

## プラズマ乱流全域マルチスケール観測と装置設計 Global Observation in Multi-scale on Plasma Turbulence and Device Design

<sup>1,2</sup>藤澤彰英、<sup>3</sup>松岡啓介、<sup>1,2</sup>永島芳彦、<sup>1,2</sup>稲垣滋、<sup>3</sup>伊藤公孝、<sup>1,2</sup>伊藤早苗  
<sup>1,2</sup>A. Fujisawa, <sup>3</sup>K. Matsuoka, <sup>1,2</sup>Y. Nagashima, <sup>1,2</sup>S. Inagaki, <sup>3</sup>K. Itoh, <sup>1,2</sup>S-I. Itoh

<sup>1</sup>九州大学応用力学研究所、<sup>2</sup>伊藤極限プラズマ研究連携センター、<sup>3</sup>核融合科学研究所  
<sup>1</sup>RIAM & <sup>2</sup>Itoh Research Institute for Plasma Turbulence, Kyushu University, <sup>3</sup>National Institute for Fusion Science

自然界および実験室のプラズマは多くの場合、不均一な磁場と共に存在する。そのため乱流プラズマの特性を明らかにするには、ダイバージェンス・フリーである磁場の性質を考慮して閉じた磁場中の乱流プラズマを扱う事が本質的である。核融合のための磁場閉じこめの研究では磁場形状によるプラズマ性能の違い（たとえばトカマク型装置では自発プラズマ流、ヌル点の位置による H モード閾値、ELM 特性など）が知られている。磁場構造や形状（トカマクに関してはポロイダル非対称性）に応じた磁気面上での電場や乱流の自発的対称性の破れが原因として考えられ、磁場構造に対する乱流の応答を明確に観測する必要がある。

実際にトーラスプラズマでは、Pfirsch-Schlüter 電流に伴う電場の上下非対称性、乱流および乱流輸送の局在により Stringer's spin-up として知られる機構（およびポロイダル流のトロイダル流との結合により 3 次元的な回転流の駆動、測地曲率に起因する対称な円筒型プラズマでは生じない測地線音波モード（GAM 帯状流の振動ブランチ）が観測され、GAM のダイナミックシアリングによる乱流の上下非対称性も理論的に予測されている。最近のステラレータ実験では、乱流や乱流輸送がポロイダル方向のある位置に局在する事も示されている。プラズマ乱流は磁場の局所磁場構造（主曲率、測地曲率など）に影響され磁気面上で局在あるいは不均一でありプラズマの構造形成とダイナミクスに大きな影響を与えていることが予想される。

一方、現代では、様々なスケールに基本的な揺らぎ構造とも言うべき存在（たとえば、ミクロスケールのドリフト波、ドリフト波から作られる帯状流、GAM、ストリーマなどのメソスケール構造、ドリフト波から作られる巨視的模式など）が同定され、ミクロスケールの乱流がメソやマクロの流れを生み出し、そのプラズマ流が再帰的にミクロ乱流を規定する事で

プラズマ乱流構造が維持されていることが知られている。

この描像とともに、閉じた磁場中にある乱流プラズマの性質を磁気面一定の了解から離れて 3 次元構造の下で探究するためには、プラズマ全域を、巨視的揺らぎ構造や帯状流（プラズマ半径程度の相関長をもつ可能性もある）とともに局所的なマイクロ揺らぎ（ドリフト波）を同時に、それらの非線形相互作用とともに観測することが不可欠である。そのための新しい大域観測のためのトーラスプラズマ実験装置の設計が完了している[1]（図 1 参照）。また、プラズマを大域的に観測できる計測法の開発のため

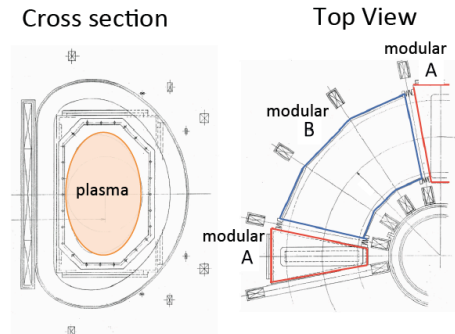


図 1.1 乱流ドック断面図と鳥瞰図(1/4 部分のみ表示)

めに、現在、九州大学の直線装置 PANTA では、トモグラフィーによる観測法を開発している。この装置は磁場が 0.1T 程度でアルゴン等のプラズマを生成し、乱流の基本サイズであるイオンラーマー半径は cm のオーダーとなりミクロからマクロスケールまでの同時観測が可能である。本講演では、プラズマ乱流の研究を進めるために必要なトーラスプラズマ装置の概念設計と直線装置で行なわれているトモグラフィーの結果について報告する。

### 【参考文献】

[1] 乱流実験トーラス装置の設計 応用力学研究所の所内報 松岡啓介 第141号(51-85) 2011年9月。