

QUESTにおける高エネルギー粒子計測に対するX線の影響 Effects of X-rays on a high-energy particle measurement on QUEST

池添竜也¹, 恩地拓己¹, 出射浩¹, 福山雅治², 張逸凡², 工藤倫大², 加藤凌哉², 武田康佑²
IKEZOE Ryuya¹, ONCHI Takumi¹, IDEI Hiroshi¹, FUKUYAMA Masaharu², ZHANG Yifan²,
KUDO Michihiro², KATO Ryoya², TAKEDA Kosuke²

¹九大応力研、²九大総理工

¹RIAM, Kyushu Univ., ²IGSES, Kyushu Univ.

トカマク型核融合炉におけるセンタースタックは炉設計に与える影響が大きく、その効率的なスペースの活用が必須である。球状トカマク装置QUESTでは、電子サイクロトロン加熱・電流駆動 (ECH/ECCD) のみを用いたトカマクプラズマの非誘導立上げに成功しており、大型トカマクにおける立上げシナリオの確立に向けて、詳細なトカマク配位形成過程の解明や、その最適化研究を進めている。実験と波動解析から、加熱に起因して生成される高速電子が重要な役割を果たしていることが示唆されており、そのダイナミクスを解明するため、これまでの放射計測では困難であった局所位置における高速電子の速度分布を高精度に実測することを目指している。

粒子計測に基づく高速電子の速度分布計測器開発を進めている。球状トカマクではトーラス外側磁場強度が低く、必然的に高速電子の軌道半径が大きくなることを利用し、ピッチ角を制限するスリットを設け、回転駆動により測定ピッチ角を掃引する。また、減衰時間の短いシンチレータ ($\tau_d < 2$ ns) によるエネルギー分析を行い、ピッチ角毎のエネルギー分布を求めることで、速度分布の計測を行う。この計測における課題は、高速電子が卓越する放電における熱流束と、広いエネルギー帯域にわたって発生するX線由来のノイズである。

X線ノイズの低減に通常は重金属による遮蔽を用いるが、構造上、十分な厚さを有する遮蔽物の設置は難しい。そこで今回、薄い2枚のシンチレータを重ね合わせ、粒子とX線との透過の違いを利用し、非同期計数によってX線カウントを除去することを考えた。薄いシンチレータを張り合わせることで、誤差原因となる片方のみ通過するX線の立体角を無視できるほど小さくしている。

講演では、二組のシンチレータ、ライトガイ

ド、ファイバー、PMTおよび高速デジタルパルスプロセッサからなる試験装置を組み上げ、原理実証試験を行った結果について発表する。

また、高速電子のダイナミクスを解明する上で、高速電子自体の計測に加えて、高速電子と相互作用する波動を計測し、その相互作用を評価する必要がある。QUESTの真空容器内、弱磁場側のリミター外側に高周波磁気コイルを挿入し、高周波帯を探索したところ、逃走電子駆動と思われるホイッスラー周波数帯の波動が初めて観測された。一例を図1に示す。この波動がピッチ角散乱を通して高速電子ダイナミクスに関わっている可能性があり、波動の特性の解明に向けた詳細計測を進めている。講演では、高速電子の速度分布計測に有用な非同期計数によるX線除去の原理検証と、QUESTにおける自発励起の高周波帯の波動の振る舞いについての最新結果を報告する。

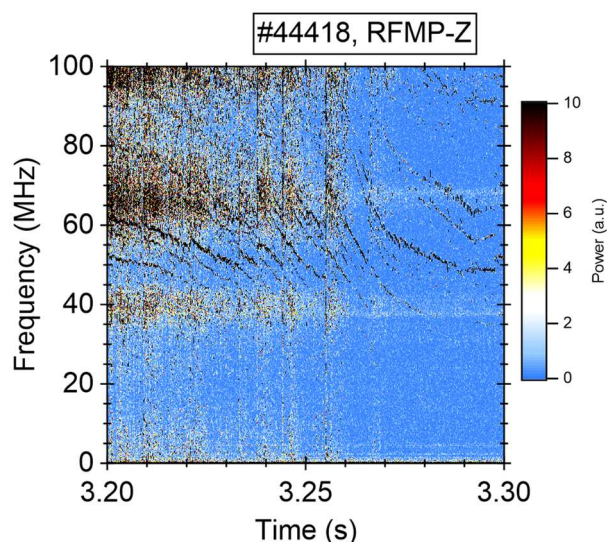


図1. QUESTにおける28GHz-ECH/ECCD放電後半のプラズマ電流減衰時間帯に観測されたホイッスラー周波数帯磁場揺動スペクトルの時間発展。

本研究はNIFS双方向型共同研究(NIFS19KUTR145, NIFS19KUTR136)の助成を受けたものである。