

客員所員を経験して

中央大学理工学部物理学科 中村 真

私は平成 26 年 10 月 1 日より平成 27 年 3 月 31 日までの半期にわたり、東京大学物性研究所の客員所員を拝命いたしました。受入所員として押川正毅先生、加藤岳生先生には大変お世話になりました。

客員所員としての私の研究テーマは「ゲージ・重力対応を用いた強相関係の非平衡物性」でした。「ゲージ・重力対応」とは、強結合量子ゲージ理論と古典重力理論の間の対応関係であり、しばしば「AdS/CFT 対応」あるいは「ホログラフィー」と呼ばれることもあります。私の研究の目指すところは、このゲージ・重力対応を用いて、強相関係の非平衡現象を一般相対性理論の枠組みで解析することです。研究目的の主眼は物性物理学ですが、解析手法であるゲージ・重力対応は超弦理論に立脚しています。このように、この研究は超弦理論、一般相対性理論から物性理論にまたがる、現代理論物理学の叡智を結集して新たな研究手法を開発する試みであるとも言えます。私自身の本来の専門は超弦理論およびゲージ・重力対応ですので、解析手法には精通しておりますが、肝心の非平衡統計物理学や強相関係の物性物理学は専門ではなく、物性物理学の専門家との協力は必要不可欠です。私にとって、物性研究所における客員所員の実験は、物性物理学の専門家との協力体制を築く上で非常に有意義なものとなりました。

押川正毅先生とは絶縁体・超流動体転移を記述する重力モデルに関して意見交換を進めてきました。この方向での議論、検討は現在も継続中です。しかし、何といたっても、押川先生と私がともに組織委員として企画した、物性研と数物連携宇宙研究機構(Kavli IPMU)で共催した国際ワークショップ「International Workshop on Condensed Matter Physics & AdS/CFT」(2015 年 5 月 25 日～29 日、Kavli IPMU)が印象に残っています。ワークショップの開催は、任期後の開催となりましたが、客員所員在任中から押川先生と協力して準備を進めてきました。このワークショップでは国際的に著名なゲージ・重力対応の専門家と物性理論の専門家を柏キャンパスに招待し、電気伝導、トポロジカル相、非平衡統計物理学、エンタングルメント・エントロピーなどに関する内容の講演をして頂きました。事前の準備では物性研、IPMU 双方の事務の方々、学生さんの多大なるご協力を頂き、おかげさまで連日 100 名ほどの参加者を記録する大盛況のうちに、研究会を無事終了することができました。研究上の視点からも大変有意義な情報が得られ、大変充実した企画となりました。

加藤先生のグループとは、非線形電気伝導現象、特に強相関絶縁体の負性微分電気伝導に関する共同研究を進めてきました。ゲージ・重力対応を用いると、ある種の強結合ゲージ理論の保存電荷の輸送については、線形応答領域を超えて記述することができます。例えばこの手法を用いると、微視的理論からスタートして負性微分電気伝導の記述が可能となる場合があることが、私の既存の研究でわかっていました。しかし、この手法では、途中の計算が重力理論にとって代わられるため、このような非線形電気伝導が生じるメカニズムを物性物理学の言語で解説しづらいという問題もあります。物理的設定を準備し、重力を経由して結果を読み取るという意味では、ゲージ・重力対応は、重力理論を用いた「解析的なシミュレーション」、あるいは「理論的な実験」と言う事もできるでしょう。そこで、何が起きているのかを明確に理解するためには、目的にあった「解析＝理論的な実験」を重ねることで、背後の物理現象を解説していく必要があります。加藤先生と高田研所属の前橋英明さんからは、どのような物理に着目し、どのような物理量を調べることで、背後のメカニズムについてのヒントを得ることができるのか、物性物理学者の視点からアイデアを頂き、解析を進めています。これからの議論を深めていくことで、例えば、強相関係の負性微分電気伝導のメカニズムについても、有意義なヒントが得られるのではないかと期待をしています。また、加藤研究室の阪野星先生からは、着任直後にメゾスコピック系の非線形電気伝導と電荷密度揺らぎに関する意見交換をして頂き、知見を新たにしました。



また、当初計画以上に、予想外のご縁を頂いたのは、森初果先生でした。着任直後の客員所員講演会での私の講演後にお話しする機会があり、森先生の研究室でも非線形電気伝導の実験的研究をされていることが分かりました。お話ししていくうちに、私がゲージ・重力対応の枠組みで解析した、非線形電気伝導に見られる非平衡相転移と森先生のグループの実験の間に接点があることが分かり、現在も意見交換を続けさせて頂いています。夢を語らせて頂けば、自分が手掛けた理論の内容が何らかの形で実験的に検証されれば、理論物理学者としてこの上ない喜びです。特に私は超弦理論の出身ですので、超弦理論のテクニックに基づく理論研究が実験的検証を迎えることが出来るようになれば、超弦理論の研究史上も、あらたなページを拓くことになると考えています。このような夢に向かって、着実に進んでいきたいと考えているところです。

このように、半年間という短い期間ではありましたが、未来に向けての貴重な礎を築くことが出来たと感じています。現在、任期後も、引き続き物性研究所の皆様と議論や意見交換を進めさせて頂いております。近いうちに、是非とも研究論文と言う形で、目に見える成果を出したいと考えております。なお、私は、本年の後期からも再び客員所員としてお世話になる予定となっております。今後ともどうぞ宜しくお願いいたします。