

シリンダー状ターゲットへのレーザー内面照射による キロテスラ級超強磁場の生成と磁気リコネクション実験への応用



安部勇輝^A, K. F. F. Law^A, A. Morace^A, 余語覚文^A, 小島完興^A, 坂田匠平^A, S. Lee^A, 松尾一輝^A, 大島亜弓^A,
有川安信^A, 中井光男^A, 坂和洋一^A, 近藤康太郎^B, E. d'Humieres^C, V. Tikhonchuk^C, J. J. Santos^C, Z. Zhang^D,
Y-T. Li^D, 乗松孝好^A, 疇地宏^A, Ph. Korneev^E, 藤岡慎介^A
阪大レーザー研^A, 東工大原子炉^B, 仏ポルドー大^C, 中国科学院^D, NRNU MEPhI (露)^E

Summary

高強度レーザーを用いたkT級超強磁場生成は高速点火核融合のほか、磁気リコネクションによる粒子加速など宇宙物理分野の研究への応用が期待されている。実験室に於いて5kT以上の磁場生成に成功した例は未だなく、キロテスラ級超強磁場の磁気リコネクションによる粒子加速を実験的に観測した例も未だない。2015年、円筒状金属ターゲット内面へのレーザー照射により、10 kT級の反平行強磁場を生成する手法が提案された [Ph. Korneev et al. Phys. Rev. E 91, 043107 (2015)]。そこで本研究では、阪大レーザー研のLFEXレーザー(10¹⁹ W/cm²)を用いて本手法の原理実証実験を行った。その結果、プロトンラジオグラフィによる磁場計測から磁場強度が5 kTを超える反平行磁場の生成を示唆するデータが得られた。また磁場方向に加速された10MeVを超える高エネルギープロトンが観測された。生成された磁場の分布や磁場方向への粒子加速のメカニズムについて今後詳細に検討する予定である。

実験結果

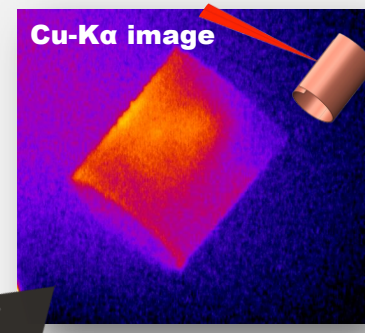
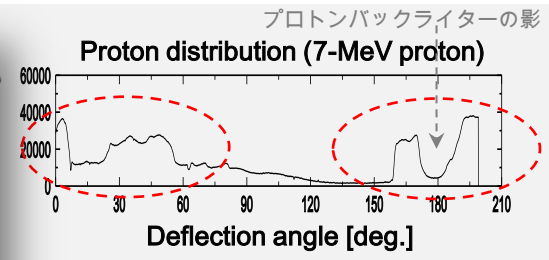


図3 ターゲット表面を高速電子が流れる様子をCu-K α イメージャーで観測した。



7-MeV proton trajectory

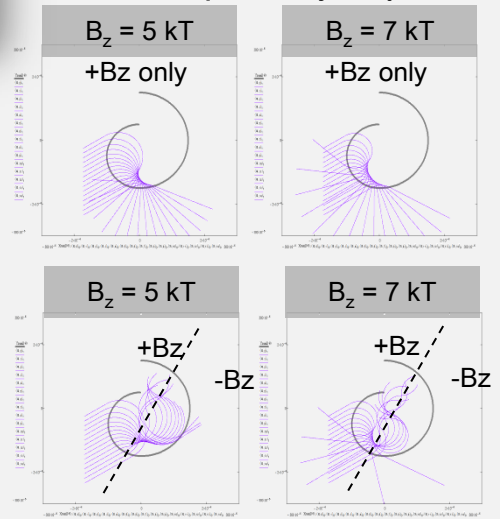


図4 磁場を通過し、RCFに観測されたプロトンは前方(0°方向)と後方に多く分布している。図のように、7MeVのプロトンが後方に曲げられる為には5kT以上が必要で、尚且、前方に飛ぶ成分が現れる為には、反平行磁場が出来ていなければならない。

2D-PICシミュレーション (calculated by Korneev)

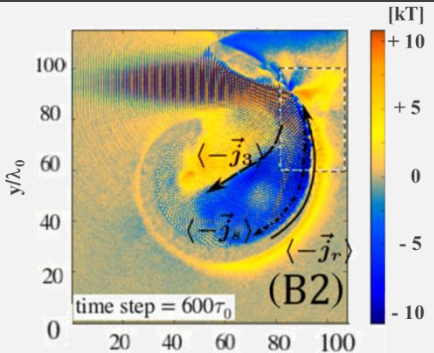
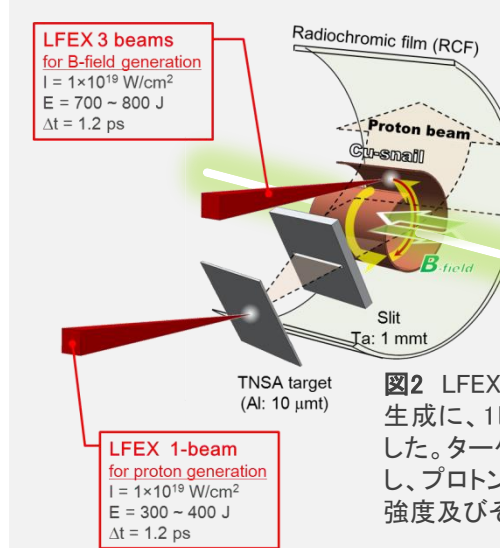


図1 レーザーの多重反射によりターゲット内側を壁面に沿って流れる電子と、その逆向きに流れる帰還電流によって図のような10kT級の反平行磁場が形成される。

実験配置



Proton (> 10 MeV)

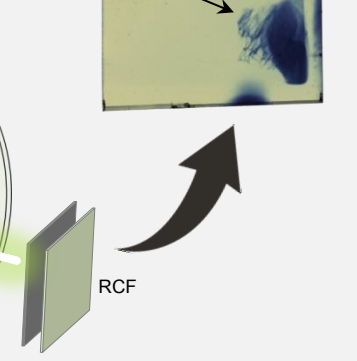


図2 LFEX4ビームのうち3ビームを磁場生成に、1ビームをプロトン発生に使用した。ターゲットを囲うようにRCFを配置し、プロトンの曲がり角の分布から磁場強度及びその構造を計測した。