平成25年度筑波大学プラズマ研究センター・シンポジューム 2013.8.29-30 つくばサイエンスインフォメーションセン ター大会議室

GAMMA 10における揺動抑制実験 とThomson散乱計測の進展

筑波大学プラズマ研究センター 吉川正志

- 1. はじめに
- 2. GAMMA 10における揺動抑制実験
- 3. Thomson散乱計測システムの進展

1. はじめに

- 磁場閉じ込め装置に普遍的に重要なHモード・内部輸送障壁(ITB)などの閉じ込め改善の鍵の一つである「プラズマ中に生成される電位・電場によるプラズマ輸送改善」に重点を置き研究を進めている。
- 電子サイクロトロン加熱(ECH)による軸方向閉じ込め電位生成時にドリフト
 型揺動が抑制されていることがわかっている。この抑制に関して詳細に調べ、電位・電場による揺動の抑制機構について調べることを目的としている。
- 金中性粒子ビームプローブ(GNBP)を使用した電位の2点同時計測による 電位、電場計測と電位・密度揺動におけるドリフト型揺動の抑制と揺動に起 因した径方向粒子束の解析結果。
- エンドプレート電位の揺動計測と合わせてコアプラズマからエンド部にわたる揺動の相関について調べた。
- Thomson散乱計測システムによる電子温度、密度計測と散乱信号倍増の ためのマルチパス・システムについて報告する。

GAMMA 10における揺動抑制 実験

GAMMA 10 揺動抑制実験 エンドプレート電位との相関

2-1. Experimental apparatus GAMMA 10 tandem mirror



 $n_e \sim 2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ $T_e \sim 80 \text{ eV}$ Ti ~ 5 keV

Gold neutral beam probe (GNBP)



End plate system





GAMMA 10エンド部の電位を 計測できる。

2-2. Fluctuation measurement experiments

Diamagnetism and line Two point potential density measurements 500 R ~ 1 cm 5 R ~ 2 cm Diamagnetism Line density [x 10¹⁷ m⁻²] 400 0.8 Δ Potential [V/cm] 300 3 0.6 FCH -ECF [× 10⁻⁴ 0.4 2 200 ₹b 0.2 Line density 100 ---Diamagnetism 0 50 100 150 200 0 50 100 150 200 Time [ms] Time [ms]

Potential and radial electric field profiles

Radial potential profile by GNBP

Radial electric filed profile



2点同時計測によるECH印加と印加無の径方向電位・電場の計測結果を示す。 ECH印加によりプラズマ中心部で電位が上昇し、電場も負から正へと変化する。

2-3. Potential and electric field fluctuation radial profile



電位の2点同時計測による電位揺動・電場揺動の径方向分布測定結果を示す。10 kHz、 モード数2の反磁性ドリフト型の電位揺動強度は、ECH印加によって大きく抑制される。 電場揺動は、コヒーレントな揺動は見られないがECH印加によって抑制されている。

2-4. Radial particle flux related value



2点同時計測による径方向粒子 東計算結果を示す。

- ECH印加時は、径方向粒子束は 減少している。
- ISPとELIAによる結果からも径方 向、軸方向閉じ込めが改善され ていることが示唆される。



 $\gamma_{n\phi}$: Coherence

 $\Gamma_r \approx \gamma_{n\phi} (\widetilde{I} / I) \widetilde{\phi} \sin \alpha_{n\phi}$

 \widetilde{I} : Density _ Fluctuation _ Level $\widetilde{\phi}$: Potential _ FLuctuation _ Level $\sin \alpha_{n\phi}$: Phase _ Difference

2-5. End plate fluctuation measurements

Coherence between central and end potentials



セントラル部電位とエンド部電位の揺動の 相関を取ったところ、10 kHz近傍の強い相 間が観測された。

ECH印加前のエンド部の電位揺動を調べ ることでコア部プラズマの電位揺動を調べ ることができる。 Radial profile of the coherences



Radius [cm] ECH印加前のセントラル部電位とエンド部 電位の揺動の相関の径方向分布をとった ところ、どの位置でも非常に強い相間が見 られた。

2-5.まとめ

- ECH印加による閉じ込め電位形成時のドリフト型揺動の 抑制や、ドリフト型揺動による径方向粒子輸送について、 空間2点同時計測可能な新GNBPと高速エンドプレート電 位計測を用いてコアプラズマからエンド部の揺動について 調べた。
- 新GNBPによって1ショットで電場、電場揺動を調べることが可能となった。
- コアプラズマとエンド部で観測されたドリフト型揺動には強い相関があり、ECH印加によって電位揺動が抑制されており、軸方向と径方向の粒子閉じ込めも改善されていることが分かった。
- コアからエンド部にわたる電位揺動と電場の関係についてより詳しく調べることが可能となった。
- 今後、電位・電場、揺動についてそれぞれの相関を調べ、
 ドリフト型揺度についてより詳しく調べていく。

3. GAMMA10における Thomson散乱計測の進展

- 1. 空間3点同時計測
- 2. QDCを用いた信号計測
- 3. マルチパスThomson散乱計測シス テム

<u>3-1.同時3点計測</u>

これまで空間1点の電子温度、密度計測が可能であったが、新しくポリクロメーターを2台 導入し、プラズマ1ショットで空間3点同時計測を可能とした。



<u>3-2. 高速QDCを用いた測定</u>



高速QDC(CAEN V792)を用いて、トムソン散乱 の5チャンネルの信号を測定した。その結果、 Te = 62eVを得た。しかし、バックグラウンドのノ イズが大きいため、より調整が必要である。



3-3. Multi-pass Thomson scattering system



Multi-pass scattering



黄色ラインはRayleigh散乱信号を示し、8 パスまでが確認された。しかし、信号強度 及び迷光の除去のための調整が必要で ある。



Time [ns]

これまで、Multi-passでは、Rayleigh散乱のYAG レーザー入射パワーを通常の1/1000で入射して の測定までであったが、フルパワーの16.44 Wで 入射してRaman散乱信号を得た。(175 Torr)それ ぞれのパスに対応する信号が測定されていること がわかる。また、8パス以上も観測された。

Multi-pass scatteringのパス数による 出力変化



マルチパス・システムにより、1パスの場合の信号積分値の約3.5倍の信号強度が8パスで得られた。

3-4. まとめ

- 電子温度、電子密度の空間3点同時計測が可能となった。
- 多点、多時刻同時計測のための新しいQDCの構築を行った。
- 昨年度まで6パスまでのマルチパス・システムであったが、8パ ス以上の確認ができた。
- 現在、5台のポリクロメータがあるので空間5点同時計測を可能 としていく。
- マルチパス・システムをプラズマに適用して、散乱信号を測定 する。
- ・ 揺動抑制実験においては、電子温度、密度分布の変化と揺動 強度分布との比較を進めて、分布の変化と揺動の分布との相 関、電位分布の変化について調べていく。