

大型ヘリカル装置における超音速ガスパフ中の周辺プラズマの局所的な振舞い

Local behavior of the plasma edge region during supersonic gas puffing in LHD

村上昭義^{1,2}、宮澤順一¹、小川大輔³、森崎友宏¹、鈴木千尋¹、山田一博¹、後藤基志¹、
増崎貴¹、坂本隆一¹、山田弘司¹、LHD実験グループ
Akiyoshi MURAKAMI^{1,2}, Junichi MIYAZAWA¹, Daisuke OGAWA³, Tomohiro MORISAKI¹,
Chihiro SUZUKI¹, et al.

核融合研¹、日本学術振興会特別研究員²、名大大学院³
NIFS¹, JSPS Research Fellow², Nagoya Univ.³

超音速ガスパフ (SuperSonic Gas Puffing; SSGP) 中の周辺プラズマの局所的な振舞いを観測する実験を大型ヘリカル装置(LHD)において行っている。ここで局所的とは、プラズマの非一様性・非等方性を指す。今回、SSGPから入射されたヘリウムガス流が、周辺プラズマに接し、電離・発光している様子を、光学フィルターを介して高速カメラで観測した。SSGP中の周辺プラズマにおける発光位置が変化している様子を確認した。

SSGPは、これまでのガスパフとは異なり、バルブ開閉にソレノイドバルブが使用され、ガス流を収束させるラバールノズルが装着されている。ソレノイドバルブを用いることで一次ガス圧は最大80気圧で使用可能であり、ラバールノズルによってガス流の拡散半角は $\sim 10^\circ$ 程度以下に収束されている。

SSGPを用いた場合に、通常ガスパフ時と同じ周辺部密度にも拘わらず、周辺部温度がより低くなる傾向がLHD実験で観測されている[1]。これは、SSGPで局所的に周辺部密度が増加されたことに起因する現象と考えられる。

この論拠として、計測している温度と密度は磁気面平均されたものとして良いが、密度に比べて温度が平均化される時定数が短いならば、局所的に密度が増加することで、磁気面平均密度が増加しなくとも磁気面平均温度は低下し得ることが挙げられる。

この局所的な密度増加を検証すべく、SSGPを増設し、入射ガス流とプラズマとの相互作用を観測できるトロイダル視線上に高速カメラを設置し、SSGP中の周辺プラズマの局所的な振舞いを観測する実験を行った。

SSGPのラバールノズルは、スロート部が0.3 mm、設計マッハ数17のノズルを使用し、ヘリウムの一次ガス圧と入射パルス幅は、それぞれ20気圧と20 msであった。

図1にヘリウムSSGP入射中の発光の様子を706

nmのフィルターを介して撮影した画像を示す。超音速ガスパフの入射開始時刻を $\Delta t = 0$ msとして、(a) $\Delta t = 3.0$ msにヘリウムによる発光を観測した。バルブからプラズマ周辺部までの距離は ~ 3.4 mであることから、ガス流の到達速度は ~ 1000 m/s以上でヘリウムの音速を超えていることがわかる。(b) $\Delta t = 10$ msと(c) $\Delta t = 20$ msの画像の違いから、SSGPによってプラズマ周辺部が冷却され、プラズマをシュリンクさせていることが示唆される。入射後40 ms後である(d) $\Delta t = 60$ msの画像では、リサイクリングによる発光が確認でき、プラズマをシュリンクさせる前の(b)と同程度の位置に発光が観測されている。

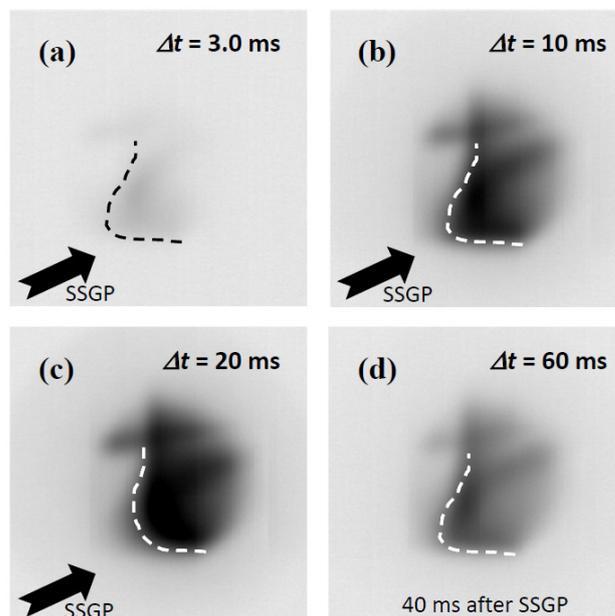


図1 SSGP中にプラズマ周辺部が発光している様子。(a)で発光が開始されている。(b)と(c)の違いから、SSGP中に発光位置が変化している様子が確認できる。(d)はSSGP後のリサイクリングによる発光の様子。(b)と同程度の位置に発光が観測されている。

参考文献

[1] A. Murakami et al., Plasma Phys. Control. Fusion **54** (2012) 055006.