

運動論的レーザー吸収で発生する電子フラックスとレーザー反射率特性の解析

Statistical analysis of electron-flux and reflectivity characteristics generated by kinetic laser absorption processes

高木悠司^{1,2}, 岩田夏弥^{2,3}, 長友英夫², 千徳靖彦²

Yuji TAKAGI^{1,2}, Natsumi IWATA^{2,3}, Hideo NAGATOMO², Yasuhiko SENTOKU²

阪大理¹, 阪大レーザー研², 阪大高創院³

Sci. Osaka Univ.¹, ILE Osaka Univ.², IACCS Osaka Univ.³

1 本文

集光強度が 10^{15}W/cm^2 程度の高強度レーザー光とスケール長数百マイクロンのプラズマの相互作用はレーザー核融合の爆縮過程において重要である。この強度領域での相互作用では誘導ラマン散乱 (SRS) や誘導ブリルアン散乱 (SBS), 2 電子波崩壊不安定性 (TPD) 等の粒子 (運動論) 的過程によってレーザー光のプラズマ中での吸収・散乱が起こる。これらの過程で発生する周囲のプラズマより 1 桁以上エネルギーの高い非熱的高速電子は高密度プラズマ内にエネルギーを輸送し、衝撃波のようなプラズマの流体現象に影響を与える

本研究では、レーザー強度を 10^{14-16}W/cm^2 , プラズマ初期スケール長を $50-800 \mu\text{m}$ の間で変化させた 1 次元プラズマ粒子 (PIC) シミュレーションを行い、ゲートを通過する電子フラックスの時間変化を 100 ピコ秒に渡って計測した。全計算において初期の電子温度を 5keV, イオン温度を 1keV とした。

計測した電子フラックスのエネルギースペクトルの

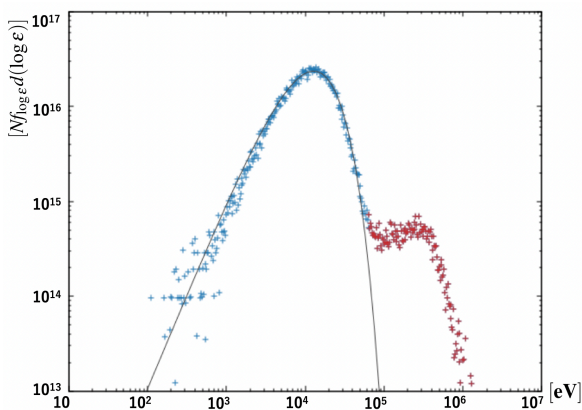


Fig. 1: 1 次元 PIC シミュレーションで観測された電子フラックスのエネルギースペクトル (+点)。マクスウェル分布 (実線) に従う熱電子成分 (青) と運動論的相互作用により発生した非熱的高速電子成分 (赤) が存在する。

一例を図 1 に示す。スペクトルは熱電子成分と非熱的高速電子成分からなり、両者を分別し電子温度やエネルギーフラックス・高速電子発生に伴うレーザー吸収率変化等の初期パラメーターへの依存性を解析した。

反射波の周波数スペクトル解析から、レーザー照射からおよそ 20 ピコ秒までは SBS が優勢であり、それ以降は SRS が主な高速電子発生機構であることが確認された。20 ピコ秒以降 SRS が優勢になった後の高速電子の平均温度とエネルギー流束は、時間によらずほぼ一定になり、その大きさはレーザー強度に強く依存することが分かった。20 ピコ秒以降の定常な高速電子発生状況下での時間平均したエネルギー流束のレーザー強度依存性を見ると、 10^{15}W/cm^2 付近で傾向に変化があり、レーザーからプラズマへのエネルギー変換過程が逆制動輻射によるレーザー吸収からパラメトリック不安定性による運動論的吸収へ、この強度付近で変化することが示唆された。また、平均温度・エネルギー流束共に初期プラズマスケール長にも依存性を示し、その依存性は 1~2 の変化点を持つ複雑なものである事も分かった (図 2)。これはプラズマスケール長変化による SRS 発生位置の変化に起因すると考えられ、今後より詳しく調べる予定である。

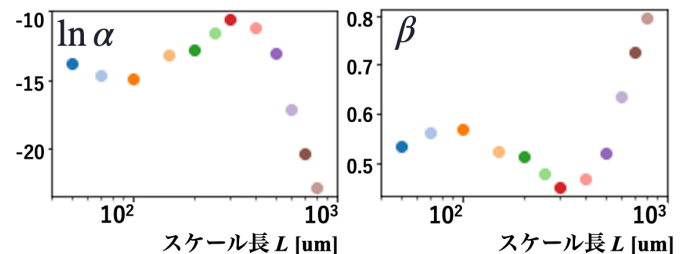


Fig. 2: 電子フラックスに含まれる 2 成分の内高速成分の平均温度 T_h のプラズマスケール長 L への依存性。レーザー強度を I_L として $T_h = \alpha I_L^\beta$ でフィッティングを行なった際の $\ln \alpha, \beta$ の L 依存性をプロットした。 $L = 100, 300 \mu\text{m}$ に変化点が見られる。