

## データ同化と物理モデリング Data assimilation and physics modelling

横山 雅之、森下 侑哉<sup>1</sup>、村上 定義<sup>1</sup>  
Masayuki YOKOYAMA, Yuya MORISHITA, Sadayoshi MURAKAMI

核融合研六ヶ所研究センター、京大院工<sup>1</sup>  
NIFS Rokkasho, Dept. Nucl. Eng. Kyoto Univ.

データ同化技術の核融合課題への適用が進み [1]、さらにデータ同化分野においても先駆的な実時間制御への適用が進展している [2]。

データ同化の過程で、観測データを用いたシミュレーションモデルの最適化が行われるため、例えば、核融合プラズマの熱輸送の問題においては、熱輸送係数の妥当化（観測データに合うモデルの獲得）を行うことができる。

本発表では、熱輸送係数を例にとり、物理モデルとデータ同化によるモデルとの比較を行う。先行研究 [3,4] では、当時の LHD における NBI 放電 8 ケースにおける「8 タイミング（1 タイミング / 1 放電）」の計測イオン温度分布に統合コードによるシミュレーション結果が合うようにイオン熱輸送係数の表式を検討し、ジャイロボームに規格化イオン温度勾配をかけた下記の表式を得た。

$$\chi_i = C_i \frac{T_i \rho_i}{eB a} \left( a \frac{\nabla T_i}{T_i} \right)$$

ここで、 $C_i$  は定数（径方向依存なし）である。また、それぞれの変数は通例に倣っている。このイオン熱輸送係数の表式をそのまま用いて、別の放電における時間発展計算を行うと、図 1 のように、計測イオン温度から逸脱してしまう。このことは、タイミングベースの検討では時系列データへの適合性が保証されないことを意味している。

これに対して、 $C_i$  を状態変数（定数からの変更が可能となる）として、LHD の NBI 放電 12 ケースに対してデータ同化計算を行ったところ、状態変数  $C_i$  の径方向分布がタイミング数分蓄積した。これは、起点とした物理モデル（ $C_i$  = 定数）と現実に合致する妥当なモデルとのギャップを定量的に示すものである。

そこで、この「 $C_i$ 」を何らかの物理パラメータ

で表すことで、現実に妥当な熱輸送モデルの物理解釈が進むことを期待して、 $C_i$  の回帰表現に取り組んでいる。発表では、その取り組みの内容を紹介する。

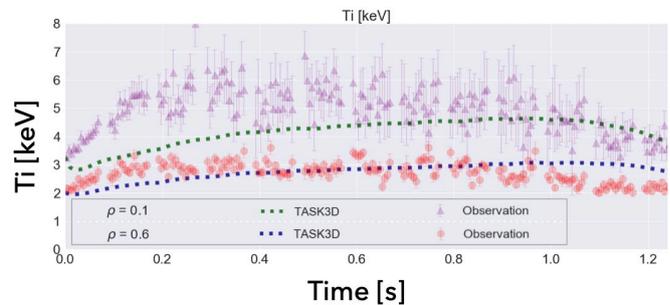


図 1: LHD におけるある NBI 放電のイオン温度計測結果（点、規格化小半径=（上）0.1、（下）=0.6）。点線は、 $C_i$  = 定数のイオン熱輸送係数を用いた統合コードシミュレーションの結果。

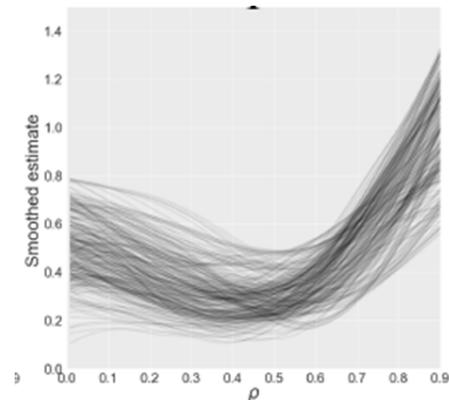


図 2: LHD における NBI 放電 12 ケースに対してデータ同化計算を行った結果得られた  $C_i$  の径方向分布のオーバープロット。縦軸の 1 が、従来の「 $C_i$  = 定数モデル」に対応する。多数のタイミングにおける蓄積であるが、おおよその傾向が見て取れる。

[1] 森下侑哉ほか、本年会22a04.

[2] 森下侑哉ほか、J. Plasma and Fusion Res. 97 (2021) 72. (小特集)

[3] Y. Morishita+, Computational Physics Communications, 274 (2022) 108287.

[4] A. Wakasa+, 39th EPS (2012) P2.028.

[5] S. Murakami+, Plasma Phys. Control. Fusion 57 (2015) 054009.