

船井情報科学振興財団

2020 年春季 留学報告書

2020 年 6 月 30 日

2019 年度奨学生 黒岩広大

2019 年 9 月より、University of Waterloo の物理学専攻量子情報コースに所属しております黒岩広大です。現在は一年目の春学期なのですが、コロナウイルスの影響で日本に緊急一時帰国し、リモートでの研究生活となっています。今回の報告書では冬学期中の授業や研究、さらにコロナウイルスの自粛期間中の生活について書いていきたいと思います。

授業について

前回の報告文でもお話した通り University of Waterloo は秋学期（9 月-12 月）、冬学期（1 月-4 月）、春学期（5 月-8 月）の三学期制となっています。この冬学期、私は Quantum Information Processing Devices、Quantum Error Correction and Fault Tolerance、Scholarly Writing in English という、合計 3 つの授業を履修しました。

Quantum Information Processing Devices

量子コンピューターの実験的な実装の基礎を学ぶ、量子情報コースの必修授業の一つです。先学期に履修した、量子情報処理の理論的な基礎を学ぶ Quantum Information Processing という授業と対をなしています。授業では基礎的な量子力学の簡単な復習から始まり、量子コンピューターを実現させるため現在有望視されている様々な手法について学びました。主な内容は、核磁気を使った実装、超伝導を使った実装、光を使った実装、イオントラップを使った実装の四つの実験手法で、それぞれどのように量子ビットや量子ゲートを実現させるのか、それぞれの方法の利点や欠点は何で、実装における現在の困難はどこにあるのか、など多くの内容を扱いました。現在私は量子情報の中でも情報理論に近い分野の研究をしており、ついつい実験や実装についての理解が覚束なくなりがちです

が、量子情報の研究者を目指すにあたって最低限理解しておくべき実験手法のお話が聞けたのは非常に良かったと思います。

また、授業では実験系の研究室に訪問に行く機会もあり、近い距離で様々なことを聞けて非常に良い経験になりました。本来であれば、期末課題でプレゼンテーションがあり、級友のプレゼンを聞くのを楽しみにしていたのですが、コロナウイルスの影響でそういった授業活動が全て中止になってしまったのが非常に残念でした。

Quantum Error Correction and Fault Tolerance

量子コンピューターにおけるエラー訂正と誤りに強い計算の実装の理論について学ぶ授業です。Daniel Gottesman 教授という当分野の開拓者ともいえる先生が開講している授業で、こうした分野の第一人者に学期を通して教えを請える機会は非常に貴重でした。古典コンピューターと同様、量子コンピューターにおいても正確に情報処理を行うためにはエラー訂正が必須です。本授業では、量子力学の原理にしたがったエラー訂正の方法、そうしたエラー訂正を応用した量子計算の手法について学びました。本授業は課題や期末レポートがかなり重いことで有名な授業で、噂にたがわず日々の研究の中でこうした課題をこなすのはかなり大変でしたが、結果この分野についてかなりの基礎知識が身についたと思います。エラー訂正は量子情報のあらゆる分野に登場する概念なので、こうして集中的に学べる機会があり非常に良かったです。

Scholarly Writing in English

今学期も先学期に引き続き、英語の授業を履修しました。先学期は Speaking の授業として学会などでのプレゼンテーションのテクニクな作法を勉強しましたが、今回は論文などのアカデミックな英語を書けるようになることを目標とした授業でした。使いやすい文構造や英語表現、伝わりやすいパラグラフ構成などを統一的に勉強できて非常に参考になりました。また、この授業は様々な学科の留学生が集まる授業だったので、他学科の学生との交流もできる非常に楽しい授業でした。

研究について

本学期においても、先学期から引き続いて指導教官の Debbie 先生と量子通信における正確性と情報圧縮レートのトレードオフについての研究を行いながら、東大の研究室とも引き続いて量子情報におけるリソースの研究をつづけました。

リソースの研究については先行研究で課されていた数学的な仮定をできるだけ取り除いたフレームワークを作り、そのフレームワークの下で非直感的な現象がみられることを発見し、論文にまとめました。2月頃に arXiv に提出し、現在 Quantum という雑誌に投稿して review を待っています。また現在さらに、これまでの仮定ではカバーしきれていなかった量子リソースについての研究を進めています。

量子通信の研究については、量子情報の送信の際にある種のエラーを許した場合、エラーを許さなかった場合に比べて格段に効率よく情報を送ることができる場合があることを発見し、現在そのトレードオフをより正確に解析しています。さらに、strong converse と呼ばれる性質が今まで解析されていなかったセットアップで成立することを示し、現在さらに、より一般化したセットアップでも成り立つことを示そうとしています。

本学期も授業がヘビーでしたが、Waterloo での生活に慣れたこともあり、時間管理が先学期より上手にできたかなと思います。コロナウイルスでリモートでの研究になり、自己管理の面で大変な思いをしたこともありましたが、しばらくリモートでの研究体制は続きそうなのでモチベーションを落とさずに研究に取り組んでいけたらと思います。

なお、現在日本に一時帰国中なのですが、折角日本にいるのだからと思い、QunaSys という量子コンピューターのソフトウェア開発に関するスタートアップでインターンを始めました。現在行っているリソース理論の研究の背景を活かしながら、与えられた計算に必要な量子回路の深さを解析するような研究ができればいいなあなどと考えています。

生活について

前回の報告文でも Waterloo の寒さが厳しいというお話をしましたが、1-3 月にはそれ以上にカナダの寒さの厳しさを痛感することとなりました。日々 -20°C は当たり前で、日によっては息をするだけで肺が痛いなど、今思えば良く生き延びたなと思う出来事の連続でした。

(時には地吹雪が吹く中食料品を求めて買い物に行ったこともありましたが…笑) この環境で一人悶々と研究をしていたら本当に鬱になってしまいそうなので、休日など



ある雪の日の Waterloo

時間ができたときは友人と外出（スケートやクライミングなど）したり、趣味に時間を使ったりしてリフレッシュするようにしていました。

一方、コロナウイルスが猛威を振るっており、カナダも3月末ごろから基本的には自宅待機をし、リモートで働かなければいけなくなっていました。友人や研究室のメンバーと気軽に議論ができなくなったり、学会が中止になってしまったり、ことごとく予定がキャンセルになってしまったりなど大変なことも多いですが、なんとか対応しながら研究を続けています。ともすれば人と喋る機会が極端に減ってしまうので、できるだけ多く研究室のディスカッションや友人との雑談の予定を入れるようにして、精神面で参ってしまわないようにしています。また、4月上旬に指導教官の先生や大家さんとの相談を重ね、緊急一時帰国を決めました。現在は実家に滞在しており、時差と戦いながらリモートワークをしています。時差が半日分あるため多少大変ですが、今のところ問題なく研究室や研究所とコミュニケーションが取れていると思います。秋学期が始まる前にはカナダに戻りたいと考えていますが、コロナウイルスの流行が早く終息するのを願うばかりです。

おわりに

この半年は多忙な授業の課題をこなしながらなんとか研究をまとめることができ、非常に充実していたと思います。コロナウイルスの影響でリモートでの研究となってしまう大変なこともあります。何とか順応して頑張っていきたいと思っています。最後になりますが、このように留学先で日々研究ができるのも、船井情報科学振興財団が奨学生として採用してくださったお陰です。誠に感謝をしております。今後も研究に精一杯邁進してまいります。