

船井情報科学振興財団 留学報告書

第 10 回：卒業までのカウントダウン

2020 年 12 月
Funai Overseas Scholarship 奨学生 吉永宏佑

1. はじめに

2016 年 9 月から Massachusetts Institute of Technology (MIT) の Department of Chemistry に進学しました、吉永宏佑と申します。MIT は 2020 年 6 月から研究活動を再開し、一応滞りなく研究に勤しんでおります。第 10 回となる今回の報告では、MIT の活動再開の様子と、この半年の研究状況を共有します。

2. MIT の活動再開

2020 年 12 月現在、COVID-19 の感染拡大は抑えられておらず、以前と異なる生活様式への適応が求められているかと思えます。アメリカは感染拡大が世界と比べて段違いですが、大学内では徹底した消毒・シフト制の登校・マスク着用などにより、コミュニティ内の蔓延は見受けられません。MIT のキャンパスにアクセスするためには、COVIDPass というアプリをインストールし、図 1 のようなアンケートに毎日答える必要があります。また、PCR 検査をキャンパスで受ける必要があり、私も週 2 回検査を受けています。私の研究室の運営状況はというと、シフト制を採用していて、私は 15:30~23:30 のシフトを取っています。研究室にいる間はひたすら実験をしています。当初は限られた滞在時間で慌てて実験していましたが、最近は効率よく実験できるようになり、この生活スタイルにも慣れてきました。個人的には MIT の学生ファーストな様々な対策には目を見張るものがあると感じており、MIT で研究できる自分は恵まれていると改めて思いました。日本の大学での対策は分かりませんが、対比になればと思ひ、簡潔に MIT の活動再開の様子を記そうと思ひました。

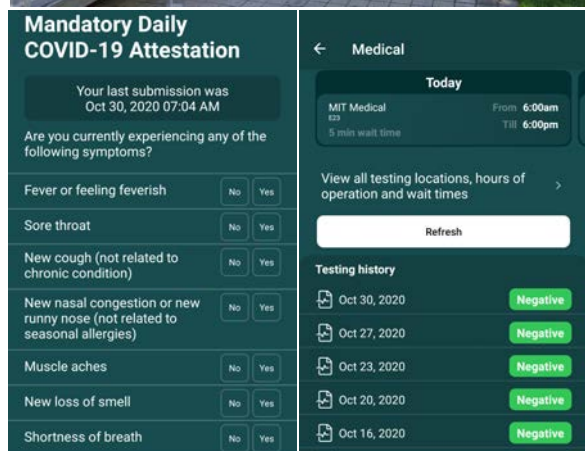


図 1：(上)検査場のトレーラー。スタッフに見守られながら自分でサンプルを採取する。(左下)毎日アプリ上で答えるアンケート。(右下)過去の検査結果のまとめ。結果は最近 PDF でダウンロードも可能になった。

3. 研究について

この半年は実験の時間が限られているにもかかわらず、3つのプロジェクトに携わりました。1つ目はエマルジョンセンサーの拡張、2つ目は新しく始まったリチウム一次電池の共同研究、3つ目は自分のテーマである導電性材料の開発についてです。本報告書執筆時点では公開された内容はありますが、これらのテーマで論文を出版して MIT を卒業する予定です。本報告書では簡潔に各テーマについての説明と、得られた結果について共有致します。

● 動的エマルジョンを用いた、抗 SARS-CoV-2 抗体の検出

この夏から抗 SARS-CoV-2 抗体の検出の共同研究に携わりました。第 9 回報告書で動的エマルジョンを用いたリステリアの検出について記してあります。この系のメリットは、相互作用のメカニズムを変えるだけで検出できる対象を変えられるということです。この夏にブラックホールクエンチャーと呼ばれる、生物学で用いられる消光色素の合成に取り組みました。この色素は前回用いた色素よりも吸光係数が高く、より高感度なセンサーとなりました。既存の手法における抗 SARS-CoV-2 抗体の検出

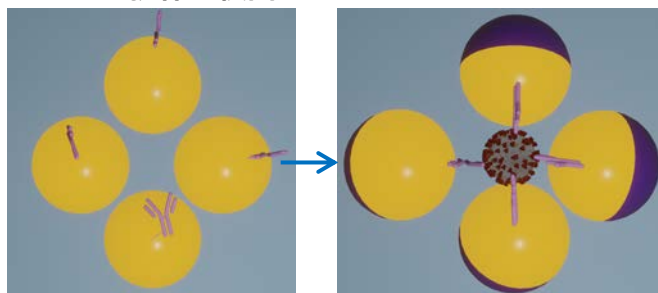


図 2：抗体修飾されたエマルジョンが凝集する図。図ではコロナウイルスと相互作用しているが、正確には抗 SARS-CoV-2 抗体と相互作用する。

下限は 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ であった中、本センサーは 0.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ という 100 倍近い感度をたったの 2 時間で実現できました。これらの結果をまとめた論文を投稿中です。このセンサーが普及すれば COVID-19 感染者の早期発見に繋がりますが、そもそもの感染を防ぐため我々ができることは、引き続きマスクをつけ、人との距離を取り続けることに尽きます。

● リチウム一次電池におけるフッ素共役芳香族化合物の活用

MIT Mechanical Engineering の Betar Gallant 先生と高出力のリチウム一次電池（つまり充電できない電池）の共同開発に取り組んでいます。我々の生活を支えるまでになったリチウムイオン電池は、充放電はできるが一次電池と比べると数倍もエネルギー密度が低いです。エネルギー密度の高い電池は、たとえば航空宇宙系の応用が見込まれますし、充放電の研究が進めばリチウムイオン電池に代わる電池になる可能性があります。先行研究において、六フッ化硫黄や三フッ化窒素といったフッ素化合物が正極でフッ化リチウムを生成する電極反応が高電力・高容量であることが発見されました。しかしこれらの基質は気体で、高密度な電池を作製するには向いていません。そこで、合成化学の力を利用し、本応用に適した分子をデザインすることになりました。数種類のフッ素共役芳香族化合物を合成し、放電する実験をしたところ、先行研究を有意に上回り、これらの分子は高電力・高容量であることがわかりました。現在、いくつかの基質を合成し、その構造と物性の関係性を調べております。こちらは共同第一著者として特許申請準備中で、のちに論文の準備をします。

● より安価な有機薄膜太陽電池を目指したフッ素化ポリチオフェンの合成

市販されている太陽電池で良く用いられている材料はシリコンやペロブスカイトといった無機物が多いですが、有機薄膜太陽電池はまだ多くありません。有機薄膜太陽電池は無機物に比べて安価でフレキシブルなため、ウェアラブルデバイスなどでの応用が見込める一方、変換効率が低い点が問題です。安価なままで高い変換効率を出せるポテンシャルがある材料として私が着目したのが、フッ素化チオフェンを用いた高分子です。フッ素化チオフェンを用いることにより、高分子の配列をより密に促進し変換効率の向上が見込めること、わずか 3 ステップで簡便に高分子が合成できコストが抑えられることなどを期待しています。現在そのようなフッ素化ポリチオフェンを数種類合成しており、その物性の測定を行っています。

4. おわりに

以上、近況を共有致しました。2021 年の 2 月もしくは 5 月の卒業を目指しており、現在就職活動に取り組んでいます。これまでの留学報告書を読んで頂き、本当にありがとうございました。次は留学報告書ではなく、博士取得報告書にしたいと考えていますが、いずれにせよ次回も楽しみにして頂けると幸いです！

5. おまけ

最近の過ごし方ですが、出勤がシフト制になってから生活がめちゃくちゃ規則正しくなりました。平日はジムに行き質素な食生活を送り、土日は散歩に出かけ贅沢に外食をしています。今年は例年と比べて撮っている写真の量が少なく、アルバムが寂しいです。この半年は全く旅行に行けず、載せられる写真が残念ながら限られていますが、11月のThanksgivingにルームメイトらとCape Codで満喫した優雅な休暇の様子を共有します。Cape CodはMassachusetts州では人気な観光地の一つで、いつか行きたいと思っていたのでいい機会になりました。昼は海辺で散歩したりBBQしたりし、夜はカレーを作ったりボードゲームをしたりしてゆったりした時間を過ごしました。

その他、リモートでちょくちょくアウトリーチ活動もしていました。私は米国大学院学生会に所属しており、今年は海外大学院留学説明会の全体企画を担当しました。例年であれば実地で開催される説明会ですが、今年は[学生会のYouTube](#)を通じてライブ配信をしました。私も東京大学の卒業生として[東大編の説明会](#)に少しだけ登壇しました。もし興味がありましたらぜひご覧ください！

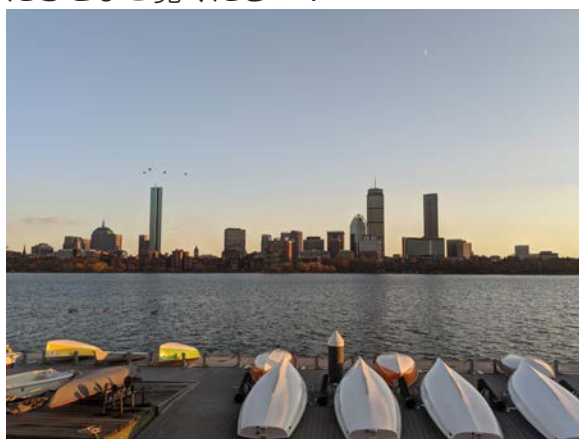


図 3：ボストンの街並みと夕焼けの写真。アンケートに答え忘れ研究室に入れなかったため、30分ほど散歩した。



図 4：Cape Cod というポテトチップスと表の絵の元になっている灯台。ちなみに7ヶ月伸ばしきった髪は翌日に切り落とされた。



図 5：Pixel の夜景モードで撮影した Cape Codの夜の海。星が綺麗だったので写真に収めようとしたが肉眼には敵わず。



図 6：Cape Codの海。11月でもたまたま暖かく、海辺でキャッチボールやフリスビーなどをして体を動かした。

6. 実績など

(1) S.-X. Luo; C.-J. Lin; K. H. Ku; K. Yoshinaga; T. M. Swager, [ACS Nano, 2020, 14, 7297.](#)