

船井情報科学振興財団

2023 年春季 留学報告書

2023 年 7 月 13 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。早いものでもうこれが自身 9 つめの留学報告書となりました。時が流れる速さに自分でも驚いています。留學生活も 4 年目が終わろうとしており、独立した研究者になるという目標が徐々に手触りを伴ってきて、研究を行う楽しさと難しさを改めて実感しています。さて、今回の報告書ですが、前回まで自分が従ってきたフォーマットで書いても研究テーマの話を書くだけになってしまいそうで変わり映えがあまりしないので、今回は趣向を変えて自分が参加した in-person の学会の参加記録と思い出を綴りながら、その学会と紐づける形で私が取り組んできた/取り組んでいる研究の話をしていきたいと思います。

目次

Resource Workshop, December 2022, Singapore	2
Quantum Information Processing (QIP), February 2023, Ghent	3
APS March Meeting, March 2023, Las Vegas.....	4
ISIT 2023, June 2023, Taipei	6
おわりに.....	7

Resource Workshop, December 2022, Singapore

前回の報告書でも軽く触れたのですが、昨年（2022年）の12月に自身初の 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い、学会はずっと online 開催だったので、in-person での学会が行われること自体が私の分野では数年ぶりとなっていました。今回は私が一年ほど前に取り組んでいた研究の成果が無事 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。開催場所のシンガポールはまだ私が学部3年生だった5年前に数か月の研究インターンを行った場所であり、非常に思い出深く好きな場所であるということもあって、参加前から非常に楽しみでした。

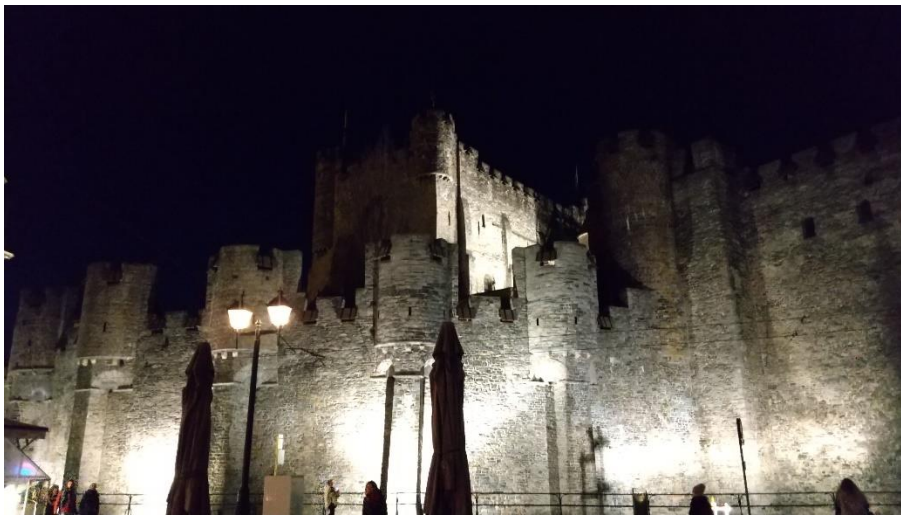
この学会は、私が大学院入学以来からずっと取り組んでいる「量子リソース理論」という研究分野についてのものでした。これは量子的な性質のある種の「資源（リソース）」と捉えて統一的に理解しようという量子理論の基礎研究で、私はこのリソース理論でこの世の物理を記述する際にどこまで記述できるのかという理論的限界を明らかにする研究を行っていました。この「リソース理論」は様々な量子力学的現象に適用できるため、量子情報の中でも様々な分野の方が参加していて、研究の話の聞いたり議論出来たりするのが非常に楽しく、充実した学会となりました。何より、自分のメインの研究分野の大学院生や研究者の方と in-person で議論をする機会がたくさんあったことは、次の研究の方向性を考えるうえでも非常に有意義なものになりました。余談になりますが、今回の学会は invited speaker が非常に豪華で興味深い話が聞けて、そういった意味でも非常に生産性の高い時間になったと感じています。実際に、この学会で興味深い発表をされていた先生に声を掛け、学会中にディスカッションをする中で面白い研究のアイデアが生まれ、私が現在メインで取り組んでいる研究テーマの一つとなっています。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、私の以前の研究ではそうした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を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。

シンガポールの街も数年前と変わらず活気で溢れていて、街中を歩いているとそれだけで楽しく、それも併せていい思い出になりました。

Quantum Information Processing (QIP), February 2023, Ghent

私が研究している「量子情報理論・量子計算理論」という分野で一番大きい学会がこの QIP と呼ばれる学会です。昨年から一応 hybrid 開催となっていたのですが、今回は完全に in-person の QIP がようやく開催されました。開催場所はベルギーのヘントという歴史ある田舎町で、伝統あるヨーロッパの街並みが非常に美しかったです。時間がゆっくり流れている印象で、研究の議論にも腰を据えて集中出来た気がします。QIP では、日本の大学で博士を目指している学部時代の友人や、昔 Waterloo で学生をしており現在は他国で研究をしている同期などを含め、非常に多くの方とお話しする機会がありました。

この学会では私はポスター発表を行いました。研究内容は「量子通信分野」と呼ばれる、量子情報理論のフレームワークの下で、いかに効率よく情報が送れるかということ解析する研究です。以前指導教官と出した私の論文では、ある程度の有限誤差の下で情報を送ることを許容すると、通信にかかるコスト（通信レート）が大幅に下がるケースがあることを提示していました。今回発表した研究では、与えられた誤差の下での最適な通信レートの表式を解析的に求めることに成功しました。ありがたいことに、ポスター発表中にはお話ししたかった先生から声を掛けていただいて研究成果の説明ができ、非常に充実した時間になりました。なんと学会の Best Poster Award にも選んでいただけて、非常に光栄でした。学会の Banquet で Poster Award の発表があったのですが、丁度日本時代にお世話になっていた先生に挨拶をしており、名前を呼ばれていたことに後で気づきました…。賞状などは共同研究者が受け取ってくれていたようです。ありがたい…。



Banquet 会場
(の近くの古城)

学会先には上記の共同研究者も併せて、一緒にプロジェクトに取り組んでいる方も多く来ていたので、彼らとの議論も非常に盛り上がり、非常に忙しくも充実した学会の時間は一瞬で流れていきました。

その一方、学会のオフ日には友人と近隣のブリュッセルまで観光に行けるなど、初めてのベルギーも堪能できました。小便小僧は噂に違わぬがっかり具合でしたが。すりに気を付けながら街を散策し、ワッフルに舌鼓を打つなどして、良い観光ができた気がします。



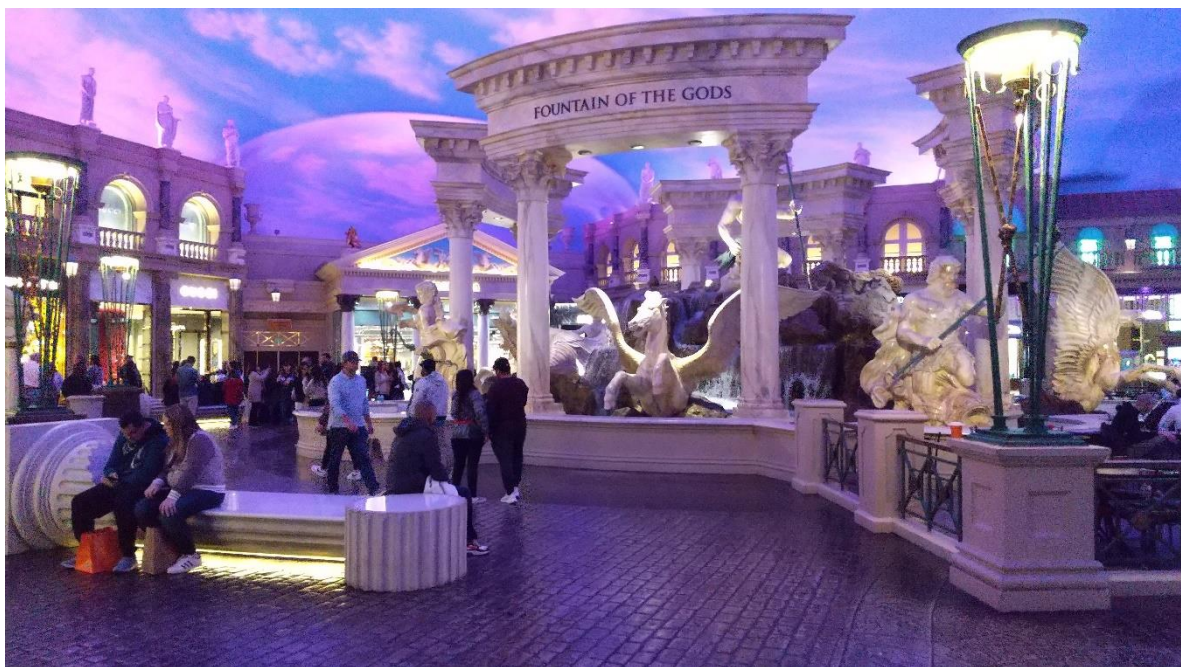
期待を裏切らなかった
小便小僧さん

APS March Meeting, March 2023, Las Vegas

ベルギーからカナダに帰国して一か月後、自身初のアメリカ物理学会の **March Meeting** に参加してきました！ 私の研究がだいぶ情報理論に寄っていることもあり、このアメリカ物理学会への参加は今までなく、また、ここまで大規模な学会は参加したことがなかったので圧倒されてしまいました。開催場所がラスベガスだったというのも雰囲気は一役買っていたのかもしれませんが。なるべく安いホテルを探した結果リゾートホテルをピックアップしてしまったため、毎日カジノに興じる観光客を横目に学会会場に向かっていました。

さて、この APS では私は、量子計算機の応用についての最近の研究の発表をしてきました。こちらは QunaSys という日本の量子計算ソフトウェア startup との共同研究の結果です。この研究では、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。数値計算でも私の分析を肯定するような結果が出たため、今後初期型実用量子コンピューターが出たときに応用されるような提言になっていれば良いなと願っています。

また、物理学会では留学コミュニティの先輩とお会いする機会があり、「海外で研究者を目指す」という点で経験談や助言を聞くことができ、今まさに 1-2 年後に卒業を (hopefully) 控え、改めて将来のことやキャリアの戦略を考えている自分にとっては、とても貴重な時間になりました。



カジノ隣接のモールの一角。とても綺麗

上記のように研究という意味でも、交流という意味でも非常にいいものになったのですが、旅路と滞在はなかなか厳しい出張になりました…。まずは出発当日に飛行機が猛吹雪のために 12 時間遅れ、ラスベガスに到着したのが深夜 3 時。そして預け入れた荷物を受け取ろうとしたらなんと空港に届いていないという (ある種よくある) トラブルが発

生。係員の方に問い合わせたところ、「飛行機が重すぎて仕方なく下ろしちゃったらしいんだよね～。ほんとにごめんね！ 数日後に届くっぼいから！」と意味の分からないことを言われ、結局数日は H&M で急場凌ぎでそろえた洋服で過ごすことになりました。（なお、後日航空会社に補償をちゃんとしてもらいました。皆さんもトロントの空港を使われる際はお気をつけて...）ラスベガスは物価が高く、一番安いのが IN-N-OUT のハンバーガーだったのでそればかり食べていました。移動でやむを得ずタクシーを利用したとき、チップの最低割合が 25% に設定されていたのには震えあがりました。ここ数年で一番出費がかさんだ滞在だったかもしれません。

ちなみに私はカジノにはいかなかったのですが、知り合いがポーカーとブラックジャックでそこそこ勝って贅沢をしていました。良いなあ。

ISIT 2023, June 2023, Taipei

この報告書を書いているつい 2 週間前に、台湾で行われた IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT) という学会に参加してきました。こちらは量子に限らず情報理論全般を取り扱う学会で、情報理論の幅広い分野の方が参加していました。私は、QIP で poster 発表をした量子通信理論の研究が採択され、talk をしてきました。

QIP で発表したときから論文の方も大幅に改良が加わり、先行研究の証明手法を大幅に改善したり、先行研究では見られなかった現象に対する考察や分析が深まったり、解決すべき問題がさらに明確になったりなど、かなり満足のできる形に仕上がりました。今回は、発表後に内容について声を掛けてもらったり、研究に興味を持ってもらえたりなどリアクションを今までより多くもらえて、そういった意味でも励みになるなと思っていました。Talk の後に、話したかった先生と議論の機会を貰うことができ、そこで新しい方向性に向けてのアイデアがまた一つ得られた気がします。

今回はオフ日に一人でただただ歩く散歩旅をしてきました。台湾には昔友人との旅行で一度だけ来たのですが、その時には行けなかった故宮博物館や淡水という港町などをのんびりと歩きました。思索を巡らせながらゆっくり過ごした一日のお陰で良いリフレッシュになりました。もともと一人であてもなく歩き続けるという一人旅が学部生の頃は好きだったのですが、最近は Covid の影響もあって、あまりこういったことに時間を使う機会がなかったかもしれません。偶にはこうした時間の使い方も良いものですね。



淡水の紅毛城。中は博物館のような展示になっていました。
なおこの直後スコールに遭います。

おわりに

この報告書を書いている今、私は東京に滞在しています。東大で今助教授をしている方と共同研究をしており、台湾の学会の後そのまま日本へ招待していただきました。もうしばらく滞在する予定ですが、研究をしたり人に会ったりしつつ、東京のご飯を楽しみつけてカナダに帰っていこうと思います。

毎度のことになりますが、この半年間も船井財団からの支援のお陰で忙しくも充実した研究生活が送れました。いつも本当にありがとうございます。今年の夏には久々の in-person 交流会があるようなのですが、学会・訪問の都合で夏の交流会に出られないのが残念でしょうがないです。

一人前の研究者とは何か、という問いを最近よく考えなおします。アカデミアの世界が少しずつ見えるようになってきたからでしょうか。それとも、だんだんと卒業が近くなってきて自分の将来を一段と強く意識するようになってきたからでしょうか。一人前とは何かという問いに答えは出ないにしろ、いずれにしても、私には一人前を名乗るだけの技術はもとより、哲学が足りていないと痛感します。それは研鑽を積むことでどうにかなるものなのか、まだ私にははっきりしませんが、今はこれを問い続けることを忘れずに目の前の問題に向き合って自分を高めていけたらと思っています。