

条件付き平均法を用いた高時間分解能プラズマ分光計測系の開発と応用 Development and application of high time-resolution plasma spectroscopy system using conditional averaging method

夏目祥揮¹、梶田信²、田中宏彦¹、螺澤 英樹¹、大野哲靖¹

NATSUME Hiroki¹, KAJITA Shin², TANAKA Hirohiko¹, KAIZAWA Hideki¹, OHNO Noriyasu¹
名大院工¹, 東大²

¹Nagoya Univ., ²Univ. Tokyo

将来の環状型熱核融合発電炉のダイバータ板への熱負荷は数百MW/m²と推定されている。最も融点が高いタングステンをダイバータ板材料に用いた場合でも、10 MW/m² (定常) が工学的除熱性能限界であり、極めて大きなギャップが存在する。この難題を解決するために、プラズマガス相互作用を利用してダイバータ板前面で熱流束を低減させる「非接触プラズマ」が考えられており、その物性の理解・制御が喫緊の課題となっている。

近年、非接触プラズマ中で磁場を横切る間欠的な非拡散的プラズマ輸送の増大が種々の磁場閉じ込め装置で観測された。非拡散的プラズマ輸送はダイバータの熱負荷予想シミュレーションに誤差を与える要因として考えられているが、同輸送の物理機構は詳細に理解できていない。次期核融合装置設計の信頼性の向上、ひいては核融合発電炉の早期実現のために、同輸送の理解が必須である。

これまでの研究では、定常放電可能な直線型ダイバータ模擬装置NAGDIS-IIで生成した非接触プラズマの解析によって、再結合過程が活発な再結合フロント近傍でプラズマ柱から磁場を横切る方向にプラズマの塊が放出され[1]、放出されたプラズマは $E \times B$ ドリフトしながら周辺部まで輸送されることがわかった[2]。さらに、静電プローブと統計的手法である条件付き平均法を組み合わせた解析によって、放出されるタイミング前後におけるプラズマパラメータの高時間分解能連続取得が実現し、放出によって再結合フロントの瞬間的な電子密度上昇・温度低下を解消し、再結合フロントの位置移動を押し留める働きがあることがわかった[3]。

このように、非拡散的プラズマ輸送の挙動については理解が深められているものの、磁場を横切る方向に輸送の発生機構は依然明らかでない。そして、輸送の駆動力の候補として中性粒子風が示唆されていることから[4]、本研究で

は、非拡散的プラズマ輸送の発生機構と再結合中性粒子との関連性について調査した。

本研究では、条件付き平均法を分光計測に組み合わせることで、波長分解能を持った高時間分解能計測系を開発した(図1(a))。図1(b)はNAGDIS-IIで生成したプラズマに開発した光学系を適用し、非拡散的輸送現象の発生時刻($\tau = 0$)前後に渡る発光スペクトルの挙動を観測した結果である。

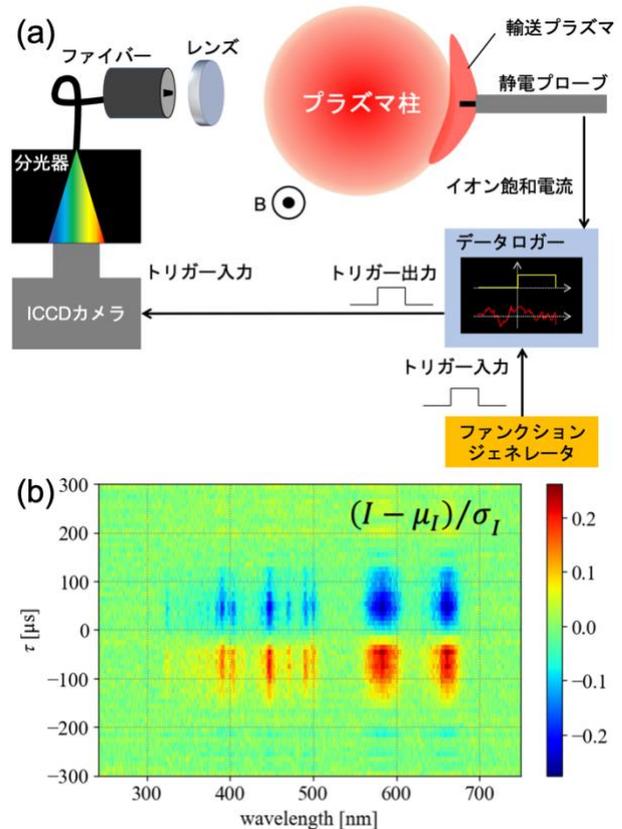


図 1 (a)光学系の模式図と(b)放出($\tau = 0$)前後における発光スペクトルの時間変化。

- [1] H. Tanaka *et al.*, PPCF **60**, 075013 (2018).
- [2] H. Tanaka *et al.*, CPP **50**, 256-266 (2010).
- [3] H. Tanaka *et al.*, PPCF **62**, 075011 (2020).
- [4] S.I. Krasheninnikov *et al.*, POP **10** 3020 (2003).