中赤外レーザーを用いた高効率レーザー電子加速の探索

Exploration of efficient laser electron acceleration using a mid-infrared laser pulse

産総研[1]，阪大光科学センター[2]，理研[3]　○三浦 永祐[1]，益田 伸一[2]，高橋 栄治[3]
AIST[1], PPC Osaka Univ.[2], RIKEN[3], ○Eisuke Miura[1], Shin-ichi Masuda[2], Eiji J. Takahashi[3]
E-mail: e-miura@aist.go.jp

レーザー加速においては、高強度レーザーパルスによって励起される電子の粗密波であるプラズマ波の電場によって電子は加速される。プラズマ波を励起するレーザーパルスのポンデロモーティブ力は、強度が同じであれば波長の二乗に比例する。長波長レーザーを用いれば、効率良く大振幅のプラズマ波を励起し、高エネルギー電子線を発生することが可能となる。粒子シミュレーションを用い、中赤外レーザーを用いた高効率なレーザー電子加速の可能性を調べた。

Fig.1 に電子エネルギースペクトル((a)(c))および規格化されたレーザー電場強度 a_0((b)(d))の空間発展を示す。Fig. 1 において、(a) (b)は 1.5 μm、(c) (d)は 0.8 μm レーザーに対する計算結果である。共に、パルス幅は 40 fs、集光点での a_0=2 としている。プラズマの電子密度、集光径（半値全幅）は、1.5 μm レーザーでは 7.1x10^{18} cm^{-3}, 10 μm、0.8 μm レーザーでは 1.6x10^{19} cm^{-3}, 7 μm としている。0.8 μm レーザーの計算条件は、エネルギーが 40-60 MeV、電荷量が数 10 pC のエネルギーの揃った準単色電子線が得られた産総研での実験条件に近い[1,2]。Fig. 1(a)(c)に見られる様に、どちらの場合も x~500 μm で 60 MeV の準単色電子線の発生が見られるが、1.5 μm レーザーでは単色ピークの電子数は 0.8μm レーザーの 10 倍程度多い。レーザーパワーが 1/3 程度にも関わらず、中赤外レーザーの利用によって高い電荷量を持つ電子線発生が可能なことが示された。この電荷量の増大は、大振幅のプラズマ波の励起とレーザー集光径つまり加速領域の断面積が大きいことによると考えられる。Fig. 1(b)(d)に見られる様に、どちらの場合も相対論的自己収束によって高い強度を維持しレーザーが伝搬しているが、1.5μm レーザーの場合は散乱が少ない。より高いレーザー強度が維持されていることも、効率の良い電子加速をもたらしたと考えられる。

理研において、二重チャープパラメトリック増幅法を用い、波長 1.5μm のマルチテラワットのフェムト秒レーザーパルス（100 mJ, 40 fs）が得られている[3]。現在、このレーザー装置を用いるレーザー電子加速実験の準備を進めている。

[1] S. Masuda and E. Miura, Appl. Phys. Express **1**, 086002 (2008). [2] E. Miura and S. Masuda, Appl. Phys. Express **2**, 126003 (2009). [3] Y. Fu, E. J. Takahashi, and K. Midorikawa, Opt. Lett. **40**, 5082 (2015).

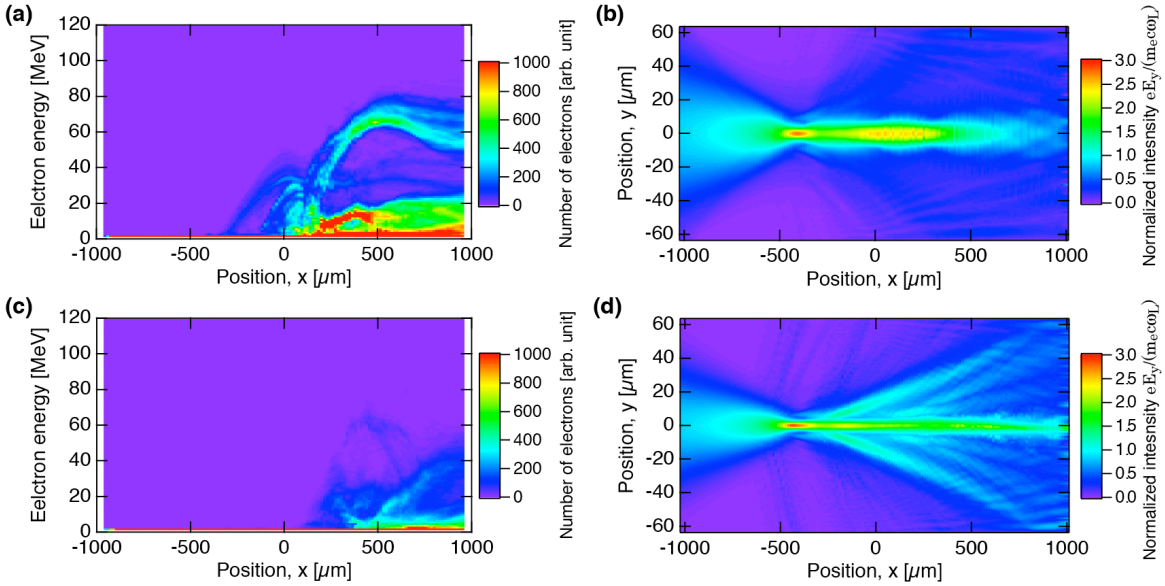

Fig. 1 The spatial evolutions of the electron energy spectrum for a 1.5 μm laser (a) and a 0.8 μm laser (c), and the transverse envelope of the laser intensity in the plasma for a 1.5 μm laser (b) and a 0.8 μm laser (d).

© 2018年 応用物理学会