

X線自由電子レーザー：SACLAを用いたサブミクロン集合体 ターゲットのX線小角散乱とイオン計測

Small-angle x-ray scattering and ion measurements of submicron rod- assembly targets using XFEL:SACLA

松本雄志郎 1)、太田雅人 1)、江頭俊輔 1)、倉本織羽乃 1)、石原大樹 1)、前田亘佑 1)、
境 健太郎 1)、南 卓海 1)、安部勇輝 1)、中村浩隆 1)、上村拳生 1)、PIKUZ Tatiana 1)、
MORACE Alessio 1)、田口智也 1)、松井隆太郎 2)、PIROZHKOV Alexander 6)、藪内俊毅 3, 4)、
末田敬一 4)、宮西宏併 4)、犬伏 雄一 3, 4)、富樫 格 3, 4)、尾崎典雅 1)、金崎真聡 4)、山内知也 4)、
蔵満康浩 1)、ROEDEL Melanie 5)、LASO GARCIA Alexander 5)、KLUGE Thomas 5)、COWAN Thomas 5)、
福田祐仁 6)、岸本泰明 2)、坂和洋一 1)、
Matsumoto Yushiro 1)、OTA Masato 1)、MATSUI Ryutaro 2)、KISHIMOTO Yasuaki 2)、
SAKAWA Youichi 1) et al.

(1) 阪大、(2) 京大、(3) 高輝度光科学研究センター、(4) 理研放射光センター、(5) 神大、
(6) HZDR, Germany、(7) 量子科学技術研究所

(1) Osaka Univ., (2) Kyoto Univ., (3) JASRI, (4) RIKEN, (5) Kobe Univ., (6) HZDR, Germany,
(7) National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

宇宙物理学の重要なテーマの1つに「宇宙線」の起源の研究があり、「無衝突衝撃波」による加速はその有力な候補である。ガンマ線バーストにおける相対論的無衝突衝撃波では、「Weibel不安定性」に起因する強い自己生成乱流磁場によって「無衝突Weibel衝撃波」が生成され、これによる加速が宇宙線の起源の一つであるというモデルが示された[1]。

また、近年の高強度レーザー技術の発展により、加速電子が相対論領域の高強度レーザーと物質の相互作用についても多様な研究が行われている[2]。中でも、微小物体の集合体など単純な個体に比べて大きな表面積を持つ特異な構造を持つ物質では、レーザーの吸収率が増加し、微細な構造に起因した多様な分極の自由度とそれに伴う線形・非線形の光学特性が相互作用に様々なダイナミクスをもたらす[3]。

本実験では、無衝突Weibel衝撃波生成に伴うフィラメントの空間・時間発展のXFELによる計測を模擬し、高強度レーザー（エネルギー： <10 J、パルス幅： 40 fs、スポット径： 20 - 100 μm 、強度： $<10^{19}$ W/cm^2 ）をSi製ロッド集合体ターゲット（典型的なサイズは、ロッド直径： ~ 500 nm、ロッド間隔： ~ 1 μm 、ロッド長： ~ 10 μm 、15列 \times 3行）に照射して生成されるロッド状プラズマの時間発展を、XFEL：SACLA（7 keV、スポット径： 10 - 20 μm ）を用いたX線小角散乱（SAXS）計測によって調べた。また、加速されたイオンをターゲットホルダーに設置した固体飛跡検出器（CR-39とカプトン）を用いて計測した。これにより、微小物

体の集合体という特異な物質と高強度レーザーの相互作用及び、Weibel不安定性による無衝突衝撃波生成とイオン加速の因果関係を明らかにすることを目的としている。

図1に実験セットアップを示す。高強度レーザーを照射しない状態でターゲットノーマルに垂直方向からSAXS計測を行い（Cold shot）、次いでロッド集合体ターゲットにターゲットノーマルから17度の入射角で高強度レーザーを照射してプラズマを生成させて遅延時間の後にSAXS計測を行なった（Hot shot）。HotとColdのSAXSスペクトルの比から遅延時間の関数としてプラズマ膨張のスケール長を求めた。また、ターゲットホルダーに設置したCR-39とカプトンにより粒子計測を行なった（図2）。

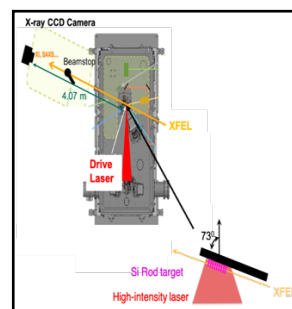


図 1. 実験セットアップ

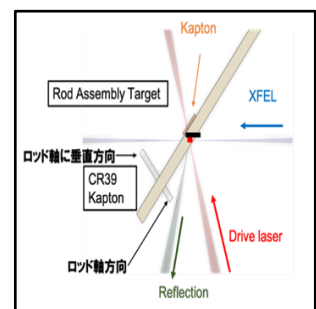


図 2. ターゲットホルダー

参考文献

- [1] J. S. Ross, et al, Y. Sakawa, et al, Phys. Rev. Lett. **118**, 185003 (2017).
[2] A. Macchi et al., Rev. Mod. Phys. **85**, 751 (2013).
[3] Y. Kishimoto et al., J. Plasma Fusion Res. **97**, 56 (2021).