

変革を駆動する先端物理・数学プログラム (FoPM)

国外連携機関長期研修 報告書

氏名	小林 弘和
所属部局	工学系研究科 物理工学専攻
受入先	フランス国立科学研究センター, ストラスブール物理・材料化学研究所, Quantum dynamics of nano-objects group
日程	西暦 2023 年 1 月 16 日 ~ 西暦 2023 年 3 月 31 日

今回の研修で私はフランスにあるフランス国立科学研究センター(CNRS)内の IPCMU と呼ばれる機関において、古典ポテンシャル中の量子スピンのダイナミクスに関する研究を行った。スピンは磁化を構成するミクロなユニットと言えるため、スピンのダイナミクスを解析することは基礎的かつ重要な課題であるといえる。現代ではスピンのようなミクロな対象を正しく記述するためには量子力学が必要であることが知られている。しかしながら量子力学に基づく記述は古典力学に基づく記述に比べて複雑になることが多く、しばしば解析を難しくする。そこで系全体を量子力学のみで記述するのではなく、一部を量子力学で記述し残りを古典力学で記述するという方法が考えられる。この方法は一見すると単純かつ問題の解決に役立つよう思われるが、実際には量子力学と古典力学が全く異なる枠組みのもとでの理論体系であるという問題が生じる。例として、古典力学では電子のような粒子を位置と運動量を持つ質点として扱うが、量子力学では波動関数によって粒子を記述する。そのため、単純な方法によってこれらを組み合わせることができない事がわかる。しかしながら Koopman-von Neumann 理論と呼ばれる理論を用いることでこの問題を解決する事ができる。Koopman-von Neumann 理論は古典力学を量子力学と類似の方法で取り扱う理論である。具体的に今回の研究では、スピンを量子力学的な記述、ポテンシャルを古典的な記述によってそれぞれ表し、それらを Koopman-von Neumann 理論によって組み合わせた。さらにスピンのダイナミクスを解析するために数値計算によって、スピン成分の期待値などの物理量について数値計算を行った。数値計算では移流方程式と呼ばれる形式の方程式を解く必要があるが、これは特に流体力学においてよく見られる基本的な形の方程式であり、様々な手法が知られている。中でも QUICK および CIP-CSL4 と呼ばれる方法を用いて数値計算を行った。特に CIP-CSL4 は数値計算に伴う数値振動を抑制するという特徴があり、様々なポテンシャルのもとで長時間の時間発展を計算するのに都合のよい方法となっている。実際の研修内容としてはこれらの方式に基づく計算プログラムを、プログラミング言語の一つである Julia を用いてコーディングを行い、いくつかの新しい結果を得ることができた。現在では研修終了後もこれらの結果をもとに引き続き研究を行うことを予定している。

ここまで研究に関する経験について述べてきたが、学術以外の経験も非常に意義深いものであった。特に今回の海外渡航はほぼ初めてとも言える単身かつ長期間のものであったため、コミュニケーションを始めとして様々な部分で不安があった。しかしながら実際に現地についた後は、研究所のメンバーや現地での受け入れ教員が手厚くサポートして下さったこともあり、一度もホームシックになることなく過ごすことができた。また、今回滞在した都市がフランスとドイツの国境に位置するストラスブールという都市であったため、日本には無い経験ができたと思っている。トラムだけで国境を超えることができるというのは島国である日本出身の私からするととてもおもしろかった。更に出自など異なる背景を持つ人々がお互いの違いをよく理解した上で尊重しあっている様子はとても勉強になった。日本では海外の文化を尊重してはいるものの、自身とは全く異なるものとして扱っているような気がするが、研究所などでは異なる文化としてではなくそれぞれが大きな文化の中の一部だとして互いを尊重していたため、こうした姿勢を日本に帰ってから大事にしていきたいと思っている。

長くなったが今回のフランス滞在では学術的な側面は言うまでもなく、人間的な側面で大きな成長をすることができたと思っている。そのフランス滞在を支えてくれた研究室のメンバー及び指導教

員、また度重なるトラブルにも対応していただいた事務局の方々に深く感謝を述べて報告書の終わりとさせていただきます。



フランスとドイツの国境にかかる橋(ミラミムの歩道橋)にて