ニュースリリース

令和７年９月２４日

報道機関　各位

国立大学法人電気通信大学
国立大学法人岩手大学
国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）

ベクトルパルスマグネットを開発
物質の異方的磁気応答を可視化する新ツール

【ポイント】

＊6 テスラの強磁場をわずか 1000 分の 1 秒で 90 度回転させた
＊パルス磁場を用いた磁場回転の実現は世界初
＊トポロジカル物質や交代磁性体における電気的・光学的・磁歪（機械的な変形）応答の異方性を明らかにするツールとして期待
＊磁場の方向に敏感なスイッチやメモリ、センサなどの機能を持つ材料の探索に利用できる

【概要】

電気通信大学大学院情報理工学研究科基盤理工学専攻の池田暁彦准教授らの研究グループは、物質の磁場応答を新しい視点から調べることができる「ベクトルパルスマグネット」を発明し、その成果が 2025 年 9 月 23 日（日本時間）付でアメリカの学術誌 「Applied Physics Letters 」に掲載されました。

【背景】

近年、トポロジカル物質（※1）や交代磁性体（※2）といった新しい概念が相次いで提案され、物質の磁性や電子状態を理解する上で「異方性（方向によって性質が異なること）」の研究が重要になっています。特に、磁性体に限らず非磁性体においても磁場に対する異方的な応答が注目されており、磁場の向きを自在に制御することの必要性が高まっています。磁場を利用した研究では、磁場ベクトルの方向、物質の結晶方向、そして物質が示す応答の方向という 3 つのベクトルを同時に制御して観測する必要があります。こうした探索は非常に広大なパラメータ空間を持ち、網羅的な研究は困難でした。

これまでは、大型の超伝導マグネットを利用し、試料を回転させたり、ベクトルマグネットを使ったりする研究が行われていました。これらの方法は限定的なパラメータ空間を高精度に調べることが得意であるものの、広いパラメータを網羅的に研究することは困難でした。そのため、まず理論的に実験パラメータ空間を絞り込むことが重要な手段となっており、広大なパラメータ空間を探索的に実験で調べることは困難な課題として残されていました。

【成果】

池田准教授らの研究グループは、パルスマグネット（※3）を 2 台組み合わせ、互いに直交する磁場を同時に発生させることに成功しました（図 1 左）。この装置を「ベクトルパルスマグネット」

と呼びます。研究グループでは 2 つのパルス磁場のタイミングを精密に制御することを着想し、6 テスラの磁場を 1/1000 秒の間に 90 度回転させる、回転パルス磁場の発生に成功しました（図 1 中央、右）。

この仕組みを活用することで、試料を回転させる作業を含めても、わずか 1 時間で物質の全立体角（4πステラジアン）に対する磁場応答データを取得することに成功しました（図 2）。得られたデータを解析することで、物質が示す磁場応答の対称性を 3 次元的に「可視化」することができます。

実際に、グラファイトという 2 次元性を持つ物質に磁場をかけて電気抵抗の変化を測定したところ、電子状態の 3 次元空間に 2 次元的な性質を明瞭に可視化することに成功しました（図 2）。従来に比べ、高速かつ効率的に物質の対称性を探索できる新しい手法として大きな意義を持ちます。

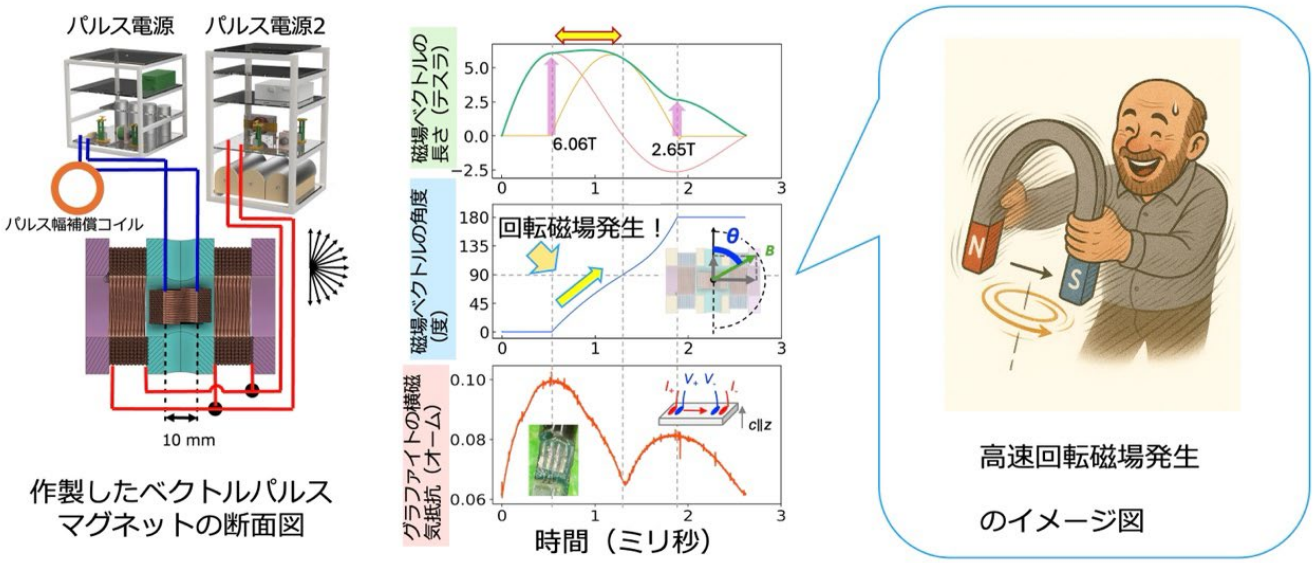

図 1：製作したベクトルパルスマグネット（左）
パルス電源からの電流（青い線）が流れるコイル（上下方向）とパルス電源 2 からの電流（赤い線）が流れるコイル（左右方向）とは直交しており、それぞれで発生する磁場も直交している。
回転磁場発生（中央）
磁場を高速回転させるイメージ図（右）
磁石を回すことで、N 極と S 極の間に発生する磁場の向きを回転させています。実際の装置では U 字永久磁石ではなく、パルス電磁石を使っています。（ChatGPT5 を使用して作成したイメージ図です。実際の装置とは異なります。）

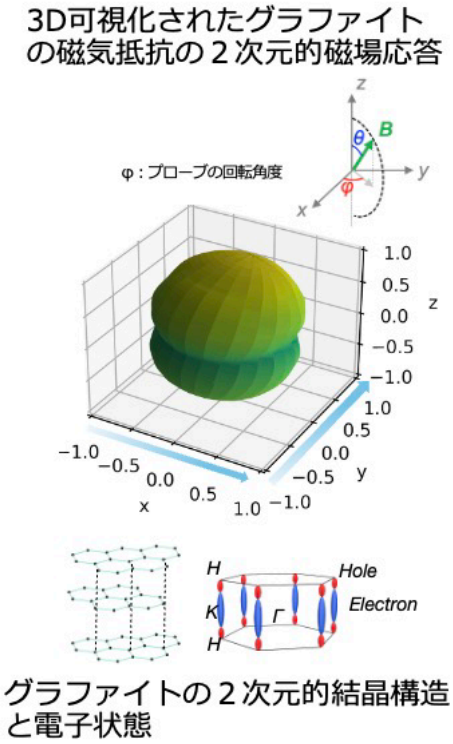

図２：３次元可視化されたグラファイトの磁気抵抗に現れる２次元的磁場応答

【今後の期待】

本研究で開発したベクトルパルスマグネットは、トポロジカル物質や交代磁性体の電磁応答・光学応答や磁歪といった幅広い異方性を明らかにする手段となります。これにより、磁場の方向に敏感なスイッチやメモリ、センサなどの機能を持つ材料を探索するためのフィールドなどへ今後の研究展開が期待されます。

（論文情報）

雑誌名　Applied Physics Letters　Volume 127, Issue 12, 122403 (2025)
DOI　10.1063/5.0284842
タイトル　Vector pulse magnet
著者　K. Noda, K. Seki, D. Bhoi, K. Matsubayashi, K. Akiba, A. Ikeda(*)
(*)責任著者

発表者
野田　孝祐（電気通信大学　大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻　博士後期課程１年）
関　健太　（電気通信大学　大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻　博士前期課程２年）
Dilip　Bhoi（電気通信大学　大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻　特任准教授(発表当時)）
（現　オークリッジ国立研究所　パーマネント研究員）
松林　和幸（電気通信大学　大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻　教授）
秋葉　和人（岩手大学　理工学部　准教授）
池田　暁彦（電気通信大学　大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻　准教授）

（外部資金情報）

科研費　学術変革領域（A）　「1000 テスラ科学」 23H04859, 23H04861, 23H04862
科研費　基盤研究（B）　23H01121

科学技術振興機構（JST）　　創発的研究支援事業 JPMJFR222W
「新世代量子ビームによる超 100 テスラ量子物性の解明」
文科省卓越研究員事業　　JP-MXS0320210021

（用語説明）

※1 トポロジカル物質：スピンと電子軌道が密接に結びついた結果、異方的な磁気応答が期待される物質。特にそのバンド構造や磁気構造にトポロジカル数で特徴づけられる性質を有する。

※2 交代磁性体：強磁性体の性質と、反強磁性体の性質をあわせ持つ、新たに提唱された磁性体の区分。強磁性体の利点と反強磁性体の利点を併せ持つ不思議な性質を持つため、基礎と応用の両面で注目されている。

※3 パルスマグネット：電磁石に一瞬（1/1000 秒ほど）だけ電流を流すことで、大きな発生磁場を得る手法。

【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科　基盤理工学専攻
【職名】准教授
【氏名】池田　暁彦
E-Mail：a-ikeda@uec.ac.jp

＜報道に関すること＞
電気通信大学総務部総務企画課　広報係
Tel：042-443-5019　Fax：042-443-5887
E-Mail：kouhou-k@office.uec.ac.jp

科学技術振興機構　広報課
Tel：03-5214-8404　Fax：03-5214-8432
E-Mail：jstkoho@jst.go.jp

＜JST 事業に関すること＞
科学技術振興機構　創発的研究推進部　東出　学信
Tel：03-5214-7276　Fax：03-6268-9413
E-Mail：souhatsu-inquiry@jst.go.jp