見

プラズマ物理や量子多体系などの複雑な物理現象の深い理解と法則性の抽出

炉心プラズマの制御に不可欠な制御パラメータの抽出

複雑な原子分子素過程が含まれるプラズマ境界層領域のダイナミクスの理解と一般化

原子分子データを応用した核融合・天体・基礎プラズマ研究（宇宙の元素の起源・太陽の非平衡プラズマ・コロナ加熱問題等の解明）

・データの構造の透視と分解

トモグラフィ計測のデータからの内的変数の可視化

原子・分子データベースの欠損部をデータサイエンスによって補う

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。

- ・データベースの拡充（原子分子データの調査、生産・評価、整備）

多価イオンなどのエキゾチック原子過程の研究、低価数重元素分光、分光データ生産
文献の信頼度の AI による推定と、提供されているデータの精度の評価

4. 位置づけ

現在、核融合プラズマ実験のデータが人間の理解を超えるほど蓄積されているなかでその解析手法の開発は進んでいない。複雑なデータに含まれる構造を認識するための手法の開発は必要不可欠であり、そこから、核融合プラズマのダイナミクスの深い理解から普遍的なマクロな構造変化に通暁する概念の構築をめざす。さらに、多価イオンの構造およびスペクトルの理解からプラズマ中の不純物の影響の評価の深化が期待できる。転移学習によって原子分子データベースの補完が可能となれば、多方面のプラズマへの応用・活用が期待できる。研究のうえで以下の学術的研究者との密接な連携を想定している。これによりデータ解析がより円滑にすすめることが可能となり、可視化環境と組み合わせたデータ解析に適した計算環境の構築も視野にはいる。これは、多様なバックグラウンドを持つメンバーから研究グループを形成する本提案の優位点である。

1) データ科学の博物学的側面の研究

- ・大規模データ管理工学、データマイニング、データキュレーション

2) データ技術についての研究（データのスムーズな解析に必要な技術の開発）

- ・データのオープンデータ化・オープンサイエンス化
- ・ITER 等の核融合実験データのアクセス方式・解析手法の統合

5. 研究の方法

データサイエンスの技法などをプラズマ物理、原子物理学に導入するところから研究を始める。有用な技術を選別し、個々の課題に最適な新たな手法の開発をすすめる。以下のようなプラットフォーム、研究手法を活用することを予定している。

LHD データシステム（LHD 計測データ）、原子分子データベース、EBIT、イオン照射実験装置、スーパーコンピュータを使用した数値シミュレーション、核融合クラウド（JT-60SA のデータなど）、機械学習用計算機クラスター、弱磁場 LHD

6. 自己評価

1) 未来志向であること

複雑な系に潜む普遍性の発見を目指す点である。データを中心に研究を行うことが、本ユニットの未来志向な点である。

2) 目標を具体的に示していること

データサイエンス等の先端手法に基づくデータ解析手法の確立という具体的な目標がある。

3) 10 年後に学术界に輝くテーマに育つこと

個別のテーマからより普遍的な性質を導く方法論が確立できれば学术界に対し十分なインパクトを持つ。

4) 多様な「個人のテーマ」を包摂できること

データの解析手法に焦点をあてた研究なので多様なテーマに対して開かれた提案である。