

平成30年11月28日

## 若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人 日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 201880284

氏名

中川厚幸太

(氏名は必ず自署すること)

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。  
なお、下記記載の内容については相違ありません。

### 記

- 派遣先: 都市名 ボストン (国名 米国)
- 研究課題名 (和文) : エピタキシャルスピン軌道材料を用いたスピンホール効果トンネル分光法
- 派遣期間: 平成30年 5月 7日 ~ 平成30年 11月 1日 178日間
- 受入機関名・部局名: MIT・EECS・MTL
- 派遣先で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

申請書の通り日本で作製したスピンホールトンネル分光法のサンプルの測定とさらにそこから、同様の素子構造を利用した、Nb/MgO のトンネル素子構造を作製し、超電導状態の状態密度測定を試みた。

スピンホールトンネル分光法については、国内においてサンプルの作製には成功したものの測定に関して再現性も含めて問題を抱えていた。そのサンプルを現地で測定系を立ち上げ検証することにより正・逆両方のスピンホール効果の観測に成功した。また、さらに最適化を試み、より精度の高い測定系を構築することに成功した。さらにバルクのPtの状態密度を測定するために、DCバイアス依存性の測定を試みた。しかし、MgO トンネルバリアの絶縁破壊のため、依存性を観察することが出来なかった。デバイス加工用の薄膜も持ち込んでいたため、現地でデバイス加工も試みたが、うまく作製することができなかった。よって日本国内で追加検証する予定である。

加えて、スピンホール効果トンネル分光法と同様のデバイスを用いてNbの超電導状態密度測定用のサンプルを測定した。超電導状態におけるスピン流の振る舞いはスピントロニクス分野において大きく注目されており、新たな物理現象の発見に大いに寄与できると考えて立ち上げを行った。薄膜作製から試みて何とかデバイスを完成させることができた。それを低温測定することにより、Nbの超電導遷移が確認できた。Nbは大変不純物、特に磁性体に敏感なため高純度な薄膜が要求されるがその点では第一段階をクリアしたと考える。さらにDCバイアスを印加し超電導状態密度の測定を試みた。その結果超電導状態を示すギャップをゼロバイアス付近で観測することに成功した。そこからさらにDC電流を印加し、ギャップ幅の変化の観測を試みたが、測定系の問題で、ギャップの高さが大きく変わってしまう問題が発生したため、傾倒的なデータを測定することができなかったため、国内に戻って追加で検証する予定である。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

スピンホール効果トンネル分光法においては、不十分だった測定系を改良することにより、スピンホール効果トンネル分光法をほぼ完全な評価手法として確立することができた。この系を日本国内で再現し温度依存性を測定する予定である。本測定結果を元にスピンホール角を測定することにより、スピンホール効果のメカニズムの解明に貢献できると考える。スピンホール効果には、内因性と外因性の2つのメカニズムが寄与しているが、それぞれの起源の解明が試みられている。それについては様々な実験手法により検証が試みられているが、本測定による検証はまだなされていないため、既存の手法による結果を別の角度から検証し新たな知見が得られることが期待される。また、申請書に記載していたこととしてエピタキシャル薄膜についての検証を行う予定である。Prのエピタキシャル薄膜成長については既に多くの実績があるためデバイス作製は容易であると考えている。また、本手法によるエピタキシャル薄膜の検証は行われておらず、新たなスピン物性の発見につながればと考えている。加えて、別の材料系についてもPtCuの超格子構造などスピン軌道相互作用が強いとされている系が見つかってきているのでそれらを検証し、新規スピントロニクスデバイスの創生に寄与できる様に進めていく予定である。

また、Nbについては、MITで測定した時点において、ギャップの高さが低くなるという問題があったが、不純物に加えて温度が1.5Kと比較的高い温度で測定している事が原因と考えられるので国内において希釈冷凍機を用いて15mKという極低温において測定し、温度による寄与を最小にして測定を試みる予定である。最終的にNbの超電導状態密度のDC電流依存性を測定することにより、超電導状態における2次元系のラッシュバ効果を評価に繋げられることが期待される。

いずれのテーマにおいても最終的には論文化し、共同研究の成果として外部発表できる形にまとめたいと考えている。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

本プログラムにより、海外の長期滞在を経験することにより、自信の研究について大きなプログレスを得られただけでなく、将来の研究の視野を広げることができた。確実に海外の研究ポストを考慮する上で、自分の中でのハードルが低くなり、今後海外で研究活動を行うという選択肢を考えるきっかけになった。また、実際に海外のポストについても、精神面や生活面など様々な点でこの経験が大いに役立つと考える。世界トップレベルの大学に滞在することにより、学生間の交流を通して自分の立ち位置を再確認できた。研究室の雰囲気や方針の違いはもちろん及ばない点が多々存在した。実験装置一つとっても、自分たちが期待する測定ができる様に改造・改良して独自の測定系を立ちあげていた。日本の研究室では出来合いの装置を用いることが多かったのもそういった点で大変驚いた。また、それぞれ興味を持った論文を週に一回紹介しあう雑誌会が行われていたが、その中で大変深い議論がなされていた。自分もその中で発表する機会があり英語力も含めてプレゼンテーション能力を養うことができた。まだまだ及ばない点が多々あったが、その中でも自分が優位な点もあって物おじせず自分ができる限りのパフォーマンスを発揮することが大切であると実感した。また、実際に実験をしたLiu先生から直に指導を受ける機会があったのは大変貴重な経験で他では得難い知識を得られた。研究活動の他にもそれぞれの分野で活躍する研究者の方々による講演が多く行われておりそれにも積極的に参加し、知見を広げることができた。

本プログラムを通して、自身の研究だけでなく将来研究を続けていく中で他では得られない貴重な経験を多く積むことができた。