

2024 年度年次報告書

計測・解析プロセス革新のための基盤の構築

2023 年度採択研究代表者

徳田 悟

九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所

准教授

計測データに根ざしたモデリング原理の革新

研究成果の概要

本プロジェクトでは、計測データに根ざした数理モデリングが抱える3つの課題(①モデルの不定性、②観測ノイズの影響、③モデル不一致の影響)に着目し、これらの包括的な対処法の構築を目指している。実際の計測データを用いた実践的な研究とその数理的な裏付けを相補的に行い、知見の利活用と問題意識のフィードバックによる研究の好循環を狙っている。今年度は②について、プラズマ計測を対象とした不確実性定量化の実践的研究、および②と③について、モデル不一致があるベイズ推定のスケーリング挙動に関する理論的研究に注力した。以下では特に前者の研究の概略を述べる。

電流や圧力といった物理量の時空間プロファイルを計測することはそのシステムの理解や制御につながる。しかし、計測の分解能や検出器の数、観測ノイズなどの計測における制約から得られる情報は常に不確実性を伴うため、不確実性を如何に定量化し、それを低減するかが重要となる。我々はベイズ統計に基づき、軸対称プラズマにおける物理量の時空間プロファイルを推定し、その不確実性を定量化する手法を開発した。システムが満たすべき物理的制約を支配方程式、計測の制約をガウス過程回帰でそれぞれ表し、共に事前分布として導入することで、限られた計測データから圧力や電流の空間プロファイルを再構成すると共に、その不確実性を低減できることを示した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Nishizawa, T., Tokuda S., Sanpei A., Hasegawa M., Yamasaki K., and Fujisawa A., “Equilibrium reconstruction of axisymmetric plasmas by combining Gaussian process regression and Markov chain Monte Carlo sampling.” *Plasma Phys. Control. Fusion* **67**, 015006 (2024).