

船井情報科学振興財団

2022 年秋季 留学報告書

2022 年 12 月 22 日
2019 年度奨学生 黒岩広大

2019 年 9 月より、University of Waterloo の量子計算研究所に所属しております黒岩広大です。この半年は comprehensive exam に合格することができたり、いくつか論文を並行して書いていたり、自身ほぼ初めての in-person 学会に参加したりなど、ありがたいことに非常に盛りだくさんの日々でした。私生活では一年前に入籍していた妻と日本で結婚式を挙げまして、忙しかった一方充実した生活を送れておりました。

Ph. D Comprehensive Exam 合格報告

さて、前回テストまでの準備とテスト当日のあらましを書いた Comprehensive exam についてですが、前回の報告書提出後すぐ、合格をいただくことができました。

一応 comprehensive exam について再度説明をしておくと、カナダにおける Ph.D. 学生の認定試験で、アメリカでは Qualification Exam (Qual) と呼ばれているテストのカナダ版になります。救済措置があるとは言え不合格になるとプログラム中退になってしまうテストなのでプレッシャーは大きかったのですが、無事合格でき、これで晴れて“Ph.D candidate”となれたことを嬉しく思います。

私はメインの研究テーマである「量子計算」、所属の研究科のメインピックである「連続最適化」の 2 つの試験を受けたのですが、両方の試験で無事合格点を突破することができたらしく（成績については非開示のため成績会議で何が起こっていたかは不明）、学科長から「おめでとう」という旨のメールが届きました。特に「量子計算」の方は私の指導教官が作成した問題だったので、落ちなくてよかったと心から思いました。また、専門外の連続最適化についても、対策勉強会の甲斐あって何とか乗り切ることができました。友人たちとともに合格できたことを非常に嬉しく思います。

研究活動

Comprehensive exam が無事終わったということで、1-2 か月の間試験の準備のために止めていた研究もようやく再度動き出すことができ、研究生活を満喫しておりました。興味があって動き始めている内容は色々ありすぎて書ききれないのですが、主に取り組んでいた仕事は

1. 量子通信理論における新しいセットアップでの最適プロトコルの提案
2. 初期の誤り訂正量子計算における新手法の提案
3. 非凸な量子リソース理論の解析

となります。

一つ目の研究は、前回の報告書にも書いた量子通信理論に関する研究ですが、無事論文の形にまとめ終わり arXiv への投稿を完了させました。現在は journal への投稿を行い、出版に向けて細かい手直しなどを続けています。ここまでの結果の証明に用いたアイディアのさらなる応用や、量子通信理論の別のトピックについての研究の話も共同研究者と進めているため、そちらへの取り組みも楽しみです。

二つ目は QunaSys という日本の量子計算ソフトウェア start up との共同研究です。以前の研究では誤り訂正機能がない初期の量子コンピューターの応用の研究をしていたのですが、今回は、誤り訂正機能はあるけれど、リソースが十分ではなく、完全な誤り耐性がない「初期誤り訂正あり量子計算」について、限られたリソースで計算能力を最大化する新手法の提案と、計算中に混入するエラーの大きさを推定する新しいモデルを提案しました。

三つめは、以前から取り組んでいた「量子リソース理論」に関わる研究です。これは量子的な性質をある種の「資源（リソース）」と捉えて統一的に理解しようという量子理論の基礎研究なのですが、私は以前からこのリソース理論の一般的な枠組みに興味がありました。先行研究では「凸性」という数学的な仮定を入れて解析が行われることが多く、以前の研究ではその仮定を取り除いた理論を構築して論文を書いたのですが、「非凸」の場合には解析の取り扱いが難しいことも多く、未だ分かっていないことも多くあります。今回はその中でも物理的に意味のある量の一つピックアップして、研究を進めていこうという運びになりました。

また、数週間前（12/4 頃）に自身初の in-person の学会に参加してきました。大学院生活が始まりすぐに Covid の感染拡大が始まってしまったので、online の学会には度々参加する機会があっても、in-person での研究会は全然開かれていませんでした。今回は私がメインで研究している「リソース理論」の研究会がシンガポールで開かれ、私が一年ほど前に取り組んでいた仕事が無事 talk として採択されたため、はるばるシンガポールに飛び立ってきました。シンガポールは学部の頃に研究インターンをしていたこともあり個人的に好きな場所であり、自分のメインの研究分野の大学院生や研究者の方と in-person で議論をする機会がたくさんあったり、invited speaker が非常に豪華でとてもいい話が聞けたりなど非常に充実度が高く生産性の高い学会となりました。実は先述した研究テーマの三つ目はこの最近の学会での議論から生まれたものです。これから学会や研究会などで人に直接会って色々話せる機会があると思うと非常にワクワクしますし、また、今回優秀な同年代、同分野の方とゆっくりと話せたことで、また一つ研究における刺激になりました。

さて、ここまで書くと比較的順調に研究が進んでいるような気がしてきますが、実際はこの半年はダメになってしまった研究のアイデアも数多く、（色々忙しかったこともあって）落ち込むことも多い半年間でした。考えていたアイデアが全く上手く行かなかったり、証明の最終段階で間違いに気づいたり、など、心にのしかかるものも多かったのですが、自分としてはなんだかんだポジティブにやれていると思います。大学院生活も長くなってきて、昔に比べて自分で主体的に研究のアイデアが出せるようになってきたこともあり、面白そうだけどどうも上手く行かない、という研究の種との向き合い方を勉強する機会になっている気がします。研究のアイデアを出すのも、研究プロジェクトのマネージメントをするのも、アカデミアに残る道を志すのであればいい訓練になっているのだと思いながら奮闘する毎日です。

私生活

今年の夏（8 月頃）に日本に一時帰国をしまして、一年前に入籍して現在はカナダで暮らしている妻と、双方の家族のみを招く形で結婚式を挙げました。結婚式はカナダからの準備だったこともあり日本にいる私の両親に協力を仰いだり、ビデオ通話をつないでもらって online で細部を詰めたりなど、周りの人に数多くの協力をしてもらって成り立った式だったなあとしみじみ感じます。日本帰国直前まで研究テーマ一つ目の論文投稿に追われ

ていた反動もあり、日本に帰国中は比較的ゆっくりと双方の家族との時間を過ごせてよかったと思います。

カナダに戻ってきてからは夫婦ともに研究活動や仕事が忙しく、目を回しながら働いていたような気がします。一方で今年は **socializing event** も多く、友人と **Canadian Thanksgiving** を祝ったり、ハロウィーンで集まったりなど、北米らしいことも経験できたのではと思っていました。例年カナダの冬は厳しいのですが、今年は地球温暖化の影響か（良いのか悪いのか）比較的温暖な日が多いように思います。「温暖」と言っても -5°C を下回らないという程度ですが、1,2 月は例年通り寒さが厳しくなる見込みらしいので、気合いを入れて乗り切りたいと思います。この報告書を書いている今が冬至の真っ最中で、ようやくカナダの **depressing** な冬の日の短さも折り返しになるので、気持ちを落ち込ませないように頑張っていきたいです。

おわりに

つい先日財団の年末交流会のアナウンスを受け取りまして、この冬参加できないのを非常に残念に思っておりました。来年の冬は日本に一時帰国している可能性が高いので、是非財団の皆様、奨学生の皆様とご挨拶できる機会があるのを心待ちにしています。ずっとオンラインでの交流しかできていなかったのも、皆様に直接お会いできる機会を心待ちにしています。

毎回になりますが、この半年間も、充実した研究生生活を送れて日々やりたいことを一生懸命やれていたのは、船井財団からの支援のお陰です。いつも本当にありがとうございます。これからも自分が面白いと思うものを精一杯追求して、日々研究に邁進していく所存です。