

磁気ブラッグエッジ・ブラッグディップによるスピン秩序解析

Spin structural analyses using magnetic Bragg dips and edges

間宮広明, 大場洋次郎^A, 寺田典樹, 渡邊騎通^B,

廣井孝介^C, 篠原武尚^C, 及川健一^C

NIMS, 原研物質科学セ^A, 神奈川大工^B, 原研 J-PARC セ^C

現在、電子の持つスピンの性質を利用した新しい機能性材料に注目が集まっているが、これらのスピン配列の評価は、中性子ビームを入射しこの配列から回折してくる中性子の強度を計測する手法にほぼ限られてきた。しかし、この手法では中性子が入射ビームから角度をとって回折してくるため、様々な機器をその軌道を妨害しないよう測定対象の直近に上手く配置することは難しく、このことが、新たなスピン機能性探索のフロンティアである超高压・強磁場・超高温／低温などの多重極限環境下で発現する未知のスピン配列を評価・解明するための実験の大きな制約となっていた。

今回、我々は、透過中性子の軌道が入射ビームと同一直線上にあるため、それを計測する場合、周辺機器はその軸線上からわずかに外すだけでよく、試料環境機器の設計の自由度が飛躍的に増すという単純な事実に着目した。入射ビームの一部が回折すればその分透過中性子の強度が減少するため、透過中性子を観測してもスピン配列の情報が得られるはずであるが、実際にこれを解析した報告はない。そこで、我々は、大強度陽子加速器施設 J-PARC で生成されるパルス状の中性子を典型的なスピン超格子配列を持つニッケル酸化物に入射し、透過してくる中性子の強度を時間分解型検出器で測定することで、強度と飛行時間(速度)との関係を調べた[1]。その結果、単結晶であれば、ニッケル酸化物のスピン超格子からの磁気ブラッグ回折が起きる特定の速度でディップ状に、多結晶であれば磁気ブラッグ回折が起きるある臨界速度以上の領域でエッジ状に透過強度が大きく減少することを見出した。これらの解析から、この「磁気ブラッグディップ」測定より多重極限環境下でもスピン配列に関する十分な情報を得られるであろうことが明らかとなり、今後、スピンの生み出す新機能の探索範囲の拡大に大きな寄与が見込まれる。一方、「磁気ブラッグエッジ」を用いたスピン配列の決定法は多重極限環境下の計測には向かないものの、中性子発生強度が極めて弱い場合に有効な手法であることがわかったので、将来、小型中性子源を用いる実験室規模の装置が普及していく段階でその真価が発揮され、新規磁性材料の開発サイクルの短縮に大きく貢献することが期待できる。

[1] H. Mamiya et al. Scientific Reports 7 (2017)15516.