

# 日本表面真空学会学術講演会 講演奨励賞（スチューデント部門）を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター 近藤研究室 野口 亮

この度、2019 年日本表面真空学会学術講演会にて、講演奨励賞（スチューデント部門）を受賞させていただきました。この賞は、表面・真空科学技術の発展に貢献しうる優秀な一般講演論文に対して授与されるものです。例年は翌年の 5 月にある学会の総会で表彰式が行われていましたが、本年度は新型コロナウイルス感染症の影響で予定が変更になり、2020 年 11 月に開催された学術講演会においてオンライン表彰式を開催していただきました。由緒ある学会からこのような栄誉ある賞をいただき、大変光栄です。また指導教員である近藤猛先生と、物性研の尾崎泰助先生、小森文夫先生、黒田健太助教、河村光晶助教、特別教授室の辛埴先生をはじめ、本研究にご協力いただいたすべての共同研究者の皆様に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

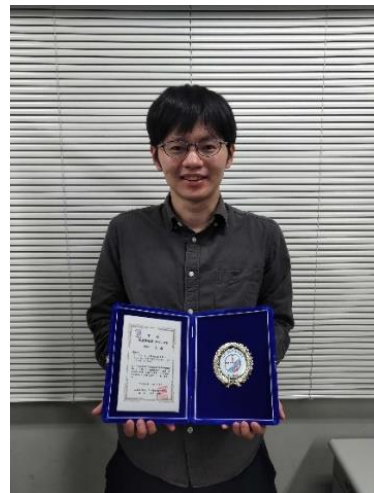
受賞対象となったのは「レーザースピン分解 ARPES で調べる Ag/Au(111) の量子井戸閉じ込めによるスピン分裂バンド制御」です。近年、スピン分裂を示す電子状態の制御が、次世代スピントロニクス発展に向けて重要な課題となっています。特に、空間反転対称性の破れた系でスピン軌道相互作用(SOC)によるスピン分裂が生じるラッシュバ効果が、スピン電荷変換など様々なスピン現象を引き起こす効果として注目されています。ラッシュバ効果はポテンシャル勾配と電荷分布の非対称性によって生じており、これまで、電場印加や表面原子吸着を通じたポテンシャル勾配の変調によるラッシュバ効果の制御が報告されてきました。一方で、電荷分布依存性を通じたラッシュバ効果の制御は、実験的に確立されていませんでした。

本研究では、典型的な金属量子井戸薄膜として知られる Ag/Au(111) に注目して、電荷分布に依存したラッシュバ効果の発現を調べました。Ag/Au(111) の量子井戸状態は、これまで角度分解光電子分光 (ARPES) と理論計算によって調べられており、自由電子の放物線型のバンドが出現し、その電荷分布が膜厚と量子数に系統的な依存性を示すことが指摘されていました [1]。さらに Au 原子が大きな SOC をもたらすため、量子井戸中のラッシュバ効果を調べるためには最適な系であるといえます。しかし、ラッシュバ効果の膜厚依存性の追跡にはスピン分解能に加えて高いエネルギー

分解能が必要とされるため、従来の ARPES やスピン分解 ARPES (SARPES) ではその解明が困難でした。

そこで我々は、物性研で開発された超高分解能レーザー SARPES [2,3] による電子状態の精密測定を通して、量子井戸バンドがラッシュバ効果によってスピン分裂していることを示しました。さらに多数の薄膜を作製して測定を行い、ラッシュバ効果の大きさが膜厚と量子数に系統的な依存性を見せることを見出しました。このことは、量子井戸状態の電荷分布が膜厚に依存する結果であると考えられます。そこで、第一原理計算によって量子井戸バンドのスピン分裂機構を調べたところ、ラッシュバ効果の大きさは、量子数に依らず、界面近傍の電荷密度と各原子の SOC の大きさのみであらわされることが分かりました。本結果は、量子井戸薄膜で実現するラッシュバ効果のスケールリング則ということができ、物質に依らない議論に基づいているため、ヘテロ構造を利用したスピントロニクスデバイス開発への幅広い応用が期待されます [4]。

これまで物性研で修士・博士課程の 5 年近くを過ごしてきましたが、多くの方々との出会いに恵まれて、数多くの貴重な経験を積むことができました。今後は、物性研で学んだ技術をもとに、スピン物性の更なる発展に貢献していきたいと思っています。今後ともどうぞよろしくお願い申し上げます。



- [1] F. Forster, E. Gergert, A. Nuber, H. Bentmann, L. Huang, X. G. Gong, Z. Zhang, and F. Reinert, *Phys. Rev. B* **84**, 075412 (2011).
- [2] K. Yaji, A. Harasawa, K. Kuroda, S. Toyohisa, M. Nakayama, Y. Ishida, A. Fukushima, S. Watanabe, C. Chen, F. Komori, and S. Shin, *Rev. Sci. Instrum.* **87**, 053111 (2016).
- [3] K. Kuroda, K. Yaji, A. Harasawa, R. Noguchi, T. Kondo, F. Komori, and S. Shin, *J. Vis. Exp.* **136**, e57090 (2018).
- [4] R. Noguchi, K. Kuroda, M. Kawamura, K. Yaji, A. Harasawa, T. Iimori, S. Shin, F. Komori, T. Ozaki, and T. Kondo, Submitted (arXiv:2012.11289).