

磁気チャンネル中遷音速プラズマ流とイオン比熱比の評価

Transonic plasma flow in a magnetic channel and evaluation of γ_i

磯部 裕和 [1]; 牧田 崇宏 [1]; 服部 邦彦 [1]; # 安藤 晃 [1]; 犬竹 正明 [1]

Hirokazu Isobe[1]; Takahiro Makita[1]; Kunihiko Hattori[1]; # Akira Ando[1]; Masaaki Inutake[1]

[1] 東北大院・工

[1] Dept. of Electrical Engineering, Tohoku Univ.

磁力線に沿って流れるプラズマ中の流速場計測は、宇宙プラズマ等の基礎研究をはじめ、磁場閉じ込めプラズマ特性評価や各種応用研究にとって大変重要である。

我々はこれまでに高密度電磁流体実験装置 HITOP 装置を用いて、MPDA (Magneto-Plasma-Dynamic Arcjet) により生成した高密度プラズマ流を用い様々な磁場形状中を流れる高速プラズマ流の研究を行ってきた。この MPDA プラズマを用いることで密度が 10^{17}m^{-3} から 10^{20}m^{-3} までの広範囲にわたって、イオンマッハ数 M_i が 1 以上の超音速領域でのプラズマ流の生成・制御が可能である。HITOP では最大磁場強度 0.1T で様々な直線型磁場配位を形成できるため、密度条件を変えることで、イオンのホールパラメータとして 100 以上または、1 以下の値が実現できる。これにより、プラズマ中のイオンが粒子的振る舞いを主とする領域から圧縮性連続流体としてふるまう領域までプラズマパラメータを変えながら様々な磁場配位中に流れるプラズマ流の振る舞いについて観測を行ってきた。特に、密度が高くなり、プラズマ中のイオンが圧縮性連続流体として振る舞うようになると、電子は磁化されていることから磁力線に沿って流れるプラズマ流はちょうど連続流体が固体壁に沿って流れるようにプラズマパラメータが変化し、この時、電子とイオンの比熱比 g_e 、 g_i が重要な役割を果たすことが明らかとなった。一般の気体力学に示されるように固体壁のラバールノズルを通過する圧縮性流体では、スロート部でのノズル断面積を A とすると、マッハ数 M はノズル断面積 A と相関があり、ノズルスロート部でマッハ数が 1 となり、亜音速流が超音速流へと移行することはよく知られている。高密度条件下のプラズマ流においても収束発散型のラバールノズルに流入した場合、亜音速 (M_i は 1 以下) 流は、ラバールノズルを通過することによって超音速 (M_i は 1 以上) 流に移行する事が観測され、その際、ノズルスロート部で $M_i=1$ となった。この遷音速現象を利用することにより、プラズマ流中でのイオン比熱比 g_i の評価を行うことが出来る。

今回、HITOP において、ラバール型磁気ノズルを通過した際の流速場をマッハプローブを用いて計測した。ノズルスロート部及びその前後での M_i を求め、等エントロピー 1 次元流の理論値との比較を行った結果、 g_i が 1.2 のときに実験値と理論値は良く一致した。また、スロート部で $M_i=1$ となることから g_i の値を評価することが可能であるため、これらの方法を用いて、 g_i の時間変化を調べた結果について報告を行う。実験では、 g_i は放電開始直後は 2 以上の値を示したが、徐々に 1 に近づいていくことが観測され、またプラズマの密度条件を変えることで g_i の値も変化することが観測された。さらにこれらの観測値を確認するためにプラズマ流中にイオン音波を励起し、その伝搬速度より g_i の評価を行うことも試みている。