

第3回 留学報告書

～2025年・12月～

2024年度奨学生 中島悠翔



▲毎年夏に行われる Minnesota State Fair で人気のクッキー屋さん

1. はじめに

船井情報科学振興財団・2024年度奨学生の中島悠翔（なかじま・ゆうと）です。米国は中西部、University of Minnesota, Twin Cities（ミネソタ大学ツインシティ校）のPhD課程で物理をしています。

留学当初は有り余るほどに時間があるように感じられていたPhD生活でしたが、早くも2年目に突入したことでの実は留学期間は有限にすぎず時間は確実に進んでいるのだということをさまざまな変化とともに体感させられた半年でした。

この街に住み始めてから1年が経過した今でも、まだ知らない場所や知らない文化はわんさとあり、飽きのない刺激的な毎日を過ごしています。しかし一方で、望むと望まざるとにかかわらず人のアイデンティティはその環境に少なからぬ影響を受けるもので、この街に対して同時にホームの意識も少しづつ芽生えてきています。街に刺激だけではなくくつろぎも感じられるようになった点は、1年住み続けてきたことによる大きな心境の変化と言えるかもしれません。その意味で、この半年は実際の長さ以上の意味を持った半年でした。

さて、第3回となるこの留学報告書では、「ミネアポリスでの留学生活」「大学院と研究」の2部に分けて、2025年6月～12月の半年を振り返りたいと思います。



▲ハロウィンのときの「アメリカの歩行者用信号機の『進め』の人」(左)、アメリカでも公開された劇場版鬼滅の刃(中央)、チキンの丸焼きの解体作業(右)

2. ミネアポリスでの留学生活

音に聞くミネソタの極寒の冬を体験するのは2回目でしたが、今回は前回ほど興奮することも、また鬱屈とすることもなく、いたって通常モードの気持ちで冬に突入しました。華氏温度でもマイナスになるくらいの外気温に対して、部屋の暖房はマックスにして半袖でアイスクリームを食べるという雪国しぐさが徐々に身についてきたからかもしれません。

(ア) ホームパーティなどなど

今年に入ったくらいから、米国式のホームパーティ文化にならって、友人を積極的に自宅に招くことが増えました。昨年にミネアポリスに来たばかりの頃はむしろ招かれることが多かったのですが、「ホームパーティを開催して仲良くなるのが米国流だ！」と思い始め、同じく日本人 PhD 留学生のルームメイトとともに定期的に友人に手料理をふるまっています。日本のように安い居酒屋が街に無いぶん、「宅飲み」がメジャーなのは良い話です。

また、ハロウィンのときには友人の家に集まって仮装コンテストを開催し、私は「アメリカの歩行者用信号機の『進め』の人」という白全身タイツの仮装で優勝をもぎ取りました。やはり長く地道な PhD 生活、こういうところで手堅く勝っていきたいものです(?)

(イ) リンゴジュースには要注意

10月末に現地の友人たちと郊外の牧場に遊びに行ったのですが、そこでちょっとした事件が起こりました。

牧場では動物と戯れたり、搾りたてリンゴジュースを飲んだり、たき火を囲んだりと楽しい時間だったのですが、その後一週間くらい経ったころから謎の腹痛と下痢の症状に襲われる人が周りに急増しました。はじめは「季節の変わり目の胃腸風邪が流行っているのかな?」くらいに思っていたのですが、どうやら牧場に行った人たちが軒並み倒れていることが分かってきました。これは何かあるぞと思ったそのうちの一人が病院で検査を受け



▲郊外の牧場と美味しいリンゴジュース（前述）（左・中央）、ミネアポリス郊外の鍾乳洞（右）

た結果、牧場で飲んだ搾りたてリンゴジュースに日本にはいない寄生虫が混入しており、それが胃腸炎の集団感染を引き起こしたことが判明したのです。

私はしばらく絶食して胃腸を休ませ、1週間ほどで事なきを得たのですが、その後州の保健当局のデータベースに集団感染の事例として載ったそうです。なかなか現代日本では体験できない最強のメリケンエピソードトークが一つ増えてラッキーでした。

3. 大学院と研究

さて、本業の大学院の方はというと、2025年の春学期をもって必要な授業の履修がほぼ終わり、本格的に研究フェーズに移行した期間でした。米国の政治に関するあれこれがセンセーショナルに報じられる中でしたが、私に限っていえば、ありがたいことに大きな煽りを受けることもなく研究に没頭できています。

(ア) 研究生活

大がかりな実験設備などを必要としない理論系の分野では「ラボ」文化がなく、指導教員や先輩と取り組んでいる問題がまったく違うことも往々にしてあるため、基本的には一人で研究を進めることになります。もちろん、定期的な進捗報告や議論は行うのですが、全体の割合としては一人でいる時間の方が多いので、今セメスターはキャンパス内で作業場所を渡り歩く「ノマド」的な生活をしていました。

キャンパスの中央の芝生の広場や、大学内のカフェ、キャンパス内を流れるミシシッピ川の川岸など、いくつかお気に入りの場所ができたので、それらの「拠点」を渡り歩き、集中力が切れるたびに場所を変えながら研究を進める渡り鳥のような生活をしています。自分のオフィスもあるのですが、こういう気ままな動き方もなかなか気に入っています。

(イ) プログラム

11月末に PhD student から PhD candidate となるための進級試験 (Qualifying exam) を受験し、無事合格することができました。

この進級試験では、これまでの成果報告と卒業までの向こう数年の研究計画を、指導教員を含めた教員陣4人に対して2時間くらいでプレゼンすることが求められました。また、分野の基本的な知識について質問され、ホワイトボードを使って解説するような時間もありました。

進級試験の審査員となる教員のうち、指導教員を除く3人はそれぞれ別の分野から選ばなくてはならないという制約があり、私の場合は、量子情報屋さん・実験屋さん・数学屋さんの三分野の教員に審査員を依頼しました。量子情報の理論家はまだしも、実験家と数学者を同時に納得させるようなプレゼンはなかなかチャレンジングで、予想外の角度からの質問にしばし口ごもってしまうこともありましたが、丁寧に誘導してもらいながら何とか切り抜け及第点をいただくことができました。

(ウ) 研究について

前の学期から引き続き、長距離の量子エンタングルメント（量子もつれ）や対称性の分数化（整数であるべき電荷などの保存量が分数となる）などの面白い性質をもったトポロジカル秩序相という系に現れるさまざまな物理に対して、位相的場の理論 (TQFT) や共形場理論 (CFT) の手法を用いてアプローチする問題に取り組んでいます。トポロジカル秩序相は、固体や液体といった従来の相の考え方ではとらえきれない幾何的な構造をもった相で、典型的には、強磁場のもとでの強く相關する電子の系などで実現します。量子コンピュータなどへの応用などから量子情報の文脈、熱ゆらぎからの擾乱に対して安定なことから非平衡統計力学の文脈、量子エンタングルメントや量子アノマリーに関わることから素粒子理論の文脈、などさまざまな方面から注目を集めており、最近になって多くのことが分かつてきた比較的新しい系です。

一方で、最近になってトポロジカル秩序相の中で存在する準粒子（エニオン）が新奇な量子相を形成する可能性があることが実験によって示唆されており、こうした量子相が場の理論の枠組みを用いてどのように理解されるべきかはまだあまりわかっていません。私の指導教員を含め、こうしたトポロジカル秩序の「先」に問題意識をもっている研究者は多く、私自身が興味を持っているところでもあります。

こうした問題意識の中、8月には、指導教員と彼のポスドクとの共著として、ある条件でのトポロジカル秩序相の熱力学についての仕事

Y. Nakajima, U. Mehta, and H. Goldman. *Thermodynamics of dilute anyon gases from fusion constraints.* [arXiv: 2508.14961 \[cond-mat\]](https://arxiv.org/abs/2508.14961) (2025)



◀プリンストン大学のサマースクールでのポスター発表（左上）、『夏の学校』が行われた宿舎と同部屋のみなさん（左下）、8月に訪れたプリンストン高等研究所（右）

を一本まとめることができ、以下でも触れるように関連していくつかの場でセミナーやトークをさせていただきました。この論文は私が米国に来てから（というか、物性理論の分野に参入してから）最初の論文でしたが、プロジェクトを通じて教員の指導スタイルや興味のあるところを知ることができ、研究生活のスタートとしてはいいものだったと思います。

(工)研究会など

8月には、プリンストン大学で行われた若手研究者のための物性理論のサマースクール (Princeton Summer School on Condensed Matter Physics (PSSCMP) 2025) に参加し、米国に来てから最初のポスター発表を行いました。このサマースクールには学生だけでなくポスドクも各地から集まっており、最新の研究トピックについての読み切れないほどの講義資料を手に入れることができました。

また、夏に休暇で一時帰国した際には、滋賀県で行われた『第70回 物性若手夏の学校』に参加しました。海外から参加していた学生はさほど多くはなかったのですが、指導教員に「Japan で一番大きい Condensed matter の Summer school があるので行かせてくれ」と頼み込んで送り出してもらいました。指導教員には、米国での研究をキャッチアップしつつも、日本国内の研究コミュニティとの繋がりも維持したい、という私のわがままな気持ちをいつも酌んでもらっていて、頭が上がりません。

このサマースクールでは、上で触れたエニオンの話でポスター発表と口頭発表を行い、

ありがたいことに両方の部門で賞をいただくことができました。また、発表を見に来てくださっていた他大の教員の方が研究を面白がってくれ、それがきっかけで（国際？）共同研究をはじめることになりました。もっか現在進行中のプロジェクトなので、来期の留学報告書ではよい報告ができるようにまとめたいと思います。

また、この『夏の学校』で別のご縁もあり、今年10月に、指導教員の出身校でもあるUIUC（イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校）に呼んでいただきました。UIUCは中西部の物理コミュニティのハブでもあるので、研究についてのトークをさせていただき、同じような問題をテーマにしている友人がたくさんできました。

また、12月には研究会（『New Directions in Condensed Matter Physics 2025』）で再びUIUCを訪れました。こうした研究会での小さな出会いが将来の共同研究につながるのかと思うと、その機会を逃さぬように武器を磨いておこうと背筋の伸びる思いです。

何か新しい仕事をしたときに、各地でお話しさせていただくことで面白がってくれる人・別の角度からの問題意識をもっている人とつながることができ、その相互作用がまた次の新しい研究が始まるきっかけになる——という、良い研究のサイクルがまわり始めた気がしたセメスターでした。

4. おわりに

大学院留学2年目の6月～12月の半年間を振り返ってみました。成長が実感できずに足踏みしているように感じる時期もありましたが、こうして振り返ってみると、ある程度は前進できた半年間だったのかな、と思います。

次の1年は、日本でいうところのD1にあたる代になります。今もいくつかの研究が現在進行系で進んでいるので、ひとつひとつの研究をマイルストーンとするだけでなく、自分の中でそれらを統合し、物理の研究コミュニティの文脈の中にその位置を正しく定義できることを目指していきたいと思います。

最後になりましたが、大学院の学費をはじめとして生活の様々な面で、いつも細やかにご支援いただいている財団のみなさまに感謝申し上げ、第3回の留学報告書とさせていただきます。