

アークジェットプラズマの空間分解レーザー吸収分光

松岡雷士¹、園山裕太郎¹、西谷徳高¹、吉村善治¹、
前田祐一郎¹、溝口亮¹、草野雄也¹、鈴木千尋²

¹広島大、²核融合研

アークジェットプラズマは宇宙空間におけるスラスタ利用へのモチベーションから盛んな研究が行われ、20世紀の終わりの段階で既に半導体レーザーを用いたレーザー吸収分光による密度・温度・速度の空間分解計測が行われている[1]。一方でアークジェットプラズマにはスラスタ利用においては望ましくない特徴的な定常構造が出現する条件がある[2]。この構造は発光の空間分布として目視観測することが可能であり、明構造がジェットのおよそ中心軸に沿って等間隔に形成されるスロッシングモードと発光構造が螺旋を描くスパイラルモードに大別できる。本研究ではこの定常発光構造と局所的なプラズマパラメータの関連を明らかにすることを目的とし、空間分解レーザー吸収分光、および、飽和吸収分光による原子の密度・温度・速度・衝突頻度等の計測を行ってきた。

レーザー光源は外部共振器の無い半導体レーザー(L785P090, Thorlabs)をフリーランニングで使用した。スキヤニングエタロンで計測したレーザーの線幅はエタロンの分解能2 MHz未満で計測値は82 kHzであった。空間分解レーザー吸収分光においてはシリンドリカルレンズによって線状集光したレーザーをラインCCDカメラに結像させ、アークジェットプラズマの断面に相当する一次元の空間分解計測を空間分解能0.1 mm程度で行った。空間分解吸収スペクトルから原子の速度と温度を決定したところ、スパイラルモードにおいては明らかに温度と速度が最大値を取る位置にシフトがあることがわかった。この結果から、アークジェットプラズマ中では低温高速成分と高温低速成分が明確に分離している可能性が示された。

飽和吸収分光においてはVelocity changing collision (VCC)の影響が飽和吸収スペクトルに現れることが既に分かっている[2]。本研究ではこのスペクトルから衝突頻度の情報を抜き出すための準備として、VCCの影響下での飽和吸収分光を数値計算によって再現し[3]、解析の基礎となるスペクトル形状マップを作成した。

- [1] Feng-Yuan Zhang, Kimiya Komurasaki, Teruhito Iida, and Toshi Fujiwara: “Diagnostics of an argon arcjet plume with a diode laser”, APPLIED OPTICS, Vol. 38, No. 9, pp. 1814-1822 (1999).
- [2] 松岡雷士, 梢和樹, 溝口亮, 難波慎一「アルゴンアークジェットプラズマの衝撃波構造測定のためのレーザー吸収分光システムの開発」電気学会研究会資料プラズマ放電パルスパワー合同研究会, PST-15-007, ED-15-025, PPT-15-007, pp. 33-37 (2015).
- [3] Leo Matsuoka, Noritaka Nishiya, Kenta Yuki, Yutaro Sonoyama: “Numerical study of collisional effects in saturated absorption spectrum of argon arcjet plasma”, Journal of Instrumentation, Vol. 12, C11023 (2017).