

船井情報科学振興財団 博士号取得報告書

2021年9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。この度 2021年9月に同学科から博士号 (Ph.D.) を取得できる運びとなり、卒業致しました。本報告書では研究の総括、当日の Defense の様子、就活・進路について記し、MIT・ボストンの生活を振り返っていこうと思います。

2. 研究の総括

私の研究内容については過去の報告書でも触れてきましたが、最後に取り組んだプロジェクトについて共有し、研究の総括を記したいと思います。私の専門はいわゆる有機材料化学で、様々な化合物にフルオロアルキル基の修飾を施してフッ素系溶媒に可溶性材料の作製に取り組んでいました。フルオロアルキル基の修飾が多くなると、その化合物はフッ素系溶媒に可溶になります。フッ素系溶媒に可溶性化合物は例が少なく、その合成法も確立されていません。そこで私は、このような化合物の合成法を確立し、それによって合成された化合物を応用したバイオセンサーの開発に携わりました。このときにふと思ったのが、自分が用いた手法で既存の有機材料に修飾を施せば、手軽にその化合物の物性を変えることができるのではないか、ということでした。まさに自分の思った通りで、例えば多くの有機材料の核をなすチオフェンに簡便にフルオロアルキル基を修飾することができました。¹ また、修飾されたチオフェンは既知の化学反応に対しても活性があり、既知のポリチオフェン高分子にこのチオフェンを組み込むことに成功しました。このポリチオフェンの物性については時間が足りず調べることができませんでした。既存の有機材料に簡便にフルオロアルキル基を組み込むことができ、これにより物性の向上が実現できればいいなと考えています。

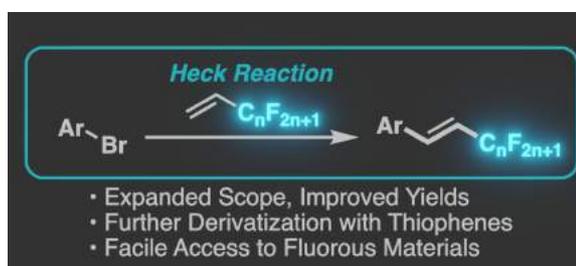


図 1: ヘック反応で修飾できる基質を拡大した本研究の abstract の図。

振り返ってみると MIT 在籍中に自分の研究とは別に本当に多岐にわたって色々な研究に携わる機会を頂きました。出版されたものでまとめると、筆頭著者の論文が3報、共著の論文が8報出版され、特許が3個申請されました。MIT に進学する前には想像し得なかったほどの成果をあげることができたと感じ、自分の業績に非常に誇りを持っています。もちろん、これらの成果は私一人の力ではとても成し遂げられるはずもなく、優秀で熱意のある共同研究者に囲まれたからこそ実現できました。共同研究は同じグループ内にとどまらず、他学科とも実現できたことは MIT という環境の特別さにあると思います。MIT については後述したいと思います。

3. Defense について

Defense は 2021年8月2日に行われました。日本からもリモートで参加できることを念頭に置き、アメリカ東部時間の午前を狙って committee member と日程を調整しました。大学の8月時点の方針ではリモートでもハイブリッドでも defense をおこなうことができ

たのですが、どうせパソコンの zoom 上で画面を共有しながら操作をしなければならなし、基本的に観客にはなくパソコンに向かってしゃべるので、in-person で中途半端に他の人に参加してもらうのも申し訳ないと思い、リモートで defense をおこなうことを選びました。普段の in-person の defense では発表者の応援の意も兼ねて皆で会場を埋め尽くすので、そういう意味ではやむを得ませんが非常に寂しい defense となりました。

事前に SNS やメールなどで友人に招待を送り、実際の講演は 50 人近くの方にご参加頂きました。MIT の友人にも多く参加して頂きましたが、大学時代の友人、高校の友人、家族、そしてなんと小学校の友人にも参加頂けてとても感慨深かったです。コロナ以前でもリモートで defense に参加することはできたと思うのですが、リモートでイベントに参加するハードルが下がったおかげで、海外にいるたくさんの方に defense に参加して頂きました。講演自体はスムーズに行われ、問題なく進行することができたと思います。リモートで講演するデメリットの一つは、観客の反応がわからないことで、ただ一方的にしゃべって終わってしまいました。In-person だったら皆の表情を伺いつつ、話す速さなどを調節したので、それができずに手応えがありませんでした。一つ後悔があるとすれば講演の録画や参加者のスクリーンショットをし損ねたことです。参加された方全員の把握をする余裕はなかったのですが、この場を借りて参加頂いた方にお礼申し上げます。



図2：Wi-Fi が安定している大学の会議室で講演を行ったときの写真。講演はリモートだったが記念にという意でフォーマルなスーツを着て友人に撮って頂いた。

一般の質疑応答を終えた後に、committee member との質疑応答が非公開で行われました。内容は研究に関する質問と、事前に提出した博士論文の修正点が主でした。特に厳しい質問もなく、博士論文に対しても大きな修正点もなく、非常に好感触でした。一通りの議論を終えた後、博士号取得の是非を決めるために少し目を閉じてほしいと言われました。言われるままに目を閉じて、30 秒後くらいに目を開けると満場一致で博士号を与えることを可決したと言われました。その後、グループのメンバーとお祝いを兼ねてランチに行き、夜はルームメイトにも祝って頂き、非常にめでたい一日となりました。



図3：Defense の夜にルームメイトに祝ってもらった Lady M のミルクレープ。Dr. Yoshinada と名前のスペルを間違えられたことは寛容な心で許容した。

4. 就活・進路について

前回の報告書ではインターンすることが決まり、夏以降インターンをしながら就活を続けると記しましたが、その続きを記していきたいと思います。アメリカではインターンをする際に Optional Practical Training (OPT) といういわゆる就労許可を申請しなければなりません。そして厄介なことに、その申請は勤務開始日 90 日以内でないと申請できないにもかかわらず、書類の処理に目安として 3-4 ヶ月かかるそうです。OPT を申請するにあたって、

インターンの開始日と期間を勤務先に問い合わせていたのですが、事務の方から数週間単位で返事が来ませんでした。私もインターンできることが確定してホッとしてしまい先方を急がせるようなことはしませんでした。後日談で、連絡をとっていた事務の方が忌引で会社を休まれていたことがわかりました。それと同時に、私が勤めるはずだったインターンのポジションを正社員のポジションにアップグレードできないか、会社の方でもディスカッションを行っていたそうです。幸いなことに正社員のポジションにアップグレードできることになり、採用の面接を受けました。

面接の形式は前回の報告書でも記したとおり、はじめに 30 分から 1 時間ほど自分の研究を発表し、その後 10 人前後の面接官と 30 分ずつ 1 対 1 で面接しました。この面接はまあまあ手応えがあり、いい印象を残せたのかなと思っていた矢先、次週会社の見学に来てほしいと言われました。これは願ったり叶ったりな要望で、急いでレンタカーを予約しました。会社は Northborough という自宅から車で 50 分ほどかかる場所にあるので、私としても通勤をイメージしながら会社に向かう事ができ、車通勤を疑似体験できました。会社の見学とは言われていたものの、スケジュールをよく見てみるとマネージャーやディレクター、所長との面接が組み込まれていました。お偉いさんとの面接は初めてだったのでなるべく落ち着いて受け答えに努めましたが、彼らから面接をするような堅苦しい様子はなく、和やかな雰囲気でお話することができました。驚いたことに、ディレクターと所長は女性でした。その後会社のカフェテリアで昼食を取り、研究所を見学しました。研究所は大学とは雰囲気が異なり、見たことのない機器もいっぱいあり、とても新鮮でした。企業で行われている研究を目の当たりにすることができ、気持ちがとても高まりました。この訪問の翌週に正式に内定を頂くことができ、ごねて給料を少し上げてもらったオファーレターに署名致しました。順序が逆になりましたが、この内定を頂いたことにより、9月にMITを卒業する運びとなりました。

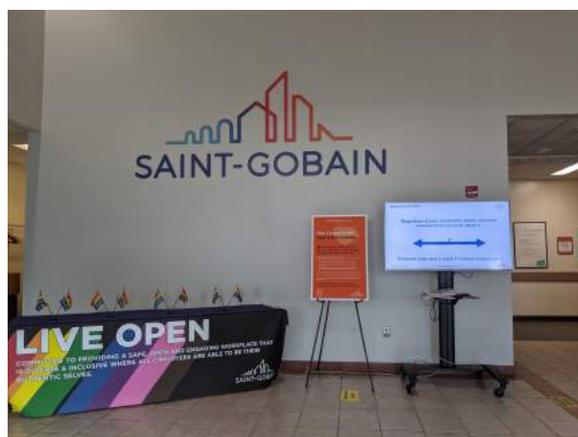


図 4：サンゴバンの正面玄関。脇にコーヒーとお茶が自由に飲めるスポットがあって、企業っぽい雰囲気を感じた。

最後に勤務先であるサンゴバンについて記します。サンゴバンは創業 1665 年という老舗で、フランスに本社がある建築関連の材料を作る会社です。会社の研究所は世界で 8 つあり、北アメリカ大陸にある唯一の研究所がボストン郊外にあります。私も会社から具体的な仕事内容について教えられていないのですが、上司からはいくつかキーワードを教えて頂いており、働き始めることがとても楽しみです。勤務開始までまだ時間がありますので、キーワード関連の文献を読みつつ、無職期間をしっかりと楽しみ、次のライフチャプターに突入する準備を整えておきます。

5. MIT・ボストンの生活を振り返る

MIT 在籍中は日本の大学院ではできない様々な体験をさせて頂きました。まず研究に関して記すと、グループ内はもとより、他学科との共同研究が非常に盛んで、私が携わった学科に限ると Mechanical Engineering、Materials Science、Chemical Engineering との共同研究に取り組む機会に恵まれました。MIT 自体が非常に interdisciplinary で積極的に共同研究に取り組むことが印象的でした。私は多くの課外活動にも参加致しました。MIT 日本人会や Chemistry の学生団体などに所属し、多くのイベントに参加しました。イベントの多

さはアメリカの大学ならどこでも一緒かもしれませんが、これらのイベントを通じて交友関係が広がりました。「イベント」という書き方をすると遊びがメインに聞こえるかもしれませんが、遊び以外にもアカデミックなシンポジウムやセミナーも多数開かれ、常に刺激に溢れていました。日本の大学院に進学していたら体験できなかったことが多数あり、とても充実した MIT 生活を送ることができました。

私は 2016 年 6 月から 2021 年 9 月までボストンに住んでいたことになり、家庭事情により同じ街に 5 年以上も住んだことがなかったので（東京と千葉を同じ街とみなすとその歴のほうが長くなりますが、同じ街とみなしてよいかどうかは議論の余地があります）、ボストンが私の第二の故郷になりました。ボストンは治安がよく街並みが綺麗で、規模が小さいにもかかわらず何でも揃っている街です。ビーチも近く、森林にも囲まれているので、海派・山派・シティ派でも楽しめます。飲食店も多く、毎週レストランに出向いたりデリバリーを頼んだりして充実した食生活を送れました。ボストンで予想外だと思ったことの一つは、日本から来られてボストンに滞在しているエリートな経歴を持たれている方々と交流できたことです。ボストンには MIT や Harvard や Boston University といった多くの研究分野で世界トップを走る大学が存在し、そこから日本の大学教員になる方も多いです。それに加え、MIT の Sloan Business School、Harvard Kennedy School/Business School、Tufts Fletcher School といった大学院には日本の大手企業や省庁から来られている方が在籍していて、たかだか学生身分でこのような人たちと交友関係を持てたことは棚ぼたと言わざるを得ません。



図 5：ボストンといえばロブスター、ということで最近のロブスターを囲んだホームパーティの写真。

6. 最後に

正直なところあっという間に Ph.D.課程が終わってしまいました。諸事情により Ph.D.を取得できない人もいる中で、一切の不満もなく最後までたどり着けたことに運の良さと恵まれた環境へのありがたさを感じます。留学先決定に至るまでの経緯でも記しましたが、他の大学院に進学していたとしても後悔なく充実した学生生活を送れたかもしれません。私は優柔不断な性格でファイナル・アンサーを出すのが苦手ですが、実際に MIT とボストンを見学した際にビビッと来てしまいました。5 年たった今でもあのときの選択は間違っていなかったと言い切れます。卒業後もボストン近郊を職場に選んでしまいましたので、もうしばらくボストン付近にいる予定です。

船井情報科学振興財団の手厚いサポートは大きな心の支えとなりました。特に他の奨学生との交流は、共に海外で頑張る者同士として切磋琢磨することができ、生涯自分の宝と呼べる経験になりました。最後になりますが、この 5 年間私を支えてくれた指導教官、グループのメンバー、家族およびまもなく家族になる方、ボストンで出会った皆さんに、心より感謝申し上げますとともに、今後ともどうぞよろしくお願い致します。この一連の留学報告書を読んで、留学に限らずなにかに頑張っ取り組もうという気持ちになって頂けたら幸いです。最後になりますが、博士号取得はゴールではなくようやくスタートに立てたということで、今後ともどうぞ応援して頂けると嬉しいです。

7. おまけ

● 車を買いました

通勤にも必要になるということで、一足早く車を買いました。車を買うのは初めてだったので、とりあえずなんでもいいから買って見て、様子を見ようと思いました。新し目の車ではありますが、日産の激安な車を選びました。車を買ったことにより、これまで車がなくて敬遠していたアクティビティに挑戦できるようになりました。例えば、世界で5本の指に入る Tree House Brewery というブリュワリーがボストンの郊外にあります。行ったことのある人全員に勧められたので気になっていましたが、ようやく訪れることができました。他にもボストンのカジノに行ったり、New Hampshire の国立公園に行ったりして、車を活かした生活を楽しんでいます。



図 6 : New Hampshire で友人とカヌーしている時の写真。後ろの坊主は FOS 2015 の 菊田さん。



図 7 : 車を買ってから2回も訪れた Tree House Brewery の外観。水曜の真っ昼間に行っても行列ができていた。内観も非常に綺麗だった。バラエティパックをお土産として買って帰り、家で美味しく頂いた。

● ボストン郊外に引っ越しました

会社がボストン郊外にあることに起因し、会社の近くに住むことにしました。会社が郊外過ぎて賃貸できる物件がなかなかなかったのですが、集合住宅が何個かあったので、そのうちの一つを選びました。家の周りの景色を写真で見せますが、控えめに言って最高です。ボストンからは車で 50 分ほど離れてしまいましたし、スーパーに行くのも車が必要な生活を強いられます。ずっと街に住んできた自分からすると非常に大きな住環境の変化になりますが、今のところ快適すぎて全く文句が言えません。

8. 実績など



図 8 : 敷地内のプール脇からの写真。横のベンチに座りながらこの報告書を書いた。他のアメニティとしてジム、BBQ ピット、ドッグランなどがある。

(1) K. Yoshinaga; T. M. Swager, [Synlett, 2021, DOI: 10.1055/s-0040-1719827](https://doi.org/10.1055/s-0040-1719827).

Curriculum Vitae

Kosuke Yoshinaga

Education

Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA September 2016–September 2021
Doctor of Philosophy in Chemistry; Department of Chemistry

The University of Tokyo, Tokyo, JAPAN April 2012–March 2016
Bachelor of Engineering; Department of Chemistry and Biotechnology

Research Experience

Graduate Research Assistant November 2016–September 2021
Department of Chemistry, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA
Thesis Advisor: Prof. Timothy M. Swager

- Synthesize and characterize photophysical properties of “fluorofluorescent” dyes, designed to be fluorescent and soluble in fluoruous solvents. Contribute research expertise in dyes and organic synthesis in cross-departmental projects to enhance performances of lithium primary batteries and optical biosensors.
- Synthesize conjugated materials such as polyacetylenes, polythiophenes, and donor-acceptor polymers with high fluorine content for Faraday rotating materials, OFETs, and OPVs. Experiments studying the physical properties of these materials is ongoing.
- Led subgroup as captain for 2 years; restructured subgroup meetings to facilitate productive discussions; created a presentation archive for future member’s education purposes.

Undergraduate Researcher September 2014–June 2016
Department of Chemistry and Biotechnology, The University of Tokyo, Tokyo, JAPAN
Thesis Advisor: Prof. Takuzo Aida

- Synthesized metal-organic frameworks with a ligand containing a “benzyne” precursor and studied its post-synthetic modification. New structures were analyzed by X-ray diffraction.
- Rewarded early laboratory experience prior to 4th year, approved by faculty. My passion has led to initiate a departmental early laboratory experience program for motivated students.

Teaching Experience

Teaching Assistant Fall 2016, Fall 2017
Department of Chemistry, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA
Course: 5.43, Advanced Organic Chemistry

Publications

1. **Yoshinaga, K.**; Swager, T. M. Revisiting the Heck Reaction for Fluorous Materials Applications. *Synlett* **2021**, DOI: 10.1055/s-0040-1719827.
2. Ngo, Q. P.; He, M.; Concellón, A.; **Yoshinaga, K.**; Luo, S.-X.; Aljabri, N.; Swager, T. M. Reconfigurable Pickering Emulsions with Functionalized Carbon Nanotubes. *Langmuir* **2021**, *37*, 8204.
3. Li, J.; Concellón, A.; **Yoshinaga, K.**; Nelson, Z.; He, Q.; Swager, T. M. Janus Emulsion Biosensors for Anti-SARS-CoV-2 Spike Antibody. *ACS Cent. Sci.* **2021**, *7*, 1166.
4. Concellón, A.; Lu, R.-Q.; **Yoshinaga, K.**; Hsu, H.-F.; Swager, T. M. Electric-Field-Induced Chirality in Columnar Liquid Crystals. *J. Am. Chem. Soc.* **2021**, *143*, 9260.
5. Luo, S.-X. L.; Lin, C.-J.; Ku, K. H.; **Yoshinaga, K.**; Swager, T. M. Pentiptycene Polymer/Single-Walled Carbon Nanotube Complexes: Applications in Benzene, Toluene, and *o*-Xylene Detection. *ACS Nano* **2020**, *14*, 7297.
6. **Yoshinaga, K.**; Delage-Laurin, L.; Swager, T. M. Fluorous Phthalocyanines and Subphthalocyanines. *J. Porphyr. Phthalocyanines* **2020**, *24*, 1074.
7. Ku, K. H.; Li, J.; **Yoshinaga, K.**; Swager, T. M. Dynamically Reconfigurable, Multifunctional Emulsions with Controllable Structure and Movement. *Adv. Mater.* **2019**, *31*, 1905569.
8. Zeininger, L.; Nagelberg, S.; Harvey, K. S.; Savagatrup, S.; Herbert, M. B.; **Yoshinaga, K.**; Capobianco, J. A.; Kolle, M.; Swager, T. M. Rapid Detection of Salmonella Enterica via Directional Emission from Carbohydrate-Functionalized Dynamic Double Emulsions. *ACS Cent. Sci.* **2019**, *5*, 789.
9. Li, J.; Savagatrup, S.; Nelson, Z.; **Yoshinaga, K.**; Swager, T. M. Fluorescent Janus Emulsions for Biosensing of *Listeria Monocytogenes*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2020**, *117*, 11923.
10. Zhang, Q.; Zeininger, L.; Sung, K. J.; Miller, E. A.; **Yoshinaga, K.**; Sikes, H. D.; Swager, T. M. Emulsion Agglutination Assay for the Detection of Protein-Protein Interactions: An Optical Sensor for Zika Virus. *ACS Sensors* **2019**, *4*, 180.
11. **Yoshinaga, K.**; Swager, T. M. Fluorofluorescent Perylene Bisimides. *Synlett* **2018**, *29*, 2509.

Patents

1. Swager, T. M.; Gallant, B.; **Yoshinaga, K.**; Gao, H.; Electrochemical Reduction of Halogenated Compounds. U.S. Patent Application Pending (Filed February 24, 2021).
2. Swager, T. M.; Li, J.; Savagatrup, S.; Nelson, Z.; **Yoshinaga, K.**; Zentner, C. Systems and Methods for Affecting Interactions of Electromagnetic Radiation with Janus Droplets for Sensitive Detection of Species. U.S. Patent Application No. 62/902,367 (Filed September 18, 2019).
3. Swager, T. M.; Johnson, H. S.; Zhang, Q.; Miller, E. A.; Sung, K.-J.; **Yoshinaga, K.** Systems Including Janus Droplets. U.S. Patent Applications No. 16/202,007 (Filed November 27, 2018).

Presentations

1. Nelson, Z.; Han, J.; **Yoshinaga, K.**; Niroui, F.; Lang, J. H.; Bulovic, V.; Swager, T. M. Tuning Squitch Performance Through Molecular Design. 2019 E³S Annual Retreat, Berkeley, CA, USA, September 19–20, 2019, Poster Presentation.
2. **Yoshinaga, K.**; Swager, T. M. Synthesis and Applications of Fluorofluorescent Perylene Bisimides. 18th International Symposium on Novel Aromatics, Sapporo, Hokkaido, JAPAN, July 21–26, 2019, Poster Presentation.
3. **Yoshinaga, K.**; Swager, T. M. Synthesis and Applications of Fluorofluorescent Perylene Bisimides. 2019 MIT Chemistry Department Organic Retreat, Cambridge, MA, USA, June 10, 2019, Poster Presentation.
4. **Yoshinaga, K.**; Swager, T. M. Fluorofluorescent Perylene Bisimides: Synthesis, Properties, and Applications. MIT Materials Day, Cambridge, MA, USA, October 10, 2018, Poster Presentation.
5. **Yoshinaga, K.**; Gutierrez, G. D.; Achorn, O. B.; Swager, T. M. Fluorofluorescent Solar Concentrator: A Solution-Based Approach Towards Building-Integrated Photovoltaics. Meeting of the American Chemical Society, Boston, MA, USA, August 19–23, 2018, Poster Presentation.
6. **Yoshinaga, K.**; Sato, H.; Aida, T. Photochemically Reactive 'Benzyne' Metal-Organic Frameworks. International Supramolecular System Symposium 2015, Changchun, CHINA, September 6–9, 2015, Poster Presentation.

Activities and Service

Co-president, Chemistry Graduate Student Committee July 2018–June 2020

- Led a student group of 10 people and strived for improving student quality of life.
- Hosted events ranging from 10–100 attendees to foster a sense of community within the department including orientations, social activities, and career developments.

Career Panel Organizer January 2020

- Invited professionals from the Greater Boston Area to speak with graduate students and postdoctoral fellows about careers possible with a doctoral degree in chemistry.
- Organized a panel session for International Students.

Contributor for *Synfacts* January 2017–December 2019

- Contributed 60 highlights on recent research publications on the synthesis of organic materials and unnatural products.

Fellowship and Awards

- Funai Overseas Scholarship (February 2018–January 2020): Full Tuition and Insurance, Stipend \$2,500/month
- GSC Travel Grant (July 2019): Attended 18th International Symposium of Novel Aromatics.