



理化学研究所



令和4年4月18日

報道機関 各位

国立大学法人 電気通信大学
国立研究開発法人 理化学研究所
公益財団法人 高輝度光科学研究センター

世界最強のポータブル磁場発生機を完成、 77 テスラで量子ビーム実験に成功

【ポイント】

- * 世界最強ポータブルパルス強磁場発生装置を完成
- * 77 テスラで物質の結晶構造変化観測に成功

【概要】

電気通信大学大学院情報理工学研究科の池田暁彦助教は、東京大学物性研究所松田康弘教授らと共同で、ポータブル超強磁場発生機 PINK-01^[1]を完成させました。PINK-01 は可搬型であるため、量子ビーム施設での実験に利用できます。池田暁彦助教らは PINK-01 を X 線自由電子レーザー施設 SACLA^[2]に持ちこみ、理化学研究所放射光科学研究センターの久保田雄也基礎科学特別研究員ら、高輝度光科学研究センターの犬伏雄一主幹研究員らと共同で、世界最高超強磁場 77 テスラ^[3]中で物質の結晶構造変化のミクロ観察に成功しました。今後、さまざまな物質における、結晶状態への磁場効果の解明が進むと期待されます。

【背景】

非常に強い磁場中では、物質の新規な電子・磁気・結晶状態が生まれると考えられており、世界的に研究が盛んに行われています。従来、100 テスラ級の非常に強い磁場を発生するためには大型の施設が必要であり、世界の限られた施設でしか利用することができませんでした。先進的量子ビームを利用すれば、超強磁場中での物質のミクロな電子・磁気・結晶状態観測をすることが可能です。しかし、これらの施設も同様に大型であり、また、強磁場施設と併設されていないために、超強磁場中でのミクロ観察は従来困難でした。

【手法】

今回、池田助教を中心とする研究グループでは、小型パルス超強磁場発生装置 PINK-01 を完成しました。PINK-01 は全体重量として1 トンを下回るため、ポータビリティを備えつつ、100 テスラに迫る 77 テスラ超強磁場を発生することができます。これは従来のポータブル磁場発生装置の最

高磁場である 40 テスラを大きく上回る磁場値であり、PINK-01 は現状で世界最強のポータブル磁場発生装置です。PINK-01 では従来の一巻きコイル法装置に比べて、コンデンサエネルギーを 100 分の 1 程度に縮小し、一巻きコイルの直径を 10 分の 1 程度に縮小することで、ポータビリティを実現しています。

【成果】

池田助教らは PINK-01 を X 線自由電子レーザー施設 SACLA に搬入し、理化学研究所放射光科学研究センターの久保田基礎科学特別研究員ら、高輝度光科学研究センターの犬伏主幹研究員らと協力することで、X 線レーザービームを利用した X 線実験を行いました（図 1）。この実験で 77 テスラ超強磁場を発生した瞬間の物質の X 線回折実験に成功しました（図 2）。実際に磁場がかかる前とかかっている最中で、大きく結晶状態が変化していることを見いだしました。これにより世界に先駆けて、77 テスラ超強磁場での物質の結晶構造変化をマイクロ観察することに成功しました（図 3）。100 テスラ級の超強磁場は持続時間 100 万分の 1 秒程度であり、その短い時間内でデータを取得する必要があります。SACLA の X 線レーザーは、それよりもずっと短い 100 兆分の 1 秒で X 線回折実験ができるという特徴があり、今回の実験は PINK-01 と SACLA を組み合わせることによって、初めて可能となりました。

【今後の期待】

PINK-01 の成果により 100 テスラに迫る超強磁場を持ち運ぶことが可能になりました。また、今回の実験で、物質科学の基本手法である X 線回折実験が超強磁場条件下で可能であることが示されました。これまでに、100 テスラで磁場による結晶状態変化が予想されている物質は多くあります。今後、これらが一気に解明されると期待されます。

また、PINK-01 を利用することで、X 線にとどまらず、これまで不可能であったテラヘルツやパルスレーザーなどのシングルショットプローブと超強磁場を組み合わせる研究を推進することができると期待されます。このため、今後、超強磁場の物質科学に研究手段が増大することが期待されます。これにより日本を中心として強磁場における物質科学が大きく進展すると考えられます。

（論文情報）

“Generating 77 T using a portable pulse magnet for single-shot quantum beam experiments”
A. Ikeda, Y. H. Matsuda, X. Zhou, S. Peng, Y. Ishii, T. Yajima, Y. Kubota, I. Inoue, Y. Inubushi, K. Tono, M. Yabashi
Applied Physics Letters 120, 142403 (2022)
DOI: 10.1063/5.0088134

（外部資金情報）

東電記念財団研究助成（基礎研究）18-001
文部科学省卓越研究員事業 JPMXS0320210021
科研費挑戦的開拓 20K20521

（用語説明）

[1]PINK-01: Portable INTense Kyokugenjiba の略。01 は 1 号機を意味する。
[2] SACLA: 理化学研究所と高輝度光科学研究センターが共同で建設した日本で初めての XFEL 施設。2011 年 3 月に完成し、SPring-8 Angstrom Compact free electron LAsER の頭文字を取って SACLA と命名された。2011 年 6 月に最初の X 線レーザーを発振、2012 年 3 月から共用運転が開始され、利用実験が始まっている。大きさが諸外国の同様の施設と比べて数分の 1 とコンパクトであるにも

かかわらず、1 オングストローム（100 億分の 1 メートル）以下という世界最短波長のレーザー生成能力を持つ。

[3] テスラ：1 テスラは地磁気の約 2 万倍の強さの磁場強度である。

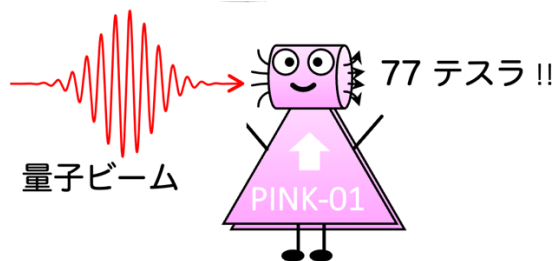


図 1 PINK-01 と量子ビームを利用した本実験の模式図

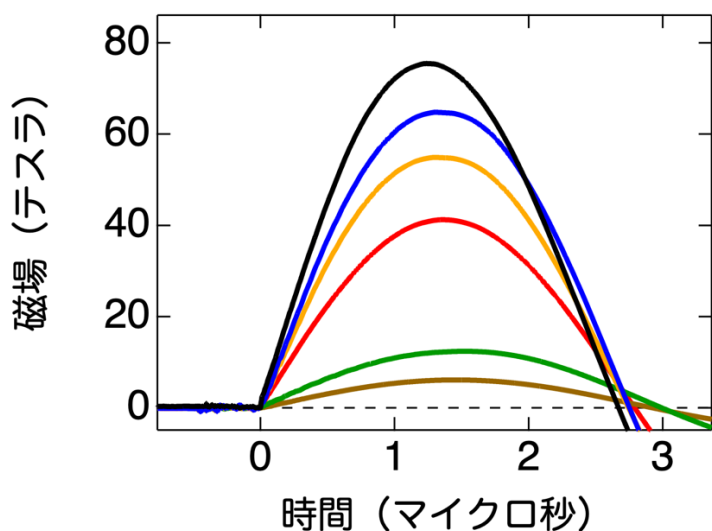


図 2 PINK-01 の磁場波形

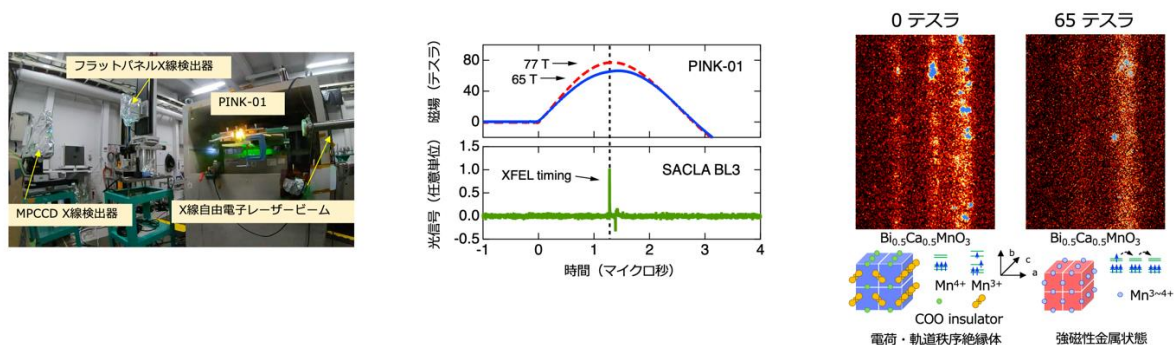


図 3 PINK-01 を SACLA に持ち込んで行った、超強磁場中 X 線レーザービーム実験

【連絡先】

< 研究内容に関すること >

電気通信大学大学院 情報理工学研究所 基盤理工学専攻 物理工学プログラム

【職名】 助教

【氏名】 池田 暁彦

Tel : 042-443-5845 E-Mail : a-ikeda@uec.ac.jp

理化学研究所 放射光科学研究センター 利用システム開発研究部門
SACLA ビームライン基盤グループ ビームライン開発チーム
【職名】基礎科学特別研究員
【氏名】久保田 雄也

高輝度光科学研究センター 先端光源利用研究グループ 実験技術開発チーム
【職名】主幹研究員
【氏名】犬伏 雄一
Tel : 0791-58-2785 E-Mail : inubushi@spring8.or.jp

<報道に関すること>

電気通信大学 総務企画課 広報係
Tel : 042-443-5019 Fax : 042-443-5887
E-Mail : kouhou-k@office.uec.ac.jp

理化学研究所 広報室 報道担当
E-Mail : ex-press@riken.jp

<SPring-8/SACLAに関すること>

高輝度光科学研究センター 利用推進部 普及情報課
Tel : 0791-58-2785 Fax : 0791-58-2786
E-Mail : kouhou@spring8.or.jp