

# 船井情報科学振興財団

## 第三回報告書

白井 有樹

yukishirai4869"at"ucla.edu

<https://sites.google.com/view/yukishirai/>

2019年7月15日

### 1 はじめに

2018年6月より、University of California, Los Angeles (UCLA) の機械航空宇宙工学専攻 Ph.D. 課程へ入学した白井有樹と申します。渡米してはや一年が経ち、元気に過ごしております。以下、この半年間を簡単に振り返っていきます。

### 2 Preliminary Examination

私の所属する Department of Mechanical and Aerospace Engineering(MAE) では、Ph.D. 所属までに4つの試験があり、それぞれ、Preliminary Examination, Qualifying Examination, Proposal Defense, そして Dissertation Defense となります。今回は一つ目の Preliminary Examination について簡単にご説明させていただきます。

Preliminary Examination は、学力筆記試験です（いわゆるペーパーテスト）。入学してから一年間の総まとめとして受験することになります。基本的には2回まで受験することができ、2回とも不合格の場合、退学することになります。この試験に合格すると、修士号 (Master of Science) が授与されます。1回目での試験合格率は約 70-80 % ということで、そこまで難しくはありません。幸いにも一回目で合格することができたので、近いうちに修士号が授与されます。これでとりあえず、しばらくアメリカに残ることができました。

MAE では、四つの科目を選択し、計 8 時間の試験となっております。ただ、教授曰く、普通に解けば各科目 1 時間で終わる分量とのことですので、4 時間ほどあれば完答できるということです。したがって、時間的にはかなり余裕があります。したがって、問題は非常に論理的思考力を問うものでした。私はロボティクスの科目から 3 科目 (Design, Dynamics, Control) と、Linear Algebra 1 科目の計 4 科目を選択しました。

本試験を通じて、自分の研究分野周辺の知識を再体系化できたことです。これを 1 年目の終わりで受験することで、今後の研究へスムーズに入っていけると思います。おそらく教授陣の意図もその辺りだと思われます。

一つ気持ち悪かった点は、合格率が低くないとはいえ、不合格の可能性が日本の学力試験と比較してかなり高かったため、それが Preliminary Examination を受験した春学期の間ずっとストレスでした。また、受験後から 1 か月後に合否連絡があったため、その間も地味にストレスを感じていました。なので、ありきたりで

すが、例え 2 回受験可能でも、1 回目で合格でき、大変良かったです。

来年度のこの時期には、MAE の Ph.D. 課程において最も不合格率が高い Qualifying Examination を受験予定なので、きちんと準備したいと思います。

### 3 研究

春クォーターから、本格的に研究を開始しました。春クォーターでは、自身の研究兼講義のプロジェクトとして、二脚ロボットの planning を研究しました。具体的には、モデル予測制御を用いて歩行ロボットの ZMP (Zero Moment Point) 安定性を担保しつつ、目的地まで最短でたどり着く研究を行いました。モデル予測制御では、予想プロセスと最適化プロセスを交互に行うことで、将来の reference を見越して、optimal control input を求めますが、私の研究では、ロボットの安定性とトルクエネルギーを目的関数として、最適化を行いました。幸いにも、講義のプロジェクトでは、グループプレゼンテーションはあまりよくできなかったのですが、最高評価を頂くことができました。グループメンバーに恵まれたと思います。

本来ならば、この研究を引き続き行う予定だったのですが、私の funding において、3 年目から走るプロジェクトで SLAM (Simultaneous localization and mapping) と Planning の複合問題に関する研究を行う必要が生じ、残念ながら、上記の研究とは一旦おさらばすることになりました。ただ、依然私の中での優先度は低くなりますが、少しずつ上記のモデル予測制御の研究は続けていきたいと思っています。

しかしながら、SLAM と Planning の複合問題は、現在のロボティクスの最も熱い分野の一つであり、非常に興奮しております。また、UCLA の他の研究室にて、SLAM が強い研究室があるため、その研究室の PI である Prof. Ankur Mehta に Co-advisor をお願いし、快諾して頂きました。Mehta 教授は IROS で best paper 賞を獲得したり、NSF CAREER grant を獲得している、若く気鋭の先生で、学生へ要求することは大きいですが、その分大きく成長することができます。

2 人の Advisor を持つことは、両方の先生の要求に応える必要がある反面、両方の先生のフィードバックを得ることができるので、僕としては、成長できると考えており、非常に有難く思っています。次回の報告書では、この分野の話ができるように、研究を頑張っていきたいと思っています。

### 4 学業

この半年の間に冬クォーターと春クォーターを過ごしました。冬クォーターでは 3 科目 (Dynamics of Robotics Systems, Compliance Mechanism, Optimal Control) 受講し、春クォーターでは 2 科目 (Control of Robotics Systems, Advanced Digital Control for Mechatronic Systems) 受講しました。ここでは、特に思い入れが強い春クォーターについて簡単に報告させていただきます。

- 263C Control of Robotics Systems

アクチュエータと各種センサの仕組み、joint space control と operational space control, PD gravity compensation control, Robust control, Adaptive control, Impedance control, Direct force control, Hybrid control, Visual servo など、ロボティクスにおいて使われていた制御を広く深く学びました。また、先生の講義が素晴らしく、非常に体系的かつ、オフィスアワー等で質問してもとても良いフィードバックをもらえ、大変なためになった講義です。また、毎週講義で学んだ制御のシミュレーションコードを書く必要があり、なかなか大変でしたが、とても為になりました。東北大学でも似た内容は学んだのですが、少し理論をかじった程度でしたが、この講義により、かなりロボティクスの制御に精通できるようになりました。また、先ほど研究の章

でも述べましたが、本講義ではグループプロジェクトを行う必要があります、上記のモデル予測制御を利用した脚型ロボットの制御と経路計画を行いました。最終週直前はほぼ毎日徹夜でしたが、とても思い出があります。

- 277 Advanced Digital Control for Mechatronic Systems

デジタル制御や State feedback, observer, indirect and direct design, system identification, sensitivity and complementary sensitivity, Disturbance-Observer-Based Controlなどを学びました。本講義では基本的に逆振り子や二重逆振り子に対して、学んだことを実装し、制御の勘所とでもいうんでしょうか、その辺りを大変深く勉強出来ました。本講義を履修するまでは、連続時間での制御プログラム（連続時間の制御方程式をただ離散化しただけ）のコーディングの経験しかありませんでした。しかし、本講義を通じて離散時間での制御側の Design（設計）、Analyze（解析）、Verify（実証）、Implement（実装）することを一通り学ぶことができ、大変役に立ちました。また、System IDをしたことが今まで恥ずかしがらなかったのですが、State-space controlにおいて、きちんとしたモデルを論理的に作ることの重要性も学びました。

この講義は疑いなく、UCLAで受講した講義で最も難しく労力も必要でした。あとで聞いた話でも、この講義はMAEで最も難しい講義の一つで有名（最終週まで知りませんでした苦笑）でした。実際当初は30名ほどが受講していたのですが、最終的には8名程度に減っていました。また、シミュレーションがうまくいっても、実装段階ではうまくいかないことが多く、そこでもかなりの労力を使いました。さらに、講義は週に二回あるのですが、そのうち1回は、プレゼンテーションでしたので、それを準備するのも大変な労力と時間が必要でした。オフィスアワーはもちろん、あまりに難しかったため、オフィスアワー以外にも先生へ質問していました。先生も、多忙な中、いやな顔一つせず、対応して頂いたのはとても有難かったです。グループプロジェクトが成績の90%を占めていたため、学生は皆必死にプロジェクトに取り組んでいました。あまりに課題が難しかったため、他のグループと一緒に仕事することもありましたが、その過程で少しずつですが、英語での議論も上達した気がします。依然トレーニングは続けていきます。

したがって、春クォーターはとにかく忙しかったです。履修した講義数は2つということで、そこまで多くないのにも関わらず、それぞれの科目が、一年目で最も大変だった講義群であり、研究も進め、Prelimの勉強を並行して行っており、本当にきつかったです。良かった点は、両方の講義とも、グループプロジェクトでした。2, 3名のグループを作ることで、英語でのdiscussion能力（ゴリ押し能力?）がボチボチ上がった気がします。今年一年間で、特に主要な科目は取り切ったので、あとはminorのrequirementを埋める必要があります。しかし、履修すべき科目数は減るため、より研究に集中できると思います。

## 5 おわりに

2018年の12月に、一時帰国した際に、筑波大学での米国大学院留学説明会に、登壇者の一人として参加しました。筑波大学には、大学入試センター試験を受験して以来参ったため、非常に懐かしかったです。という私の感傷はどうでもいいのですが、週末にもかかわらず、留学に興味関心がある学生に集まっていたいただき有難かったです。今度もこのような機会に恵まれた場合は、積極的に参加して参りたいと思います。

春クォーターは、最も忙しかった学期にも関わらず、ついふらっと、自身の研究分野に関するセミナーに意識的に参加するようにしました。一流の研究者が週一ペースで講演され、その場でdiscussionできるのは、ロボティクスコミュニティが広いアメリカならではの醍醐味だと思います。正直、まだまだこのセミナーをその場で聞いて理解するまでの専門能力と英語能力が足りないため、これらを引き続き向上させていきたいと思っています。

次回こそは研究の話やUCLAのあるwestwood村についてお話しできればいいなと思っています。

最後となりますが、このような充実した留学生活を送ることができているのは、ひとえに船井情報科学振興

財団の支援のもとです。財団のご期待にかなうように、さらに精進して参ります。