

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	山野新一郎
所属部局	工学系研究科 物理工学専攻
受入先	富士通研究所
日程	西暦 2023 年 8 月 28 日 ～ 西暦 2023 年 9 月 15 日

2023 年 8 月 28 日から、9 月 15 日まで、神奈川県川崎市にある富士通研究所にて研究インターンシップを行った。このインターンシップのテーマは、「量子機械学習における、変分量子アルゴリズムの効率化」である。量子機械学習は、近年の流行している機械学習を量子コンピュータで行うアプローチで、現在～近未来に活用できる NISQ 型の量子コンピュータの主要な応用先となっている。変分量子アルゴリズムとは、量子回路の出力をモニタしながら、古典コンピュータによってその構成を逐次調整し、目的のタスクを実行できる量子回路を作り出すアルゴリズムのことである。このアルゴリズムは、多体系の基底エネルギーの計算や、画像識別など、幅広い応用が期待されている。私の専門は量子情報理論(特に量子暗号)で、分野としては近いところを普段研究しているが、直接のつながりはなかった。今回、自分の専門を広げることと、将来的に企業で働く可能性を考えて、企業研究の雰囲気を知るために参加させて頂いた。

企業で行った研究なので、報告書を書いている今の段階では詳細まで明らかにできないのだが、簡単に取り組んだことを振り返ってみたい。背景として、現在ニューラルネットワークは活発に研究されており、さまざまなテクニックが開発されている。これらの手法を量子に拡張して、高速化、高性能化を目指すことは自然な発想である。しかし実際には量子デバイスに乗るノイズや、量子回路の非可換性といった原理的な問題から、古典の手法をそのまま量子に適用できるとは限らない。今回のインターンシップでは、特定のニューラルネットワークの計算手法が量子回路でも使用できるための条件を調べ、その性能をシミュレーションにより評価した。日々のスケジュールは、毎朝 30 分程度ディスカッションから始まり、前日の進捗と当日の方針を定め、研究に詰まったらその都度また議論する、という形で進化した。

最初の一週間は、ニューラルネットワークの手法の理解と、簡単な量子回路のシミュレーションを動かせるようになるのに使った。私自身、恥ずかしいことに量子情報を研究しながら qiskit, qulacs などのライブラリを使用することがなく、この期間はかなり悪戦苦闘しながらやっていたが、メンターの遠藤さん、鎮西さん、チャンさんのサポートのおかげでなんとか簡単なモデルを動かせるようになった。

次の週では、量子回路にニューラルネットワークの手法を使える条件を明らかにした。この段階では普段の研究と近く、量子情報に関する自分の知識を活かすこともできて、メンターの方々と議論しながら面白い結果を得ることができた。

最後の三週目は仕上げとして、この量子回路でいろいろな問題を解かせてみたり、また別のニューラルネットワーク由来の手法を試したりした。以上の結果をまとめて、最終日に社内で発表する機会を頂いた。結構面白い結果が出たので、インターン後も継続して研究させて頂けることになった。



富士通研究所にて

やはり専門で研究している方とのディスカッションは非常に有益で、特に機械学習の分野では、論文には記載されていないハイパーパラメータの調整方法や、数値計算結果の解釈方法などについて、深い洞察を得ることができた。また、企業研究の雰囲気を知ることもできた。受け入れていただいた部署では、自由かつ柔軟に研究できる環境であり、他の部署とも活発な交流が行われていた。研究内容は異なるが、大学の研究室と同様の雰囲気で過ごすことができた。

最後になりますが、三週間の短い期間でしたが、富士通研究所の皆様には大変お世話になりました。また手続きして頂いた事務局の方々と、インターンを許可して頂いた指導教官の小芦先生、研究室の皆様にも深く感謝申し上げまして報告書の終わりとさせていただきます。