

平成 30 年 9 月 27 日

## 若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人 日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 201880031

氏名 吉田 聡太

(氏名は必ず自署すること)

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。  
なお、下記記載の内容については相違ありません。

### 記

- 派遣先：都市名 ダルムシュタット(Darmstadt), ヘッセン州(Hessen) (国名 ドイツ)
- 研究課題名(和文)：核力に基づく殻模型有効相互作用の研究
- 派遣期間：平成30年6月1日～平成30年9月1日(93日間)
- 受入機関名・部局名：Institut für Kernphysik, Technische Universität Darmstadt
- 派遣先で従事した研究内容と研究状況(1/2ページ程度を目安に記入すること)

現代科学における数値計算の多くは、モデルやパラメータを設計して予測等を行う順問題と、モデルの出力と実験データとの比較から尤もらしいパラメータを推定する逆問題を繰り返すことで発展し、多くの知見をもたらしてきた。とくに原子核物理の理論計算は、基本相互作用である核力が閉じた形で書き下せないことも手伝ってその最たる例である。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、意味のある(実験との)比較や予言を行うために、適切に不定性を評価することが強く求められる。

原子核構造の物理における配置間相互作用の手法である殻模型は、対象とする原子核について適切な閉殻芯を仮定しバレンス核子間の多体問題に落とし込むことで、第一原理計算が扱えない比較的質量数の大きな原子核を微視的に記述できるという利点を有しており、これまで数多く応用され様々な知見をもたらしてきた。一方で、これまでの殻模型計算における有効相互作用(バレンス核子間に働く有効核力)に由来した不定性の評価は満足いく水準になかった。しかし、近年の計算機性能の向上に伴い、現実的な時間で適切な不定性評価が行えるようになりつつある。そこで、滞在中私は有効相互作用を確率分布として扱いベイズ推定の枠組みや種々のサンプリング法を応用することで、どの物理量が(与えられた模型空間で)記述されるべきかを可視化し、さらにはクラスター状態などの模型の適用範囲をこえる“エキゾチック”な構造を示唆することができるような方法論を開発した。このことは単に殻模型計算の有用性を向上するだけでなく、ガンマ線測定などの実験や他の現象論的モデルによる理論計算、あるいは核力や第一原理計算の手法を応用した有効相互作用を導出する研究など、様々な周辺分野・手法へのインパクトが期待される。

## 6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

研究は概ね順調であり、滞在先の TU Darmstadt で1時間程度のセミナーを行った。さらに、論文の執筆も概ね完了しており、現在投稿に向けて共著者と最終的な調整を行っている段階である。

今後の研究計画としては主に以下を想定しており、論文投稿と並行して既に着手しつつある。

- ◆ 質量数が比較的大きな領域に同様の計算を拡張する。  
今回対象とした領域よりも質量数が大きな領域では、ドリップラインとよばれる同位体の存在限界が、宇宙における元素合成のシナリオに大きな影響を与えることが示唆されており、適切な不定性評価を伴った理論予測が強く求められている。
- ◆ 波動関数とパラメータの相関を調べるなどして、データや有効なパラメータの数を削減する。  
上記の不定性評価にかかる計算コストは質量数の増大に伴って指数関数的に増加するが、パラメータと物理量の相関を詳細に調べることで、効率的なデータの選択が可能になり計算コストを大幅に抑えることが期待できる。さらに、TU Darmstadt のグループが行った、カイラル有効場の理論に基づく核力ポテンシャルの媒質中における表式を用いて直接有効相互作用を構築する方法論と組み合わせることで、パラメータの数を削減することができ計算コストを抑えることができると同時に、核力の基礎理論と有効相互作用とのつながりを明らかにすることも期待できる。
- ◆ 本研究を通して得た知見を応用し、第一原理計算などで必要となる種々の外挿法における多体手法由来の不定性評価を行う。

これらの不定性評価の研究の遂行は、実験的な検証が難しい非常に中性子(陽子)の数が多い領域における理論予測の信頼度を議論する上で必要不可欠なものであり、さらには核力に対する制約を与えるという点でも将来的な発展が大いに期待できると考えている。今回の研究が原子核物理の新たな裾野をひらくことを期待している。

## 7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

今回滞在したダルムシュタットには、ダルムシュタット工科大にある核物理研究センターに加え、GSI(重イオン研究所)があり、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、滞在した 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。こうした素晴らしい研究グループに滞在する機会を得たことで、この業界で最先端の結果を出し続けるグループが日々どのように個々の研究を行い、また、連携によって重要な仕事を遂行していくか、そのプロセスの一端を垣間見る事ができ、大いに参考に、また、刺激にもなった。さらに、当該グループの学生やポストドクらとの議論によって、将来的な共同研究の芽がいくつかうまれた。これらの内容に関しても、現行の研究と並行して行いながら、より詳細な議論やグループ間の強い連携を目指していく。

自身の研究面に関しては、重要な問題の設計やその解決への糸口を見つける創意工夫を一人で考え抜くということをより強く意識できるようになったこと、異なるバックグラウンドをもった研究者と意見を出し合いながら新たな視点・着想から重要な問題を浮き彫りにしていく過程を経験できたこと、どうすれば自分の研究と組み合わせつつより発展した研究になるか、という広い視点で他者の研究に注目したりできるようになったことなどが、今回の渡航を通して得られた特に重要な点である。さらに、長期の海外滞在先および研究遂行を行うことで、研究者としての海外でのキャリアを強く意識できるようになったことも大きい。

最後に、このような素晴らしい機会を与えてくださった日本学術振興会に深く感謝申し上げます。