

レーザー・プラズマ加速で単色電子ビーム発生

加速器から発生する高エネルギーの粒子や光子は、高エネルギー物理学をはじめとして、医療、物質科学、生命科学等様々な分野での利用が期待されている。しかし、加速器は特定の大型施設でしか利用できないのが現状である。従来型の高周波加速器とは全く原理の異なるレーザー・プラズマ加速によって加速器の小型化が期待されている。図1の破線枠内に示す様に、レーザーがプラズマ中を進む際に電子の粗密波(プラズマ波)を励起し、このプラズマ波に捉えられた電子が加速されて電子ビームとして放射される。レーザー・プラズマ加速では、加速電界が従来型加速器よりも1000倍程度高いために、同じエネルギーを得るための加速距離を1000分の1程度にでき、加速器の飛躍的な小型化が可能になる。また、従来型加速器よりはるかに短いフェムト秒領域の極短電子パルス発生も可能である。現在、レーザー・プラズマ加速を用いた小型加速器実現に向けた研究開発が世界各国で進められている。

最近では、レーザー・プラズマ加速で600 MeVに達する高エネルギー電子の発生も報告されているが、現状では低エネルギーから

高エネルギーのものまでを含む電子ビームしか得られていない。レーザー・プラズマ加速器実現には、特定のエネルギーだけを持つ単色電子ビームの発生が不可欠である。

我々は、世界に先駆けてレーザー・プラズマ加速で単色電子ビームの発生に成功した。図1に示す様に、高密度のガスジェットに波長800 nm、エネルギー100 mJ、パルス幅50 fsのレーザーパルス照射し、これまで実験が行われていたよりも10倍以上高い電子密度(10^{20} 個/cm³)のプラズマから、加速距離0.5 mmで7MeVのエネルギーを持つ単色電子ビーム発生に成功した(図2)。単色電子ビーム発生の際にはプラズマ波によるレーザー光の変調を観測し、電子がプラズマ波によって加速されていることも捉えている。このことは、単色電子ビーム発生再現性、制御性の向上を図る上で重要な知見である。

今回の単色電子ビーム発生は、レーザー・プラズマ加速器実現に向けての大きな一歩である。今後は、より高エネルギーで高出力の単色ビームの安定な発生を行うと共に、そのビーム特性の評価など利用技術の開発も進めて行く予定である。

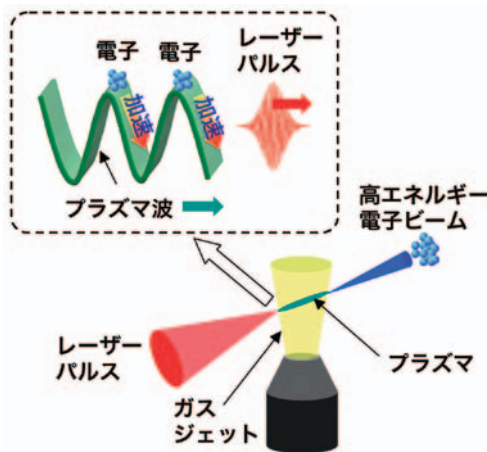


図1 レーザー・プラズマ加速の原理と実験配置
ガスジェットにレーザーパルスを照射すると、レーザーはプラズマを作りながら進み、プラズマ波を励起する。このプラズマ波に捉えられた電子が加速されて電子ビームとして放射される。

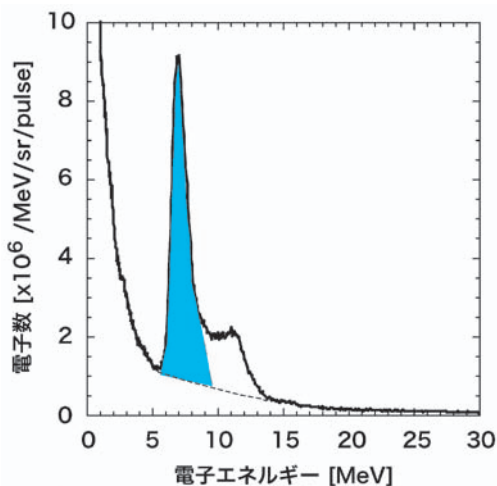


図2 電子ビームのエネルギースペクトル
エネルギー7 MeVの単色ビーム発生が認められる。



みうらえいすけ
三浦永祐
e-miura@aist.go.jp
エネルギー技術研究部門

関連情報

- 共同研究者: 小山和義, 加藤 進, 阿達正浩, 益田伸一 (エネルギー技術研究部門), 齋藤直昭 (計測フロンティア研究部門), 谷本充司 (明星大学) .
- E. Miura, K. Koyama, S. Kato, N. Saito, M. Adachi, Y. Kawada, S. Masuda, T. Nakamura, and M. Tanimoto: 14th International Conference on Ultrafast Phenomena Technical Digest PDP-4 (2004) .
- プレス発表, 平成16年8月4日: http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20040804/pr20040804.html