

LHD における IRVB を用いたプラズマ放射計測の現状

佐野竜一、Byron J. Peterson¹、向井清史¹、Shwetang N. Pandya

総合研究大学院大学、核融合科学研究所¹

核融合炉の実現を考える上でダイバータ熱負荷の低減が非常に重要となる。そのための手法として、不純物パフによる放射の増大などを用いたプラズマデタッチメントが検討されている。しかし、放射の増大によるプラズマの温度低下がコアプラズマまで伝播すると、プラズマ全体が崩壊する放射崩壊と呼ばれる現象を引き起こす要因ともなりうる。そのため、放射崩壊を避けつつデタッチメントを制御するためには、プラズマ放射強度およびその分布を計測し、これらの現象についての理解をすることが重要となる。IR イメージングボロメータ(IRVB)[1]はプラズマからの放射を計測する装置であり、大型ヘリカル装置(LHD)、JT-60U、KSTAR 等で使用されてきた。

IRVB ではプラズマからの放射をピンホールを通して内部にある白金金属箔[2]で受け、金属箔上に形成された2次元温度分布を IR カメラで計測し、2次元の熱拡散を解くことでプラズマからの放射の2次元分布を計測する。この装置の長所の一つとして非常に多くのチャンネル数を持つため、放射分布の詳細な構造を知ることが出来ることがある。現在、4台の IRVB が LHD に取り付けられており、これらの IRVB による2次元計測データからプラズマの3次元放射分布を逆計算する3次元トモグラフィー手法の開発を進めている。ヘリカル型プラズマ閉じ込め装置において、放射は3次元的な構造を持つエルゴディック領域に集中しているため、その分布を知るためには3次元の計測をトラスプラズマ全体に対して行う必要があるため、ポロイダル断面へのトモグラフィー手法等は適用できない。また限られた台数の IRVB でプラズマ全体を見込むため、LHD プラズマのヘリカル周期性を仮定することで異なるトロイダル位置にある4台の IRVB 視野を統合している[3]。このような視野を持つ各 IRVB で得られた計測データに対し、SVD、ART、Hopfield 法などの手法を用いて3次元分布の再構成を行っている。

今年度の LHD 実験において、放射崩壊現象を起こした放電について、その放射構造の変化を計測した。プラズマを鉛直上側から見込んでいる IRVB の視野および計測された典型的な放射崩壊前の2次元放射分布を図1に示す。図1より、プラズマ放射は X 点付近およびプラズマエッジ付近に集中していることが見てとれる。また、放射崩壊前後では線平均電子密度と放射の関係性が変化することが報告されている[4]。図2に放射と電子密度の放射崩壊前後の関係を示す。放射崩壊前では放射と密度はほぼ指数の 0.8 乗の関係にあるが、崩壊後はこの関係が指数の 3.8 乗に変化していることが確認できる。研究会では 3 次元トモグラフィーの初期結果についても報告を予定している。

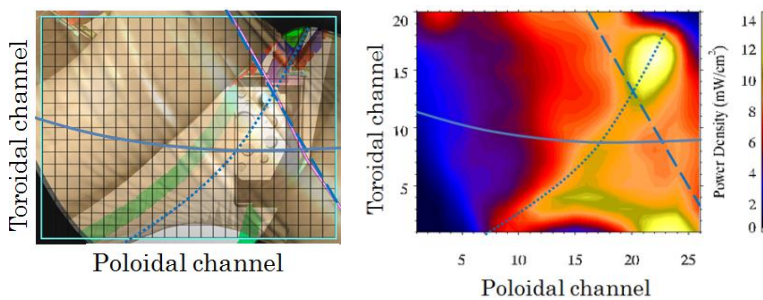


図1 IRVB 視野 CAD 図面(左)、放射崩壊前2次元放射分布(右)
(破線は上側 X 点、点線は下側 X 点、実線は磁気軸)

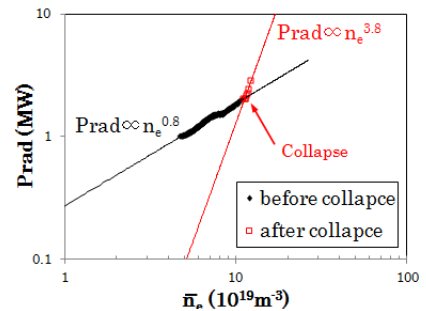


図2 放射崩壊前後の線平均電子密度-放射間の関係

[1] B.J. Peterson *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **74**(3) 2040 (2003).

[2] R.Sano, *et al.*, Plasma Fus. Res. **6**, 2406076 (2011)

[3] R.Sano, *et al.*, Plasma Fus. Res. **8**, 8, 2402138 (2013)

[4] B.J. Peterson *et al.*, Plasma Fus. Res. **1** (2006) 045.