

アダプティブ Capon 解析による光学集光を用いない高空間分解
電子サイクロトロン放射イメージング

**Adaptive Capon analyses for lensless electron cyclotron emission imaging
with high spatial resolution**

出射浩¹⁾, 福山雅治²⁾, 坂井聖也²⁾, K. Mishra³⁾, 西村耕司⁴⁾, 池添竜也¹⁾, 恩地拓己¹⁾,
井戸 毅¹⁾, 花田和明¹⁾

IDEI Hiroshi¹⁾, FUKUYAMA Masaharu²⁾, MISHRA Kishore³⁾, NISHIMURA Koji⁴⁾, *et al.*

¹⁾九大学応力研, ²⁾九大総理工, ³⁾インドプラ研, ⁴⁾京大生存圏研

¹⁾RIAM, Kyushu Univ., ²⁾IGES, Kyushu Univ., ²⁾IPR, India, ⁴⁾RISH, Kyoto Univ.

電子サイクロトロン放射 (ECE) 計測は、電子温度分布の時間発展の測定に広く、使われている。但し、高速電子が存在する際は、高速電子由来の放射が強く、正確な電子温度を計測できない。一方、高速電子の発展を捉えるための ECE 計測が開発されてきた。通常、径方向垂直視野で温度分布が計測されるが、鉛直方向垂直視野、トロイダル方向斜め視野にて、高速電子由来の ECE を捉え、電子の速度分布関数に関する知見を得る試みがなされている。

ECE 計測では高速電子からの放射の問題に加え、遮断密度を超えたプラズマで計測が行えない問題がある。但し、遮断密度を超えたプラズマからも電子バーンシュタイン波 (EBW) 由来の ECE は計測することができる。EBW-電子サイクロトロン波 (ECW) 間のモード変換は、最適な磁場に対する角度で伝搬する場合に限られる。EBW は、遮断密度を超えたプラズマでも伝搬でき、EBW による高密度プラズマの加熱が期待されている。

アダプティブアレイ解析は、計測信号を複数のアンテナ素子で計測した上で、重みを掛けて加算することで、計測信号の到来方向を推定できる。アダプティブアレイ解析は、プラズマ電流と順・逆方向の斜め視野、ECW-EBW モード変換窓の探査などで必要な観測視野制御に有効であり、観測システムの開発を進めている。

これまでに原理実証実験として、電子サイクロトロン放射を模擬した熱雑音放射を、 4×2 (8) 素子の位相配列アンテナで受信し、ビームフォーミング法を用い、正しく熱雑音源位置 (到来角) を推定できることを示した。

この際、熱雑音源位置は 1 箇所であったが、複数箇所からの熱雑音放射の到来角を識別でき

るかの原理実証が必要である。これまでのビームフォーミング法に加え、空間分解能が高い Capon 法を用い、複数箇所からの熱雑音放射のアダプティブアレイ解析を行った。

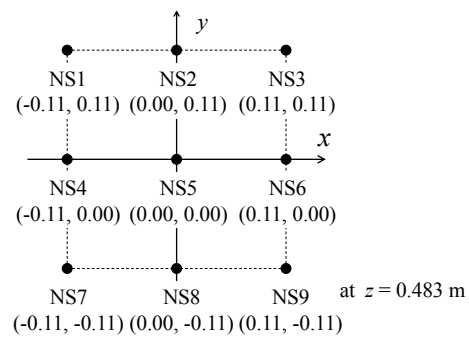


図 1

4×2 素子の受信アンテナから 0.483 m 位置に、熱雑音を図 1 に示す 9 箇所 (NS1-9) の点に置き、個別に熱雑音放射を受信後に加算し、複数箇所からの熱雑音放射とした。シングルサイドバンドミキサを用いたヘテロダイナ検波にて、8.5 GHz 放射を受信した。得られた中間周波数 0.07 GHz 信号をソフトウェア無線機でデータストリーミングし、信号取得した。各アンテナ素子の感度、位相オフセットは、別途、校正実験を行い、除去した。

NS1, NS2 からの放射は、ビームフォーミング法では分離できなかったが、Capon 法で分離できた。NS1, NS9 からの放射はビームフォーミング法でも分離できたが、Capon 法では高空間分解能にて分離した。NS1, NS5, NS9 また NS4, NS5, NS6 からの放射は、帯状の放射として識別され、Capon 法の高空間分解といった有効性が示され、複数放射源位置の同定に成功した。

科学研究補助金：基盤研究 (B) 21H01067.

核融合科学研究所双方向型共同研究 NIFS22KUTR169.