

複合プローブを用いたトーラスプラズマの イオン速度場および電場の多次元測定法の開発

Development of an all-in-one probe for simultaneously measuring ion velocity, magnetic, and electric fields in toroidal plasmas

高岡亮太¹, 佐々木貴弘¹, 芦田有司¹, 井上孟流¹,
三瓶明希夫¹, 比村治彦¹, Abdulgader Almagri², Karsten McCollam²
R.Takaoka, T.Sasaki, Y.Ashida, T.Inoue,
A.Sanpei, H.Himura, A.Almagri, K.McCollam

¹ 京都工繊大・電子システム工学専攻, ² ウィスコンシン大学・物理学専攻

¹Department of Electronics, Kyoto Institute of Technology,

²Department of Physics, University of Wisconsin

背景と目的

プラズマの巨視的なダイナミクスを理解するために従来より用いられてきたMHDモデルでは、イオン流体と電子流体が同じ速度場を持つと仮定されている。イオンスキン長が装置の代表長さよりも十分短い場合、巨視的に見れば、イオンと電子は一体となって運動していると考えて差し支えない。しかし、この場合でも、例えば磁気リコネクションのように、イオンスキン長程度の短いスケールにおけるイオンと電子の異なる運動が、プラズマの巨視的なダイナミクスを支配していると考えられる例がある。また、トカマクプラズマのエッジ領域のように、イオンの密度が小さくなる場合には、イオンスキン長が装置の代表長さ程度に拡大されるため、イオンと電子が同じ速度場を持つと考えることに合理性はなくなる。

このように、イオンと電子の異なる運動が重要になると考えられるケースは多くあるものの、実際にトーラスプラズマでイオンと電子が異なる運動をしていると観測された例はない。これを確かめるための最もシンプルで直接的な方法は、イオンと電子の速度場を実際に測定することである。電子の速度場はプラズマ電流や磁気プローブから算出できるが、イオンの速度場を測定するためにはマッハプローブ [1] が必要である。今回、我々はイオン速度場の三成分を測定するための三軸マッハプローブを開発している。

正四面体型マッハプローブ

三軸マッハプローブの一つとして、正四面体型マッハプローブを開発した。正四面体型マッハプローブは、正四面体の各頂点の位置にイオン捕集用電極が配置さ

れており、さらに各電極の面は正四面体の重心に向くようにコリメートされている。各電極の位置におけるイオン温度が等しければ、各電極で観測されるイオン飽和電流からイオンマッハ数と流れの向きを測定することができる。Fig.1に、RFP実験装置RELAX[2]の代表的な放電において、正四面体型マッハプローブの各電極で得られるイオン飽和電流の時間発展を示す。各電極で観測されるイオン飽和電流 [3] の間には有意な差が見られる。これは、プラズマが流れを持っていることを示唆している。本発表では、RELAX装置において、製作した正四面体型マッハプローブを用いて得られたイオン飽和電流およびイオンマッハ数について議論する。

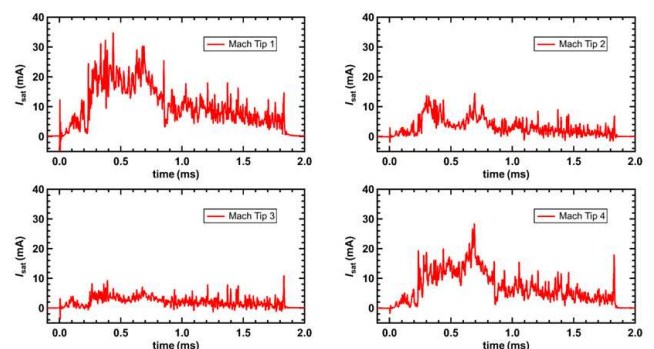


Fig. 1: RELAX 装置に代表的な放電において、正四面体型マッハプローブの各電極で観測されるイオン飽和電流の一例。

- [1] J. P.Sauppe *et al.*, PoP 23, 032303 (2016).
[2] S. Masamune *et al.*, JPSJ 76, 123501 (2007).
[3] 高岡亮太, 比村治彦, プラズマ・核融合学会誌 (投稿中) (2022).