

磁気プローブと平衡モデルを用いた磁気ヘリシティの保存性に関する研究 Experimental study of conservation of magnetic helicity

using magnetic probes and equilibrium models

佐々木貴弘、高岡亮太、芦田有司、井上孟流、
稲垣泰一郎、小嶋夏葵、三瓶明希夫、比村治彦

Takahiro Sasaki, Ryota Takaoka, Yuji Asida, Takeru Inoue,
Shinichiro Inagaki, Natsuki Kojima, Akio Sanpei, Haruhiko Himura

京都工繊大 電子システム工学専攻

Department of Electronics, Kyoto Institute of Technology

プラズマの流体的取扱い方法として用いられているMHDモデルはプラズマを単一の流体であるとみなしており、これによってこれまで、様々な現象について論じられてきた。しかし、このMHDモデルには多くの近似が含まれており、測定技術の発展により、このモデルでは説明できない現象が観測され始めた。そこで、近年では、二流体プラズマとしての取り扱いへと拡張が行われている。これに伴い、プラズマをイオン速度場 $\vec{u}_i(\vec{r})$ や電子速度場 $\vec{u}_e(\vec{r})$ が陽に現れる。この二流体モデルでは、プラズマは正準フラックスチューブに凍結すると予測されている。また、正準フラックスチューブの捻じれ具合は正準ヘリシティという物理量で表される。この正準ヘリシティは、磁気ヘリシティ、クロスヘリシティ、渦度ヘリシティの和である。そこで本研究では、正準フラックスチューブに凍結し、また正準ヘリシティを保存しつつ、各ヘリシティ間でヘリシティを輸送することの世界初の検証を行う。

正準ヘリシティの保存性を確認するために、まず磁気ヘリシティの保存性についての検証を行う。一般的にヘリシティはエネルギーよりも長く保存される不変量である。したがって、テイラーの緩和理論でも、プラズマ緩和の間、磁気ヘリシティはエネルギーよりも長く保存されると仮定されている。実際、磁気ヘリシティの保存はエネルギーよりも長いことが観測されている。[1]ところが、その実験では、磁気ヘリシティでさえ、数%の損失が見られていた。二流体モデルにおいては、上記の損失の原因がクロスヘリシティや渦度ヘリシティへのヘリシティ輸送と考えることが可能になる。これを確かめるため、RELAX装置においても、実際に磁気ヘリシティの損失や散逸が起きているのかの実験的検証から開始する。そのために、まずエッジ部での磁場の時間変化量を3軸測定用の磁気プローブで測定を行う。Fig. 1は、実際に計測に用いた磁気プローブを示している。

得られたデータを用いて、平衡再構成を行うことで磁気ヘリシティの保存性を確かめている。Fig 2はトロイダル磁場とポロイダル磁場の大半径方向の初期解析結果の例を示している。本講演では、磁気ヘリシティの保存性を検証した初期結果について発表する。



Fig 1:エッジ部での磁場測定用の磁気プローブの写真

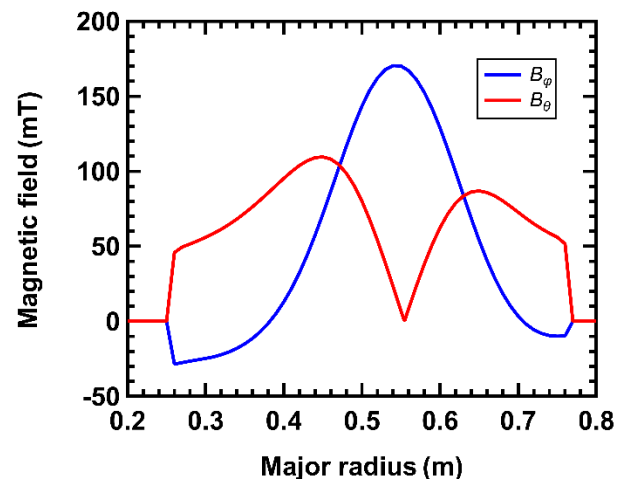


Fig 2:測定した磁場信号をもとに平衡再構成を行った結果

[1] H. Ji *et al.*, Phys. Rev. Lett. **74**, 2945 (1995).