

開放端磁場における超音速弱電離プラズマの電位形成 Numerical Study on Potential Formation of Weakly Ionized Plasma Flowing Supersonically Through Open Field Line

ラーオスタラー アンパン¹, 赤塚 洋²
Laosunthara Ampan, Akatsuka Hiroshi

東工大原子核¹, 東工大原子炉²
Tokyo Tech Nuclear Engineering¹, Nuclear Reactors²

序論

・プラズマは磁場や電場により、影響を受ける。すなわち電場や磁場によるプラズマの制御が可能で、様々な分野での応用が期待されている。例えば開放端磁場は磁気ノズルとして荷電粒子に作用し、熱エネルギーが並進エネルギーに変換されることで超音速プラズマを加速させる⁽¹⁾。この事実は宇宙工学や材料加工に応用できる^{(2),(3)}。イオンが加速されることによって望ましくないこともある。トカマク型核融合炉のダイバータ周辺の損傷がその例である⁽⁴⁾。

以上のことから、プラズマと磁場の相互作用を理解することは重要である。完全電離でないプラズマ、とりわけ高速の流れ場の中で弱電離プラズマの電磁場との相互作用を理解するのは簡単ではない。中性粒子は電磁場には作用されないが、イオンと衝突することによってエネルギーをやり取りすることがある。その為、場合によっては電離や、イオンとの電荷交換などの素過程をも議論する必要がある

計算原理

・本研究は先行研究⁽⁵⁾の電子イオン間の速度差の条件を課さず、電子の連続の式と電子の運動量方程式により、電子速度を決定する。しかし、計算の単純化のため、局所熱力学平衡条件を仮定した。つまり、電子温度とイオン温度が等しいとする。電子速度のほか、空間電位も電子の連続の式と電子の運動方程式を用いて、電子速度を求め、Self-Consistent な空間電位も計算することとする。本稿はその空間電位の計算結果について述べる。

計算結果

・電位の計算結果は図1に示した。まず、電位の全体図であるが、先行研究と比べて電位の変化の幅は大きく異なる。先行研究の電位は約 1.0 V の変化に対して、本研究は約 4.5V の幅の変化である。本研究は先行の計算研究よりも、実験の電

位に近い値を結果として与えた。先行研究の電位は下流に流れるに連れて減少する傾向があるのに対して、本研究の電位は減少した後、電気的な障壁のようなものが、 $z = 0.05 \sim 0.20$ m にかけて見られる。しかし、実験結果より、大きな傾きを持つことがわかる。言い換えると強い電場が存在したこととなる。その電場を減少させる仕組みが必要であると考えられる。それが電流であると考えられる。

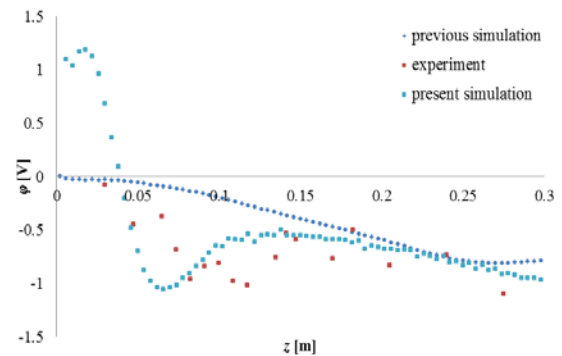


図1 z 軸の電位の実験、先行研究、本研究

Fig 1. Experiment and Simulation of Potential on z axis

文 献

- 1) K. Yoshida et al., "Ion Acceleration in Arc Jet Plasma Along Open Field Lines", *IEEE Trans.*, 37, pp.1414-1418 (2009).
- 2) H. Tahara et al., "Effects of Applied Magnetic Fields on Performance of a Quasisteady Magnetoplasmadynamic Arc jet", *J. Propulsion Power*, 11, pp. 337-342 (1995).
- 3) H. Tahara et al., "Performance and Acceleration Process of Quasisteady Magnetoplasmadynamic Arcjets with Applied Magnetic Fields", *J. Propulsion Power*, 13, pp. 651-658 (1997).
- 4) 鈴木哲 et al., 「ダイバータの構造を理解する」, *J. Plasma Fusion Res*, 82, pp.699-706 (2006).
- 5) S. Tsuno et al., "Numerical Study on Acceleration and Deceleration Mechanism of Weakly Ionized Plasma Flowing Supersonically Through Open Field Line", *IEEE Trans.*, 42, pp.3732-3741(2014).