

インパルスを用いた核融合プラズマ電子密度計測

Electron density measurements of fusion plasma using an impulse

徳沢 季彦 [1]

Tokihiko Tokuzawa[1]

[1] 核融合研

[1] NIFS

核融合炉を目指す高温高密度プラズマ実験において電子密度の情報は不可欠なものである。特にプラズマ周辺部の密度情報はプラズマを閉じ込める磁場のかごと外部真空領域との境界を決定するだけでなく、これらの間の相互作用を理解する上で非常に重要である。同時にその手法にはプラズマを乱す恐れのない非接触な方法であることが求められている。そのような電子密度を計測する手法として、ミリ波領域のマイクロ波を利用した反射計測法がある。これはプラズマ中における電磁波のカットオフ現象を利用した計測法であり、入射した周波数に対応したカットオフ層で電磁波は反射するため、非常に局所的な計測が可能であるという特長を持っている。ただし反射法でプラズマ電子の空間密度分布を求めるためには、広帯域の周波数成分を持つマイクロ波が必要である。多数の周波数成分を多数の発振器から得ることは物理的また経済的にも限界がある。そこで時間的に周波数を掃引するいわゆる FM-CW という手法が提案されてきたが、時間の同一性の問題や自動解析手法の複雑さなど問題点もある。一方、本研究では電気的なインパルス信号のもつ広帯域な周波数成分を利用することを行っている。一般にインパルスはその時間幅の逆数に比例した周波数成分を周波数空間では有する。このようなインパルスをプラズマ中に入射し、それぞれの周波数成分が対応するカットオフ層から反射して戻ってくるまでの時間を計測することで密度分布を求めることができる。

実験は核融合科学研究所の大型ヘリカル装置 LHD を用いて行った。本装置では、電子密度が 10^{20} m^{-3} を超えるようなプラズマを生成している。このプラズマの周辺部の密度分布計測に適用するためパルス幅 23ps 出力 3V の電気インパルスを発信源として用いた。このインパルスから計測に用いるミリ波成分を周波数帯域毎に抽出し増幅してプラズマ入射を行った。対応するカットオフ層から反射してきたそれぞれの周波数成分をヘテロダイン検波し、飛行時間計測することで密度分布を求めることができた。その結果、プラズマ周辺部のエルゴディックな領域に微小なアイランドが生成されている様子や燃料密度の変調に伴う粒子輸送の研究などに活用できるようになった。