

船井情報科学振興財団

2022 年春季 留学報告書

2022 年 6 月 30 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。昨年 8 月にカナダに再渡航してから、コロナウイルスによる規制等も徐々に緩まり、研究所のオフィスにも戻ることができ、ようやく「コロナ前」に近い生活が戻ってきているように思います。実は現在報告書を執筆している 1 日前（2022 年 6 月 28 日）まで Ph.D. 課程の Comprehensive Exam があり、この半年での一番のビッグイベントでした。また、半年間日本で暮らしていた妻も無事 3 月にカナダに渡航できまして、この半年も刺激的な出来事が多かったように思います。今回の報告書では、定例通り研究や私生活の報告に加えまして、Comprehensive Exam の準備の苦労なども話していきたいと思います。

Ph. D Comprehensive Exam

さて、早速記憶に新しい Comprehensive Exam の話からしていきたいと思います。これは Ph.D. 学生の認定試験で、アメリカだと Qualification Exam (Qual) と呼ぶことが多いのではないかと思います。（カナダでは Comprehensive Exam と呼称する大学が多いようです。）この試験に合格するとひとまず Ph.D. candidate として認められることになり、一方不合格になるとプログラム中退となってしまいます。昨日テストを終えたばかりでまだ結果が出ておらず、胃が痛くなるような思いですが、Comprehensive Exam に向けて取り組んだことをつらつらと書いていこうと思います。

私の所属している Waterloo 大学の Department of Combinatorial and Optimization では学生は与えられた 6 つのテーマ（離散最適化、連続最適化、グラフ理論、代数的組合せ論、量子計算、暗号理論）から 2 つを選択し、それぞれ 3 時間のペーパーテストを受験します。選択した 2 つの科目両方で合格すれば、晴れて通過となる試験です。私は研究分野などを考慮して、「連続最適化」「量子計算」の二つの科目を選択しました。

試験範囲や過去問を何となく確認し始めたのが今年の2月ほどでしたが、「量子計算」はメインの研究分野なので比較的準備がしやすい一方、「連続最適化」には頭を抱えました。というのも、私が研究で連続最適化を使うときは解きたい量子計算の問題などの数値シミュレーション上の工夫として使うというのが主であるため、理論を体系的に勉強したことが今までなかったのです。試験範囲を見てみると分野の（おそらくは基本的な）教科書が4冊指定されています。これから4か月でこの量の理論を頭に叩き込むのか...と思うと気が遠くなるような思いだったのを覚えています。

自分ひとりで膨大な量の理論の理解をするには能力的にもモチベーション的にも無理がありすぎたと思った私は、まず同じ試験を受ける級友との勉強会を企画し、教科書読みや過去問演習を始めました。試験が終わった今思うと、この勉強会に救われた部分が非常に多かったと思います。私より分野に詳しい友人から話を聞いて特に重要な概念を整理できたり、自学で困った際に質問できたりとかなり助かりました。また、一緒に勉強する友人がいたことはモチベーション維持のためにも役立ちました。

「連続最適化」も「量子計算」も過去問を見てみるとレベルが高く、表層的な理解だと太刀打ちできないことは分かっていたので、プレッシャーはかなり大きかったです。（今回の「量子計算」の試験を私の指導教官が作ると知っていたのもプレッシャーの一因だったかもしれません笑。）一緒に試験を受ける同級生たちも試験前にはみんな“*Oh my god...*”と青い顔をしていたので、私も死にそうな顔をしていたのだらうと思います。

試験は6月14日に「連続最適化」、6月28日に「量子計算」の試験と長丁場でしたが、何とか最後まで乗り切ることができました。来週あるいは再来週に結果が通知されるよう（指導教官曰く来週成績会議があるとのこと）なので、無事に合格していることを祈りつつ、今は試験終わりを喜んで研究に復帰しようと思います。

ここ1か月ほどの試験勉強の追い込み期間中、呻きながら勉強をしていた私を生活面でも精神面でも支えてくれた妻には感謝するばかりです。

研究活動

Comprehensive Examの研究に追われる一方、研究もやりたいことが多く、いくつかのプロジェクトを並行して行っていました。主に現在取りまとめていることをトピック分けすると、

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. 誤り訂正無し量子計算におけるノイズの影響の解析
となります。

一つ目の研究は、修士の際に取り組んでいた研究にも関連する分野です。修士論文で取り組んでいた内容は journal paper の形にまとめ終わり、arXiv への投稿を行いました。近いうちに出版を目指して journal への投稿も行う予定です。また、こちらの研究分野で学会での縁があり、この分野の研究をさらに進める共同研究が始まりました。共同研究者の方と定期的にディスカッションをする中で、従来よりも一般的なセットアップにおいて最適な量子通信を行うプロトコルを提案、証明することができました。こちらの結果は TQC という量子情報理論の学会に採択され、現在結果をしっかりとまとめた論文を鋭意執筆中です。また、ここまでの結果の証明に用いたアイデアが他のフレームワークにも適用できる可能性があり、現在もさらに深くまで研究を進めようと頑張っています。

二つ目の研究は前回報告書でもお話しした、現状の量子コンピューターの応用に関する研究です。誤り訂正をせずに量子コンピューターを動かした際の性能を、先行研究よりも現実的なノイズモデルで分析するという研究になっており、従来ではカバーしきれなかったノイズについても、それに対する振る舞いを解析することができました。現在は論文の形に取りまとめる作業をしており、次にやりたいことのアイディアなども議論しています。

これらの他にも、誤り耐性のある量子コンピューターの計算資源が十分でない場合の振る舞いの理論や、量子状態変換に基づいた新しい尺度の提案など、自分の興味に基づいて複数のプロジェクトを進行中です。次回の報告書までにはこちらのプロジェクトもうまくまとまっていればと思います。

Comprehensive Exam の準備にも追われて忙しい半年間でしたが、今期も自分のやりたいプロジェクトに没頭することができました。複数プロジェクトの平行は大変なことも多いですが、自分のやりたいことをやりたいだけできている喜びを感じます。時間管理や優先順位付けを怠らず、より良いバランスで研究を続けていけたらなと思います。

私生活

前回の報告書で結婚したことをご報告いたしました。妻の配偶者ビザの申請が無事通りまして、今年の3月に妻もカナダに渡航することができました。妻の渡航に際しては、ビザの申請が複雑だったり、住む家がなかなか見つからなかったり、妻の渡航後の一時滞

在先で突然の断水などというトラブルがあったりなど大変なことが多かったですが、何とか気合で乗り越えてきました。4月半ばくらいになってようやく生活が落ち着いて、なんとかこれからカナダでやっていけそうです。

長い間コロナウイルスの影響で日本に一時帰国していた関係で、カナダで過ごす最初の夏をようやく迎えました。カナダは冬が厳しい一方夏は過ごしやすい、などと友人たちから聞いていましたが、毎日天気も良く、湿度も気温もあまり高くなく、快適に日々を暮らしています。また冬になれば極寒で暗い日々になりますので、それまでに十分楽しんでおきたいと思います笑。

研究所や大学のイベントなどもオンラインのものから、対面のイベントに徐々に戻ってきており、定期的に迅速抗原検査を受けている以外はほとんどコロナ前の暮らしに戻った感じがします。学会なども対面でできるようになってきているので、学会やセミナーに行けるようになるのも楽しみです。

この夏は日本に滞在する予定ですが、カナダ出国前のPCR検査に引っかからないように気を付けていかなければと思っています...笑



休日の晴れた日に夫婦でお出かけしました。今のうちにカナダの良い季節を楽しまなくては...

おわりに

複数の研究プロジェクトのとりまとめや Comprehensive Exam などまたまたイベントが盛りだくさんな半年になりました。忙しく好きなことに取り組めて、毎日楽しく暮らせているのはありがたいことなので、今後も倒れない程度に頑張っていきたいと思います。こうして今期も私が研究に没頭できているのも、船井財団からの支援のお陰です。本当に日々感謝しております。まだまだコロナウイルスの影響がなくなったわけではなく、現在は財団の交流会などはすべてオンラインになっておりますが、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。