

薄膜プラズマにおける共鳴的レーザー加熱の粒子シミュレーション Particle simulation of vacuum heating in plasma slab

田底紀美, 村上匡且

Norimi TASOKO, Masakatsu MURAKAMI

大阪大学 レーザーエネルギー研究センター 〒565-0871 吹田市山田丘2-6
Institute of Laser Engineering, Osaka University, Suita, Osaka 565-0871, Japan

プラズマの加熱方法を研究するため、レーザーによるプラズマとの相互作用の研究は重要な役割を持っている。プラズマがレーザーのエネルギーを吸収し、加熱されるメカニズムには様々なものがあるといわれており、近年研究されているものの一つに真空加熱と呼ばれる加熱メカニズムがある。最初に真空加熱メカニズムを提唱したのはBrunelである。Brunelは強力なレーザーをover denseプラズマに斜入射したとき強力なエネルギー吸収が生じることを電子が真空中に引き出され、プラズマ内部に押し戻されることによって説明した。このメカニズムは高強度のCO₂レーザーとターゲットの相互作用において、エネルギー吸収の大部分を占める。今回この真空加熱メカニズムをスケーリングするため次元解析を行い、その結果を1次元粒子コードによるシミュレーション結果と比較することとした。

平板プラズマの系を考えた際、システム固有の量として考えられるものに電子質量、素電荷量、平板の厚さ、電場がある。これらをそれぞれ m_e , e , D_0 , E_0 とおき、次元解析を行うと、システムの固有振動数 ω_s が求まる。

$$\omega_s \sim \sqrt{\frac{eE_0}{m_e D_0}} \quad (1)$$

このシステム固有の周波数 ω_s がレーザー周波数 ω_L と一致する場合、共鳴が起こり粒子の運動エネルギーが急激に増加すると考えられる。また、レーザーは強度を用いて表され、レーザー強度 I_L とレーザー電場 E_0 の関係式は

$$I_L = \frac{c}{8\pi} E_0^2 \quad (2)$$

である。式(1)と(2)より、レーザー強度を用い

た共鳴条件の式は

$$\frac{I_L}{D_0^2} \approx \frac{c}{8\pi} \left(\frac{m_e \omega_L^2}{e} \right) \quad (3)$$

であると考えられる。実際に1次元粒子コードを用いてシミュレーションを行った結果が図1である。次元解析の結果と図1を比較し、共鳴条件は I_L/D_0^2 で表されることを見出した。

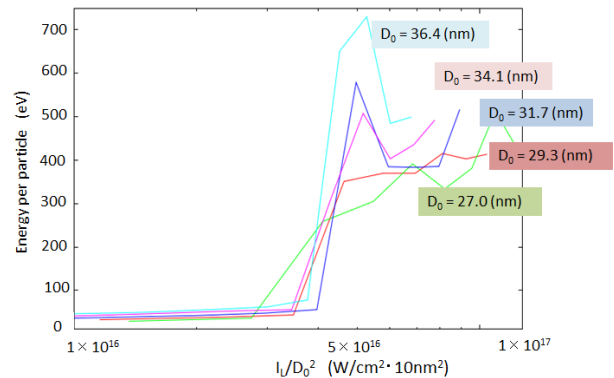


図1: 共鳴条件パラメタと単位粒子当たりのエネルギー。横軸は共鳴条件パラメタ、縦軸は単位粒子当たりのエネルギー。

- [1] F. Brunel, Phys. Rev. Lett. 59, 52-55(1987)
- [2] F. Brunel, Phys. Rev. Lett. 31, 2714(1988)
- [3] Toshihiro Taguchi, Thomas M Antonsen, Howard M Milchberg, Phys. Rev. Lett. 92, 205003(2004)
- [4] Sheng Z M, Mima K, Sentoku Y, Jovanovic M S, Taguchi T, Zhang J, Meyer-Ter-Vehn J, Phys. Rev. Lett. 88, 055004(2002)