

岡本 博教授らの論文が日本物理学会欧文誌の注目論文
(Papers of Editors' Choice) に選出されました

「磁性体中のスピンの運動を磁性元素別に直接観測」

Journal of the Physical Society of Japan Vol.75, No.8, p.083707 (2006)

パルス幅が極めて短いレーザー光を用いると、丁度高速カメラで見ると、物質中で非常に短い時間に起きる現象を調べることができる。最近、フェムト秒超短パルスレーザー（1フェムト秒は 10^{-15} 秒）を用いた時間分解分光法によって、磁性体中の異なる磁性元素ごとのスピンの運動を、実時間領域で直接観測することが可能になった。この方法はさまざまな磁性体の物性を理解する上で有効である。

磁気記録の高速化やスピントロニクスデバイスの発展のために、ナノ秒（ 10^{-9} 秒）以下の短い時間でのスピン（磁化）の運動を理解することが重要である。このため、近年、超高速スピンドイナミクスの研究が盛んに行われている。フェムト秒超短パルス光の照射により、1ピコ秒（ 10^{-12} 秒）以下の時間で磁化の変化が起こることが知られており、超短パルス光の利用は、超高速スピンドイナミクスを観測する手段として有効だけでなく、スピンを高速に制御する手段としても有望であると考えられている。

磁性体の中にフェリ磁性体というものがある。これは2種類以上の磁性元素を持ち、それらのスピンの向きが互いに逆向きに整列するが、2つは完全には打ち消さず、磁化が残っている磁性体である。このようなフェリ磁性体では、通常の磁化測定では、これらの磁性元素ごとの磁化を区別することはできず、単一の磁化として観測される。また異種元素スピン間の相互作用が大きいと、異種元素スピンの反並行から外れるような運動は非常に高速であり、時間分解能の低い測定ではこれを観測することができない。

産業技術総合研究所の強相関電子技術研究センターでは、十倉好紀センター長と岡本博フォトニクスチーム長を中心に、磁性元素がそれぞれ固有な波長で磁気光学効果を示すことを巧妙に利用し、特定の磁性元素の磁化の運動のみを、フェムト秒時間分解分光測定によって直接観測することに最近成功した。測定した物質は FeCr_2S_4 と CoCr_2S_4 で、鉄（Fe）またはコバルト（Co）のスピンとクロム（Cr）のスピンとが互いに逆方向を向いて整列するフェリ磁性体である。図1(1)は、 FeCr_2S_4 にフェムト秒超短パルス光を照射した際に観測されたFeの磁化と全磁化の運動である。

Feの磁化がパルス光の照射直後から減少し、その後ほとんど変化しないのに対し、全磁化は50ピコ秒程度の周期を持つ振動が明瞭に観測されており、Crの磁化のみが歳差運動をしていることを示している。これは、鉄とクロムのスピン間の相互作用（交換相互作用）が小さく、同時に、鉄スピンの結晶から受ける実効的な磁場（結晶磁気異方性）が大きいと考えられる。一方、図2(2)に示す CoCr_2S_4 の場合には、Coの磁化は、全磁化と同じ周期の歳差運動をしており、Coの磁化とCrの磁化は反並行の関係を保ったまま運動していることを示しており、 FeCr_2S_4 とは対照的に、コバルトとクロムのスピン間の交換相互作用が大きく、かつコバルトスピンの結晶磁気異方性が小さいと考えられる。

今回の研究により、フェリ磁性体はナノ秒以下の超高速領域において、普通の強磁性体よりもはるかに多彩な運動を示すことがわかった。この事実から、超高速磁性制御ではフェリ磁性体の利用が有効であることが示唆され、応用研究にも役立つ情報が今回の実験から得られた。

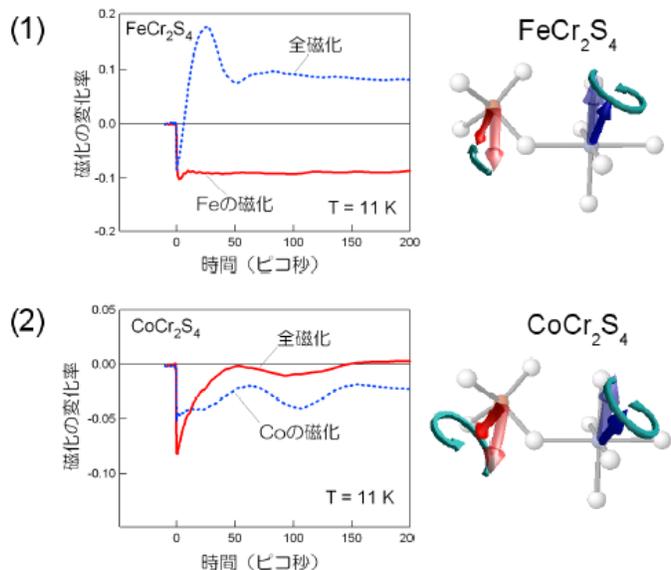


図 1

- (1) FeCr_2S_4 における全磁化とFeの磁化の時間変化。
(2) CoCr_2S_4 における全磁化とCoの磁化の時間変化。