

PANTA における磁気プローブ法の開発

Development of magnetic probes in PANTA

山下哲生¹, 永島 芳彦^{2,3}, 稲垣滋^{2,3}, 小林達哉¹, 山田宗太郎¹, 大坪聡¹, 柿川伸介¹, 満菌友宏¹, 三輪祐大¹, 藤野博充¹, 矢木雅敏^{3,4}, 糟谷直宏^{2,3}, 佐々木真^{2,3}, Maxime Lesur³, 藤澤彰英^{2,3}, 伊藤早苗^{2,3}, 伊藤公孝^{3,5}
九大総理工¹, 九大応力研², 伊藤極限プラズマ研究連携センター³, 日本原子力研究開発機構⁴, NIFS⁵

Tetsuo YAMASHITA¹, Yoshihiko NAGASHIMA^{2,3}, Shigeru INAGAKI^{2,3}, Tatsuya KOBAYASHI¹,
Soutaro YAMADA¹, Satoru OHTSUBO¹, Shinsuke KAKIGAWA¹, Tomohiro MITSUZONO¹,
Yudai MIWA¹, Hiromitsu FUJINO¹, Masatoshi YAGI^{3,4}, Naohiro KASUYA^{2,3}, Makoto SASAKI^{2,3},
Maxime Lesur³, Akihito FUJISAWA^{2,3}, Sanae-I. ITOH^{2,3} and Kimitaka ITOH^{3,5}
Kyushu Univ.¹, RIAM Kyushu Univ.², Itoh Research Center for Plasma Turbulence³, JAEA⁴, NIFS⁵

1 背景と目的

近年、乱流プラズマにおいて帯状磁場構造が観測され[1]、磁化プラズマ乱流における磁場揺動の構造形成機構の理解が求められている。実験室プラズマにおける磁場揺動と電流・磁場構造等の同時計測はダイナモ理論の検証にとって重要である。これまで直線プラズマ装置 PANTA (Plasma Assembly for Non-linear Turbulence Analysis)では、プラズマ乱流の構造形成機構の理解のため静電プローブによる静電揺動及び流れ構造（マッハプローブ）の計測が主体的に行われてきた。一方、PANTA ではエンドプレートバイアス電極を用いて外部から運動量等を印加した時の乱流の動的応答を調べる実験も行っている。バイアス印加によりプラズマ中に電流が流れるが、近年の研究によってこの電流の3次元構造特に電流の軸方向分布の理解が、バイアスを効果的に行う上で重要であるとの認識が高まった[2, 3]。プラズマ乱流起源の磁場揺動やバイアス印加時の電流・磁場構造の変動も含めて統合的に理解するために静電揺動に加え磁場揺動の計測を行う必要がある。

本研究では、PANTA において磁場変動を観測するための磁気プローブ[4]を開発している。

2 磁気プローブと実験方法

PANTA は、ヘリコン波（7 MHz, 3 kW）により直線円筒形アルゴンプラズマ（直径：0.1 m, 長さ：4 m）を生成する。軸方向の一様外部磁場 $B = 0.09$ T 及びアルゴンの中性粒子圧を 1 ~ 4 mTorr の条件下で変化させ実験を行う。

磁気プローブの構造は、外径 12 mm、内径 8 mm のセラミックチューブ中に周方向及び径方向磁場変動を検出可能な磁気プローブボビンを 2 つ

収納する。PANTA プラズマではポテンシャル揺動が強く、磁気プローブ回路では、磁場揺動のほかに、回路の不均衡に起因する差動成分が重畳する可能性があるが、差動回路(Gain は 100 倍)によりポテンシャル変動成分の混入を抑止した。

次に、その磁気プローブを用いてバイアス実験時の電流構造の観測に着手した。観測した軸方向位置は、バイアス電極そばと真空容器中心よりソース寄りの 2 点である。バイアス実験では、エンドプレート電極に 10-15V の矩形バイアスを印可する事で 2-10 A の電流が矩形状に流れる。この電流の立ち上がりや立ち下がりによる磁場の変動を磁気プローブにより計測し、電流情報の取得を試みた。その結果、ソース寄りの観測点では有意な信号が得られなかった一方、バイアス電極近くの観測点では微分信号と思しき波形を検出した。

講演では、バイアス実験時の磁気プローブ信号の詳細な検証結果、信号の軸方向及び径方向構造の放電条件に対する依存性や、磁気プローブ信号スペクトルの詳細な検証結果について発表する。

本研究の一部は科学研究費基盤研究 S(21224014)の援助により行いました。

[1] A. Fujisawa et al., Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 165001

[2] 日本物理学会2012年 年次大会、連続講演 25aYE-1:6

[3] 日本物理学会2012年 秋季大会、連続講演 21aFA-1:2

[4] Tuji Keiichirou -Fundamental of plasma diagnostics (in Japanese)- Plasma nuclear fusion society, 1990, Corona Publishing