

円形アパチャーを有した Retarding field analyzer を用いた
平行および垂直方向イオン温度の同時推定

**Simultaneous evaluation of parallel and perpendicular ion
temperatures using an apertured retarding field analyzer**

高橋宏幸¹, 清野智大¹, 西村涼汰¹, 吉村溪冴¹, 菅野耀広¹, 原智也¹, 高橋優作¹,
松山顕之², 飛田健次¹

Hiroyuki Takahashi¹, Tomohiro Seino¹, Ryota Nishimura¹, Keigo Yoshimura¹ *et al.*

東北大院工¹, 量研六ヶ所²
Tohoku Univ.¹, QST Rokkasho²

1 背景および目的

プラズマ対向壁のスパッタリング率がイオンエネルギーに依存するなどの理由から、磁力線に平行・垂直方向のイオン温度 ($T_i^{\parallel}, T_i^{\perp}$) は磁場閉じ込め装置の、特に周辺プラズマ領域において重要な研究対象である。Retarding field analyzer (RFA) によって T_i^{\parallel} を得る事が可能であり、数十 μm 程度の幅のスリットを有したプレート、2-3枚のグリッド、およびイオン捕集用のコレクタから成る構成が一般的である。プラズマ対向面にはスリットプレートではなく円形アパチャーが採用されることもある。通常 RFA ではラーマー運動を前提とする解析は行わないが、我々はイオンラーマー半径の大きさや案内中心の位置に応じて速度の選択性が生じる事に注目し、以下の3項目を計算によって明らかにする事を本研究の目的とした; (1) T_i^{\parallel} の導出に対する速度選択性の影響、(2) 選択性の影響を受けない T_i^{\parallel} 導出方法、(3) 選択性を逆手にとった T_i^{\parallel} と T_i^{\perp} の同時推定の可能性。

2 結果

図1は $T_i^{\parallel} = T_i^{\perp} = 1 \text{ eV}$ とした場合の計算結果である。図1(上)の r は RFA 中心軸とイオン案内中心との距離を表す。速度空間における座標が各曲線の内側となるイオンのみが RFA のコレクタに捕集される。従って、このような速度境界の存在は速度の選択性が生じる事を意味する。 $r = 1 \text{ mm}$ に着目すると、横軸が十分に大きい領域では規格化した垂直速度が 1.6 以下のイオンのみが RFA に捕集される。また、 r が異なると速度選択性が異なる様子も読み取れる。速度の選択性を満たしたイオンによるイオン電流から $I-V$ 特性を求め、その傾きから評価したイオン温度 (T_i^{RFA}) をプロットすると図1(下)のようになる。横軸はイオンエネルギー弁別のためのグリッド電位である。図

1(下)が示すように T_i^{RFA} は明らかなグリッド電位依存性を示している。グリッド電位が大きい領域では T_i^{RFA} は T_i^{\parallel} に漸近するものの、電位の低い領域では2倍程度の過大評価が生じる事が分かった。即ち、速度の選択性は T_i^{\parallel} の過大評価を引き起こす。

講演では、提案したモデルの詳細やイオン温度の過大評価が生じる原因の解釈を紹介する。加えて、選択性の影響を受けないための方法や選択性を逆手に取った T_i^{\parallel} と T_i^{\perp} の同時推定の可能性を初期的な実験結果と比較しながら紹介する。

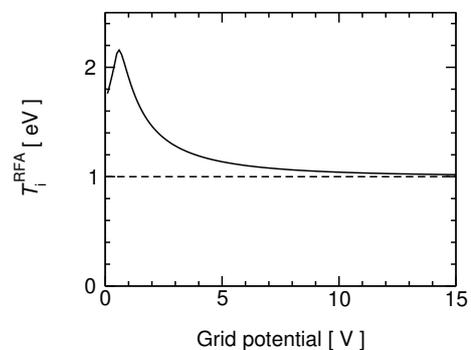
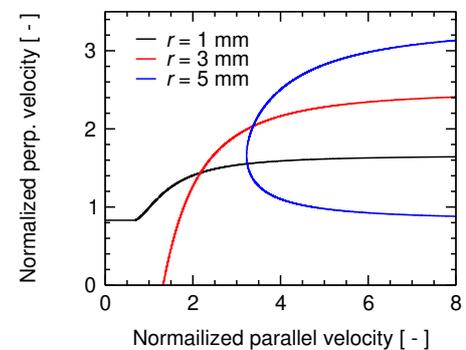


Fig. 1: (上) ラーマー運動によって生じる速度の選択性。縦軸と横軸は熱速度で規格化されている。(b) 予想される $I-V$ 特性から求まるイオン温度のグリッド電位依存性。