

トラスプラズマにおける3次元データを用いた揺動計測模擬 Numerical diagnostics of plasma fluctuations by using 3-D simulation data in torus plasmas

糟谷直宏^{1,2}, 吉原稜², 井戸毅^{1,2}, 黒田侑², 矢木雅敏³,
沼波政倫⁴, 永島芳彦^{1,2}, 藤澤彰英^{1,2}

KASUYA Naohiro^{1,2}, YOSHIHARA Ryo², IDO Takeshi^{1,2}, KURODA Yu², YAGI Masatoshi³,
NUNAMI Masanori⁴, NAGASHIMA Yoshihiko^{1,2}, FUJISAWA Akihiko^{1,2}

¹九大応力研, ²九大総理工, ³量研, ⁴核融合研

¹RIAM, Kyushu Univ., ²IGSES, Kyushu Univ., ³QST, ⁴NIFS

プラズマ乱流はトラス輸送現象に大きく寄与をするので、その3次元の様相を実験計測によって明らかにする必要がある。統合診断 (synthetic diagnostics) ではシミュレーションデータを用いて計測結果を再現し、定量的解釈を提供する[1]。シミュレーションにより大域的なプラズマ揺動の様相が示されてきているので、そのデータを利用して計測信号を数値的に模擬し、実験とシミュレーションの比較を可能とする。シミュレーションにより異なるモデルを採用していることから、とらえることのできる不安定性、揺動が異なり、閉じ込めプラズマの多様な様相を明らかにするためにも、複数のシミュレーションに対する解析をあわせて行うことが重要といえる。我々は複数のシミュレーションデータを解析できる統合的な数値診断プラットフォームを開発している[2]。データフォーマットの異なる3種類の揺動場データに対して重イオンビームプローブ (HIBP) 計測模擬ルーチンを適用したので、本発表ではそのルーチンの構成と得られる計測模擬結果について報告する。

HIBPは磁場閉じ込めプラズマ中に1価重イオンのビームを入射し、2価に衝突電離した荷電粒子の計測を行うことで、電離点でのポテンシャルや密度などの情報を得ることができる計測器である[3]。現在計画が進展しているプラズマ乱流統合観測装置PLATOトカマクにも複数のHIBPが設置される[4]。HIBP計測の模擬を行うためにはプラズマ中の電位、密度、温度の3次元情報が必要である。今回は簡単化のため衝突断面積をプラズマ中で一定としたので、温度分布は考慮していない。磁気面平均量の分布とともに3次元的な揺動データがあれば揺動計

測についての模擬が行える。ここではMIPS [5]、R4F [6]、FORTEC-3D [7]コードから得られた3次元分布を用いた解析を行う。いずれもトラス磁場配位中での計算結果である。一般に、特定のモデルに基づいた計算ではすべての物理量が含まれているわけではないので、不足分は他のモデルを仮定する。また、座標系もそれぞれのコードのものを用いているので、計測模擬用の座標系に対応させる必要がある。しばしば共通のデータ形式へのマッピングが行われるが、データの情報量を最大限に生かすためにここではデータ形式に応じたオブジェクト指向メソッドの導入を行う。MIPSは3次元MHDコードで、トラス空間を等間隔メッシュで区切った3次元データを生成する。PLATOトカマクにおける圧力駆動MHD小崩壊現象の解析を行った。R4Fは4場簡約化MHDコードで、径方向差分+ポロイダル・トロイダル方向スペクトル展開揺動データを生成する。巨視的MHDモード及び微視的乱流の解析を行った。FORTEC-3Dはドリフト運動論コードで解析用のデータとして磁気面座標上の分布データを生成する。ヘリカル磁場配位での新古典輸送過程から生じる電位分布について解析を行った。それぞれの異なるデータ様式に対する解析プロセスと3次元的な数値診断の現状について説明する。

- [1] C. Holland, *et al.*, Phys. Plasmas **16** (2009) 052301.
- [2] N. Kasuya, *et al.*, 28th Int. Toki Conf. (Toki, Gifu, 2019) P2-01.
- [3] T. Ido, *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **77** (2006) 10F523.
- [4] A. Fujisawa, AIP Conf. Proc. **1993** (2018) 020011.
- [5] S. Tomimatsu, *et al.*, Plasma Fusion Res. **15** (2020) 1403052.
- [6] M. Yagi, *et al.*, Plasma Fusion Res. **2** (2007) 025.
- [7] S. Satake, *et al.*, Plasma Fusion Res. **3** (2008) S1062.