平成23年度 筑波大学プラズマ研究センターシンポジューム 於:つくばサイエンス・インフォーメーションセンター大会議室 日時:2011年7月20日-22日

双方向型共同研究H22年度 「タンデムミラーGAMMA 10における トムソン散乱計測による電子温度計測」

筑波大学プラズマ研究センター 吉川正志

- 1. 研究組織
- 2. 研究の目的
- 3. GAMMA10トムソン散乱計測
- 4. 電子温度計測結果
- 5. H22年度のまとめとH23年度の計画

1. 研究組織

氏名	所属
吉川正志	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・准教 授
今井 剛	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授
市村 真	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授
中嶋洋輔	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・准教 授
小波蔵純子	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・講師
宮田良明	筑波大学・プラズマ研究センター・博士研究 員
水口正紀	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・D2
今井寧央	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・D1
大野洋平	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・D1
谷口文彬	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・M2
川端一男	核融合科学研究所·教授
山田一博	核融合科学研究所·准教授
安原亮	核融合科学研究所・助教
舟場 久芳	核融合科学研究所·助教
南 貴司	京都大学・エネルギー理工学研究所・准教授

2. 目的

•GAMMA 10における電子温度計測を目的として、 トムソン散乱計測システムを導入した。

・GAMMA 10では、C-ECH入射による電子直接加 熱、P/B-ECH入射による揺動の抑制研究などが行 われており、電子温度、密度の径方向分布の測定 は重要である。

•GAMMA 10のプラズマ密度は、トーラス型核融合 プラズマの周辺プラズマに相当しており、低電子 密度領域での電子温度計測は、コアから周辺領域 までのプラズマを詳細に調べるために重要である。

3-1. GAMMA 10トムソン散乱計測







3-4. Raman散乱光の観測と迷光の見積も

₄ <u>Raman散乱による較正</u>

散乱体として窒素(N₂)ガスを用いた。GAMMA 10内の 窒素ガスの圧力を変化させてX=-10, 0, 10 [cm]におけ る散乱信号のデータを取得した。 迷光の影響が小さい。実際にトムソン散乱計測を行う 際には迷光の影響を無視できる。







3-5. 初期実験結果

₄ <u>Thomson散乱光の観測</u>

<u>#216285</u> t = 211ms



<u>2010年6月の実験でThomson散乱光が初めて</u>

<u>観測された</u>。Ch.1とCh.3のみでしか観測で きなかったため、電子温度を算出することは 困難であった。

3-6. 光ファイバーの改良





S/N比が悪く、全てのチャンネルで散乱光を観 測することはできなかった。電子温度を算出 することは困難であった。これを解決するに はS/N比を上げる必要がある。



ノイズの大きさは既に数mVレベルまで低減され ているので、ノイズをこれ以上大きく低減することは困 難である。そこで光ファイバーの受光面積を2倍にする ことで信号強度の増加を試みた。



3-7. 新光ファイバーにより信号量増加

₄ <u>Thomson 散乱光の観測(改良後)</u>

<u>#216641</u> t = 141ms



光ファイバーを改良したことによりS/ N比を2~4まで上げることに成功し、4つの チャンネルで散乱信号を得ることに成功した。

3-8. トムソントリガーシステム



4-1.トムソン散乱計測による電子温度測定





↓ 電子温度算出法



電子温度: 40 eV

4-3. 電位と電子温度の関係

↓ <u>電位との比較</u>

単純ミラーに閉じ込められた電子とイオンは、Pastukhov likeの閉じ込めでは、軸 方向のイオンと電子の閉じ込め時間(τ_i, τ_e)は

$$\tau_i \approx \tau_{ii} \approx \frac{2 \times 10^{11}}{n \ln \Lambda} \frac{\sqrt{M}}{Z_1^2 Z_2^2} E_i^{2/3} \qquad \tau_e \approx \tau_{ee} \frac{\phi}{T_e} \exp\left[\frac{\phi}{T_e}\right]$$

$$Z_1 = Z_2 = M = 1$$
、 $n_e = n_i$ の下で両極性条件 $\tau_e = \tau_i$ を解くと
 $\phi = 5 \sim 6T_e$

ここでφはセントラル部とエンドプレート間の電位 差である。セントラル部の電位はGNBPにより求 めている。このグラフを見ると、電位差は電子温 度の約6.6倍となり、誤差の範囲内で上で求め た式に一致することが分かった。



!

5. H22年度のまとめとH23の計 H22年度までに空間1点、1時刻の電子温度計測が可能と

- H22年度までに空間1点、1時刻の電子温度計測が可能と なった。
- トムソン散乱計測によるプラズマ中心部の電子温度は、
 ECH印加前で~40 eV、ECH印加中では~ 80 eVであった。
- GAMMA10-トムソン散乱計測システムの性能: 計測電子温度範囲:0.02~1 keV(ΔT_e~10 eV) 計測可能範囲:±200 mm(Δd~15 mm、50 mm間隔) 測定可能電子密度範囲:~5×10¹¹ cm⁻³程度以上
- H23年度は、空間3点、2時刻の電子温度計測が可能となるように、ポリクロメーターを後2台製作する。また、空間多点計測のため、ADC(CAEN)の設定を行う。
- マルチパストムソン散乱計測システムの構築を行う。(LHD 計画共同研究)

これまでの研究成果

<査読付論文>

• M. Yoshikawa, et al., "Measuring Electron Temperature in the Tandem Mirror GAMMA 10 Plasma Using a Yttrium-Aluminum-Garnet Thomson Scattering System, Plasma and Fusion Research, Volume 6, 1202095 (2011)

<査読無論文>

• M. Yoshikawa, et al., "Installation of Thomson Scattering System in GAMMA 10", Annual Report of NIFS, April 2009-March 2010, Nov. 2010, p. 489.

<学会発表等>

- 吉川正志、他「GAMMA10におけるThomson散乱計測システムによる電子温度計測」第27回プ ラズマ・核融合学会年会、北海道大学学術交流会館(北海道)、2010年11月30-12月3日[01P06].
- 谷口文彬、他「GAMMA10におけるThomson散乱計測システムによる電子温度計測 IIJ第27回プ ラズマ・核融合学会年会、北海道大学学術交流会館(北海道)、2010年11月30-12月3日[01P07].
- 森本真人、「ガンマ10におけるトムソン散乱計測による電子温度計測」、平成22年度研究会「原子分子光の素過程とプラズマ分光の研究フロンティア」、平成23年2月2日(水)13:30~2月4日(金)、核融合科学研究所管理棟4階第1会議室
- 吉川正志、他「タンデムミラーGAMMA 10におけるトムソン散乱計測システムの導入」プラズマ・ 核融合学会、第26回年会、京都府京都市国際交流会館、2009年12月1-4日、2aD02P
- 谷口文彬、「GAMMA10におけるトムソン散乱計測システムの導入」、平成21年度核融合科学研究所共同研究 46th Annual Meeting on Atomic Processes in Plasmas 「原子分子光の素過程とプラズマ分光の研究フロンティア」研究会、平成22年1月18日(月)-19日(火)、核融合科学研究所シミュレーション科学研究棟

102 会議室(1F)

<学位論文>

 修士(理学)論文 谷口文彬「GAMMA 10におけるThomson散乱計測システムの導入と電子温 度計測」