

非平衡プラズマによる協同トムソン散乱の理論的研究

潮崎 幸太 [1]; 松清 修一 [2]; 羽田 亨 [3]
[1] 九大・総理工・大海; [2] 九大・総理工; [3] 九大総理工

Theoretical study of collective Thomson scattering in a non-equilibrium plasma

Kota Shiosaki[1]; Shuichi Matsukiyo[2]; Tohru Hada[3]
[1] ESST,IGSES,Kyushu Univ; [2] ESST Kyushu Univ.; [3] ESST, Kyushu Univ

Recently, a variety of high energy astrophysical phenomena have been successfully reproduced in laboratory experiments using high power laser. We take part in the experiment of collisionless shocks in collaboration with a group at the Institute of Laser Engineering at Osaka University. The transition region of the collisionless shock is usually in a highly non-equilibrium state. In order to understand the mechanism of energy dissipation at the collisionless shocks, we need to clarify the relaxation processes occurring there. To diagnose such a local plasma, the Thomson scattering (TS) measurement has been widely used. Here the TS is defined as an elastic scattering of a low frequency incident electromagnetic wave due to its interaction with free electrons in a plasma. Although the TS measurement has been used for a long time to measure the plasma not only in experimental devices but also in space (ionosphere), detailed theory of the TS in a non-equilibrium plasma is not well established.

In this study, we investigate how a non-equilibrium plasma near the shock transition region is observed by the TS measurement. First, we assume that a plasma just upstream of a shock consists of background electrons, ions, and beam electrons. The beam instability generated in such an unstable local plasma is reproduced by using one-dimensional full particle-in-cell (PIC) simulation. The linear growth rate as well as the trapping frequency at non-linear stage of the instability are confirmed to be consistent with theoretical predictions. The obtained spectrum of the electron density fluctuations are utilized to investigate the virtual TS. A wave equation of the scattered waves when a probe light is incident into this non-equilibrium plasma is numerically solved to examine the spectrum of the electron density fluctuations.

近年、様々な高エネルギー天体現象を、高強度レーザー実験を用いて再現できるようになってきた。我々は、大阪大学レーザーエネルギー学研究中心との共同研究により、無衝突衝撃波の実験的研究に参画している。無衝突衝撃波の遷移層はしばしば非平衡状態にあり、そこで起こる緩和過程の理解は、衝撃波のエネルギー散逸機構の解明に不可欠である。現在、遷移層の局所的なプラズマを計測する方法としてトムソン散乱計測が広く用いられている。トムソン散乱とは自由電子による光の弾性散乱であり、さまざまな実験室プラズマや電離層プラズマの計測に応用されているが、非平衡プラズマによるトムソン散乱理論は十分に確立されていない。

本研究では、共同実験で見られる衝撃波遷移層の非平衡プラズマが、トムソン散乱計測によってどのように計測されるかを調べる。まず、衝撃波直上流のプラズマとして、背景電子、イオン、ビーム電子から成る典型的な非平衡プラズマを仮定し、一次元 PIC シミュレーションを用いて局所的なプラズマ密度揺動を再現した。ビーム不安定性の線形成長率やその非線形発展における電子の捕捉周波数が理論値と矛盾しないことを確認した。得られた密度揺動スペクトルをもとに、別途散乱光の波動方程式を解いて、そのスペクトル特性を議論する。