

重水素プラズマにおける壁面位置でのDD中性子入射角及びエネルギースペクトル ～重陽子速度分布関数形状に対する感度解析～

Incident angles and energy spectra of DD neutrons at wall positions in deuterium plasmas
～ Sensitivity analysis for deuteron velocity distribution function shape～

直井基将¹, 松浦秀明¹, 木村建斗¹, 梅崎大介¹, 福田理仁¹

NAOI Motomasa¹, MATSUURA Hideaki¹, KIMURA Kento¹, UMEZAKI Daisuke¹, FUKUDA Takahito¹

¹九大院工

¹Kyushu Univ.

1. 緒言

核融合プラズマにおいてイオン速度分布関数上に非Maxwell成分が形成されると、中性子放出スペクトルに歪みが生じる[1]。この中性子放出の非等方性をイオン速度分布関数の診断に利用できる可能性がある[2]。診断精度を高めるためには、壁面位置・入射角度で分解した中性子エネルギースペクトルの情報を得る必要があるが、この場合、十分な量の計数率及び分布関数の変化に対する計数率の十分な変化量（感度）が得られるかを予め確認しておく必要がある。本研究では、単純なトーラス体系を想定し、模擬的な速度分布関数を仮定して、速度分布関数の変化により入射スペクトルがどの程度敏感に変化し、その変化量が検出可能な範囲であるかを評価した。詳細な解析の前に、原理的に同手法が可能であるか否かを確認することを目的とした。

2. 解析方法

重水素プラズマを対象として、重陽子速度分布関数にバルク成分と非Maxwell成分をそれぞれMaxwell分布で表した二温度Maxwell分布モデルを採用した。非Maxwell成分のピッチ方向の分布にはGauss分布を採用し、2次元速度分布関数の速度成分とピッチ成分を変えることで、様々な分布関数を模擬した。与えた重陽子速度分布関数を用いて中性子二重微分放出スペクトル[3]を計算し、その放出スペクトルを中性子源として、任意の壁面位置における入射角度・エネルギーで分解した中性子入射エネルギースペクトルを計算した。解析では主半径2.93 m、小半径1.5 mのトーラス状壁面を想定した。

3. 検討結果

中心イオン温度8 keV、イオン密度 $5 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ のプラズマを想定した。Fig.1 (a) (b)にピッチ角方向のピークの位置が $\mu_{peak} = -1, 1$ にある場合の重陽子速度分布関数を示す。又、ポロイダル角 $\theta = 0^\circ$ 位置でポロイダル入射角 $l_p = 90^\circ$ 、トロイダル入射角 $l_t = 137^\circ$ (l_p, l_t : ポロイダル・トロイダル断面で中性子入射ベクトルと壁面における法線ベクトルとのなす角)で分解[2]した場合の中性子入射エネルギースペクトルをFig.2に示す。 $\mu_{peak} = 1$ の時、検出器直径5 cm、エネルギー分解能100 keVとした場合、 $\Delta l_p, \Delta l_t$ 1°当たりに入射する3 MeV \pm 100 keV中性子の数は 10^5 n/s程度であることを確認した。又、Fig.3に入射中性子数を非Gauss成分のエネルギー(左軸: 2 MeV(低エネルギー側)、右軸: 3 MeV(高エネルギー側))の入射中性子数で規格化した値を μ_{peak} の関数として示す。 μ_{peak} の変化に対して入射中性子数が変化し、Fig.1の場合には検出器を $\theta = 0^\circ$ 位置で $l_p = 90^\circ, l_t = 137^\circ$ 方向に置くことで差を計測できる可能性がある。今後、速度分布関数の歪みが小さい場合に対しても評価が必要である。発表では他の速度分布関数の形状を決定するパラメータに対する影響や検出器の効率等も含めて議論する。

[1] H. Brysk, Nucl. Fusion, **15**, 611(1973).

[2] S. Sugiyama et al., Phys. Plasmas **24**, 092517(2017).

[3] H. Matsuura and Y. Nakao, J. Plasma Fusion Res. **9**, 48(2010).

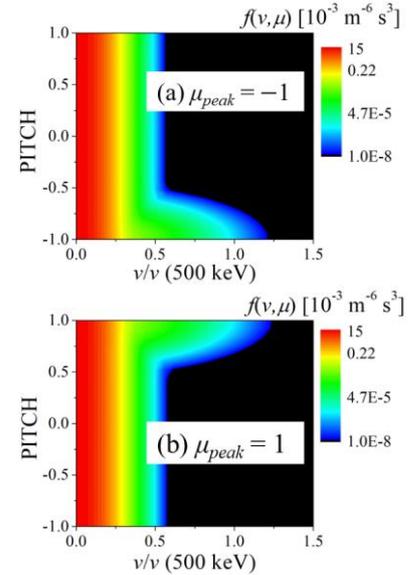


Fig. 1(a) (b) : $\mu_{peak} = -1, 1$ の場合の重陽子速度分布関数

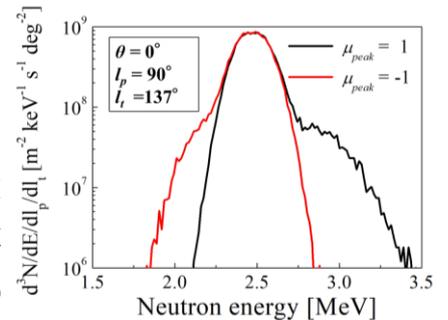


Fig. 2 : 壁面位置・入射角度で分解した中性子入射スペクトル

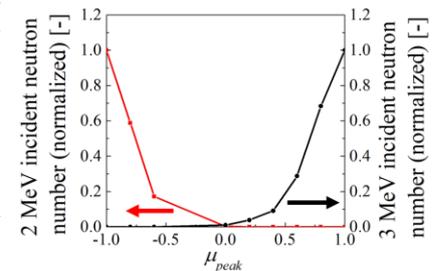


Fig. 3 : μ_{peak} の変化に対する入射中性子数の変化