

爆縮コア加熱に対する高速イオンの寄与I

Contribution of laser-accelerated ion beam to imploded core heating I

城崎知至¹, 千徳靖彦², 砂原淳³, 有川安信⁴, 藤岡慎介⁴, 白神宏之⁴T. Johzaki¹, Y. Sentoku, A. Sunahara³, Y. Arikawa⁴, S. Fujioka,¹広大院工、²ネバダ大レノ校、³レーザー総研、⁴阪大レーザー研¹Hiroshima Univ., ²Univ. of Nevada RENO, ³ILT, ⁴ILE Osaka Univ.

1. 背景と目的

従来の高速電子駆動方式の高速点火レーザー核融合では、電子ビームの発散角が大きく、且つ電子のエネルギーが高すぎるため、コア加熱効率が低い。一方、レーザー加速イオンビームはその発散角が小さく、かつ飛程も短いことから、コア加熱源の候補として注目を集めている[1]。そこで、従来の電子加熱に加え、イオン加熱を付加的に加えることで、コア加熱効率向上が期待される。課題はレーザーから高速イオンへの変換効率が低い点にある。本研究では、阪大レーザー研で行われている高速点火原理実証実験 FIREX を対象に、電子並びにイオンの加速からコア加熱までをシミュレートし、コア加熱に対するイオンの付加的寄与を評価することを目的とする。本報告では、最初のステップとして、超高強度レーザー照射により、ターゲット表面（レーザープラズマ相互作用領域）で加速される高速イオンの特性やエネルギー変換効率について示す。

2. 手法

2次元相対論電磁粒子コード[2]により、超強度レーザー照射により生成するイオンビーム特性評価を行った。照射面にスケール長 $\lambda_p = 1 \sim 7 \mu\text{m}$ のプレプラズマをつけたCD平板ターゲットに、強度 $I_L = 10^{19} \sim 10^{20} \text{ W/cm}^2$ を垂直入射し、発生する高エネルギー電子並びにイオンを観測して、エネルギー変換効率、エネルギースペクトル、角度広がりなどを評価した。

3. 結果と考察

$I_L = 3 \times 10^{19} \text{ W/cm}^2$, $\lambda_p = 5 \mu\text{m}$ でのエネルギースペクトルと角度広がりをFig.1に示す。この時のレーザーから電子、 C^{6+} , D^+ へのエネルギー変換効率は69.4%, 2.2%, 0.6%で、電子への変換効率に比べ、イオンへの変換効率は1桁低いことがわかる。現行のFIREX実験での爆縮コアの密度直径積は 0.14 g/cm^2 程度で温度は 1 keV 以下である。これは、 1 MeV 電子の飛程よりもはるかに小さく、電子加熱効率の低さの要因の一つとなっている。一方、 C^{6+} と D^+ の飛程がコアサイズと同程度になるそれ

ぞれの粒子のエネルギーは 100 MeV 以上と $\sim 5 \text{ MeV}$ であり、大半のイオンはコア中で止まる。このため、変換効率は低いものの、コアへの結合効率は高くなり、トータルでは高速電子と同程度の加熱効率が期待され、イオン加熱を利用することで、これまでの加熱効率の倍程度の効率が得られることが期待される。一方、角度広がり、電子に比べると小さいものの、イオンもそれなりに大きい。これは、プレプラズマ中でレーザーが非線形効果によりフィラメント化し、小さなスポットに分裂するため、加速面が歪んでしまうことが要因である。

講演では結果の詳細ならびに、 I_L および λ_p 依存性を示すとともに、今後の課題について議論する。

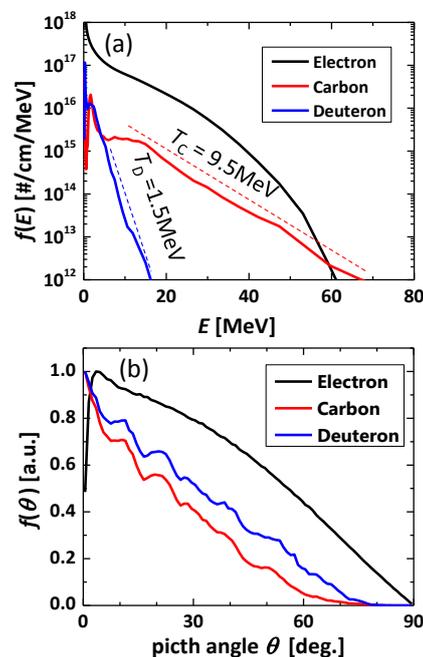


Fig.1 $I_L = 3 \times 10^{19} \text{ W/cm}^2$, $\lambda_p = 5 \mu\text{m}$ 時の電子、 C^{6+} , D^+ の(a)エネルギースペクトルと(b)角度分布。

- [1] 例えば、M. Roth, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **86**, 436 (2001).
 [2] H.-B. Cai, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 245001 (2009).