

レーザー核融合高速点火の加熱率向上に向けた 異波長混合ビーム照射の効果

Effects of mixed-beam irradiation with different wavelengths for the improvement of heating efficiency on laser fusion fast ignition

畑 昌育、有川 安信、城崎 知至¹、千徳 靖彦、長友 英夫

Masayasu Hata, Yasunobu Arikawa, Tomoyuki Johzaki¹, Yasuhiko Sentoku, Hideo Nagatomo

阪大レーザー研, 広島大¹

ILE Osaka Univ., Hiroshima Univ.¹

レーザー核融合高速点火では、高密度に爆縮された核融合燃料コアを、加熱用レーザーにより加熱し核融合点火条件を達成する。加熱効率は、加熱用レーザーを短波長化することにより高くなることが理論的に予測されており、実験的にそれを実証しようとする準備が進められている。しかしながら、この理論予測は簡単なモデルに基づいたものであり、本質的に非線形・非平衡現象である超高強度レーザープラズマ相互作用を正確に予測するにはシミュレーションによる解析が不可欠である。加えて、実験では基本波を波長変換して二倍高調波を発生させることで短波長化を達成するが、その際、残留基本波と二倍高調波の混合ビームが作られることになる。そのため、現象をより複雑化させる。そこで、実験に先行して、加熱用レーザーの短波長化および異波長混合ビームの効果を明らかにするべく、多次元電磁粒子シミュレーションによる解析に着手した。

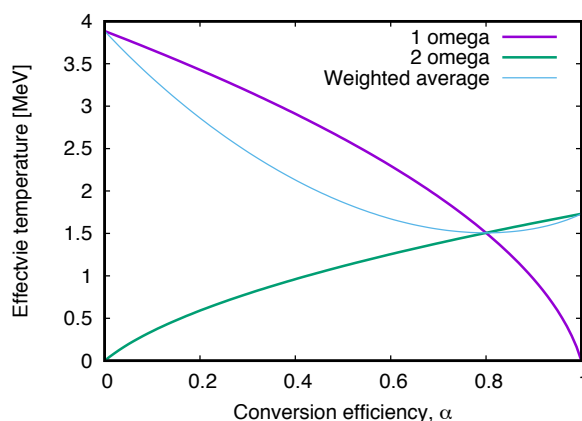
Wilksによるポンデロモーティブスケールリングによれば、高強度レーザーによって生成される高速電子の実効的な温度は次式で表される。[1]

$$\varepsilon_p = (\gamma_t - 1)m_e c^2, \text{ where } \gamma_t = \left(1 + I\lambda_\mu^2 / 1.37 \times 10^{18}\right)^{1/2}.$$

ここで、 m_e は電子の静止質量、 I はレーザー強度[W/cm²]、 λ_μ は波長[μm]である。二倍高調波への波長変換効率を α とすると、残留基本波の強度は $(1-\alpha)I$ 、二倍高調波の強度は αI となり、残留基本波、二倍高調波の作る高速電子の実効的な電子温度は波長変換効率 α に対して図に示すような依存性を示す。図より $\alpha = 0.8$ のときに残留基本波と二倍

高調波の実効的電子温度が同じになることがわかる。また、基本波と二倍高調波の実効的電子温度を、それぞれのレーザーエネルギーで加重平均した温度をみると、 α が50%を超えてくると変換前の基本波レーザーの実効的電子温度の半分を下回り、電子スペクトルに顕著な違いが見えてくると予想される。

以上の議論は、基本波と二倍高調波がそれぞれ独立に高速電子を生成すると仮定した場合に成り立つものであるが、実際には、基本波と二倍高調波の光路は重なっており、二つの波に荷電粒子は振られることになり、単一の波の場合とは異なるより複雑な振る舞いを示すものと考えられる。発表では、上述の議論とともに実施したシミュレーションの結果を紹介し、異波長混合ビームの効果について述べる。



電子温度の二倍高調波変換効率依存性
1 ω と2 ω の電子温度および各波のもつエネルギーで加重平均した電子温度を示す。

References

- [1] S. Wilks et al., Phys. Rev. Lett., **69**, 1383. (1992)