

2次元粒子シミュレーションによる協同トムソン散乱の研究

#佐藤 弓真¹⁾, 松清 修一²⁾, 諫山 翔伍³⁾

¹⁾ 九大, 総理工, ²⁾ 九大・総理工, ³⁾ 九大総理工

Study of Collective Thomson Scattering using 2D full Particle-in-cell Simulation

#Yuma Sato¹⁾, Shuichi Matsukiyo²⁾, SHOGO ISAYAMA³⁾

¹⁾kyushu university Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, ²⁾Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University, ³⁾Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences

We aim to measure the transition region of collisionless shock waves generated in high-power laser experiments by using collective Thomson scattering (CTS). In general, the transition region of a collisionless shock is in a highly nonequilibrium state. But the theory of CTS in a nonequilibrium plasma is not well developed. Therefore, in this study, we reproduce the CTS in non-equilibrium plasmas by using a full particle-in-cell (PIC) simulation to develop a scattering theory and to compare it with experimental data. Although in the past PIC simulations one-dimensionality and uniformity of space are assumed, the actual experimental system is two-dimensional and the incident light has a finite beam width.

In this study, we reproduce the CTS of incident light with finite beamwidth in a beam-plasma system by using two-dimensional PIC simulations and discuss the characteristics of scattered light propagating in arbitrary directions in the simulation plane. The plasma is composed of background electrons, ions, and beam ions. Initially, the calculations were performed for the case of low background electron temperature ($T_e=T_i$) and relatively high drift velocity of the beam ions ($u_b/v_{te}=4$), where T_i is ion temperature and v_{te} is electron thermal velocity. Then, the Buneman instability between the background electrons and beam ions amplifies the electrostatic field (E_x, E_y) leading to that the electron feature is significantly enhanced and the double peak of its spectrum is asymmetric in contrast to the scattered light spectrum in an equilibrium plasma. Next, we report the results of calculations assuming ion acoustic instability with high background electron temperature ($T_e=100T_i$) and beam ion drift velocity satisfying $v_{ti}<u_b<v_{te}$, where v_{ti} is ion thermal velocity. The speed relationships described above are intended for comparison with experimental data. The results will also be compared with those of the Gekko XII experiment to be conducted in September of this year.

我々は、大型レーザー実験で生成した無衝突衝撃波の遷移層構造を協同トムソン散乱で計測することを目指している。一般に、無衝突衝撃波の遷移層は著しい非平衡状態にあるが、非平衡プラズマによる協同トムソン散乱の理論は未整備である。そこで本研究では、数値シミュレーションによって非平衡プラズマの協同トムソン散乱を再現し、散乱理論の構築と実験データとの比較を目指す。これまでに、空間の1次元性と一様性を仮定した協同トムソン散乱のPIC計算が行われているが、実際の計測システムは2次元系で、入射光は有限のビーム幅を持つ。

本研究では、有限のビーム幅を持つ直線偏波の電磁波を入射したときの協同トムソン散乱を2次元PIC計算で再現し、任意の方向（主に90度散乱）に生成される散乱光の特徴について議論する。背景電子、イオン、およびビームイオンから成るプラズマを考え、初めに、背景電子の温度が低く ($T_e=T_i$)、ビームイオンのドリフト速度が比較的速い ($u_b/v_{te}=4$) 場合の計算を行った。ここで、 T_i はイオン温度、 v_{te} は電子熱速度、 u_b はビームイオンのドリフト速度を表わす。このとき、背景電子-ビームイオン間の Buneman 不安定性により静電波 (E_x, E_y) 成分が増幅され、平衡プラズマ中の散乱光スペクトルと比較して、電子項が著しく増強されて、電子項スペクトルのダブルピークが非対称になることを確認した。次に、背景電子の温度が高く ($T_e=100T_i$)、ビームイオンのドリフト速度が $v_{ti}<u_b<v_{te}$ を満たすイオン音波不安定性を想定した計算結果を報告する。ここに v_{ti} はイオン熱速度である。上述の速度関係は実験データとの比較を念頭に置いている。また、本年度9月に行われる激光XII号実験の結果との比較も行う予定である。