

磁気圏プラズマ閉じ込め装置 RT-1 におけるトムソン散乱計測装置の開発 Development of the Thomson Scattering diagnostic system in magnetosphere plasma device RT-1

管田徹也¹, 西浦正樹¹, 吉田善章¹, 川面洋平¹, 鋤持尚輝¹

山田一博², 舟場久芳², 中塚正崇¹, 高橋典生¹, 白幡亘佑¹

Tetsuya SUGATA¹, Masaki NISHIURA¹, Zensho YOSHIDA¹, Youhei KAWAZURA¹

Naoki KENMOCHI¹, Ichihiko YAMADA², Hisamichi HUNABA², Masataka NAKATSUKA¹

Noriki TAKAHASHI¹, Kousuke SHIRAHATA¹

東大新領域¹, 核融合研²

Graduate School of Frontier Sciences¹, NIFS²

惑星磁気圏では高ベータプラズマが安定に存在している。自然界に倣った磁気圏型プラズマ閉じ込め装置 RT-1 は超伝導浮上コイルによりダイポール磁場を発生させ、その中に電子の局所ベータが1を超えるプラズマ閉じ込めを実現している [1]。磁気圏プラズマ装置の磁極近傍では、磁場の非一様性がもたらす粒子の内向き拡散が予想されている [2]。密度分布はミリ波干渉計と周辺プローブ計測を組み合わせた再構成手法により得られ、イオン温度は分光計測から得られているが、電子に関する情報は十分とはいえない。そこで RT-1 の内部閉じ込め状態を明らかにするために、トムソン散乱計測装置の開発を開始した。その予備実験として軟 X 線計測と周辺静電プローブ計測を行い、RT-1 プラズマの電子温度は大きく分けて 10~100eV の低温電子と数 10keV の高温電子の存在が分かってきた。このようなプラズマに於いて、散乱光子数と散乱スペクトルの形状について検討を進めた。

先の予備実験から RT-1 では比較的密度が低く、温度が高いためトムソン散乱計測は容易ではないと考えられる。散乱光子数が十分に検出可能なレベルであることを全散乱光子数から考察する。使用するレーザーのエネルギーが 0.8J、散乱長が 60mm である時、電子密度が 10^{17}m^{-3} 以上であれば光子数は 10000 個以上得られ、計測に必要な光子数となることが分かった。

散乱スペクトルの形状を計算するために、90 度散乱の場合の散乱形状係数 $S(\lambda)$ は次の式 (1) を用いた [3]。

$$S(\lambda) = \frac{d^2\sigma}{r_e^2 d\Omega_s} \frac{1}{\lambda_i d(\frac{1}{\lambda_s})} \quad (1)$$

図 1 に Nd-YAG レーザー (1064nm) を入射した場合の予想される RT-1 プラズマからの散乱スペクトル及び受光系のポリクロメーターに用いるフィルターの透過率特性を示す [4]。ポリクロメーターのチャンネル数は 5 となっている。高温電子は全てのチャンネルで検出され、低温電子は 1064nm に一番近いチャンネルのみで検出されることが分かった。電子温度が 10eV であると、CH1 にはほとんど検出できず、100eV 程度は必要であると考えられる。発表では RT-1 におけるトムソン散乱計測の、レーザー入射系、散乱光受光系やデータ解析の開発状況について報告する。

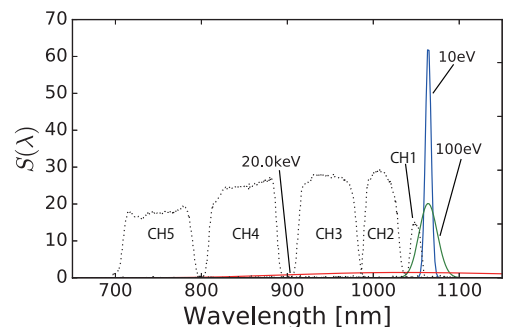


図 1: 散乱スペクトル (低温電子 10eV, 100eV 高温電子 20keV) 及び受光系のポリクロメーターに用いるフィルターの透過率特性。

[1] M. Nishiura, Z. Yoshida, et al. Nucl. Fusion **55** (2015) 053019.

[2] Z. Yoshida et al. Plasma Phys. Control. Fusion **55** (2013) 014018.

[3] I.H. Hutchinson, "Principle of Plasma Diagnostics Second edition", CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS (2002).

[4] Takashi Minami, Shinji Kobayashi, et al. Review of Scientific Instrum. **81**, 10D532 (2010).