

MERIT 長期海外派遣報告書

派遣期間 2019/5/24-2019/10/15

理学系研究科 物理学専攻
小形研究室 博士課程2年
立石幾真

【概要】

筆者は2019年5月24日から10月15日までの間、ドイツ・NRW州・ケルン市にあるケルン大学に滞在し、Achim Rosch教授の下で共同研究を行った。本報告書ではその滞在中の研究内容や生活に関して報告する。

【研究内容】

近年、2枚のグラフェンを重ねて微小な角度で“捻った”「捻り二層グラフェン(Twisted Bilayer Graphene)」(以下TBG)と呼ばれる物質が注目を集めている。TBGは、捻り角がmagic angleと呼ばれる特定の微小な値をとるときに、Fermiエネルギー上に平坦なバンドが現れることが知られている。この平坦なバンドが現れた系では、量子ホール効果、モット絶縁体相、超伝導相など様々な観点からの研究が盛んに行われている。

この度の滞在中では、近年STMにより観測されたTBGのもつ回転対称性を破る電荷秩序(Y. Jiang, *et al.*, Nature (London) **573**, 91 (2019).)の起源を探るべく、研究活動を行った。

始めに、先行研究では無視されている、異なるカイラリティを持つバレー間の相互作用を平均場として導入すること、で回転対称性を破ることを考えた。しかし、計算の結果、この方法は確かに回転対称性を破るものの、実験で観測されたようなモアレ格子スケールでの電荷秩序は現れないことが示された。

次の方針として、層間相互作用に非対称性を導入し、その結果得られる電荷分布の歪みを観察すると同時に、エネルギーの利得を計算することでその状態の安定性を議論することにした。その結果、実験結果と類似する縞状の電荷秩序が得られ、また非対称性の導入により平坦バンド条件が壊されて、ギャップが現れることが分かった。一方、今後解決すべき課題として、d波型の電荷秩序構造がAA積層領域に現れる点が再現できていないことと、計算で得られた電荷秩序状態が安定性の議論が残っている。この点を解決するために、より高次の平坦バンド条件周辺での計算や、摂動パラメータに対するエネルギー利得の計算など、今後も共同研究者と連絡を取りながら研究を継続する。

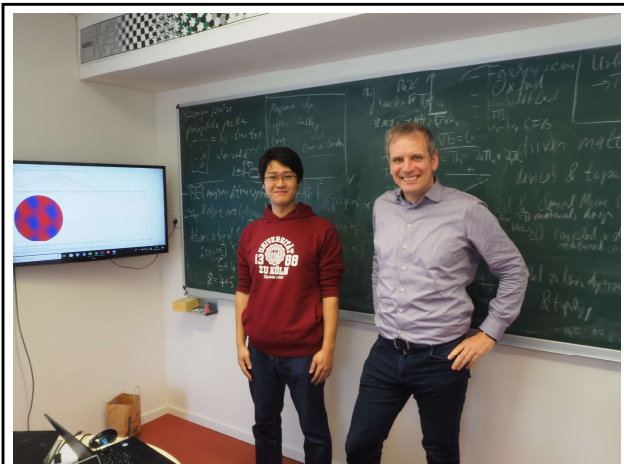


図1. 筆者(左)とAchim Rosch教授(右)

【現地での生活】

ケルン(Köln)は NRW 州内のドイツの西端にあるライン河畔の都市で、ドイツで 4 位の人口を有する都市であるが、ドイツは日本より人口が分散しているため窮屈さは感じない。他のライン河畔の都市もそうであるように、ケルンは第二次大戦で大きく破壊されたため、街並みは比較的現代的である。但し、街のシンボルであるケルン大聖堂は(空爆戦略の結果)大戦の被害を受けながらも残っており、入場無料ということもあり滞在中は何度も訪れた(図 2(左))。ケルンは北緯 50 度に位置するため、夏は日が長く夜 10 時まで明るい一方、気温は高くなく過ごしやすい。ところが、今年は記録的猛暑となった日があり、ドイツの観測史上最高記録を更新する 40°C を経験した。平年のドイツは涼しいため一般に冷房が設置されておらず、数日間のみとはいえ耐え難い暑さであった。

Achim Rosch 教授のグループは大所帯で、グループのエクスカーションは 14 人が参加した(図 2(中))。研究所では、極端に夜遅い時間や休日に働いている人は殆どいなかった。これは研究所に限らず、ドイツでは社会全体で休日は休むという意識が強く、日曜日はスーパーマーケット等も閉店していた。また、博士課程の学生のキャリア設計にも違いがあった。博士論文を提出した学生に今後の計画を聞くと、博士学生としての契約がまだ残っているので学位を取ってから考えるとのことであった。それゆえ、研究に集中できる環境が整っていると感じた。

ケルンでは様々な面からドイツ文化を堪能し、特にケルシュ(Kölsch)と呼ばれる地ビールを楽しんだ。ケルシュは醸造所による多少の差はあるものの、概ね淡黄色のエールで爽やか・フルーティーで軽い飲み口、且つホップの苦みは弱く、グイグイ飲めるビールである。多くの場合シュタンゲ(Stange)と呼ばれる 200mL のグラスで提供され、意思表示をしない限り次々お替りが出て来る“わんこそば状態”である。特に暑い日には、お茶のように飲める軽いケルシュは非常に美味しく感じられた。隣街のデュッセルドルフのアルトビール(Altbier)も試したがケルシュの方が好みであった。尤も、ケルンにおいて、競合関係にあるアルトビールを好む旨の発言など許されない。



図 2. (左)ライン川越しのケルン大聖堂(夜景) (中)グループエクスカーション、川下りとサイクリング (右)ケルシュビール

【謝辞】

この度の滞在中指導して下さった Achim Rosch 教授、様々な面でサポートして頂いた Rosch グループのメンバーと研究所の方々、滞在のために様々な協力して頂いた小形先生に感謝申し上げます。また、本滞在は日本学術振興会による若手研究者海外挑戦プログラムによって支援されています。