

## 第1回海外留学報告書

# 留学に至った経緯と近況

阿江伸太郎

Physical and Theoretical Chemistry Laboratory

University of Oxford

Feb., 2026



University of Oxford, Physical and Theoretical Chemistry Laboratory に所属している阿江伸太郎と言います。2025年3月に東京大学工学部物理工学科を卒業し、同年10月に DPhil in Chemistry に進学しました。研究分野は量子化学のための量子アルゴリズムの開発です。この文書では、自身の留学に至るまでの経験や出願プロセスと、近況を報告させていただければ幸いです。

## 1. 留学に至った経緯と出願

出願方法や、重きを置かれる点は、国や地域によって幅があります。理系博士課程の海外大学院への出願のプロセスを解説した記事は[豊田理研のホームページ](#)や[船井財団のホームページ](#)に多く上がっており、情報収集という観点からはそれらの記事も是非とも参考にして欲しいのですが、この報告書では独自性を出すため、特に Oxford 博士課程に関連することについて詳しく説明できたらと思います。何か質問等がありましたら、[shintaro.ae.quantum at gmail.com](mailto:shintaro.ae.quantum@gmail.com) にご連絡ください。

### a. きっかけ

学部に入學した頃から量子コンピュータに興味があり、三年生の際に行ったインターンでは素粒子のモデルを量子アルゴリズムを用いて解析を行ったり、卒業研究では超伝導量子コンピュータの製作を行ったりしていました。また、4年生の際には物性理論の研究も行うことができ

ました。これらの研究活動や、限られた法則を用いて世界を構築していく数学や物理そのものに面白さ<sup>1</sup>を感じており、進路として大学院に行くという選択肢が自然に芽生えました。

4年生の前期、大学院の研究テーマとして何が良いのかを考えた際、社会課題の解決に役立つような研究、社会的に意義がある研究をしたいと思いました。前期教養課程で法律、社会学のゼミに参加したり、フィールドワークを通じて環境問題、過重労働、国際紛争やジェンダーといった多種多様な社会問題に接したりする中で、漠然とではありますが、キャリアの中で何か社会を良い方向に進めるような活動をしたいと考えました。量子コンピュータという自分自身の興味も考慮に入れた結果、量子化学<sup>2</sup>と量子コンピュータを絡めた分野を研究したいと思いました。正確な化学や物性のシミュレーションは、実験的に物質を探索する幅広い産業や科学分野に応用先が考えられます。そのような量子化学、物性の計算に対して、量子コンピュータを応用することでどのようにシミュレーションの効率を上げられるのだろうか。この分野の研究を通じて、物性の探索を通じた人類の可能性を大きく広げられるのではないだろうか。このような産業応用を通じてより良い社会を作り上げる期待と、ミクロな法則からマクロな現象を再現するシミュレーション自体への興味関心を踏まえ、量子化学と量子コンピュータの境目を研究しようと思いました。

---

<sup>1</sup> 私は学問とは、ユークリッド幾何のように少数の法則から豊かな世界を記述するものだと思っています。だからこそ、学問の階層性によって支配する法則が変わること (*More Is Different*. (1972). 177.) が受け入れがたく、計算機を用いてマクロな世界を作り上げるシミュレーションに興味関心が向きました。

<sup>2</sup> 量子化学とは、ここでは第一原理(量子力学の原理)に基づいて、分子の形や化学反応といった化学のシミュレーションを行う計算科学の分野を指します。なお、細かいことですが、物性と言ったときには、結晶のような、もっと沢山の原子が(大抵の場合)周期的に並んだ系を指します。物理は、固体物理という物性の分野が素粒子論と並んで一大分野となっていますが、そのような物理畑出身の私が物性のシミュレーションではなく量子化学を選んだ理由は、その電子自由度の低さにあります。物性では大抵、原子が周期的な構造をとっており、*Bloch's theorem* より電子状態が波数という連続量で状態が記述されます(これをバンドと言います)。それに対し、孤立した分子は(やはり無限の自由度はあるものの)波数による記述がありません。その電子が取りうる次元の低さから、第一原理的に解くのは化学の方が簡単です(量子コンピュータとの相性を考え、DFTは考えません)。単純に、固体の場合は沢山の電子があるため、シミュレーションが難しいと捉えても構いません。そのため、量子アルゴリズムを開発するにあたって、化学の側面からアプローチしようと思いました。なお、いくつかの論文では物性の方が量子コンピュータで解くのが簡単だと述べていますが、それは物性をモデル化(単純化)したときです(例: *Hubbard model*)。私は、少数のミクロ法則からマクロな世界を作り上げることを目標としているため、あくまでも第一原理計算によるアプローチにこだわりたいと思いました。

## b. 出願先

研究テーマを決めた時点(4年生7月)では、分野に対する知識が本当に何もなかったため、レビュー論文や教科書を読んだり、同分野の教員に相談したりして進学先の情報を集めていきました。出願をしたのは12大学で、内訳としては米国 (Berkeley, Caltech, Chicago, Dartmouth, Harvard, MIT, Tufts, UCLA, Yale)、カナダ(Toronto)、スイス(EPFL)、そしてイギリス(Oxford)でした。

Oxfordの特徴としては、量子コンピュータの研究者が多くの学科に散らばっていることにあります。量子の理論研究の層も厚く、自身がぜひ進学したいと思った研究者の方が違う学科におり、出願した中で唯一複数個(3つ)のPhDのプログラムを同一大学に申し込みました。

## c. 出願書類

Statement of Purpose と呼ばれる志望理由書に関しては、自身の研究経験と絡めて書いていきました。<sup>3</sup>また、XPLANEのSOP添削サービスを用いたり、研究室のポスドクの方やネイティブの知り合いにもチェックしていただいたりして、多くの方からフィードバックを得ながら執筆していきました。

Oxfordは、出願できるタイミングが11月中旬、1月末、3月末の3回あります。早く出願した方が良く、遅く出すと合格率が下がる上に、特に3月締め切りではOxford内部の奨学金には申し込めません。私の場合はどうにも卒論との兼ね合いで時間が取れず、11月を目標にしていたのですが、1月末の出願になりました。書き始めたのが、9月末の奨学金の出願を終えた後からだったので、一番早い締め切りに出す目安として8月や9月中から書き始めると良いと思います。

---

<sup>3</sup>ただ、分野を大きく変えたため、研究経験と出願理由を結びつけることがやはり難しかったのは否めません。さらに、推薦状を書いていただいても、それを読まれる海外大学の教員の側は、書いた人のことを全く知りません。学部や修士で行う研究分野と同業の教員に出願する方が、合格率も上がると思いました。

また、Oxfordのもう一つの特徴として、英語の試験を受けずに申し込めるという点もあります。自分は持っていたスコア(TOEFL 105/120)が出願1年半前のものでした。他の大学は全てそのスコアで大丈夫だったのですが、Oxfordはプログラムの開始から2年前までのスコアしか有効でないとのことだったので、もう一度受け直す必要がありました。ですが、Oxfordの良いところとして、特に英語のスコアがなくても選考における不利益は一切なく、合否が決まってから受けても良いということがあります。このため、出願が全て終わった5月ごろにゆっくりと受けることができました。なお、その際 TOEFL ですと Speaking 25 以上という最低点数があるのですが、IELTS だと Speaking 6.5 以上<sup>4</sup>と、私の主観ではかなり優れているため、Oxfordに出願する予定でスピーキングが苦手な方は IELTS で受けることをお勧めします。<sup>5</sup>

## d. Visit

EPFL, Master in Quantum Science and Engineering と Oxford, DPhil in Chemistry から合格を頂き、5月にはそれぞれの大学を訪問して教授とのディスカッションを行いました。所属する研究室の雰囲気を見て決めるということと同時に、共同指導教官を探す目的もありました。Oxfordの良さとして、柔軟に共同指導教官を設定できるという点があります。違う学科の先生や、さらに違う大学の先生にも共同指導教官に就いていただくことができます。Oxfordで出願した内の一人の先生がその年から Queen Mary University of London で新しいポストに付いたのですが、量子多体系の物理を専門にされているその先生と、合格先の化学科の先生に共同指導をお願いしました。量子情報と量子化学という二つの側面から指導を受けることができ、そのような素晴らしい環境で研究できることがとても嬉しく、Oxfordに進学先を決めました。

## e. ファンドの確保

イギリスの修士、博士課程全体に通じることだと思われそうですが、合格することが簡単なものに比べ、ファンド(学費、生活費の資金)を獲得することは難しいです。円安の影響もあり、日本人

---

<sup>4</sup>プログラムによりますが、理系博士課程だと大抵これが英語の基準のはずです。詳しくはご自身のプログラムの英語の要件をご確認ください。

<sup>5</sup> どうしてもこれらの英語の要件が満たせなかった方用に、9月ごろに3週間ほどかけて英語講座が Oxford で開かれているようです。

学生は年間 1000 万円を超える金額が必要になります<sup>6</sup>。そのため、奨学金などを確保することが必要不可欠でした。Oxford では、2つのファンディングの手段があります。すなわち、Oxford 内部の奨学金と、外部の奨学金です<sup>7</sup>。内部の奨学金は沢山の種類があり、出願と同時に自動で審査されます。また、外部の奨学金に関しても、豊田理研を始め、様々な奨学金があるため、XPLANE のサイトなどで探してみると良いと思います<sup>8</sup>。Oxford に合格してからもファンドが取れるか心配していましたが、2025 年 7 月に豊田理研から奨学金をいただくことが決定し、進学できる運びになりました。改めて、このような機会を与えてくださり、豊田理研の皆様、推薦していただいた指導教官の皆様や、今までサポート頂いたすべての方に感謝したいと思います。

## 2. 近況報告

現在、以下の 3 つの研究を同時並行して行なっています。括弧内は大まかな分野及び指導していただいている先生を表します。

- **Randomized Block-Encoding** (量子アルゴリズム; 吉岡信行先生)  
これは、東京大学で出国まで行なっていた研究の続きです。具体的には **Block-Encoding** と呼ばれる非ユニタリーなゲートを、ユニタリーゲートに埋め込む手法があり、そこにランダム性を入れるとどのような性質になるかを研究しています。理論の根幹はもう出来上がっており、どのような用途に応用できるかを模索している状況です。
- **Non-Markovian Simulation on Quantum Computers** (統計物理・量子情報; Prof. Jinzhao Sun)  
量子系を量子コンピュータでシミュレーションするというテーマでは多くの研究がありますが、とりわけ **Non-Markovian dynamics** という、より一般化した開放量子系に注目

---

<sup>6</sup> 私のプログラムでは、授業料(年約 600-700 万円)は最初の 3 年しかからず、それ以降はほぼ 0 円になります。なので、1000 万以上の金額が必要なのは、最初の 3 年のみです。

<sup>7</sup> 指導教官から給料として受け取る方もいらっしゃるようですが、アメリカやスイスと比べ、合格すれば自動的にそのようなファンディングが保証されているわけではないです。出願前に指導教官にコンタクトを取り、ファンディングについて相談されるのが良いかと思います。

<sup>8</sup> 盲点なのですが、Google や IBM などの企業も、PhD の学生にファンディングを出しています。学費の確保では、どれだけ奨学金のアンテナを高く立てておくかが重要だと思います。

したアルゴリズムは、未だほとんど存在していません。統計物理を用いて Non-Markovian 開放量子系の時間発展を書き下しながら、それをシミュレーションする手法を考えています。

- Non-Born-Oppenheimer approximation (量子化学; Prof. David Tew)

量子化学では、Born-Oppenheimer approximation という原子核を古典的に扱い電子を量子的に扱う手法が主流です。原子核も全て量子的に扱ったときに、どのような効果が出るかを考えています。これは、後々電子を系として、原子核を環境として扱い、上記の Non-Markovian simulation を量子化学に当てはめるために考えています。量子化学はまだ始めたばかりなので、基礎から勉強しています<sup>9</sup>。

研究外ではスカッシュをすることが多いです。自身が所属する Jesus college は 3 面のスカッシュコートがあり、いつでもスカッシュをすることができます<sup>10</sup>。昼と夜はカレッジで食べることも多く、カレッジの友達と楽しく食事を楽しんでいます。また、Oxford Union というディベートクラブがあり、そこに加入して自分の専門分野以外の知識も増やそうと思っています<sup>11</sup>。夜は本を読んで過ごすことが多いです。Oxford に着いた 10 月から Guns, Germs, and Steel を読んでいますが、かなり面白いです。一番重要なことですが、スーパーで売っているオレンジが安く美味しくて毎日幸せです。



左: 入学式後のご飯会の様子。大きな肖像画は、カレッジを設立したエリザベス 1 世

右: 大学の図書館の一つ。オックスフォードには図書館が 90 個以上もあります!

<sup>9</sup>本当に基礎から勉強しています。11 月には、1927 年に発表された Born, M.; Oppenheimer, J. R. On the Quantum Theory of Molecules. Annalen der Physik を、1 月には 1936 年に発表された Wilson, E. B.; Howard, J. B. The Vibration-Rotation Energy Levels of Polyatomic Molecules などを読んでいました。最近ようやく 20 世紀後半に発表された教科書・理論などを読んでいて、自身でも量子化学力の成長を実感しています。

<sup>10</sup> 東京では、安いスカッシュコートが郊外にしかなく、近場もコートも 1 時間 4000 円ほどかかっていたため、自転車で行ける距離に無料のスカッシュコートがある現在の環境はとても恵まれたものだと思います。全般的に、Oxford はスポーツ施設の面でとても恵まれていると感じました。

<sup>11</sup> Oxford union では、討論会の他にも多くの著名人の講演を聞く機会があり、とても恵まれた環境だと思います。