

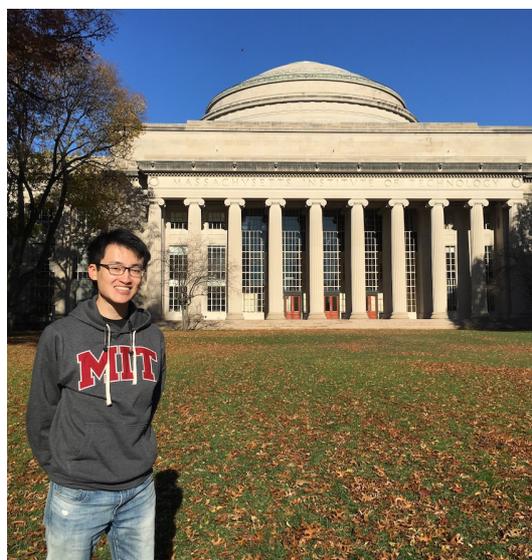
東京大学工学部機械情報工学科4年

利光泰徳

# MIT交換留学報告書

2018年8月～2019年1月

私は4年生の後半、2018年の8月から2019年の1月にかけて、東大工学部とMITの交換留学プログラムに参加していました。この交換留学は今年で3年目のプログラムで、今回は計5人が東大から派遣されました。



<b>経緯</b>	<b>2</b>
<b>寮の様子</b>	<b>2</b>
<b>授業</b>	<b>3</b>
Undergraduate Research Opportunity Program (UROP)	3
Engineering Systems Design	5
Principles of Autonomy and Decision Making	7
<b>課外活動</b>	<b>7</b>
Bose challenge	7
Rocket team	8
<b>就活</b>	<b>9</b>
MIT Career fair	9
ボストンキャリアフォーラム	9
<b>さいごに</b>	<b>10</b>

## 経緯

2017年末に交換留学プログラムについて知り、応募の準備を始めました。一年間の長期交換留学だと1年以上前から準備する人が多いので、約半年前からの準備でも間に合うのは一学期間程度の中期留学のメリットだと思います。応募に際してIELTSまたはTOEFLのスコアが必要で、IELTSは以前受けていたのでそのスコアを使えました。（結局、合格が仮決定した後にTOEFLも受ける必要がありました）

留学をおぼろげにでも考えている人は、今のうちにIELTSかTOEFLを受けておくのがいいと思います。どちらも受験料が高額で、試験対策もなかなか厄介ですが、今後行きたいプログラムが見つかった際は、すぐに応募できるので安心です。

## 寮の様子

こちらのマクレガー寮に住んでいました。30人ほどのエントリーと呼ばれるグループに分かれていて、それぞれのエントリーの住人同士は大きな家族のような関係です。ラウンジで一緒に過ごしたり、誘い合って夕飯を食べにいたりします。また、各エントリーにはGRT(graduate resident tutor)という大学院生メンターが住んでいます。日頃から生活や勉強について相談できたり、トラブルが起きた時はまず最初に面倒を見てくれます。





## 授業

### Undergraduate Research Opportunity Program (UROP)

MIT生のほとんどが、在学中に一度はとる授業です。研究室インターンシップのようなものです。興味がある研究を見つけて、リサーチャーに直接連絡をとるなどして申し込んで受け入れてもらい、実際の研究活動に関わります。

その研究室に所属するまでが意外と大変で、「自分は研究室に受け入れるのに値する能力を持っている」ということを売り込む必要があります。そこで、私が興味のある研究を見つけたあと、その研究をリードしているポスドクの先生に、今まで行ってきたロボティクス系のプロジェクトを紹介し、研究への意気込みや、一学期間の留学である旨を説明したメールを送ったところ、面談してもらえて、そこで一対一で色々話したところ、無事UROPとして受け入れてもらえることができました。

私はUROPでソフトロボットの研究をしていました。普通「ロボット」というと、硬い部品で構成され、モーターで関節を動かすような機械を想像すると思います。その対となる概念として、ソフトロボットがあります。現在流通しているロボットのほとんどは「かたいロボット」の部類に属していて、精密に制御するための理論が確立されています。しかし、安全性に難点があります。硬い素材でできている

ため、制御を工夫したとしても、予知できない障害物に当たった時などにロボット本体や周りの環境を壊してしまうおそれがあります。

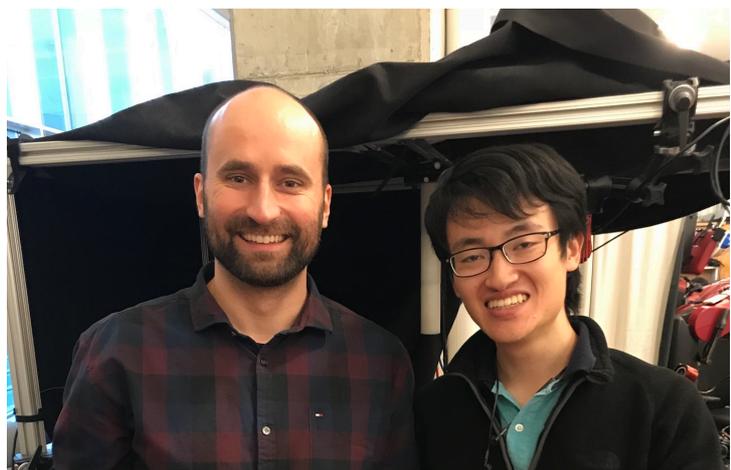
ロボットが普及していくためには、「安全性」が重要になってくると考えられます。ソフトロボットは、そもそもロボット自体を柔らかい素材で作ることで、もっとシンプルに安全なロボットを作ることを目指しています。ロボットの周りの環境がはっきりと分からなくても、ぶつかりつつもタスクを遂行する、そのような信頼性を持ったロボットが作られていくと考えています。

ソフトロボットは、従来のロボットに比べてなされた研究が圧倒的に少ないため、どう制御すべきかはまだ十分に確立した理論がありません。私は、空圧駆動のソフトロボットアームを製造して、動的に制御する(Dynamic control)という研究に参加していました。

柔らかい物体は、動かした時の振る舞いを予測すること（≒運動方程式を立てること）が困難です。さらに、目標の姿勢を取らせることも難しいという面があります。この研究の中心となるアイデアは、「ソフトロボットと同じように振る舞う、従来型のリンク機構を持ったロボットのモデルをプログラム内で用意し、そのモデルの動力学を計算し、ソフトロボットの動力学に戻す」というものです。

私のスーパーバイザーのDr. Robert Katzschmannは、このアイデアをもとに、平面上を動くソフトロボットのアームに対して、動的フィードバック制御をした初めての例である研究をしていました。私が研究室に加わった頃にはその研究の次の段階として、立体空間を動けるソフトロボットアームの研究が行われていました。私はRobertと一緒に、シリコンを使ってロボットを製造して、C++言語で制御プログラムを初期段階から書いていました。

2D版のソフトロボットの



ハードウェアとソフトウェアを3Dに変更するというと、プログラム内の変数をちょっと増やせば済みそうな気がしてしまいます。しかし実際のところ、解決しないといけないことがたくさんありました。ロボットの姿勢を表すための新しいパラメターの取り方を考えたり、動力学をより精度良く計算するために工夫をしたり。解決策が思い浮かばない問題についてRobertに相談すると、「私も解決法は知らない。まだ切り開かれていない新しい分野だから」と、一緒に議論しながら、問題を少しずつ明らかにしていきました。分からない領域に対して試行錯誤しながら、解決策になりそうなアイデアを思いついた時は嬉しかったし、それを実装して実際にロボットが動いた時は興奮しました。

これらの成果をもとに、共著でソフトロボットの学会に論文を提出することができました。

## Engineering Systems Design

海洋上で、電離層の観測装置(Ionosonde)を搭載した無人船(IonosondeとRobotの造語で、Ionobotという呼称がついています)を、13人の学生（学部生11人、院生2人）のチームで設計する、という授業です。

これを活用すれば、船舶のGPSの精度を向上できることが期待されています。他にも、電離層での電波の反射を活用したラジオ通信やレーダーの性能を向上させることもできます。

これはMITの学部生にとって必修であるCI(Communication Intensive)に指定されている授業の一つで、チームを組んだ上で工学的な課題を解決する、というプロジェクト授業です。その中でもこのEngineering Systems Designは実際の外部のスポンサーからシステムの開発を委託されるところが特徴で、実世界で動くことになるシステムを一



から設計することができます。Ionobotのスポンサーは、リンカーン研究所というMITの研究所です。この授業で扱うのはDesign、つまり設計までですが、次の学期に開講されるEngineering Systems Developmentの授業ではDesignの方で決まった設計を元に、実機の製作を行います。私の留学は一学期間なので残念ながらその授業は受けられませんが、それでも次のチームがスムーズに製作に入れるように、適切に引き継ぎをする必要があります。

その役割を担うのが、ホワイトペーパーです。主任講師のDr. Douglas Hartは、「その分野の工学的知識がある人なら、ホワイトペーパーを読んだだけで製作ができるような情報が載っている必要がある」と何度も言っていました。その為には、成果物はHackではなくDesignでないといけない、とのこと。Hackというのは、付け焼き刃的な作り方、本来は正しくない作り方のことを指します。ハッカソンのHackと言えど何となく分かると思います。

また、Technical Memoというものもたくさん書かされました。自分で調査・解析した内容をまとめて、他のメンバーに紹介するための技術的なメモです。私は発電チームに所属していたので、ソーラーパネルによる発電システムについて調べて、必要なパネルの面積やシステム構成などについてのメモを書いていました。このメモをもとに意思決定がなされていくので、分かりやすく書くことは非常に重要です。



学期中に3回、Design Reviewというプレゼンテーションの機会がありました。外部や内部のメンバーに対して現時点での設計を紹介します。私は最後にあった”Critical Design Review”で発表しました。

大人数が関わってくる複雑なプロ

プロジェクトで動く時は、単に技術力があるだけでは足りない、と痛感しました。人と関わる力、のようなものも重要になります。大きなグループになっていくと、アイデアを提案する時は「そもそも良いアイデアか」だけではなく、「いかにメンバーを説得するか」も考える必要があります。最終的にIonobotとして選ばれたデザインを提案した人も、プレゼンなどでメンバーを説得する能力に長けていると思いました。そして、特に人をまとめるようになってくると、自分のチームにいる人たちとどのようにコミュニケーションをとり、足並みを揃えるのかは重要な問題です。

## Principles of Autonomy and Decision Making

無人システムが、自律的に動くために必要なアルゴリズムなどを学びました。幅優先探索、深さ優先探索を代表とした様々な探索アルゴリズム、マルコフ過程などの確率的なプロセス、拘束条件下で関数を最適化する手法などを扱いました。授業はスライドを使った講義形式でした。院生向けにも開講されている授業でしたが、学部生も受講していて十分ついていけるレベルでした。受けていた中では唯一の講義形式の授業で、毎週教科書を読んでくることを課されたり、毎週の授業で学んだアルゴリズムを実装するプログラミングの宿題がありました。

## 課外活動

### Bose challenge

オーディオ機器メーカーのBoseの製品を用いたハッカソンに参加し、優勝することができました。フィリピン出身で香港大学に通う留学生と、韓国出身でメディアラボに所属するHCIのリサーチャーとチームを組んで出場しました。

新型のヘッドホンが配られて、それを用いて「人々の暮らしを向上する」製品を2週間以内に作り、動画でプレゼンする、という課題でした。このヘッドホンにはジャイロやコンパスが内蔵されていて、向いている方向が分かるので、まるで音源が自分の周りを動いているような立体音響が実現できます。

Boseが力を入れているフィットネス分野での製品を作ろう、ということになってRunner's Highというアプリを作りました。ランナーにとって自分のペースを目標に合わせることは大事なものの、特に初心者だとそれが難しい、という問題を解決しようとしています。走ると、自分の横に音源が動いているように聞こえるのですが、その音源が目標のペースで動いてくれます。なので、音が自分の前方に聞こえ始めたら追いつくために少しスピードアップする必要があるし、後方から聞こえてくればペースを落とさなければなりません。音源と併走するようにペースを調整することで、音声案内などにわずらわされることなく、自然と目標のペースで走れるようになる、というものです。私がアプリのプログラミングを担当、他の2人が動画の企画、撮影や編集を担当しました。

## Rocket team

こちらにも所属していました。小型ロケットの設計・製造・打ち上げを行っている部活です。なんと、2020年までに宇宙空間（上空100km）に到達することを目指しています。現在は、それに向けての試験飛行の準備をしています。

私はペイロード部（ロケットの先端）の振動を測るための観測機器の設計をしていました。モデルロケットで100kmも上空に打ち上げようとするとかかなりの初速が必要になるので、空気抵抗による振動が無視できなくなり、最悪の場合ロケットが分解する、などということもありえます。そもそも心配するほど振動が起きるかも分からないので、試験飛行の際に正確に振動を測定する必要があります。それに応じて、最終的な機体の設計も変わってきます。NASAの50年代のレポートを読んで、起きそうな振動の周期や振幅の見当をつけて、加速度センサーを選定し、高速で測定できるような回路を設計していました。

# 就活

## MIT Career fair

9月下旬に開催されます。大小400社以上が、MITに集結して、ブースを立てて学生たちに会いにきます。Apple、Boston Dynamics、SpaceXなどといった、名だたる企業がやってきます。アメリカでどのような就活が行われているのか興味があったため、参加しました。



会場では、学生が企業のブースで、採用担当者に対して「Elevator Pitch」というスピーチをする、というのがお決まりとなっています。これは、

- 自分の所属
- 今までやってきたことの紹介
- どんな業務に興味があるか

などの情報を、30秒くらいにまとめた短いスピーチです。営業で自社の製品を売り込む「セールスピッチ」というものがありますが、同様に自分自身を企業に対して売り込むピッチ、というイメージです。

学生は誰もがこれを身につけてから臨みます。この時、自分の経歴をまとめたレジュメも同時に渡します。企業側がレジュメを見て、ピッチを聞いて、企業のニーズとマッチしていたら後から採用担当者から連絡が来る、というのが基本的な流れです。

## ボストンキャリアフォーラム

有名な、(主に)日本人向けの就職イベントです。11月に行われ、全米の日本人学生が集まるくらいの勢いです。この時期は、ボストンの街を歩いているだけであちこちから日本語が聞こえてくる、それほど大きなイベントです。これのために

わざわざ日本から飛んでくる人もたくさんいます。就活はまだまだ先ですが、キャンパスからすぐ近くで開催されていたのでこちらも参加しました。これがきっかけとして、今年1月からチームラボでのインターンシップに参加することができました。

## さいごに

私以外の東大からの留学生はみんな3年生で、今までの参加者も大半は3年生だったので、4年生になって留学したところであまり得られるものはそう多くはないのではないかと心配していました。確かに、既に東大で授業を一通り受けているので、MITで専攻分野についての授業を受けると内容の重複が避けられず、あまり新しく学べることは多くありません。

このように心配していましたが、4年生なりの留学を経験することができたと思います。全く無駄ではないどころか、エンジニアとして、研究者として、成長することができたと思います。講義形式の授業をあまりとらないかわりに、グループで一つの大きな工学的なプロジェクトを完成させるというプロジェクトベースの授業をとったこと。そしてUROPに参加し、ラボのリサーチャーたちと研究を進められたこと。今まで学んだ分野の知識を元に、それを応用しながら実践する体験をすることが出来ました。

私は2015年入学なので、2019年3月卒のはずです。しかし今年は卒業せず、留年することにしました。その事情についても書いておきます。この交換留学は一学期間ですが、その中期留学のメリットとして「留年せずに卒業できる」ことが挙げられます。たしかに、東大で所属している研究室の先生には、留学開始までに卒業研究に目処をつけ、終了後に一気に卒業研究と卒業論文を仕上げることで、予定通り卒業すること自体は十分可能、と説明していただきました。しかし私は、2月から行っていたインターンシップでロボットを作り始めていて、その完成までインター

ンとして開発に関わり続けて見届けたい、と思っていました。インターンシップと（通常の2倍のペースでの）卒研を同時に行うのは困難と判断し、私は「2018年度はインターンシップとMIT留学に費やし、留年した上で2019年度の一年間かけて卒業研究を行う」という計画にしました。

自由度の高い留学で、基本的には単位数さえ満たせば様々な授業をとれたので、参加する各々がやりたいことに基づき、自分なりの留学をすることができるプログラムだと思います。このような機会を提供してくださった、東京大学およびMITの関係者各位に深く感謝いたします。