

長期海外派遣報告書

MERIT 2 期コース生 新領域・物質系専攻 博士課程 3 年
軽部修太郎

概要

2016 年 3 月 1 日から 5 月 31 日までの 3 ヶ月間、フランスのパレゾーにある CNRS/THALES の Jean-Marie George 上席研究員のグループの下、共同研究を行った。以下に共同研究に至った背景や研究内容、現地での生活について述べる。

研究背景

本派遣の滞在先である CNRS/THALES は Albert Fert 教授を筆頭に、スピントロニクス研究で数多くの重要な成果をあげている。特に本共同研究先である George グループではバルク金属である Pt の強いスピン軌道相互作用によって、電流を流した際に生成されるスピン流を用いる事によって、Pt に隣接する強磁性体中の磁化の反転に成功している。私はこれまでに Ag や Cu などの非磁性体とビスマス酸化物界面におけるスピン流と電流の相互変換現象に関する研究を行ってきた。このような界面系や 2 次元系におけるスピントロニクス研究は近年になって非常に注目を集めるようになり、盛んに研究が行われている。本派遣ではこの界面系によって生成されるスピン流を用いる事によって強磁性体中の磁化反転を目標に研究を行った。以下にその詳細について述べる。

滞在先での研究内容

派遣先の George グループは、スピン流による磁化反転の観測に有用な [Co/Ni] 多層膜の垂直磁化膜（隣接するスピンホール物質から生成されたスピン流が、磁化ヘトルクとして作用できる膜）の成膜ノウハウを既に持っている。派遣前、この垂直磁化膜をフランスから郵送してもらい、[Co/Ni] 多層膜上へ研究の対象となる Cu/Bi₂O₃ 膜および参照となる Cu/Al₂O₃ 膜の成膜を日本で行ってから出立した。磁化反転の有無を確認するため、ホールクロスバーに膜を加工し、異常ホール効果の測定を行った。基本的には素子がジュール熱によってすぐに壊れないよう徐々に電流量を上げていく測定を各素子で行った。電流を流した際に、垂直磁化に作用するスピン軌道トルクが生成可能であると考えられる Cu/Bi₂O₃ 膜の素子において、Cu 中の電流密度が 10¹²A/m² オーダーになるまで素子を壊さずに電流を流すことが出来たが、磁化反転の観測には至らなかった。この理由としては、電流が多く流れて欲しい界面にはあまり流れず、殆どが Cu 中に流れ、磁化反転に必要なスピン軌道トルクが十分に生成出来なかった事が原因であると考えられる。

一方で本実験を進めていく上で副次的に得られた結果ではあるが、非常に興味深い結果を得ることができた。それは本サンプルである Cu/Bi₂O₃ 膜と参照サンプルである Cu/Al₂O₃

膜の間で、異常ホール効果の符号（異常ホール角の符号）が反転している事である（磁場掃引時の異常ホール抵抗のヒステリシスカーブの振る舞いが逆となる）。これは近年スピントロニクスにおいて理論的に示唆されているスピンホール効果を介した現象である可能性があり、スピン流が生成可能な Cu/Bi₂O₃ 界面由来の結果である事が予想される。派遣終了時、George グループとこの議論を行い、一先ず磁化反転実験を終了し、この点について実験を進めていく方針となった。よって今後も共同研究を続けていく予定である。

フランスでの生活

滞在先のパレゾー地区は首都パリから RER B と呼ばれる電車で 30 分程の所に位置する長閑な場所である。近所には Franprix と呼ばれるコンビニも存在し、食品はじめ日用品などを購入することが出来た。毎週日曜には朝市が開かれ、新鮮な精肉、魚介類、青果などを手頃な値段で購入出来る。私は焼きたてのソーセージを食べるのが楽しみで、毎週足繁く行っていた。また、休日は電車に乗ってパリに観光へ行く機会が何度かあった。パリは華の都と謳われているだけあって、エッフェル塔はじめ、文化的に非常に重要な建物がいくつもあり、観光に困る事は無かった。一方で、貧富の差が如実に現れている都市でもあり、スリなどが日常茶飯事で起こっているため、観光中はあまり気が休まる事は無かった。

THALES では国内外問わず、私も含め様々な国籍の人間が在籍しているので英語での意思疎通が可能だった。一方で街のフランスの人々はフランス語のみしか話さないため、最初は生活していく事が可能か不安もあったが、意外と事無く生活していく事が出来た。フランスでは飲食店などへ入店する際は、相手が見ず知らずの人でも”Bonjour!”と挨拶する習慣がある。これは日本には無い習慣であり、このような節度を保ったフランクな関係というのはとても良いことのように感じた。



グループの皆さんと

謝辞

本派遣では様々な方々にお世話になり、この場を借りてお礼申し上げたいと思います。まず私の受入を了承してくださいました THALES の Jean-Marie George 上席研究員および Albert Fert 教授に心よりお礼申し上げます。また George 氏をご紹介くださった指導教官の大谷義近教授、日頃より MERIT プログラムを通じて副指導をして頂いている岩佐義宏教授、本派遣をご支援頂きました MERIT プログラムに厚くお礼申し上げます。また実験を行う上で多くの助言を頂きました Piotr Laczkowski 研究員には大変感謝しております。またフランスで生活を行う上で様々な助言を頂きました、現地に滞在されている東北大学助教の永沼博様、パリ南大学研究員の若村太郎様に感謝致します。