



Title	Astrophysical Collisionless Shock modeled with Large-scale Laser-produced Plasmas
Author(s)	Morita, Taichi
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1824
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	もり た かい ち 森 田 太 智
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 2 4 3 5 6 号
学位授与年月日	平成 23 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学位論文名	Astrophysical Collisionless Shock modeled with Large-scale Laser-produced Plasmas (大型レーザーによる宇宙無衝突衝撃波の模擬実験)
論文審査委員	(主査) 教授 高部 英明 (副査) 教授 常深 博 教授 芝井 広 准教授 藤田 裕 准教授 坂和 洋一

論文内容の要旨

この研究の目的は、超新星残骸で観測される無衝突衝撃波を実験室において生成し、その物理機構を明らかにすること、さらに宇宙線の起源に関連する無衝突衝撃波による粒子加速の物理機構を明らかにすることである。この論文では、自己生成磁場を介した無衝突衝撃波の成長初期に生成されると考えられる静電衝撃波[T. N. Kato and H. Takabe, Phys. Plasmas 17, 032114]を、高出力レーザーを用いて外部磁場を印加せずに生成した。

実験では密度計測により 4 倍近い密度変化が計測され、高マッハ数の無衝突衝撃波が生成された(Chapter 3)。この大きな密度変化は衝撃波上流におけるイオンの反射によって下流領域が圧縮されることで生成されていると考えられる。Sorasio 達による理論的、数値的研究により指摘されているように[Sorasio et al., Phys. Rev. Lett. 96, 045005 (2006)]、温度や密度が異なる対向 2 流体プラズマ中において高マッハ数の静電衝撃波が生成されることを、Particle-in-cell (PIC) シミュレーションと実験結果を比較することで明らかにした。

さらに 2 流体プラズマ中において、プラズマジェットの生成とそれに伴う無衝突静電衝撃波を実験により計測した(Chapter 5)。蔵満らによって、プラズマジェットの生成が同じ実験セットアップを用いて報告されている[Kuramitsu et al., Astrophys. J. Lett. 707, L137 (2009)]。我々はこのジェット生成時における無衝突衝撃波の生成を、プラズマの自発光の時間発展を計測することで、その輝度の急激な変化から明らかにした。無衝突衝撃波は対向 2 流体プラズマ中でのみ生成され、対向流がない場合には衝撃波は生成されなかった。この衝撃波はプラズマジェットの伝播に影響をあたえたと考えられる。つまり、静電場による圧力はジェットの横方向の広がりを抑え、ジェットの細い構造を維持させると考えられる。

衝撃波の上流、下流におけるプラズマ密度、温度は、その自発光強度から評価した。Gated optical imager (GOI) と Streaked optical pyrometer (SOP) という 2 通りの方法を用いて、波長 450nm における発光強度を測定した。これらの計測器は輝度温度や電子温度を評価するためにそれぞれ別々の方法で較正し、その結果はおおよそ 30%程度で一致した(Chapter 4)。衝撃波における密度、温度のジャ

ンプ条件と、プラズマの自発光強度を熱制動放射から評価することで、衝撃波周辺のプラズマ温度、密度を評価した。

論文審査の結果の要旨

学位論文において、自己生成磁場を介した無衝突衝撃波の成長初期に生成されると考えられる静電衝撃波[T. N. Kato and H. Takabe, Phys. Plasmas 17, 032114]を、高出力レーザーを用いて外部磁場を印加せずに生成した結果について発表した。

実験では密度計測により 4 倍近い密度変化が計測され、高マッハ数の無衝突衝撃波が生成された。この大きな密度変化は衝撃波上流におけるイオンの反射によって下流領域が圧縮されることで生成されていると考えられる。Sorasio 達による理論的、数値的研究により指摘されているように[Sorasio et al., Phys. Rev. Lett. 96, 045005 (2006)]、温度や密度が異なる対向 2 流体プラズマ中において高マッハ数の静電衝撃波が生成されることを、Particle-in-cell (PIC) シミュレーションと実験結果を比較することで明らかにした。

さらに 2 流体プラズマ中において、プラズマジェットの生成とそれに伴う無衝突静電衝撃波を実験により計測した。蔵満らによって、プラズマジェットの生成が同じ実験セットアップを用いて報告されている[Kuramitsu et al., Astrophys. J. Lett. 707, L137 (2009)]。本論文ではこのジェット生成時における無衝突衝撃波の生成を、プラズマの自発光の時間発展を計測することで、その輝度の急激な変化から明らかにした。この衝撃波の静電場による圧力はジェットの横方向の広がりを抑え、ジェットの細い構造を維持させると考えられる。

衝撃波の上流、下流におけるプラズマ密度、温度は、その自発光強度から評価した。Gated optical imager (GOI) と Streaked optical pyrometer (SOP) という 2 通りの方法を用いて、波長 450nm における発光強度を測定した。これらの計測器は輝度温度や電子温度を評価するためにそれぞれ別々の方法で較正し、その結果はおおよそ 30%程度で一致した。衝撃波における密度、温度のジャンプ条件と、プラズマの自発光強度を熱制動放射から評価することで、衝撃波周辺のプラズマ温度、密度を評価する方法を確立した。

本学位論文の重要な成果の 2 件は本人が第 1 著者ですでに査読付きの英文誌に掲載されている。同時に、後一件も米国物理学会誌にて査読者よりコメントが戻り、再投稿中である。合計、論文数は 11 件で第一著者が 6 件。このように国際的な評価も十分であり、かつ、審査会での発表の質も高かった。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。