

重イオンビームプローブを用いたトーラスプラズマにおける 3次元揺動計測の模擬

Simulation of 3D perturbation measurement in torus plasmas using a heavy ion beam probe

吉原稜¹⁾, 糟谷直宏^{1,2)}, 井戸毅^{1,2)}, 沼波政倫^{3,4)},
藤田慶二³⁾, 佐竹真介^{3,5)}

YOSHIHARA Ryo¹⁾, KASUYA Naohiro^{1,2)}, IDO Takeshi^{1,2)}, NUNAMI Masanori^{3,4)},
FUJITA Keiji³⁾, SATAKE Shinsuke^{3,5)}

¹⁾九大総理工、²⁾九大応力研、³⁾核融合研、⁴⁾名大、⁵⁾総研大

¹⁾IGSES, Kyushu Univ., ²⁾RIAM, Kyushu Univ., ³⁾NIFS, ⁴⁾Nagoya Univ., ⁵⁾SOUKENDAI

トーラスプラズマにおけるプラズマ乱流はトーラス輸送現象に寄与するため、その3次元的な様相を実験計測により解明する必要がある。統合診断では、シミュレーションデータを用いて数値的に実験計測結果を再現することで輸送現象を定量的に診断する[1]。シミュレーションでは採用するモデルによって、捉えることのできる不安定や揺動が異なり、磁場閉じ込めプラズマの様々な様相を解明するためにも、複数種のシミュレーションデータに対して数値診断を行うことが効果的である。我々は複数のシミュレーションデータに対して複数の解析手法を適用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。本研究では、データ形式の異なる複数の3次元揺動場データに対して重イオンビームプローブ (HIBP) 計測模擬を行うモジュールを開発し、トーラスプラズマにおける揺動計測模擬を行うことが目的である。

HIBPは磁場閉じ込めプラズマ中に1価の重イオンの (1次) ビームを入射し、プラズマ粒子と衝突電離を起こして2価になった荷電粒子の (2次) ビームの計測を行うことで、重イオンの電離点でのポテンシャルや密度に関する情報を得ることができる計測機器である[2]。HIBP計測の模擬を行うためには、計測空間の磁場、プラズマの電位、密度、温度の3次元情報が必要である。3次元の揺動データとして、ここではMIPS [3], R4F [4], FORTEC-3D [5]コードから得られた3次元分布データを用いた解析を行う。入射重イオンの軌道計算を行うことでHIBP計測模擬をする。Fig. 1は大型ヘリカル装置 (LHD) を対象に3次元的に変化する磁場配位中の重イオンビームの軌道計算結果を示

す。実験計測と同様に入射角を掃引することにより電離点 (計測点) の位置が3次元的に変化する。また、空間的な分布計測が可能となる。また、電離点でのポテンシャル計測模擬について、有限幅メッシュを用いる計算誤差は入射ビームエネルギーの10⁻⁵%以下 (電位誤差10⁰[V]以下) に抑えることができた。さらに、これまで単純化の為にプラズマ温度を一様としていたが、温度分布を考慮することでビームの経路上の効果を含んだビーム強度の評価を行うことで、プラズマ密度に関する情報を得ることができた。

発表では、トカマクプラズマ、ヘリカルプラズマに対してHIBP計測模擬を行い、電位および密度の分布・揺動計測可能性について議論する。

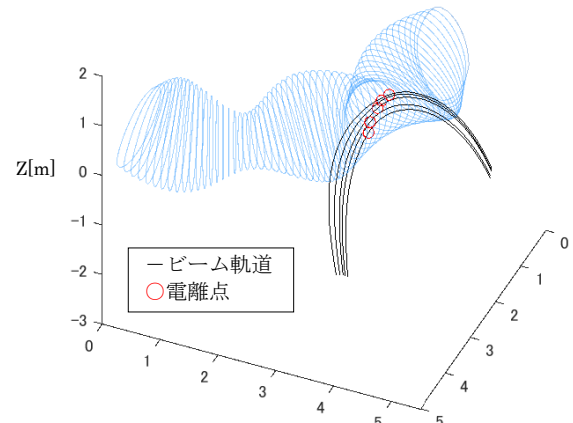


Fig. 1. LHD磁場配位における重イオンの入射角を掃引したビーム軌道シミュレーション

- [1] C. Holland, *et al.*, Phys. Plasmas **16** (2009) 052301.
- [2] T. Ido, *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **77** (2006) 10F523.
- [3] S. Tomimatsu, *et al.*, Plasma Fusion Res. **15** (2020) 1403052.
- [4] M. Yagi, *et al.*, Plasma Fusion Res. **2** (2007) 025.
- [5] S. Satake, *et al.*, Plasma Fusion Res. **3** (2008) S1062.