

## MEIRT 長期海外派遣報告書

5 期生 工学系研究科 物理工学専攻

川崎研究室 D2 西早辰一

### 概要

2018 年 9 月 14 日～2018 年 12 月 15 日にかけてアメリカのテキサス大学オースティン校にてマイクロ波インピーダンス測定を専門とする Keji Lai 教授の元で研究を行った。滞在中は、低温・磁場中用の測定系の構築を通して測定手法に習熟するとともに共同研究の目的で持参した自身の試料の測定を行った。



大学のシンボル  
UT Tower

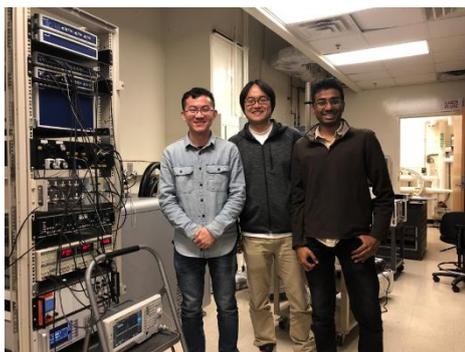
### 渡航背景

私は博士課程において従来の物質と異なる電気・磁気的な性質を示すトポロジカル物質に着目し、中でもとりわけ高い移動度を示すトポロジカル半金属の物性についての研究をこれまで行ってきた。代表的なトポロジカル半金属物質である  $\text{Cd}_3\text{As}_2$  について高品質な薄膜試料を作成し、次元性・キャリア濃度・バンド構造を制御することで、量子ホール効果や表面伝導をはじめとするトポロジカル半金属の輸送現象を明らかにしてきた。一方、Lai 教授のグループは、マイクロ波インピーダンス顕微鏡法 (MIM 法) と呼ばれる、走査型プローブを用いた伝導度コントラストの実空間マッピング行う手法を専門としている。特に、量子ホール状態を含めたトポロジカル相では、典型的にバルクの非自明性に対応したエッジ状態・表面状態が現れ非散逸伝導に寄与することが知られており、MIM 法はこれまでそのような特異なエッジ状態の実空間分布や発現機構の解明に非常に有用であった。本渡航では、この MIM 法を用いることで、トポロジカル半金属  $\text{Cd}_3\text{As}_2$  薄膜でこれまで観測した起源の異なる 2 つの量子ホール効果について、輸送特性評価からは得られない新たな知見を得るべく、Lai グループに試料を持参し共同研究を行った。

### 研究内容

量子ホール状態の MIM 測定は、低温・磁場下で行うことが必須であるが、これまでは測定系が特に低温で振動ノイズに敏感になるため、探針を試料から浮かせ、トポグラフィーのフィードバックなしに試料上を走査するやり方がとられていた。一方、そのやり方では、試料のトポグラフィーや傾きに由来する信号強度の変化や空間分解能の低下など多く問題が残っており、実際私が持参した試料は表面に数十 nm の段差がある構造であったこともあり、低温・磁場下でトポグラフィーのフィードバックが得られる測定系の構築から始めることとなった。結果として、測定系のノイズ源の特定と除去や制御プログラムの改良など様々な問題の解決に滞在期間のほとんどを費やすこととなったが、最終的にはなんとか予

定していた持参試料での量子ホール状態の測定までたどり着くことができた。測定系を立ち上げる過程で MIM の測定手法に習熟するだけでなく、AC 回路の設計や走査プローブ系全般に関わる知識も数多く得ることができ、有意義な時間であった。実験結果としては、すぐに論文になるような素晴らしいものではなかったが、現在も実験の余地について議論を重ねており、今回の渡航を足掛かりに今後も共同研究を続けていきたいと思っている。



使用した MIM 測定系の前で一緒に実験をした博士課程の学生たちと。  
(左：Zhanzhi さん, 右：Ashish さん, 中：私)

### 滞在中の生活

テキサス州の州都でもあるオースティンは、アメリカ南部のおおらかで開放的な雰囲気の中にも、テキサス大周辺をはじめとした中心部に DELL や Apple、SAMSUNG などの大手企業の拠点が立ち並び、産業と経済の発展を感じさせる街だった。自然公園やスポーツ施設も充実しており、平日は研究にうちこみ、週末には訪問先の学生達やホストファミリーと散策やテニスを楽しむというメリハリのある研究生活を送ることができた。幸運であったのは、10 月末の Halloween と 11 月末の Thanksgiving で豪華なディナーパーティーやブラックフライデーなどアメリカの典型的な年間行事を経験できたことであった。滞在中は、訪問先の学生たちに非常に良くしてもらい、食事や生活に苦勞することはなく、将来的に海外に渡って研究生活をするに対する心理的な不安もすっかり取り除かれて個人的には大満足であった。



BBQ ランチ後の集合写真  
(前列左：Lai 教授)

### 謝辞

今回の長期海外派遣の機会をくださった川崎先生・MERIT 副指導の石坂先生、受け入れを快諾して頂き貴重な学びの場をくださった Lai 教授に感謝申し上げます。また、日々の研究や議論だけでなく、研究室外でのサポートや休日のスポーツ、ホームパーティまで 3 か月間非常に楽しく有意義に過ごさせてくれた Lai グループの友人たちにもお礼申し上げます。また日本から常に気遣って下さった川崎研秘書の羽藤さん、不在中代理でトラブルに対応して頂いた川崎研の皆様にも感謝致します。