

22P-1F-19

有限の温度を持つ二流体プラズマの反差動剛体回転平衡解 の導出とその検証実験

Verification of the counter differential rigid-rotation equilibrium of two-fluid plasma with finite temperature

中島雄太郎、岡田敏和、比村治彦、三瓶明希夫
Nakajima Yutaro, Okada Toshikazu, Himura Haruhiko, Sanpei Akio

京都工芸繊維大学・電子システム工学専攻
Department of Electronics, Kyoto Institute of Technology

本発表では、電氣的に非中性で有限の温度を持つ二流体プラズマの反差動剛体回転平衡解の導出と、その検証に向けた方位角方向の速度の測定実験について報告する。

近年、一流体MHDモデルに適さないプラズマの現象を二流体プラズマモデル[1]によって解析する研究が盛んに行われている。この研究は、準中性条件が課されたモデルだけではなく、イオン密度と電子密度の異なるプラズマを対象とした非中性プラズマの理論研究の中でも行われている。Davidsonは、一様磁場中に円筒状に閉じ込められた、電氣的に非中性で冷たい二流体プラズマに対し、二次元の差動剛体回転平衡[2]を導出した。この平衡におけるイオン及び電子プラズマは、異なる角速度で剛体回転する。その回転の方向は自己電場 E と一様磁場 B によって、 $E \times B$ の方向と決まる。しかしながら、温度が有限の二流体プラズマの平衡解はこれまでに導出されていない。加えて、Davidsonが導出した平衡はプラズマの温度が0 eVのコールドプラズマを仮定しているが、コールドプラズマで実験的検証は行われていない。

我々は、Davidsonが導出した差動剛体回転平衡モデルを拡張し、有限の温度を持つ二流体プラズマの反差動剛体回転平衡[3]を非線形Poisson方程式の自己電位分布の解を用いて数値的に導出した。計算の中で、剛体回転するイオン及び電子プラズマの角速度の値をパラメータとして平衡解計算を行い、平衡解計算によって得られた自己電位分布からイオン及び電子密度分布を求めることで二流体プラズマ中の反磁性ドリフトと $E \times B$ ドリフトの径方向依存性を調べた。これにより、イオン及び電子プラズマの回転方向が反磁性ドリフトと同じく、互いに逆回転にあるときにのみ二流体プラズマの平衡解が得られることが明らかになった。

また、反差動剛体回転平衡状態を実験的に検

証するために、A. J. Theissらが剛体回転する電子ビームに対して行ったワイヤーを用いた計測手法[4]を応用し、イオンプラズマの方位角方向の速度場の測定を行っている。本手法では、FIG. 1で示すように、磁力線に沿って蛍光盤付MCPへ入射されるプラズマにワイヤーの影を付け、その影の回転角から方位角方向の速度場を計測する。イオンプラズマの方位角方向の速度場を測定する場合、カメラのフレームレートを上げることでワイヤーの影の撮影が可能となる。この結果について考察を行う。

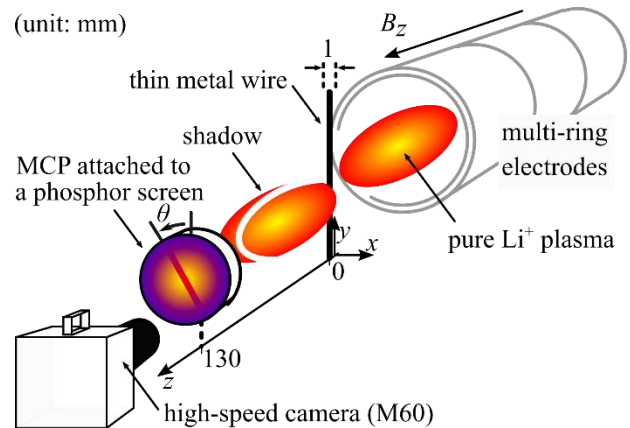


FIG. 1: ワイヤーを用いたプラズマの方位角方向の速度場を測定する実験の模式図。

[1]: U. Shumlak, R. Lilly, N. Reddell, E. Sousa, and B. Srinivasan, *Comput. Phys. Commun.* **182**, 1767 (2011).

[2]: R.C. Davidson, *Theory of Nonneutral Plasmas* (W.A. Benjamin, 1974).

[3]: Y. Nakajima, H. Himura, and A. Sanpei, *J. Plasma Phys.* **87**, 905870415 (2021).

[4] A. J. Theiss, R. A. Mahaffey, and A. W. Trivelpiece, *Phys. Rev. Lett.* **35**, 1436 (1975).