

極短パルス高強度レーザーを用いた極限プラズマの研究

Investigations on extreme plasmas with intense, short-pulse laser

Y. Kuramitsu¹, T. Minami¹, H. Habara¹, T. Hihara¹, K. Sakai¹, W.Y. Woon², Y.T. Liao², Ko. Kondo³,
H. Kiriya³, Y. Sakawa⁴, A. Morace⁴, S. Egashira⁴, M. Ota⁴, T. Izumi⁴, T. Morita⁵, M. Takagi⁵, M. Kanasaki⁶,
K. Morii⁶, T. Asai⁶, K. Sakamoto⁶, K. Shimizu⁶, K. Oda⁶, T. Yamauchi⁶, S. Jinno⁷, and Y. Fukuda³

¹)Eng. Osaka U., ²)Phys. NCU, ³)KPSI QST, ⁴)ILE Osaka U.,

⁵)Eng. Sci. Kyushu U., ⁶)Maritime Sci. Kobe U., ⁷)Eng. Tokyo U.

(概要) 近年の目覚ましいレーザーの高強度化・高輝度化により、これまで人類がアクセスできなかった未踏領域を、実験室で実現できるようになってきた。本研究では、QSTの世界屈指の高強度レーザーJ-KAREN-Pを用いて、宇宙から医療・産業応用まで、極限プラズマの研究を行う。特に次の3つのテーマにフォーカスし実験的に研究する：1. グラフェンを用いた高エネルギーイオン加速、2. 相対論的な無衝突衝撃波における乱流航跡場加速、3. 高輝度天体における誘導コンプトン散乱。初年度は特にテーマ1に注力し、テーマ2と3については予備実験とする。

キーワード: グラフェン、超高強度レーザー、イオン加速

(1行あける)

1. 目的

世界最強・最薄の large-area suspended graphene (LSG) [1] をカーボンイオン源として用い、世界屈指の超高強度レーザーである J-KAREN-P[2]を用い、世界最高エネルギーカーボンイオンの生成・加速実験を行う。さらに、大規模計算を行い、実験結果の解釈と加速過程の物理を明らかにする。

2. 方法

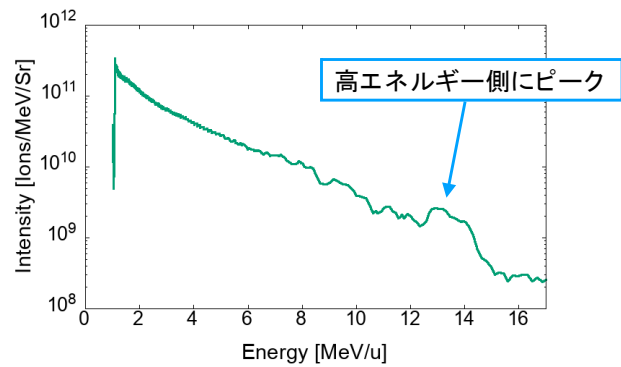
自由表面グラフェンターゲット (LSG) を、J-KAREN-P を用いて照射し、高エネルギーイオンを生成する。LSG は、台湾の国立中央大学 (NCU) W. Y. Woon 准教授との共同研究により、高品質の世界最薄、最高強度のターゲットを作成する。実験は J-KAREN-P の短焦点チャンバーで行い、LSG に対して、レーザーを 45 度照射から始めて、戻り光モニターを見ながら、徐々に normal incidence に近づけてゆく。ターゲットの駆動装置とターゲットの監視システムを用いて、ターゲットのアライメントを行う。計測器は、リアルタイムトムソンパラボラ、及び CR-39 のスタックを用いる。低エネルギーからショットを始めて、リアルタイムトムソンパラボラを調整する。フォーカス軸方向の調整と最適なレーザーエネルギーを調整しながら、ショットを重ねる。1 日ごとに厚さを変えて、ターゲットの厚みに対するイオン加速の依存性を調べる。加速過程を明らかにするために、電子スペクトロメータと、メインのレーザーによる非協同トムソン散乱を用いて、電子の分布関数、温度と密度をそれぞれ計測する。レーザーの散乱 (透過) 光を広帯域の分光器を用いて計測する。

3. 結果及び考察

実験の直前に normal incidence では安全面が確保できないとのことで、45 度入射に固定し実験を行った。極薄膜を用いた radiation pressure acceleration (RPA) には不向きな照射角度であるが、 10^{21}Wcm^{-2} を超える超高強度レーザーを用い、プラズマミラーを用いらずに高エネルギーイオンの生成を実現した。右図は、8 層 LSG のトムソンパラボラを用いて計測したプロトンの分布関数である。高エネルギー側にわずかながらピークが見られる。また、プロトンに加え、重イオン（カーボンおよびオキシジェン）が計測された。CR-39 を用いたイオン計測でも同様の

結果が得られている。粒子コードを用いた実験の解析から、45 度入射より 0 度入射の方が効率の良い加速が得られており、またさらに枚数を重ねた厚めのターゲットを用いることで 100MeV を超えるプロトンの加速が可能である。次年度は、戻り光モニタを導入し、normal incidence と多層 LSG を用い、エネルギーフロントティアを開拓する。

また、本成果は日本物理学会と Physical Society of Republic of China の両物理学会で、南卓海と Yu-Tzu Liao がそれぞれ学生優秀賞を受賞しており、注目の高さや結果のインパクトを表している。



実験におけるプロトンの分布関数

4. 引用(参照)文献等

- [1] Khasanah + Kuramitsu, High Power Laser Sci. Eng., 5, e18, 2017
- [2] H. Kiriya et al., Opt. Lett. 43, 2595, 2018