

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*

Vector Pulse Magnet: A Novel Platform for the Investigation of Magnetic Anisotropy

電気通信大学 池田 暁彦 Akihiko Ikeda
野田 孝祐 Kosuke Noda

1 はじめに

磁場は物質のスピンなどのミクロな磁気モーメントに直接作用するため、物質の性質を調べるうえで有用なツールである。また、磁場はベクトル場であるため、「強さ」に加えて「方向」の自由度をもっている。近年、トポロジカル物質や交代磁性体といった物質の新しい概念が相次いで提案され、物質の性質(磁性や電子状態)を理解するうえで「磁気異方性」の研究が重要になっている。特に、磁性体に限らず非磁性体においても異方的な応答が注目されており、外部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る。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三つのベクトルを同時に制御して観測する必要がある。こうした探索は非常に広大なパラメータ空間をもち、網羅的な研究は困難だった。

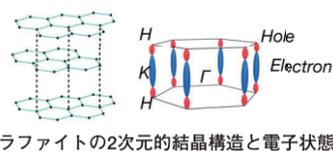
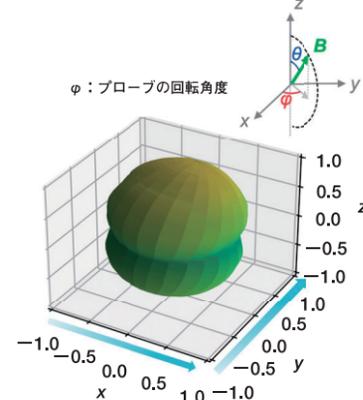
これまで、大型の超伝導マグネットを利用し、試料を回転させたり、ベクトルマグネットを使う研究が行われていた。これらの方法は限定的なパラメータ空間を高精度に調べることが得意であるものの、広いパラメータを網羅的に研究することは困難だった。そのため、まず理論的に実験パラメータ空間を絞り込むことが重要な手段となっており、広大なパラメータ空間を探索的に調べることは困難な課題として残されていた。

2 ベクトルパルスマグネットの発明と実装

従来の磁場発生装置は、磁場ベクトルの向きを自在に制御することができず、ベクトルパルスマグネットを開発することによって実現した。

従来の磁場発生装置は、磁場ベクトルの向きを自在に制御することができず、ベクトルパルスマグネットを開発することによって実現した。従来の磁場発生装置は、磁場ベクトルの向きを自在に制御することができず、ベクトルパルスマグネットを開発することによって実現した。従来の磁場発生装置は、磁場ベクトルの向きを自在に制御することができず、ベクトルパルスマグネットを開発することによって実現した。

3D可視化されたグラファイトの磁気抵抗の2次元の磁場応答



グラファイトの2次元結晶構造と電子状態

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次元の磁場応答

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

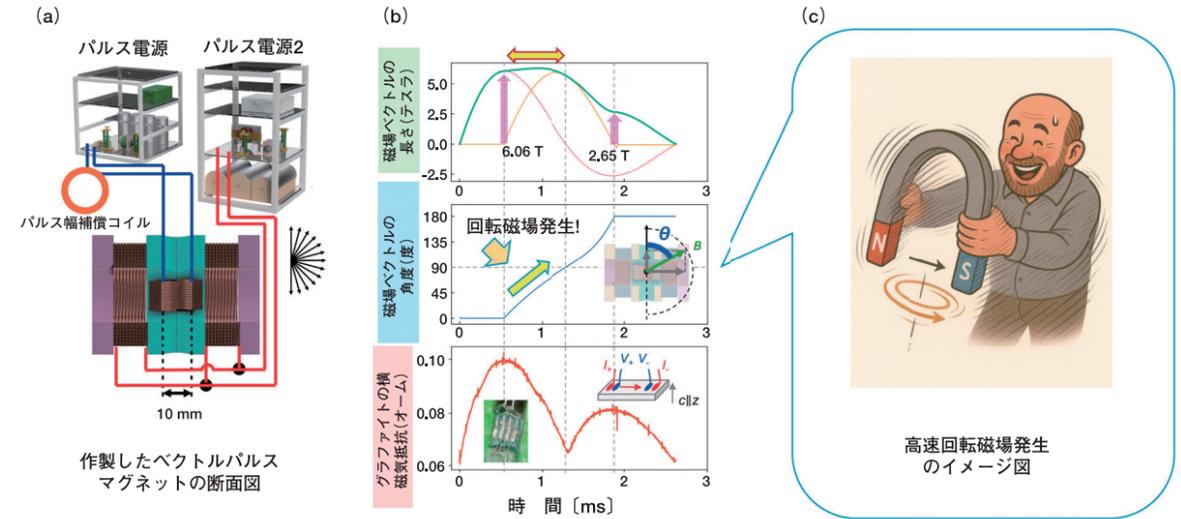


図1 (a)製作したベクトルパルスマグネット。パルス電源からの電流(青い線)が流れるコイル(上下方向)とパルス電源2からの電流(赤い線)が流れるコイル(左右方向)とは直交しており、それぞれで発生する磁場も直交している。(b)回転磁場発生。(c)磁場を高速回転させるイメージ図。磁石を回すことで、N極とS極の間に発生する磁場の向きを回転させている。実際の装置ではU字永久磁石ではなく、パルス電磁石を使っている。(ChatGPT5を使用して作成したイメージ図。実際の装置とは異なる)

3 応用例

本装置は、物質のスピンなどのミクロな磁気モーメントに直接作用するため、物質の性質を調べるうえで有用なツールである。また、磁場はベクトル場であるため、「強さ」に加えて「方向」の自由度をもっている。近年、トポロジカル物質や交代磁性体といった物質の新しい概念が相次いで提案され、物質の性質(磁性や電子状態)を理解するうえで「磁気異方性」の研究が重要になっている。特に、磁性体に限らず非磁性体においても異方的な応答が注目されており、外部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る。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三つのベクトルを同時に制御して観測する必要がある。こうした探索は非常に広大なパラメータ空間をもち、網羅的な研究は困難だった。

本装置は、物質のスピンなどのミクロな磁気モーメントに直接作用するため、物質の性質を調べるうえで有用なツールである。また、磁場はベクトル場であるため、「強さ」に加えて「方向」の自由度をもっている。近年、トポロジカル物質や交代磁性体といった物質の新しい概念が相次いで提案され、物質の性質(磁性や電子状態)を理解するうえで「磁気異方性」の研究が重要になっている。特に、磁性体に限らず非磁性体においても異方的な応答が注目されており、外部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る。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三つのベクトルを同時に制御して観測する必要がある。こうした探索は非常に広大なパラメータ空間をもち、網羅的な研究は困難だった。

4 まとめと今後の展望

本装置は、物質のスピンなどのミクロな磁気モーメントに直接作用するため、物質の性質を調べるうえで有用なツールである。また、磁場はベクトル場であるため、「強さ」に加えて「方向」の自由度をもっている。近年、トポロジカル物質や交代磁性体といった物質の新しい概念が相次いで提案され、物質の性質(磁性や電子状態)を理解するうえで「磁気異方性」の研究が重要になっている。特に、磁性体に限らず非磁性体においても異方的な応答が注目されており、外部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る。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三つのベクトルを同時に制御して観測する必要がある。こうした探索は非常に広大なパラメータ空間をもち、網羅的な研究は困難だった。

記事のご感想をお願いします アンケートはこちらから

参考文献

- (1) K. Noda, K. Seki, D. Bhoi, K. Matsubayashi, K. Akiba, A. Ikeda : Appl. Phys. Lett., 127, 122403 (2025)
- (2) A. Ikeda, K. Noda, K. Shimbori, K. Seki, D. Bhoi, A. Ishita, J. Nakamura, K. Matsubayashi, K. Akiba : J. Appl. Phys., 136, 175902 (2024)