



2018年2月2日

報道関係者各位

慶應義塾大学

## 光パルスによる金属強磁性体中の、スピン歳差運動の超高速制御に成功 ー金属強磁性体を用いた磁気デバイスへの応用に期待ー

慶應義塾大学大学院理工学研究科の柴田浩章（修士課程2年）、理工学部物理学科岡野真人専任講師および渡邊紳一准教授の研究グループは、2つの連続する光パルスを用いることで金属強磁性体薄膜中のスピン歳差運動（※1）を超高速制御することに成功しました。

現在、スピン波（※2）を新しい情報伝達媒体として活用するための研究が盛んに行われています。特に、磁気デバイス材料として有力な金属強磁性体中におけるスピン波の超高速制御法の確立は実用上重要です。スピン波の伝搬を制御するためには、局所的なスピン歳差運動を制御する必要があります。今回、2つの光パルスを、その照射時間間隔を変えながら金属強磁性体薄膜試料に照射することで、スピン歳差運動の振幅の制御に成功しました。この実験結果は数値シミュレーションによってよく再現され、スピン歳差運動の制御機構を明瞭に説明することができました。今後は、光パルスによるスピン歳差運動の制御性を活かしたスピン波伝搬の超高速制御が期待されます。

本研究成果は、2018年1月31日（現地時間）に『Physical Review B』で公開されました。

### 1. 本研究のポイント

- ・光パルス照射による金属強磁性体中の超高速スピン制御を試みた。
- ・光パルスを照射するタイミングによって、スピン歳差運動の大きさを抑制、及び増幅することに成功した。
- ・金属強磁性体を用いたスピン波伝搬の超高速制御が期待される。

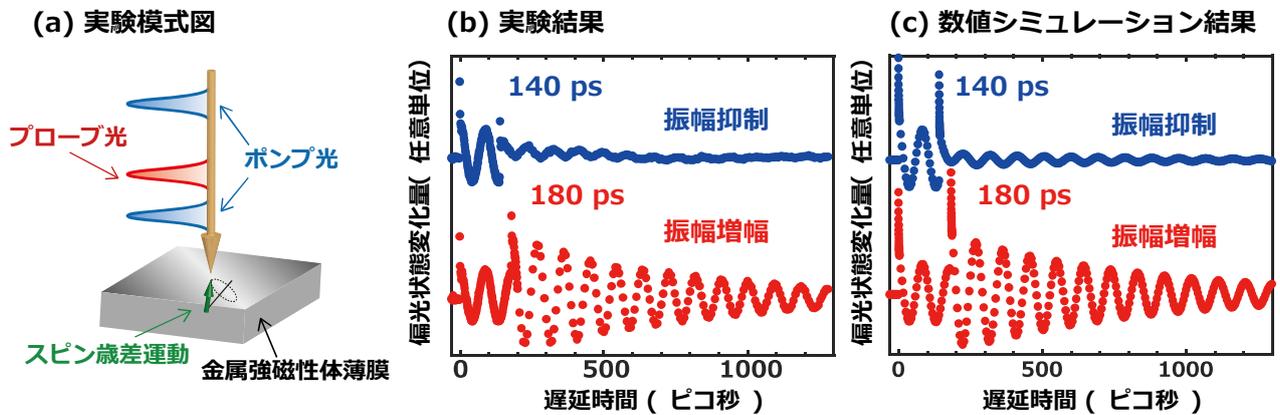
### 2. 研究背景

近年、電流に代わり電子の持つスピンの流れを電子デバイスに積極的に利用するスピントロニクスの研究が精力的に行われています。さらに最近では、スピン波を新しい情報伝達媒体として活用しようとする研究も盛んに行われています。スピン波の伝搬を制御するためには、局所的なスピン歳差運動を制御する必要があります。特に、超短光パルスを用いた局所的なスピン歳差運動の制御が実現すれば、超高速なスピン波制御につながると期待できます。また、安価なスピン波デバイスを実現するためには、その材料として金属強磁性体が重要です。しかし、金属強磁性体を対象としたナノ秒領域のスピンダイナミクスを超短光パルスで制御した報告例はほとんどありませんでした。

### 3. 研究内容・成果

本研究では、金属強磁性体薄膜を試料に用いて、連続する2つのポンプ光を試料に照射することで誘起されたスピン歳差運動を、光ポンププローブ磁気光学測定（※3）により観察しました。実験の模式図を図(a)に示します。1回目のポンプ光パルスによって誘起されたスピン歳差運動は、続いて照射される2回目のポンプ光パルスによって変調されることとなります。この時の歳差運動の振る舞いをプローブ光パルスによって観察しました。図(b)に実験結果を示します。図中の振動波形の振幅がスピン歳差運動の振幅に対応します。1回目のパルス照射から140 ps後に2回目のパルスを照射するとスピン歳差運動の振幅が抑制され（青）、180 ps後に照射すると振幅が増幅される様子を観測しました（赤）。このように、2回目の光パルスを照射するタイミングを変えることで、歳差運動の振幅を制御することに成

功しました。この実験結果を説明するために、光パルスが照射されたときの磁性体の温度上昇の効果を取り入れた数値シミュレーションを行った結果、実験結果をよく再現することができました (図(c))。これらの成果は、光パルスによる熱励起を介して金属強磁性体中のスピン歳差運動を超高速制御できる可能性を示しています。



#### 4. 今後の展開

今後は、超短光パルスを用いたスピン歳差運動の超高速制御性を活用し、光パルス照射によるスピン波伝搬の超高速制御を目指します。

##### <原論文情報>

H. Shibata, M. Okano, and S. Watanabe, "Ultrafast control of coherent spin precession in ferromagnetic thin films via thermal spin excitation processes induced by two-pulse laser excitation", *Physical Review B* 97, 014438 (2018).

DOI: 10.1103/PhysRevB.97.014438

##### <用語説明>

※1 スピン歳差運動:

電子スピンの首振り運動。

※2 スピン波:

隣り合う個々のスピン歳差運動が次々と伝わることで伝搬する波のこと。

※3 光ポンププローブ磁気光学測定:

ポンプ光(励起光)を磁性体試料に照射することで誘起された磁性体中のスピン歳差運動を、プローブ光(観察光)の偏光状態変化を計測することで調べる手法。磁気光学効果により、磁性体によって反射された光の偏光状態は、入射した光の偏光状態と比べて変化する。本実験では、磁気光学効果による偏光状態変化を時間分解計測することで、スピン歳差運動のダイナミクスを観測した。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 物理学科 准教授 渡邊 紳一 (わたなべしんいち)

TEL: 045-566-1687 FAX: 045-566-1672 E-mail: watanabe@phys.keio.ac.jp

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室 (竹内)

TEL: 03-5427-1541 FAX: 03-5441-7640

Email: m-koho@adst.keio.ac.jp <http://www.keio.ac.jp/>