

ムーンショット目標 10「デジタルシステム」プロジェクト連続ワークショップ

「未来予測型バーチャルラボラトリによる多様なフュージョンエネルギーシステム開発」 補足資料

ここでは、本ワークショップの補足として、

1. プロジェクトの紹介と本ワークショップの目的
2. 第2回ワークショップで募集する講演内容
3. 第3回ワークショップで募集する講演内容
4. 第4回ワークショップで募集する講演内容
5. 第2-4回ワークショップでの講演形式

を説明する。締切などの最新情報は、Web ページ (<https://sites.google.com/view/ms10ds>) を参照のこと。

1. プロジェクトの紹介と本ワークショップの目的

ムーンショット目標 10(MS10)「デジタルシステム」プロジェクト¹では、フュージョンエネルギー（核融合）分野研究者と異分野研究者（AI/データ駆動科学などの研究者）を融合させることにより、汎用性のあるバーチャルラボラトリ（仮想実験室、V ラボ）を構築し、多様な核融合炉の研究開発を加速する（図 1）。特に、次世代装置の性能などを予測（未来予測）する V ラボ（未来予測型 V ラボ）を構築することにより、デジタル空間で

の開発（設計）を可能にする。対象となりうる研究テーマは多岐に渡るが、本プロジェクトでは先行成功例として、

- ・V ラボ A：磁場閉じ込め型核融合炉の研究開発むけ V ラボ
 - ・V ラボ B：磁場閉じ込め型以外の核融合炉の研究開発むけ V ラボ
 - ・V ラボ C：中性子照射などの材料実験むけ V ラボ
- の 3 種 V ラボ（図 2）を構築することで、V ラボの有用性を実証し、他 V ラボ構築へと波及させる。

本プロジェクトでは 3 種 V ラボは、共通基盤パッケージ（図 2 の星形マーク部分）を共有する形で構築される（図 2）。V ラボ A, B, C の構築には、それぞれに固有な要素技術（図 2 の丸型・三角型・四角型マーク部分）だ



図 1 未来予測型バーチャルラボラトリ (V ラボ) の概念図

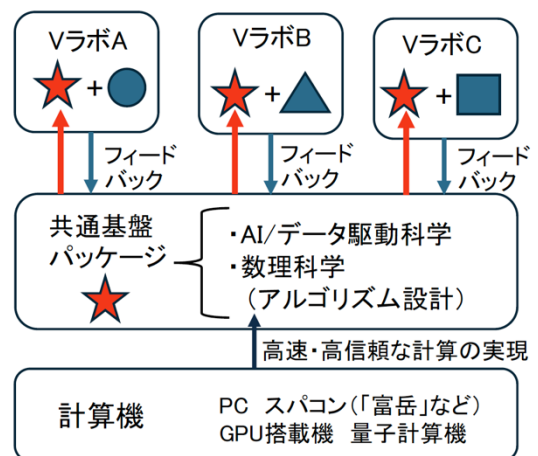


図 2 共通基盤パッケージを共有する 3 種 V ラボ（概念図）

¹ 正式名称：ムーンショット型研究開発事業 目標 10「2050 年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現」（プログラムディレクター（PD）：吉田善章）プロジェクト「超次元状態エンジニアリングによる未来予測型デジタルシステム」（プロジェクトマネージャー（PM）：星健夫）；

けを開発すればよいため、多数のVラボを並行して構築することができる。すでに、共通基盤パッケージ（図2の星形マーク部分）の開発は、AI/データ駆動科学手法（例：計測インフォマティクス、マテリアルインフォマティクス、プロセスインフォマティクス、サロゲートモデル、異種データの知見統合）や数理学（例：計算機や問題にあわせた最適アルゴリズム設計）を基礎として始まっている。

一方、本プロジェクトはスモールスタート型であり、今後、それぞれのVラボに必要な要素技術（図2の丸型・三角型・四角型マーク部分。例えば、シミュレーション手法、実験データの知見を予測技術に取り込む方法）を策定する。Vラボ全体での中核的機能は未来予測であり、そこでは「何をどの程度予測するのか？」の定量的目標を考える必要がある。策定にもとづき、VラボA, B, Cそれぞれの当該部分（図2の丸型・三角型・四角型マーク部分）を担当する課題推進者(PI)を選定して、本格的研究をスタートさせる。VラボA, B, Cからのニーズをバックキャストし、共通基盤パッケージ担当者が必要なAI/データ駆動科学手法を必要に応じて開発して、Vラボが構築される。具体的な定量的目標を2029, 2034年度にむけてそれぞれ設定し、2027年度に各Vラボ初期バージョンを構築したうえで、2029, 2034年度にそれぞれの目標達成を目指す。

2. 第2回ワークショップで募集する講演内容

第2回ワークショップでは、以下2トピックの講演を募集する。

- トピック(I) 磁場閉じ込め型以外の核融合炉における未来予測技術・・・慣性型（レーザー型）・ミュオン触媒型などの、磁場閉じ込め型とは異なる原理に基づく核融合システムを対象にする。慣性型・ミュオン触媒型などはいずれも、多様な物理が絡む現象であり、それぞれの要素現象を扱い、それら要素現象をAI/データ駆動科学手法との連携も行い、統合していく必要がある。

以下では慣性型を例に説明する。慣性型では、レーザー吸収、非局所熱輸送、3次元爆縮流体、縮退など含む状態方程式、X線の吸収放射係数と輸送、流体乱流などを扱った先端的シミュレーションが必要となり、AI/データ駆動科学手法との連携で統合していく必要がある。そのためには、計算科学各分野（宇宙、航空、統計、機械、材料、原子、物性など）での最新手法との連携が重要となる。本プロジェクトを通じて、未来予測技術を目標にしなが、計算を中心とした分野横断型研究やコミュニティ形成を目指す必要がある。本トピックでは、慣性型核融合炉のみならず、関連する分野横断型研究の紹介や提案についての講演を募集する。一方、実験からの視点として、シミュレーションやAI/データ駆動科学へのニーズについての講演も募集する。本トピックは、2025年度における研究開発課題の策定や課題推進者(PI)を選定する際に参考にする。

- トピック(II) 新たなブレイクスルーになる可能性のある手法・・・シミュレーション科学、AI/データ駆動科学、理論科学、数理学の先端的手法のうち、トピック(I)や関連分野に新しいブレイクスルーをもたらす可能性のある手法についての講演を募集する。これまで核融合研究に従事してこなかった研究者の講演も歓迎する。本トピックは、2026年度以降における研究開発課題の策定や課題推進者(PI)を選定する際に参考にする。

3. 第3回ワークショップで募集する講演内容

第3回ワークショップでは、以下2トピックの講演を募集する。

- トピック(I) 磁場閉じ込め型核融合炉における未来予測技術・・・磁場閉じ込め型核融合炉は、磁

場によってプラズマを閉じ込めることを特徴とする。閉じ込め磁場配位によって、トカマク形式、ヘリカル形式、ミラー形式、磁場反転配位（FRC）形式など、さまざまな形式があり、トカマク型である ITER（国際プロジェクト）や JT-60SA（日本）など、大型実験施設の建設が進んでいる。社会実装にむけたステップとしては、(1)プラズマ性能の向上から、(2)プラント性能、(3)プラント導入効果（経済性など）への発展が進行中である。一方、施設の大型化に伴い必要な予算も莫大になったため、次世代装置設計などを目的とした未来予測に大きな需要があり、そのためにはさまざまな要素プロセスに対する実験・理論・シミュレーション研究の知見を統合していく必要がある。本トピックでは、炉心プラズマの閉じ込め性能を支配する輸送現象の解明、熱と粒子の出入りを制約する周辺プラズマを含めた空間構造の予測、そして加熱や安定性解析を含めた核燃焼プラズマの時間発展解析と運転シナリオの策定などを、実験データによる検証を進めつつ、AI/データ駆動科学系研究者と連携して発展させていく研究の紹介や提案を募集する。一方、実験からの視点として、シミュレーションや AI/データ駆動科学へのニーズについての講演も募集する。なお、トピック題名に資する内容であれば、上記に限定するものではない。本トピックは、2025 年度における研究開発課題の策定や、課題推進者 (PI) を選定する際に参考にする。

- トピック (II) 新たなブレイクスルーになる可能性のある手法・・・シミュレーション科学、AI/データ駆動科学、理論科学、数理科学の先端的手法のうち、トピック (I) や関連分野に新しいブレイクスルーをもたらす可能性のある手法についての講演を募集する。これまで核融合研究に従事してこなかった研究者の講演も歓迎する。本トピックは、2026 年度以降における研究開発課題の策定や課題推進者 (PI) を選定する際に参考にする。

4. 第 4 回ワークショップで募集する講演内容

第 4 回では、以下の 2 トピックを募集する。

- トピック (I) 中性子照射などの材料実験むけの未来予測技術・・・工業製品は一般に長い期間使用すると性能劣化が起こり、製品寿命を迎える。核融合炉の炉内機器においては中性子照射による材料損傷が寿命を決める主な要因であり、核融合炉の経済性に大きく影響すると考えられている。しかし、核融合炉に相当するエネルギーと強度を有する中性子の照射施設は実在しない。したがって、中性子照射における材料損傷の未来予想に、大きな需要がある。一方、近年はマテリアルインフォマティクスが躍進しており、核融合材料研究への適用に期待が大きい。核融合炉材料は極限環境材料と位置付けることができ、その特殊性を前提とした材料開発が必須となる。例えば、既存の（核分裂中性子等の）照射データの活用、中性子以外の照射実験データの活用、予測高精度化のための解析手法や実験計画の確立、既知材料特性データから取得困難な材料特性データの予測（転移学習）、などによる核融合炉材料の特殊性を考慮したアプローチがあげられる。本トピックでは、上記アプローチなどを AI/データ駆動科学系研究者と連携して発展させていく研究の紹介や提案を主に募集する。しかし、トピック題名に資する内容であれば、上記に限定するものではない。また、核融合炉材料研究の立場から AI/データ駆動科学系への課題提起や期待を述べる講演も募集する。本トピックは、2025 年度における研究開発課題の策定や、課題推進者 (PI) を選定する際に参考にする。
- トピック (II) 核融合材料研究に有用な新しいシミュレーション・AI/データ駆動科学手法・・・シミュレーション科学、AI/データ駆動科学の先端的手法のうち、核融合材料研究に新しいブレイクスルーをもたらす可能性のある手法の紹介や提案についての講演を募集する。これまで核融合研究

に従事してこなかった研究者の講演も歓迎する。本トピックは、2026年度以降における研究開発課題の策定や課題推進者(PI)を選定する際に参考にする。

5. 第2-4回ワークショップでの講演形式

第2-4回ワークショップでは講演募集を行うが、ここでは講演形式を説明する。なお、本文書の情報には最新とは限らないので、Web ページ (<https://sites.google.com/view/ms10ds>) で最新情報を確認すること。

- 講演者は、2025年3月1日現在で科研費応募資格を有する者に限る（学生などは対象外）。
- 講演時間は、20分程度（総講演数による）。
- 講演は、口頭発表（対面/Zoom）かオンラインポスターセッション（下記で詳細を説明）のどちらかを希望できる。ただし、口頭発表を希望しても、オンラインポスターセッションでの発表になる場合がある。
- 講演申し込みは Web ページ (<https://sites.google.com/view/ms10ds>) から行うが、その際に200-500字（文字のみ）の講演要旨を提出する。また、当該ワークショップ開催時刻の48時間前までに、指定された方法で講演予稿(PDFファイル、1ページ以上、書式は任意)を提出すること。
- 1回のワークショップでは、1人1講演に限る。異なる回のワークショップにおける複数講演は可（例：第2回ワークショップと第3回ワークショップで、同一人物が、それぞれ別内容の講演を行うのは、可）。
- オンラインポスターセッションは、slack (<https://slack.com>) を用いる。発表者が資料（ファイル）をアップロードし、チャット（文字ベース）で討論する。資料は、ポスター（1枚絵）、スライド、文書、など。ただし、PC環境などにより資料が閲覧できない場合でも、運営者はサポートしない。
- オンラインポスターセッションは、当該ワークショップ終了後24時間後に閉鎖する。閉鎖までは、チャットでの討論は可能。
- 講演希望者の状況によっては、4月以降に同種ワークショップの追加開催を検討する。