

MERIT 長期海外派遣：報告書

吉田 聡太

5 期生, 理学系研究科 物理学専攻 D2

2018/06/01～2018/09/01

概要

ドイツのダルムシュタットに位置するダルムシュタット工科大にある核物理研究所を訪問し、Achim Schwenk 教授のグループに3ヶ月滞在した。ダルムシュタットは原子核物理のコミュニティにおける重要拠点の一つである。なかでも Achim Schwenk 教授のグループは、少数核子系の第一原理計算から中性子星・無限核物質にいたるまで幅広いテーマを扱った理論的研究を行っており、数多くの優秀な研究者が在籍している。以下では、3ヶ月間に行った研究の概略を述べる。なお、今回の渡航は日本学術振興会の若手研究者海外挑戦プログラム (No. 201880031) の援助を受けた。

研究内容

現代物理の多くの分野において、理論計算による研究は、関心のある問題に特化した高度で複雑な理論模型と計算手法を用いて行われる。原子核物理は、理論における基本相互作用である核力が低エネルギー領域における非摂動性に由来して閉じた形で書き下せないことから、その最たる例となっている。低エネルギーの原子核理論の研究は、いわゆる forward modeling process と inverse modeling process を繰り返すことで発展してきた。後者のプロセスでは、理論模型のインプットパラメータは、対象とする実験値を系統的により良く再現するよう調整される。しかしながら、決まったデータセットに対して最適化されたパラメータを用いるいわゆる点推定的なアプローチでは、与えられたデータへの過適合により汎化性能 (予言性能) が損なわれている危険性が伴う。こうした理由から、

実験データを元に決められるパラメータを含むあらゆる理論模型は適切な不定性評価を伴うべきで、そうでなければ、意味のある比較や予言とは言い難い。こうした不定性評価の重要性は、たとえば Physical Review A 誌の Editorial などによくまとめられている [1]。

殻模型 (他分野では一般に配置間相互作用の手法とよばれる) は、原子核構造の物理において、最も重要で有用なモデルの一つである。というのも、殻模型計算はこれまでに、軽い核から中重核に至るまで、幅広い領域の様々な原子核の諸性質を見事に再現してきた歴史があるためである。さらに、近年のカイラル有効場の理論に基づいた核力の記述の発展や、自由空間の核力から殻模型のバレンス核子間に働く有効核力を微視的に導出する第一原理的手法の発展もあって、殻模型は単にモデル計算としてだけでなく、基礎理論と物理量をつなぐ微視的な観点からも非常に重要な役割を担っている。

しかしながら、これまでの殻模型計算における不定性の評価は満足いく水準にはなかった。そこで、滞在中私は、殻模型計算における新たな方法論として、ベイズ推定や種々のサンプリング法を駆使して、インプットである有効核力に由来した殻模型計算の不定性を評価する研究を遂行した。この結果は、単に理論模型の有用性を高めるだけでなく、与えられた模型空間 (陽に扱う軌道) を定めた際に、どの状態が殻模型によって記述されるべきかを定量化・可視化することができ、さらに“真”の波動関数中にクラスター状態などの、エキゾチックな構造が存在することを示唆することができると考えられる。こうした研究が、原子核構造の物理の新たな裾野を拓くことを期待している。

すでに結果は概ねまとまっており、現在論文投稿に向けて最後の調整を共著者で行っている段階である。

謝辞

今回の滞在は、日本学術振興会の若手研究者海外挑戦プログラム (201880031) の援助によって実現されました。自身の研究内容や最新の核力ポテンシャルについての新しい結果などに関して議論して下さった Achim Schwenk 教授と、当該グループのポスドク・学生らに感謝します。また、今回の機会を与えて下さった MERIT プログラム、福嶋先生、常行先生に感謝しています。

参考文献

- [1] The Editors, Phys. Rev. A **83**, 040001 (2011).