

# 論文審査の結果の要旨

氏名 大迫 琢也

本論文は9章からなる。第1章は序論であり、核融合、プラズマ、球状トカマク (ST)、高次高調速波 (HHFW) の基礎、および本研究の目的が記述されている。第2章にはプラズマ中の波動物理の基礎が解説されており、第3章には波動の伝播および吸収の計算例が示されている。第4章には HHFW の特性が解説されており、先行研究がレビューされている。第5章では TST-2 および UTST の実験で使われた高周波発振器システムが、第6章では本研究で用いられた計測機器が解説されている。第7章では TST-2 における実験結果と考察が、第8章では UTST における実験結果と考察が述べられている。第9章には本研究の結論が述べられている。

ST プラズマの加熱手法の一つとして HHFW が有効であると考えられている。HHFW の主な減衰機構は電子によるランダウ減衰、走行時間減衰である。HHFW 入射時にパラメトリック崩壊不安定性 (PDI) が観測されている。本研究の目的は PDI の特性と電子加熱への影響を調べること、およびプラズマ中の高周波波動の直接計測である。

TST-2 では PDI の特性を調べるために真空容器内に磁気プローブアレイを設置し、プラズマのパラメータを変えてスペクトルがどう変わるかを調べた。その結果 PDI はイオンサイクロトロン擬似モード (quasi-mode) への崩壊であり、アンテナ前面の密度が高いときに強く励起されることが分かった。また PDI の加熱への影響としては、分光計測で得られたイオン温度は増加し、電子加熱を反映する 100eV 以上の軟 X 線の放射強度は減少することが分かった。また高磁場側に設置されている RF 磁気プローブでも、低磁場側で観測される低域サイドバンドと同じ周波数にピークをもつスペクトルが観測された。低域サイドバンドの周波数から推定される PDI 発生位置は低磁場側のプラズマ周辺部であるが、これが高磁場側でも観測されたということは、低域サイドバンド波が高磁場側の周辺部まで伝播していることを示唆している。先行研究では低域サイドバンド波はイオンバーンスタイン波 (IBW) であると考えられたが、プラズマ中に高次のサイクロトロン共鳴層が多数あるため IBW は高磁場側まで伝播できない。従って高磁場側まで伝播しているのは HHFW であると推論される。観測されたイオン加熱は IBW によるものだとすると、低域サイドバンドは HHFW と IBW の両方のコンポーネントを持っているという可能性がある。これは高磁場側での波動観測ができたため初めて推論された重要な結論である。また PDI を防ぐためにはアンテナ前面の密度を下げることを有効であると考えられる。

UTST での実験の主な結果はプラズマ中の高周波波動の直接計測に成功したことである。UTST には磁気面を計測するための磁気プローブが真空容器内に多数設置されており、これを 1GHz サンプリングのオシロスコープに接続し、高周波波動磁場分布の直接

計測を行った。HHFW の伝播および吸収は波数に依存するので、アンテナで励起する波数スペクトルを変えたときの分布の変化を調べた。トロイダルモード数  $n=0$ ,  $n=8$  の HHFW の光線追跡法および全波コードを用いた計算により、 $n=0$  方がよりプラズマによる吸収が弱いことが少ないことが示された。2 本のアンテナのうち 1 本のみを励起した場合  $n=0$  の成分が励起されるが、2 本を逆位相で励起した場合  $n=8$  の成分が支配的となり、 $n=0$  の成分は励起されない。測定された高周波磁場強度は 1 本励起の場合の方が強く、周辺部でも大きな振幅が観測された。この結果は HHFW の伝播がより低密度の領域から可能であること、および吸収が弱いことにより説明される。測定された波動信号の周波数スペクトルには PDI を示す低域サイドバンド波は入射電力 70kW でも観測されなかった。一方 TST-2 では 30kW 以上で低域サイドバンド波が検出されていた。UTST ではプラズマ温度・密度の直接計測がまだ行われていないので、この相違の原因は明らかになっていない。

本論文は論文提出者が主体となって実験および解析を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。