

# University of Wisconsin-Milwaukee 滞在報告

理学系研究科物理学専攻 D2 中山 健

## 滞在先

2017年12月4日から2018年2月28日までのおよそ3ヶ月間、長期海外派遣を利用してアメリカの University of Wisconsin-Milwaukee (UWM)の D. Agterberg 教授の研究グループを訪問した。D. Agterberg 教授は物性理論の研究者で、異方的超伝導体研究の世界的なエキスパートの一人である。また、物性研究所で客員教授を務めた経験もあるだけでなく、私の指導教官である常次宏一教授とも交流があり、今回の私の訪問の受け入れを快く引き受けてくださった。私はこれまで異方的超伝導の一つである強磁性超伝導の理論研究を行っており、自身の異方的超伝導体研究をより深化させるという点で最高の訪問先であった。

## 研究内容

今回の訪問では、D. Agterberg 教授の提案により、鉄系超伝導体である薄膜 FeSe における超伝導ノードのトポロジーに関する研究を行った。薄膜 FeSe は他の鉄系超伝導体に比べて高い超伝導転移温度を持つことが知られており、この物質における超伝導発現機構を明らかにするためには超伝導を引き起こす引力相互作用に起因する超伝導ノードの性質を調べるのが重要である。今回我々は薄膜 FeSe のフェルミ面近傍の電子状態をよく記述する二軌道有効模型を用いて超伝導ノードのトポロジカル分類を行った。この模型は超伝導ペアリングとして軌道的に自明な d 波的異方性を持つペアリングと、軌道的に非自明でありながら波数依存性のないペアリングを含んでいる点に特徴があり、この両者とスピン軌道相互作用の競合によって、両者の極限的な場合と異なるノード構造が期待される。計算の結果、強いスピン軌道相互作用によって作られるポイントノードが、超伝導の軌道自由度を強く反映した、整数  $Z$  で特徴付けられるトポロジカルチャージを持つことを明らかにした。さらに、用いた二軌道有効模型に面内磁場項を加えることで、対称性に保護された  $Z_2$  不変量で特徴付けられるポイントノードおよび Bogoliubov Fermi surface (BFS) が作られることを示し、薄膜 FeSe の超伝導状態を実験的に同定するための指針を与えた。これらの研究は現在論文にまとめている最中である。また、BFS の具体的な応用として他の物質の超伝導状態の特定にも取り掛かろうとしたが、残念ながら滞在期間の終了を迎えてしまったため、帰国後も引き続き連絡を取りながら研究を進める予定である。

## 生活

ミルウォーキーはシカゴからほぼ真北のアメリカ中西部に位置し、ミシガン湖に面している。滞在期間中は真冬の時期ということもあり、連日最高気温が氷点下を下回り非常に厳しい寒さであった。また、世界的にビールで有名な町であり、休日にはビール工場にも足を運んだりもした。個人的には初めての一人暮らしがこのミルウォーキーということもあり渡航前には様々な心配もあったが、UWM で仲良くなった友人たちのサポートや肉が安く手に入り自炊も苦に感じなかったため、非常に健康的な生活を送ることができた。加えて、D. Agterberg 教授とはサッカーを趣味としている点で共通点があり、毎週日曜日、彼が所属するサークルの皆と一緒にサッカーをする機会に恵まれたのは望外の喜びであった。また、UWM には日本語のクラスがあり、日本で就職することを目指す学生たちと話す機会にも恵まれた。彼らは日本人自身が持ちがちな日本に対する偏見がなく、良いことも悪いことも率直に日本のイメージを話してくれ、新鮮な気持ちで日本を見つめ直すきっかけとなった。

## 謝辞

滞在を快く引き受けてくださり、ほとんど毎日議論に付き合ってくださいただけでなく、研究以外でも休日にはサッカーに連れて行ってくださった D. Agterberg 教授、滞在に関して様々な事務手続きに尽力くださった University of Wisconsin-Milwaukee の Kate Valerius さん、慣れないアメリカ生活を公私にわたってサポートしてくださった獅子堂達也博士と、私のミルウォーキー生活を彩り豊かにしてくださった University of Wisconsin-Milwaukee の皆様に深く感謝します。また、滞在にあたり様々な助言をくださった指導教官の常次宏一教授、副指導教員の今田正俊教授、支援をしてくださった MERIT 事務局の皆様にも感謝申し上げます。



グループミーティングの一コマ。左から 2 番目が D. Agterberg 教授。