

高周波加熱制御に向けたマイクロ波反射計による GAMMA10 プラズマ内部領域の密度揺動計測

筑波大プラ研 岡田拓也, 竹山紘平

GAMMA10 では、プラズマの生成・加熱にイオンサイクロトロン周波数帯 (ICRF) の波動を用いており、加熱の結果生じる強い温度非等方性を駆動力として Alfvén Ion Cyclotron (AIC) 波動と呼ばれる微視的不安定波動が自発的に励起される。過去の研究では、それら波動の計測に磁気プローブが用いられてきたが、磁気プローブでは高温プラズマ内部の情報を得ることが難しい。そこで本研究では、局所的な密度揺動を計測することが可能なマイクロ波反射計を用いて、加熱に用いる ICRF 波動や AIC 波動の振る舞いをプラズマ内部領域において調べた。ICRF 波動による密度揺動の励起については、理論的に H. Hojo et al.[1]により解析されている。二つの反射計システムを用意し、簡単な組み換えにより、軸方向もしくは径方向に離れた 2 点同時計測が行えるようにした。測定した 2 点の密度揺動間の位相差を評価した結果、加熱用の ICRF 波動と自発励起の AIC 波動ともに軸方向に定在波を形成していることが示された。径方向には、境界条件を満たす固有モードとして両波動が励起されていると推測されるが、その様子を 2 チャンネル反射計により明らかにした。加熱に用いる ICRF 波動は、径方向全体にわたり同位相で振動しているのに対し、AIC 波動は径方向の内側と外側とで位相が反転していることが明らかになった。偏波の違い (速波と遅波) を含め、数値計算による検討を進めている。また、外部から印加している 2 種類の ICRF 波動 (速波と遅波) に伴う密度揺動振幅の 3 次元的な時間発展に関する初期データを得た。絶対値の評価にはまだ検討が必要であるが、ICRF 遅波と ICRF 速波には明らかな違いが存在することが相対的な比較により示された。遅波は径方向内側領域の振幅が小さくなっており、かつセントラル部の中心側へ向かってその傾向が顕著になっている。今回、反射計で計測した軸方向位置はその遅波の共鳴領域を含んでおり、サイクロトロン共鳴による波の減衰を直接測定しているものと思われる。さらに、二つの ICRF アンテナから同じ周波数の波動を励起し、干渉させることで効率的な加熱を目指す実験を行った時の、波動干渉の様子を反射計で計測した。干渉していない波動に伴う密度揺動強度は、加熱の結果生じる電子密度の変化に追従する傾向にあるのに対し、干渉させた波動に伴う密度揺動強度は、それとは異なる位相差 (ICRF アンテナ間の位相差) 依存性を有することが明らかになった。これら GAMMA10 で実施した高周波波動に伴う密度揺動の計測結果について報告する。

[1] H. Hojo et al., J. Plasma Fusion Res. 69 No. 9 (1993) 1043-1049.

本研究は、科学研究費補助金 (No. 25400531) および NIFS 双方向型共同研究 (NIFS14KUGM097) のもと実施されている。