

データ同化による LHD プラズマ中の磁場揺動構造の同定

Data assimilation method for estimating the structure of the magnetic perturbation in LHD plasma.

鈴木航介¹, 村上定義¹, 大館暁², 山口裕之², 藤原大²
 KOSUKE Suzuki¹, MURAKAMI Sadayoshi¹, OHDACHI Satoshi², YAMAGUCHI
 Hiroyuki², FUJIWARA Yutaka³
 京都大学¹, 核融合科学研究所²
 Kyoto University¹, NIFS²

LHD では高イオン温度モードにおいて高パワー垂直 NBI 入射時に EIC[1] と呼ばれる高エネルギー粒子が駆動する MHD 不安定性が励起されることが知られている。EIC はプラズマの閉じ込め性能を劣化させ、高エネルギー粒子を損失させるので、その現象の解析と制御が重要な課題の一つとなっている。核融合プラズマの磁場揺動は大域的な観測が難しく、EIC の構造は未解明な点が残っている。本研究では、ドリフト運動論解析コード GNET-TD[2] を基に、データ同化手法を導入し EIC の磁場揺動構造を同定することを目指す。データ同化は観測データを用いてシミュレーションを最適化する統計的手法であり、近年では核融合プラズマの統合輸送シミュレーションによる予測にデータ同化 [3] を適用し成果を取めている。本研究では EIC 発生時の磁場揺動パラメータを同定するために、観測データとして EIC 発生時の FIDA(Fast-ion D α) 計測および中性子発生率計測を使用してデータ同化を行う。

GNET-TD には EIC として 1/1 モードの摂動モデルを導入する。GNET-TD にて高エネルギー粒子の速度分布関数の時間発展を計算し、各時刻での中性子発生率を算出する。FIDA 信号の計算には FIDASIM[4] を用いる。データ同化手法は Ensemble Kalman Filter(EnKF) を用いる。EnKF では同定すべきパラメータに確率分布を仮定し、観測データに基づいた最適化を逐次的に実行する。

同化前と同化後の中性子発生率および FIDA 計測のシミュレーション結果の比較を Fig.1 および Fig.2 に示す。同化の結果、予測値が観測値に近づいていることがわかる。また同定された EIC の径方向摂動強度を Fig.3 に示す。

- [1] X.D. Du et al., Phys. Rev. Lett. **114**, 155003 (2015).
 [2] H. YAMAGUCHI et al., Plasma Fusion Res. **8**, 2403099 (2013).
 [3] Y. Morishita et al., Nucl. Fusion **60**, 056001 (2020).
 [4] B. Geiger et al., Plasma Phys. Control. Fusion **62**, 105008 (2020).

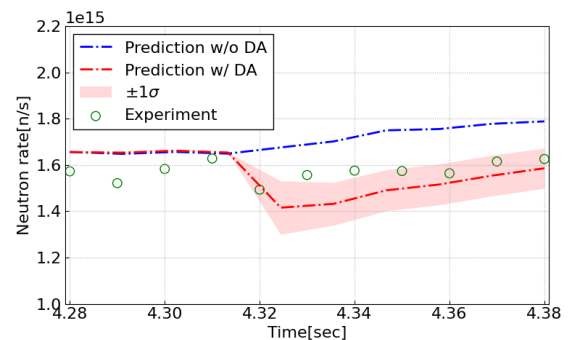


Fig. 1: 中性子発生率の比較

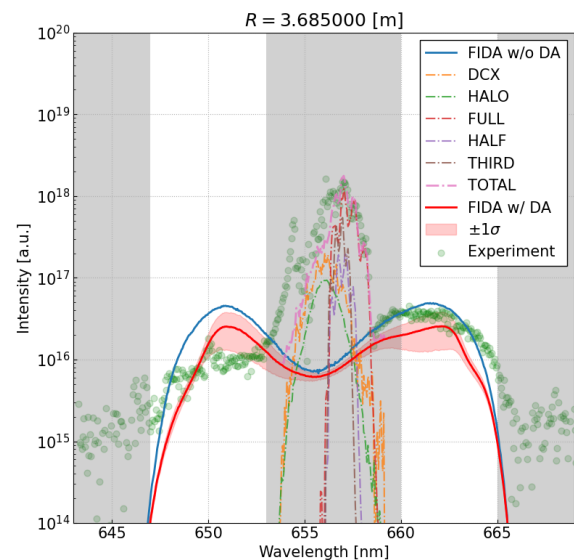


Fig. 2: FIDA の比較

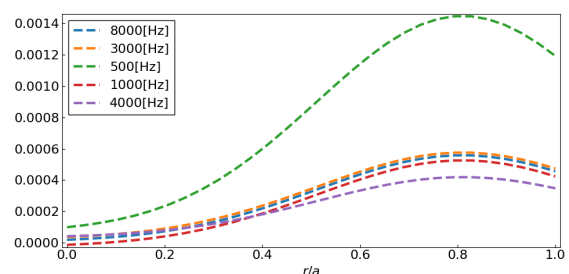


Fig. 3: 径方向の摂動強度