

高出力レーザーを用いた対向プラズマ流による無衝突衝撃波の生成

Collisionless shock generation by counter-streaming plasmas produced using a high-power laser

坂和 洋一^{1*}, 蔵満康浩¹, 森田太智², 青木秀憲², 丹治浩樹³, 井出亮夫³, 尾崎典雅³, 兒玉了祐³, 加藤恒彦¹, 高部英明¹, N.Woolsey⁴, J.Waugh⁴, C. Gregory⁵, A. Diziere⁵, M. Koenig⁵, C. Michaut⁶, S. Wang⁷, Q. Dong⁷, Y. Li⁷, J. Zhang⁷

Youichi Sakawa^{1*}, Y. Kuramitsu¹, T.Morita², H.Aoki², H.Tanji³, T.Ide³, N. Ozaki³, R. Kodama³, T. Kato¹, H.Takabe¹, N.Woolsey⁴, J.Waugh⁴, C. Gregory⁵, A. Diziere⁵, M. Koenig⁵, C. Michaut⁶, S. Wang⁷, Q. Dong⁷, Y. Li⁷, J. Zhang⁷

¹阪大レーザー研, ²阪大院理, ³阪大院工, ⁴York Univ. UK, ⁵LULI, France, ⁶LUTH, France, ⁷IOP, China

¹ILE Osaka-, ²Grad. School of Sci. Osaka-U, ³Grad. School of Eng. Osaka-U, ⁴York Univ. UK, ⁵LULI, France, ⁶LUTH, France, ⁷IOP, China

宇宙・天体プラズマ物理学における長年の未解決問題である高エネルギー粒子や宇宙線の加速・生成には無衝突衝撃波が深くかかわっていると考えられている。我々は、高出力レーザーによって生成された高速の対向プラズマ流の相互作用によって無衝突衝撃波を生成しその物理的機構を明らかにするとともに、衝撃波によるイオン加速機構の解明を最終的な目的として研究を行っている。

4.5 mm間隔のプラスチック(CH)製平行平板型ターゲット (3mm x 3mm,厚さ10-60 μm) に一方向から高出力レーザーを照射し、ジェット型とアブレーション型の2つの照射配位で実験を行った。ジェット型では、手前のCH平板にレーザーを照射し、裏面プラズマを生成する。アブレーション型では、奥にあるCH平板にレーザーを照射しアブレーションプラズマを生成する。両タイプとも、1枚目の平板からの輻射またはプラズマ流によって2枚目のCH平板からアブレーションプラズマを生成する事により高速対向プラズマ流を生成し、その無衝突相互作用により無衝突衝撃波を生成した。

実験は、大阪大学レーザーエネルギー学研究所の激光GXII号HIPERレーザー (波長:351 nm (3ω)、パルス幅:500 ps、エネルギー< 600 J、強度< 10¹⁵W/cm²) を用いて行った。計測は、ターゲットに対して垂直方向からのプローブレーザーを用いたシャドウ計測と干渉計測による密度の測定、波長450 nmの自発光計測によるプラズマ輝度温度の測定を、それぞれICCDカメラとストリークカメラを用いて行った。

ジェット型では、1枚目と2枚目のCHからほぼ同時に約290 km/sのプラズマ流が発生した。1枚目のCHプラズマの自発光強度プロファイルから求めた発光強度の遷移幅は、対向プラズマ流が出会う約10 nsから次第に狭くなった。1枚のCHのみの平板ターゲットでは遷移幅は時間とともに単調に増加しており、対向プラズマ流の相互作用が遷移幅の急峻化に不可欠であることがわかる。また、相対速度580 km/s、計測された電子密度10¹⁹cm⁻³を持つ対向プラズマ流のion-ion衝突平均自由行程が約2.4 mmであるのに対し、13 nsにおける遷移幅が約40 μmであることから、無衝突衝撃波が生成されたと考えられる。PICシミュレーションとの比較から、観測された衝撃波は静電的な衝撃波であると考えられる。

キーワード:無衝突衝撃波,高出力レーザー,対向プラズマ流

Keywords: Collisionless shock, high-power laser, counter-streaming plasmas