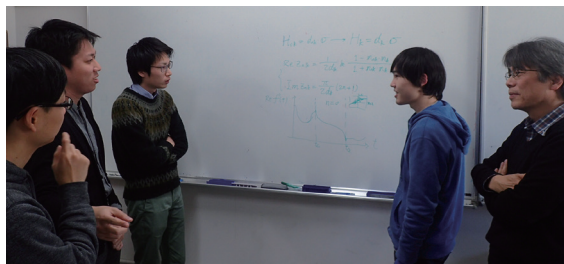


# DOMESTIC JUNIOR RESEARCHER EXCHANGE PROGRAM

## 若手励起プログラム報告

### ゴン・ゾンピン

東京大学大学院 理学系研究科 修士課程 2年



中川さん、高三さん、足立さん（左三人）、川上先生（右）との議論風景。

指導教員：東京大学 大学院 理学系研究科 上田 正仁 教授 (D01)

受入研究者：京都大学 大学院 理学研究科 川上 則雄 教授 (D01)

受入期間：2017年2月13日(月)～2017年2月24日(金)

近年原子・分子・光 (AMO) 物理の実験技術の発展によって、量子多体系の非平衡ダイナミクスは注目を集めてきました。熱平衡化、多体局在化、時間結晶など固体系で考えられない物理現象は冷却原子やイオントラップなどの人工量子多体系で実現されました。特に、熱相転移の虚数温度 (実時間) アナロジー「動的相転移」(dynamical phase transition) が四年前に理論的に提案され [1]、去年実験的に観測されました [2]。動的相転移と熱相転移は一般的に関係していませんが、トポロジを変え非自明なクエンチに対して動的相転移が必ずおこるのが最近示されました [3]。

私はもともと微小系の非平衡熱力学を研究していたが、去年から非平衡量子多体系を研究し始めました。実際、「動的自由エネルギー」と呼ばれる動的相転移を特徴付ける物理量は量子系の仕事分布と非常に密接な関係を持っています。それゆえ、昔の研究と接点のある動的相転移を研究テーマにしました。非平衡量子多体系、特にそのトポロジカルな側面の知見を学ぶため、川上研究室に滞在させて頂きました。

滞在の前半は北京・京都大学共同ワークショップに参加し、幅広いトポロジカル物性のトピックを聞きました。ノンシンモルフィック格子構造を持つトポロジカル超電導体の分類、Lieb-Schultz-Mattis 定理の拡張、マグノンの熱量子ホール効果などいろいろ興味深い話が印象に残りました。非平衡に関する講演はほとんどなかったが、研究会のポスターセッションを通して、川上研究室の高三さん (D1) や助教の手塚さんの最新研究成果を伺いました。高三さんはフロケ理論を使い、高周波数の円偏光レーザーを用いてトポロジカル超電導体をフロケ初期熱化状態として実現する方法を提案しました。手塚さんは Sachdev-Ye-Kitaev モデルの相関関数のダイナミクスを数値的に調べ、その結果をランダム行列理論で解釈しました。私も「ゼノホール効果」という前の研究に関するポスター発表をしました。

滞在の後半は動的相転移の勉強や研究に専念し、今までの結果をまとめて最後の日にセミナーで発表しました。その間、自発的に対称性を破る系における動的相転移、及び対応するイオントラップ系で最近できた実験を学びました。セミナー中とその後の自由ディス

カッションで有益なコメントを多く頂きました。特に、動的相転移を起こすため巨視的な (グローバル) クエンチの必要性について理解を深めました。不純物 (ローカル) クエンチの場合、orthogonality catastrophe のため波動関数のオーバーラップが長時間後べき的に減衰するけど動的自由エネルギーの特異性が現れないことが分かりました。なお、動的自由エネルギー以外の特徴付けやトポロジカルな動的相転移がおこる十分条件の弱化など重要な問題がはっきりしてきて、今後真剣に考えたいと思います。

セミナーでポスター発表の内容も紹介しました。ゼノホール効果は散逸に由来するホール効果であり、量子開放系における特有な現象だと言えます。量子多体開放系について、セミナー後中川さん (D3) や高三さんと議論しました。中川さんの話によると、混合状態のトポロジカルオーダーは量子情報分野でよく調べられたが、対称性によって保護されたトポロジカル (略称 SPT) 相はほとんど研究されていないので、開放系における SPT 相はこれから輝く研究分野になるかもしれません。

また、基礎物理研究所の段下さんと散逸のある冷却原子系について議論しました。段下さんは京大高橋研究室で行われている実験に合わせて、不安定な二原子分子準位と共鳴する光により制御可能な二体ロスのある Bose Hubbard 系のオーダーパラメーターダイナミクスを解析しています。段下さんにいろいろ冷却原子の専門知識を教えて頂き、大変勉強になりました。

最後になりましたが、滞在中は川上先生を始め京大凝縮系理論グループの方々にとってもお世話になりました。毎日グループの方々と一緒に食事したり、雑談したり、楽しい時間を過ごしました。この場をお借りして、改めてお礼申し上げます。

[1] M. Heyl, A. Polkovnikov, and S. Kehrein, Phys. Rev. Lett. **110**, 135704 (2013).

[2] P. Jurcevic et al., arXiv: 1612.06902; N. Fläschner et al., arXiv: 1608.05616.

[3] Z. Huang and A. V. Balatsky, Phys. Rev. Lett. **117**, 086802 (2016)