

統計数理研究所主催シンポジウム(2026.1.19)

AI4S 2026～機械学習・統計数理が切り拓くAI for Scienceの新展開～

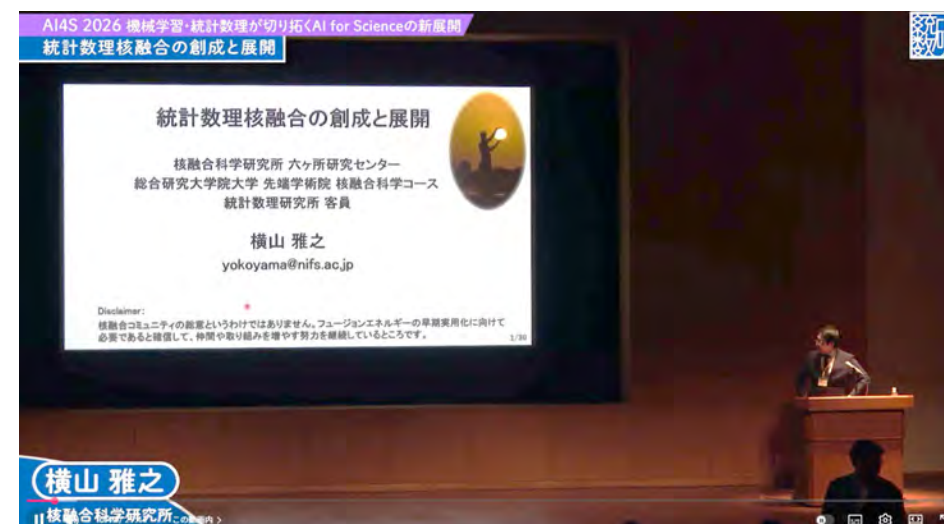
検索：AI4S 統数研シンポジウム

招待講演の内容からの抜粋を中心に

フルバージョン:

<https://sanren.rois.ac.jp/ai4s2026symposium.html>

(講演4)



統計数理核融合の創成と展開

核融合科学研究所 研究部・六ヶ所研究センター
総合研究大学院大学 先端学術院 核融合科学コース
統計数理研究所 統計思考院 客員



横山 雅之

yokoyama@nifs.ac.jp

Disclaimer:

核融合コミュニティの総意というわけではありません。フュージョンエネルギーの早期実用化に向けて必要であると確信して、仲間や取り組みを増やす努力を継続しているところです。

情報・システム研究機構（ROIS）
第4期戦略的研究プロジェクト（2022-2024）

自然科学研究機構（NINS）
Open Mix Laboratory（OML）事業（研究共創型）（2025、2026）

発表の構成

- 統計数理核融合とは？
- ROIS->NINS OML事業：研究展開
- 今後への期待（シンポでのメッセージ）

統計数理核融合学 背景と着想

核融合研究

- 固体壁に囲まれた有限体積内に一億度もの超高温プラズマを生成し、持続的に保持するという極限状態の実現が必要
- 「極限状態」「人工物としてのプラズマ」は、理想状態に関する方程式や物理モデルのいずれでも、またはそれらを複合したとしても**完全に理解しきれていない**のが実情（複雑システム共通の課題）

複雑すぎて、**理解できたとしても実時間制御が困難な課題**が存在

- * 核融合反応生成粒子によってプラズマが自己加熱される**自律性が極めて高い（外部制御性が低い）**プラズマを相手にする必要
- * 発電を目的としたシステムとして、**設置できる計測機器や外部制御機器が限定**

分野知識（プラズマ物理）を高度化する研究動向で
核融合炉心プラズマの持続的保持に至るのだろうか？

⇒ **「人工物としてのプラズマ」に対する研究視点が必要**という着想

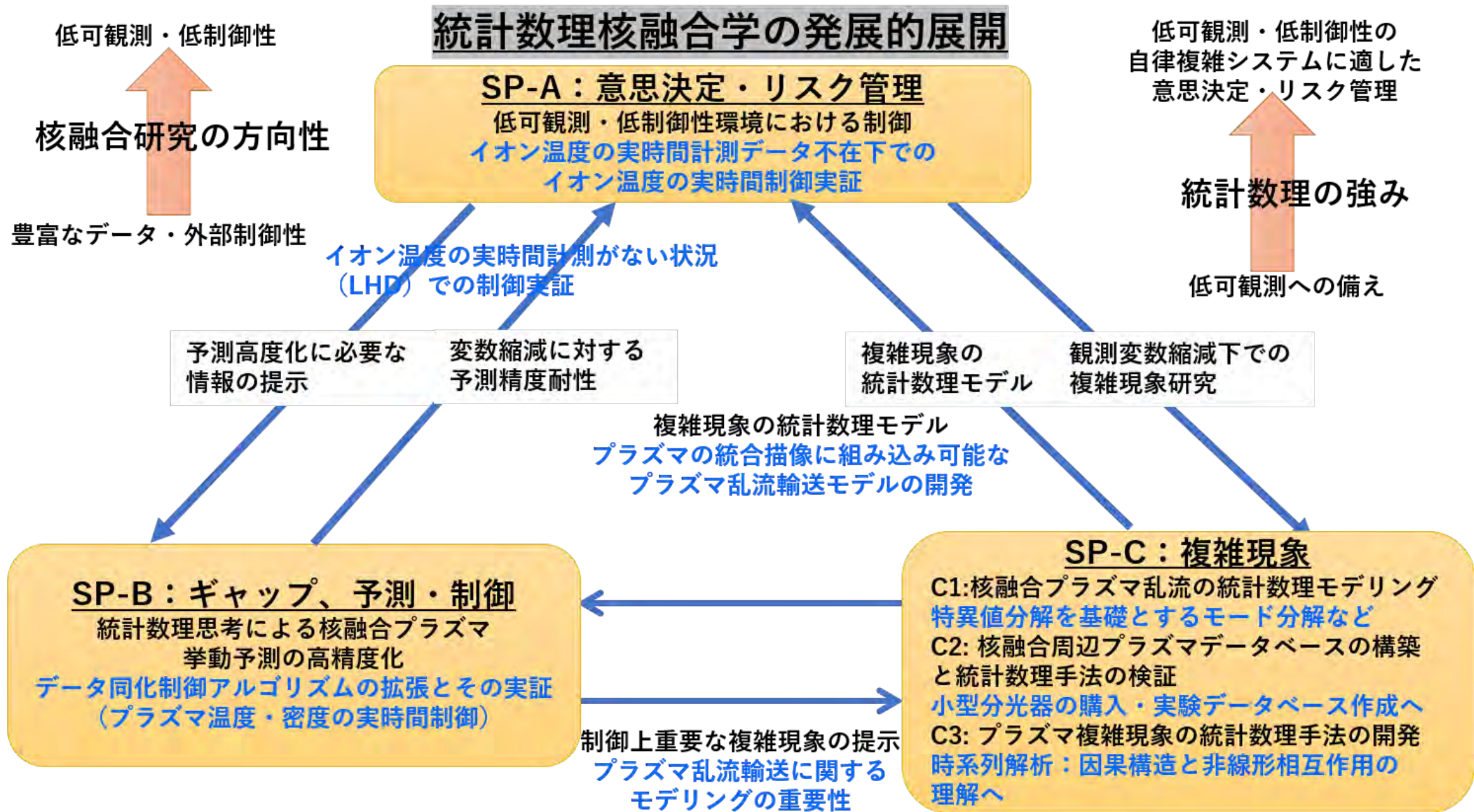
統計数理核融合学 概要

- パターンや法則をデータから直接的に導き出すデータ駆動アプローチによる研究視点
- 「人工物としてのプラズマ」で起こる種々の複雑現象にまつわる
「データに適合する」統計数理モデルで、実時間制御に向けた研究に取り組む

当初は「データ駆動核融合」と呼んでいたが、つながる先が曖昧

統計数理研究所、さらには、統計数理研究所が有する超分野の研究コミュニティの皆様に
「自分事」として捉えていただきたい（～ラブコール）

- 統計数理との研究共創によって、核融合研究に変革や転換をもたらし、
既存の核融合研究の枠に収まらない新興融合領域「統計数理核融合学」を創成、展開
- 統計数理側では、統計数理モデルの実時間性の追究や、予測性・外挿性といった
問題に、実証の場（実験装置）を有する核融合研究を舞台として挑戦できる



統数研研究者による核融合・プラズマ関係の「第一著者」論文(掲載受理済みのみ)

- A. Okuno, Y. Morishita, and Y. Mototake. "Autoregressive with slack time series model for forecasting a partially-observed dynamical time series," IEEE Access. 2024,
- F. Miwakeichi and M. Sasaki. "Causal Analysis Among Azimuthal Fourier Modes in Linear Plasma Based on Multivariate Time Series Models," Physics of Plasmas, vol. 31, pp. 082307, 2024.
- A. Okuno, T. Kodahara, and M. Sasaki. "Hierarchical Clustering of Modes in Numerical Turbulence Fields," Plasma and Fusion Research: Rapid Communications, vol. 19, pp. 1201035, 2024.
- A. Okuno and M. Sasaki. "A Systematic Approach to Decomposing Numerical Turbulence Fields into Substructures," Physics of Plasmas, vol. 32(3), pp. 032502, 2025.

「統計数理核融合」HP

<https://statplasma.github.io>

(管理者: 奥野彰文准教授 (統数研))

プロジェクト概要

基幹プロジェクト(ROIS、NINS)

活動実績

共著論文等のリスト

統計数理核融合

統計数理核融合学の創成と展開

powered by DALL-E3

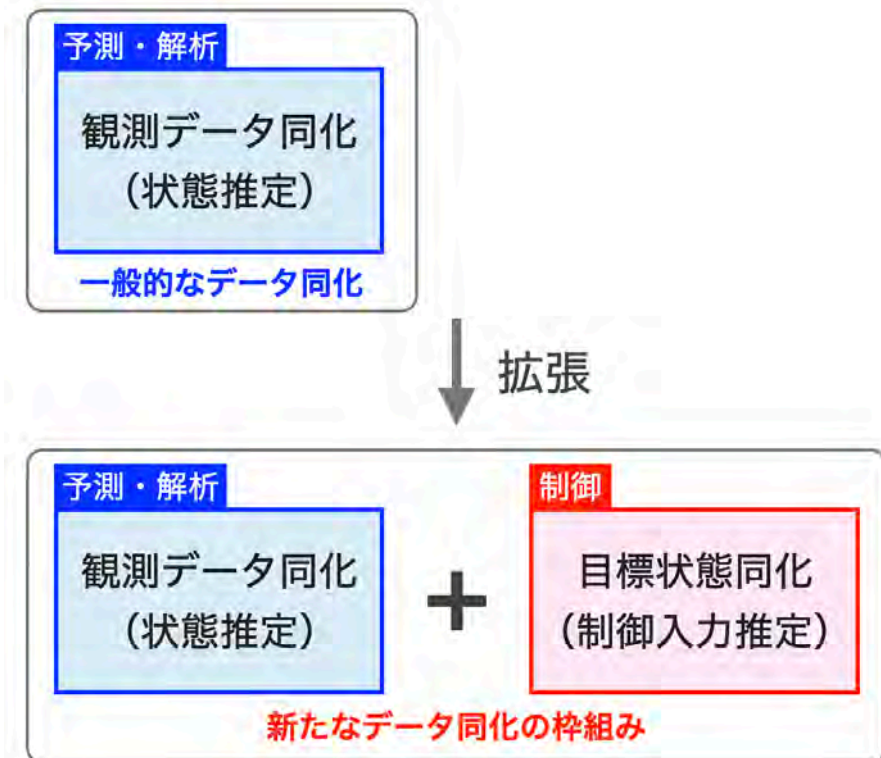
プロジェクト概要

核融合におけるプラズマは極めて高温で複雑な非線形環境にあります。プラズマの基本現象の理解は進んでいるものの、異なる現象の相互作用を統合的に理解し制御することが核融合発電などの実現には不可欠です。世界各国が協力して進めるITERプロジェクトなどがその例です。しかし、プラズマの電流が突然消失する「ディスラプション」など未解明の課題も多くあり、本研究ではデータ駆動アプローチとモデル駆動アプローチを併用してプラズマの挙動の予測・制御を目指します。統計数理的手法を活用し、リアルタイムの予測や乱流データの解析を行います。統計数理コミュニティと核融合科学コミュニティの協力により学術界や産業界への貢献と、それに伴う「統計数理核融合学」の創成を目指しています。

統計数理核融合学の創成と展開

データ同化「制御」

- 観測データを用いてモデルの予測能力を高めるデータ同化の技術に着目
- 世界で初めて制御を含む形に拡張し、核融合プラズマ実験に適用
- 予測モデル（デジタルツイン）の精度を向上させながらプラズマの状態を目標状態に近づけることができるシステム**ASTI** [Assimilation System for Toroidal plasma Integrated simulation]を開発
(**適応的なデジタルツイン制御**)
- プラズマの温度・密度分布の制御をはじめ、非観測量の制御など、高度な制御に適用可能
- 計測が縮減していく原型炉・商用炉時代に向けた革新的研究進展（世界的にも唯一無二）



このセクション

森下 侑哉 助教、村上 定義 教授（京大）

資料から引用

電子温度分布・イオン温度の実時間制御 実証

状態変数

Dim

T_e 電子温度 11 観測, 目標

T_i イオン温度 11 目標

n_e 電子密度 11 観測

C_e 電子熱拡散係数に掛かる因子 11

C_i イオン熱拡散係数に掛かる因子 11

V_c NBIモデルパラメータ 11

P_{ECH} ECHパワー 2 アクチュエータ

P_{NBI} NBI加熱パワー 1 アクチュエータ

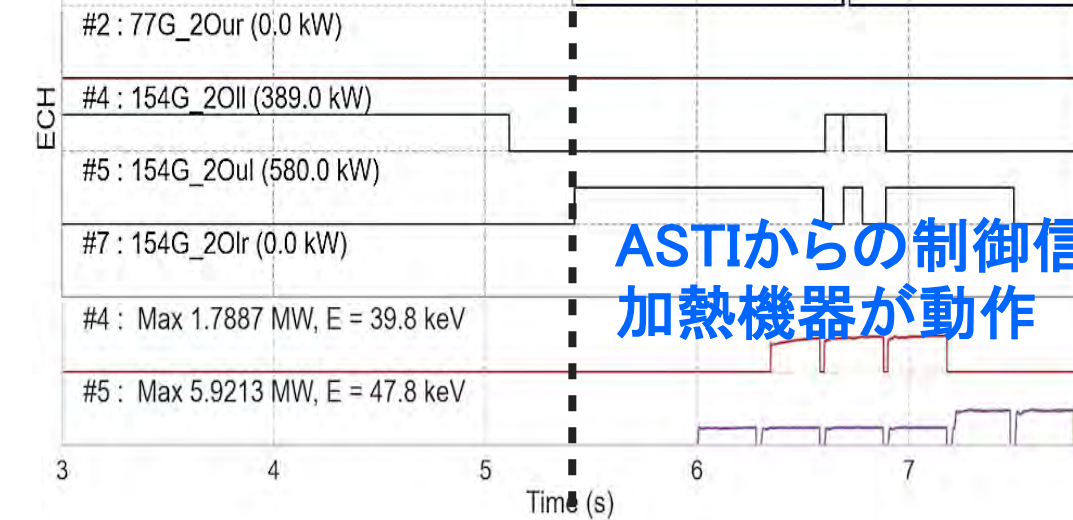
イオン温度の計測データは実時間では得られない

目標状態

- 電子温度：中心部～1/4半径位置
3 keV (x1160万度)
- イオン温度：ステップ上昇
2⇒3 keV

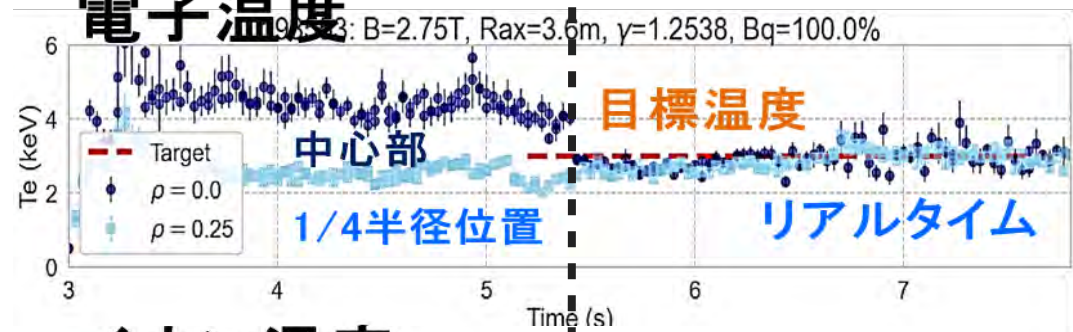
複数台の加熱機器

制御開始

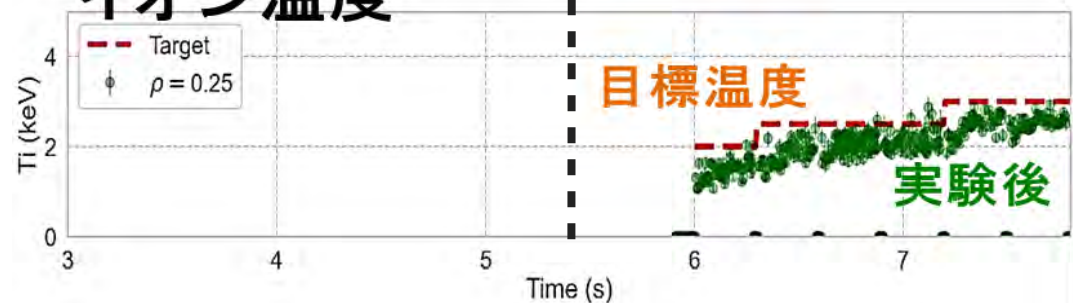


ASTIからの制御信号を受けて
加熱機器が動作

電子温度



イオン温度



今後への期待:「統計数理核融合」の可能性

【核融合の課題】	【統計数理視点での問題設定】
炉心プラズマ制御	データ同化
プラズマ性能向上	適応型実験計画、外挿性、予測性
ディスラプション、放射崩壊	時系列データ変化点、状態分類
プラズマ乱流	高次元データ、特徴量抽出
大規模シミュレーション	次元縮約、特徴抽出、主成分分析
原子・分子データベース	欠損データ推定、転移学習
新材料開発	少数データ、マテリアルズインフォマティクス
試料分析	パターン認識、画像特徴抽出
核融合炉システム挙動	システム科学思考

ご参加の皆様へ： いろいろな接点があります

- 自然科学研究機構（NINS）Open Mix Laboratory（OML）事業（研究共創型）
「統計数理核融合学の発展的展開」（2026年度）

- QST主催 第28回若手科学者によるプラズマ研究会
主題：インフォマティクスで広がる核融合プラズマの計測・制御・モデリング
2026.3.11～3.13@QST那珂フュージョン科学技術研究所
(1月30日申込締切)



- The 7th International Conference on Data-Driven Plasma Science (ICDDPS-7)
Kiel University, Kiel, Germany from - August 3 to 7, 2026
- IAEA（国際原子力機関）でもAI for Fusion（AI4F）の取り組み（日本委員）

AIの時代ですが、根本は人のつながり

- 「世界に先駆けた2030年代の発電実証」
- フュージョンエネルギーの実用化・社会実装
に向けて一緒に挑戦してみませんか？

Brain Fusion !

