

MERIT 長期海外派遣報告書

物理工学専攻・博士2年 MERIT 3期生 井戸康太

1. 概要

2017年1月13日から2017年3月3日にかけての計50日の間、ドイツのハンブルグにあるMax Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter (MPSD)のProf. Dr. Martin Eckstein率いる研究グループに滞在をした。以下、共同研究に至った研究背景やその内容、現地での生活について記述する。

2. 研究の背景

物性物理学の夢の一つとして、室温領域における超伝導の実現が挙げられる。これまでに転移温度を室温領域まで上げようと数多くの実験がなされてきたが、常圧下での最高転移温度はここ数十年でほとんど変化していない。近年、光を用いて特定のフォノンを選択的に励起させることによって、室温領域においてでも超伝導的な性質が現れることが実験的に報告された。これらの研究は、非平衡性を利用することによって室温超伝導を実現させるという可能性を切り開いた。我々は近年、フォノンモードの詳細によらない一般的な強相関電子系において、非平衡性を利用した新たな超伝導性の増大の可能性を提示することができた。このことを示すために、近年開発された強相関電子系のための時間依存多変数変分モンテカルロ法を用いた。この手法は絶対零度において量子揺らぎと空間相関を精度よく取り扱うことが出来るが、有限温度下における非平衡現象を扱う事は未だ難しい。そのため、絶対零度で超伝導秩序が増強する事は示したが、超伝導の転移温度が上昇していることは直接的には示されていない。

3. 共同研究の内容

研究目的は、我々が示した強電場照射による超伝導性の増大機構が有限温度下においても有効かどうかを示すことである。本研究を達成するために、ハバード模型などの強相関電子模型における非平衡現象の解明・解析を行っているEckstein教授の下を訪問した。Eckstein教授は動的平均場理論(DMFT)を用いた非平衡強相関電子系における数値計算の第一人者である。DMFTやその拡張手法は、空間相関を十分精度よく取り込むことが困難であるが、量子揺らぎを取り込んだ有限温度における非平衡現象の解析を行える強力な数値計算手法となっている。

滞在期間中のはじめは、非平衡DMFTおよび動的クラスター近似(DCA)といったEckstein教授が開発改良してきた計算手法についてのアルゴリズムの理解および習得を行った。その後、共同研究内容を達成するために、プログラムコードの開発に着手した。二次元相関電子系における超伝導は空間相関が重要な役割を果たすため、DMFT

の空間相関を取り込むための拡張手法の一つである動的クラスター近似(DCA)と呼ばれる手法の実装を行った。期間中に、弱結合展開に基づいた常伝導状態に対する DCA のコードを開発することに成功し、現在は超伝導秩序を扱えるようにコードを拡張している。

4. 滞在中の生活

ハンブルグは、ドイツの北部に位置しており、ドイツの中でも二番目に人口の多い港湾都市である。日曜の朝は港で魚市場が開催されており、魚だけでなくフルーツやチーズ、小物など様々なものが売られ、それらを安く購入することができる。また、100年以上の歴史を持つ世界遺産にも登録された赤レンガ倉庫街などの観光スポットもある観光都市としても有名である。

私が滞在した機関である MPSD はハンブルグの中心からは若干遠い場所に位置している。そのため、MPSD の付近にはレストランの数もあまりなく、夕食は大抵スーパーで食材を買って自分で作っていた。なお、レストランやスーパーのスタッフは時々英語が通じないこともあるので、数字や指示語、欲しいものを単語だけでもいいので現地の言語で言えるようにしておく、買い物が滞りなくできるよう感じた。

MPSD は実験、理論を問わず非平衡強相関係の分野のなかでも世界的にも有名な研究所のうちの一つである。そのため、世界各国から著名な教授や若い研究者が来訪し、セミナーが開催されており、勉強になった。そのような環境であったため、ハンブルグ大学の教授や若手研究者、学生などといった様々な方々と自身の研究内容について議論する事もでき、大変実りのある経験をする事が出来た。

5. 謝辞

今回の長期海外派遣に関して多くの方々にお世話になりました。まず、研究面だけでなくドイツでの生活面についてアドバイスしてくださった Martin Eckstein 先生およびグループメンバーに、お礼申し上げます。特に Martin Eckstein 先生には、ご自身にご多忙の中にも関わらず、受け入れを快諾していただき多くのご指導を頂いた事、深く感謝いたします。また、研究の面だけではなく今回の海外留学の準備でもお世話になった、指導教官の今田正俊教授に深く感謝いたします。最後に、今回の長期滞在を許可しご支援くださった MERIT プログラムおよび副指導教員の木村薫教授に感謝いたします。