

高出力レーザーを用いた磁気リコネクション実験

Magnetic reconnection experiment using high-power laser system

森田太智¹, 長島圭祐¹, 枝本雅史¹, 板谷佑太郎¹, 佐野孝好², Rajesh Kumar², 太田雅人³, 江頭俊輔³, 山崎了⁴, 田中周太⁴, 富谷聡志⁴, 遠田裕史⁴, 宮田親⁴, 角地真⁴, 瀬井柗人⁴, 石坂夏槻⁴, 富田沙羅⁴, 富田健太郎⁵, 蔵満康浩⁵, 松清修一⁵, 坂和洋一²

T. Morita, K. Nagashima¹, M. Edamoto¹, Y. Itadani¹, T. Sano², R. Kumar², M. Ota³, S. Egashira³, R. Yamazaki⁴, S.J. Tanaka⁴, S. Tomiya⁴, H. Toda⁴, I. Miyata⁴, S. Kakuchi⁴, S. Sei⁴, N. Ishizaka⁴, S. Tomita⁴, K. Tomita, Y. Kuramitsu⁵, S. Matsukiyo, and Y. Sakawa²

九州大学大学院総合理工学研究院, 九州大学大学院総合理工学府¹, 大阪大学レーザー科学研究所², 大阪大学大学院理学研究科³, 青山学院大学理工学部⁴, 大阪大学大学院工学研究科⁵

Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University¹, Institute of Laser Engineering, Osaka University², Graduate School of Science, Osaka University³, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University⁴, Graduate School of Engineering, Osaka University⁵

磁気リコネクションの最大の未解決問題は、磁力線のつなぎ替わる速さ (リコネクション率 = $v_{in}/v_{out} \sim v_{in}/v_A$, v_{in} : 上流 (流入) 速度, v_{out} : 下流 (流出) 速度, v_A : アルベン速度) を決める物理は何か? という問題である。これには、マイクロなスケールにおける異常抵抗や電子慣性、ホール効果等が役割を果たすという議論もあるが、未だ解決していない。その理由として、磁気リコネクションのトリガーとなるマイクロな領域における異常拡散と、リコネクション率を決定するマクロなエネルギー変換過程を同時に理解することが非常に困難であることが挙げられる。磁気リコネクションの上記の問題に本質的に答えるためには、イオンラーマー半径以下のマイクロな領域とプラズマのマクロな全体構造の両方を同時に詳細に計測し、リコネクション領域の上流・下流のプラズマパラメータを求めると同時に、リコネクション率との関係を明らかにする必要がある。本研究では、レーザー生成高エネルギープラズマと、強磁場発生装置を用いて、磁気リコネクションを引き起こすプラズマの詳細な局所プラズマ・磁場計測から、その物理過程を明らかにすることを目的としている。

レーザー生成プラズマを用いたリコネクション研究は、最近、主に国外機関で活発に行われており、成果を出しつつあるが、プラズマ計測・磁場計測が不十分なため、現象の理解には数値シミュレーションが頻りに用いられている。そこで、リコネクション率を議論できる実験データの取得を行うため、磁気リコネクション研究に必要となるレーザー生成プラズマのグローバルな密度構造と、イオン慣性長またはイオンラーマー半径以下の局所計測を行う実験プラットフォームを構築した。図1(a)–1(d)は上下に配置した固体ターゲットにレーザーを照射したときに、膨張するプラズマの熱制動放射 ($\lambda = 450$ nm) を可視化したもので、電子密度分布を示している。さらに、局所的なプラズマ状態を調べるため、レーザートムソン散乱光を分光計測した結果が図1(e)–1(g)である。 $\Delta\lambda = 0$ は入射プローブレーザーの波長を示し、波長方向に見える2本の散乱光はイオン音波を示す。イオン音波の中心波長のずれ ($\Delta\lambda$) を計測することでプラズマ流速を、イオン音波の

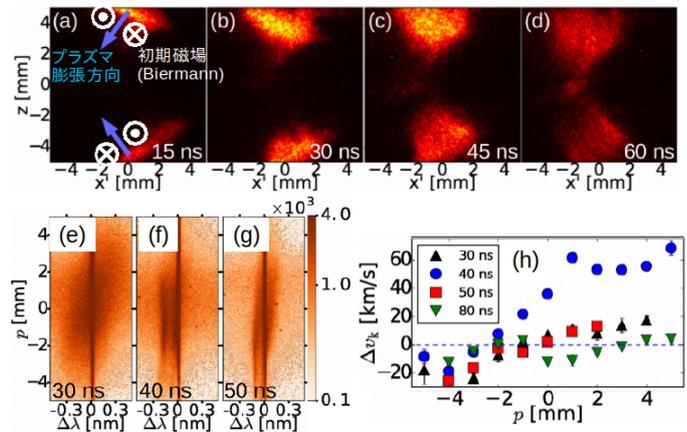


図 1: (a)–(d) レーザー生成プラズマの膨張の様子。レーザートムソン散乱の分光結果 (e–g) とそこから得られた流速 (h)。

広がり、強度から温度と密度を求めることができ、縦軸 (p -軸) はプローブレーザーに沿った空間を示す。図 1(h) に示すように、各計測時間における速度の空間分布を得ることに成功した。

本講演では、レーザー生成プラズマに対して得られた局所プラズマ計測から磁気リコネクションを議論する。