

S001-07

A 会場 : 11/4 PM1 (13:45-15:30)

15:25~15:40

磁化プラズマ衝撃波の長時間発展の大型レーザー実験

#東 力也¹⁾, 松清 修一³⁾, 諫山 翔伍⁴⁾, 山崎 了²⁾, 森田 太智⁵⁾, 竹崎 太智⁶⁾, 富田 健太郎⁷⁾, 蔵満 康浩⁸⁾, 田中 周大²⁾, 佐野 孝好⁹⁾, 坂和 洋一¹⁰⁾, 高橋 健太¹¹⁾, 忍田 昂太郎¹⁾, 中山 学¹⁾, 佐藤 弓真¹⁾, 下岡 光¹⁾, 馬場 俊輔¹⁾

⁽¹⁾ 九大・総理工, ⁽²⁾ 青山学院大, ⁽³⁾ 九大・総理工, ⁽⁴⁾ 九大総理工, ⁽⁵⁾ 九大総理工, ⁽⁶⁾ 富山大, ⁽⁷⁾ 北海道大, ⁽⁸⁾ 阪大・工・電気, ⁽⁹⁾ 阪大レーザー研, ⁽¹⁰⁾ 阪大レーザー研, ⁽¹¹⁾ 九大・総理工, ⁽¹²⁾ 阪大

High power laser experiment on the long time evolution of magnetized plasma shock

#Rikiya Higashi¹⁾, Shuichi Matsukiyo³⁾, SHOGO ISAYAMA⁴⁾, Ryo Yamazaki²⁾, Taichi Morita⁵⁾, Taichi Takezaki⁶⁾, Kentaro Tomita⁷⁾, Yasuhiro Kuramitsu⁸⁾, Shuta Tanaka²⁾, Takayoshi Sano⁹⁾, Youichi Sakawa¹⁰⁾, Kenta Takahashi¹¹⁾, Kotaro Oshida¹⁾, Gaku Nakayama¹⁾, Yuma Sato¹⁾, Hikaru Shimooka¹⁾, Shunsuke Baba¹⁾

⁽¹⁾IGSESES, Kyushu Univ., ⁽²⁾Aoyama Gakuin University, ⁽³⁾Kyushu Univ., ⁽⁴⁾IGSESES, ⁽⁵⁾Faculty of Eng. Sci., Kyushu Univ., ⁽⁶⁾University of Toyama, ⁽⁷⁾Hokkaido University, ⁽⁸⁾GSE, Osaka Univ., ⁽⁹⁾ILE, Osaka U., ⁽¹⁰⁾ILE, Osaka Univ., ⁽¹¹⁾ESST, IGSESES, Kyushu Univ., ⁽¹²⁾Osaka Univ.

A collisionless shock plays the role of an efficient energy converter in space. It is known also as a source of cosmic rays and large amplitude waves. However, the details of their energy conversion mechanism have not been clarified despite of the long term effort based on in-situ observational as well as theoretical and numerical simulation studies. We have tried to reproduce collisionless magnetized plasma shock in the laboratory to observe the long time evolution of its spatial and temporal structures separately. In particular, in a supercritical shock with Alfvén Mach number above a critical value (~ 3), the structure of a transition region with ion-scale is considered to play an important role in the energy conversion. Therefore, we have developed to establish an experimental platform to capture. The experiment is conducted using the Gekko XII laser facility (The Institute of Laser Engineering, at Osaka University). When the laser is irradiated onto the target aluminum plate in the chamber filled with 5 Torr nitrogen gas, the high-speed plasma flow originating from the target compresses the gas originated nitrogen plasma to generate a shock. By applying an external magnetic field (~ 4 T) to the volume of interest using a Helmholtz coil, a magnetized plasma shock wave is generated. The structure of a shock is observed by self-emission measurements and Thomson scattering measurement.

By FY2021, we observed the system evolution up to $t \sim 80$ ns by using the above method and confirmed that a front edge of the shock sharpens after $t \sim 50$ ns. The formation of such a structure on a time scale shorter than the gyro period of nitrogen ions (~ 220 ns) is not desirable for an experiment to reproduce a space plasma shock. As we considered that this may be caused by insufficient mass of the target plasma, which is an ejector, we increased laser energy and pulse duration in the experiment in FY2022. In addition, in order to investigate the development of the system for a longer period of time ($t \sim 200$ ns), the size of the system including the Helmholtz coil was expanded. When the pulse duration (and the laser energy) was doubled, we confirmed that the front of the shock was blunt. When the pulse duration was quadrupled, spatial fluctuations of the shock front were captured after $t = 110$ ns. The relationship between the wavefront structure and ion dynamics will be discussed in the presentation.

無衝突衝撃波は宇宙における効率的なエネルギー変換器の役割を担っており、宇宙線や大振幅波動の生成源として知られている。しかしながらエネルギー変換機構の詳細は未解明で、人工衛星によるその場観測や理論、数値シミュレーションによる研究が長年続けられている。我々は、無衝突磁化プラズマ衝撃波を実験室内に再現し、時空間構造を分離してその長時間発展をとらえることを目指した研究を進めている。特に、アルフベンマッハ数が臨界値 (~ 3) を超える超臨界衝撃波においては、イオンスケールの遷移層構造がエネルギー変換に重要な役割を果たすと考えられており、これを捉えるための実験プラットフォームの構築を進めてきた。激光 12 号レーザー (大阪大学レーザー科学研究所) を用いて、チャンバー内に 5 Torr の窒素ガスを充填した状態でターゲットのアルミ板にレーザーを照射すると、ターゲット由来の高速プラズマ流がガス由来の窒素プラズマを圧縮して衝撃波を生成する。ヘルムホルツコイルを用いて検査領域に外部磁場 (~ 4 T) を印加しておくことで、磁化プラズマ衝撃波が生成される。

2021 年度までに、上の方法で $t \sim 80$ ns までの系の時間発展を追跡したところ、 $t \sim 50$ ns 以降で衝撃波の先端部が先鋭化することが分かった。窒素イオンのジャイロ周期 (~ 220 ns) よりも短い時間スケールでこうした構造ができることは、宇宙プラズマ衝撃波の再現実験としては好ましくない。イジェクタであるターゲットプラズマの質量が不十分であることが原因の可能性があると考え、2022 年度はレーザー照射時間を昨年度の 2 倍、4 倍と変化させた実験を行った。また、より長時間 ($t \sim 200$ ns まで) の系の発展を調べるため、磁場生成コイルを含めた系の大型化を図って検査領域を拡大した。照射時間を 2 倍にした実験では先端部の先鋭化が抑えられることを確認した。さらに 4 倍にした実験では、 $t = 110$ ns 以降において衝撃波面が空間的に揺らぐ様子を捉えた。発表ではこの波面構造とイオンのダイナミクスの関係について議論する。