

1. ジェネリック V ラボ

2025 年度までの進捗状況

1. 概要

本研究開発項目では、さまざまな分野で使えるバーチャルラボラトリ（デジタル空間上の仮想実験室、V ラボ）の基盤となる汎用型 V ラボ（ジェネリック V ラボ）を構築します。そのために、AI やデータ駆動科学、計算物理学、数理科学、高速計算技術など、異なる専門分野の研究者が参加し、実験データ、理論やモデル、計算（シミュレーション）データを統合（まとめて活用）する手法を開発します（図 1）。ジェネリック V ラボは、これまで PM（星）らが開発してきた汎用データ解析フレームワーク「Open Data Analysis Tool for Science and Engineering (ODAT-SE、オーダットエスイー)」を拡張することで実現します。

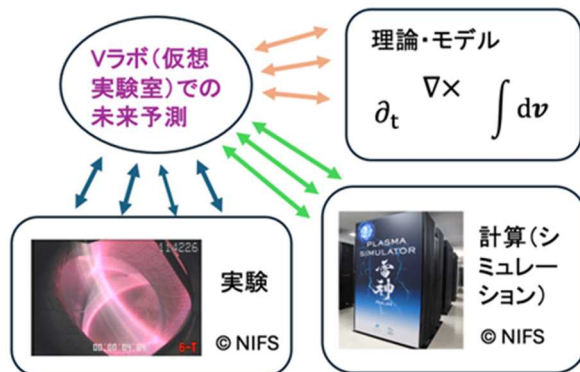


図 1. ジェネリック V ラボの基盤となる、実験、理論・モデル、計算（シミュレーション）の統合のイメージ

2. 2025 年度までの成果

2025 年度は、AI・データ駆動科学手法、高速数値アルゴリズムなど、ジェネリック V ラボに必須となる要素技術の研究を主に行いました。また、ODAT-SE を拡張することでジェネリック V ラボを試作し、応用問題を通じてジェネリック V ラボの有用性を実証しました（図 2 に例）。

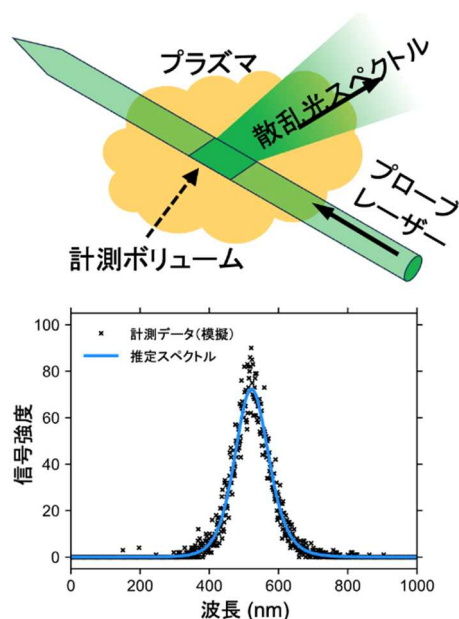


図 2. トムソン散乱計測を対象とした、ジェネリック V ラボの有用性実証：実験のイメージ（上）、散乱光スペクトルにおける計測データ（模擬）と推定されたスペクトル（下）。

ジェネリック V ラボは、いろいろな実験装置に合わせて専用のプログラムを組み込むだけで、多様な実験に対応できる仕組みであることが求められています。図 2 では、フュージョンエネルギー研究で使われる「トムソン散乱計測装置」を例に、有用性を実証しました（論文：K. Sakai 他、Journal of Instrumentation 21, C01002 (2026)）。この装置は、プラズマの中にある粒子がどのくらいの速さで動いているかを測るためのものです。今回の研究の結果、粒子の動きがそろっておらず複雑な状態でも、プラズマ中の粒子の正しい速度の分布を求められることが確認できました。ODAT-SE というフレームワークはもともと物質科学のためにつくられたものですが、本プロジェクトで拡張され、さまざまな分野の実験装置に使えるジェネリック V ラボの基盤になりました。プラズマ科学分野の装置にこのフレームワークを応用したのは今回が初めてであり、さまざまな V ラボを構築するうえで必要な汎用性（幅広く使える性質）を持っていることが実証されました。

3. 今後の展開

今後は、実験データ、理論やモデル、計算（シミュレーション）のデータ統合手法（図 1）を発展させ、ジェネリック V ラボをさらに高度化していきます。あわせて、研究開発項目 2 から 4 の課題推進者（PI）と協力し、多様なフュージョンエネルギーシステムや中性子照射などの材料実験に対応した V ラボの構築を進めます（V ラボの構築については次ページに記載）。また、研究開発の進捗に応じて、新しい研究開発課題や PI を順次追加していく予定です。

2.3.4. V ラボ A、B、C

2025 年度までの進捗状況

1. 概要

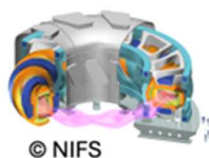
フュージョンエネルギーシステムを実用化するためには、次世代装置（図 1 左）や中性子照射材料（図 1 右）などを対象に、様々なバーチャルラボラトリ（デジタル空間上の仮想実験室、V ラボ）が必要とされています。本プロジェクトでは、デジタル空間で V ラボを活用し、フュージョンエネルギーシステムの設計や性能試験が可能であることを実証するために、以下の 3 つの研究開発項目を設け、それぞれに適した V ラボ A、B、C を構築します。これらの V ラボ A、B、C は、デジタル空間での設計や性能試験を可能にする先行成功例となり、産学連携を通じて、さらに多彩な V ラボの構築へと展開していきます；

【研究開発項目 2】V ラボ A 磁場閉じ込め方式フュージョンエネルギーシステム向け V ラボ

【研究開発項目 3】V ラボ B レーザー核融合など、A 以外のフュージョンエネルギーシステム向け V ラボ

【研究開発項目 4】V ラボ C 中性子照射などの材料実験向け V ラボ

次世代フュージョン
エネルギー装置



中性子照射材料

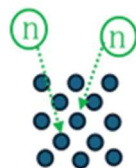


図 1. V ラボの対象例のイメージ：次世代フュージョンエネルギー装置（左）、中性子照射材料（右）

2. 2025 年度までの成果

デジタル空間においてフュージョンエネルギーシステムの設計や性能試験が可能であることを実証するため、V ラボに求められる基準（達成基準）を策定するとともに、V ラボの構築を担当する課題推進者（PI）の選定および研究開発体制の構築を行いました。具体的には、まず V ラボ A、B、C に対応する「磁場閉じ込め方式フュージョンエネルギーシステム」、「磁場閉じ込め方式以外のフュージョンエネルギーシステム」、「中性子照射などの材料実験」に関するワークショップを開催しました。それぞれの V ラボで取り組むべき研究開発課題についてオープンに議論し、その内容を参考にし、研究開発課題の概要を定めました。そして、その研究開発課題の概要に基づき、トカマク型（図 2 左）およびヘリカル型（図 2 右）の磁場閉じ込め方式フュージョンエネルギーシステムの V ラボの構築を担当する PI や、中性子照射などの材料実験の V ラボの構築を担当する PI を選定し、研究開発体制の構築を行いました。さらに、これらの PI の方々との議論を通じて、V ラボに求められる基準を策定しました。このように本プロジェクトでは、トカマク型やヘリカル型などの異なる方式のフュージョンエネルギーシステムの設計や性能試験が可能な V ラボを構築することで、多様なフュージョンエネルギーシステムの可能性を探求します。

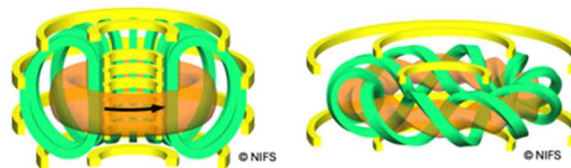


図 2. トカマク型（左）・ヘリカル型（右）の磁場閉じ込め方式フュージョンエネルギーシステムのイメージ

3. 今後の展開

今後は、多様なフュージョンエネルギーシステムや中性子照射などの材料実験（図 1、図 2）に対応した V ラボを構築し、次世代装置の設計や性能試験、そして中性子照射材料の性能試験を進めていきます。V ラボは、研究開発項目 2 から 4 の PI がフュージョンエネルギー分野で利用されている計算プログラム、実験データや計算データに基づいて開発する「専用モジュール」と、研究開発項目 1 の PI が AI・データ駆動科学や数理分野の知見を活かして開発する「共通モジュール」を組み合わせることで実現します（図 3）。また、研究開発の進捗に応じて、新しい研究開発課題や PI を順次追加していく予定です。



図 3. V ラボの構成イメージ