

船井情報科学振興財団

第七回報告書

白井 有樹

yukishirai4869"at"ucla.edu

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

2021年5月19日

1 はじめに

University of California, Los Angeles (UCLA) の機械航空宇宙工学専攻 Ph.D. 課程にて、ロボティクスを研究している白井有樹と申します。ロサンゼルスでは感染者もかなり減ってきました。今回は、2021年の上半期についてご報告させていただきます。

2 Qualifying Exam

先日 PhD 課程の大きな関門の一つである、PhD Oral Qualifying Exam (いわゆる Qual) に合格し、無事 PhD Candidate に昇格しました！ここで簡単に、UCLA Mechanical and Aerospace Engineering (MAE) における Qual について説明させていただきます。

試験内容としては、研究計画書 (boss からは mini PhD dissertation と言われました) の提出および、45分のプレゼンおよび30分の教授陣の質疑応答に耐え抜く必要があります。研究計画書では、研究背景、課題、先行研究、自身のこれまでの研究、今後の研究計画、といったものをまとめます。研究プレゼンでは、これまで自身の行った研究、分野内での位置づけ、今後の研究方針などを話します。その後質疑応答では、指導教官以外の審査員3名から、研究に関して幅広く深く多くの鋭い質問を受け、それに対して、教授陣をある程度満足させることができれば、無事合格です。例えば、僕の場合は、Mixed-Integer Programming (Mobile Robotics では、障害物回避によく使われる。legged robotics では、bilinear termなどをrelaxする際によく使う)の立式で使われることが多い、Big-M formulationの導出や、実際にどのようにTrajectory Optimization with Contact Dynamicsをコーディングしているか、assumptionをこのように変更したら、どのような結果の変化が想定されるか、Linearized friction coneという表現は数学的におかしい、といったhigh-levelからlow-level、最適化、stochastic control theory, legged robotics, motion planningの様々な質問を受けました(このような質問ができるメンバーにお願いしたためですが)。僕は、Committeeメンバーとして、こちらの先生方をお願いすることができました。Prof. Lieven Vandenberghе(Convex optimizationの神)、Prof. Jason L. Speyer(stochastic control estimationの神)、Prof. Paulo Tabuada(learning-based controlの神)、Prof. Dennis W. Hong(指導教官、脚型ロボット)です。実際には、試験時間を大幅に超える、計2時間の試験になってしまいましたが、それは教授陣が僕の研究に興味をもってくれて、多くの熱いフィー

ドバックを頂けたため、有難いです。自分なりに準備はしたつもりだったのですが、中には答えることができない質問もいくつかありました。悔しい思いもしましたが、アイデアはとても面白いとのことだったので、今後も研究邁進していきます。あとは Defense です！

3 研究

以前のレポートでも述べさせていただいた、春から秋にかけて、以前の報告書で軽く触れた、Motion Planning の研究 (従来の Trajectory Optimization の手法を short-horizon local planner として、Graph-search planning を long-horizon global planner として深く融合させることで、離散的な環境下で、従来よりも計算時間を、suboptimal な trajectory を生成せずに、最低 10 倍程度早くすることが可能) が、ICRA 2021 (2021 International Conference on Robotics and Automation) という、Robotics ではかなりレベルの高い学会に採択されました。現在 arXiv*¹に論文、及び YouTube*²に簡単な summary video が載っているので、興味がある方はご覧ください。この学会も本来なら中国で開催予定が、online になってしまい、残念ですが、インターンの引越などバタバタする時期なので、オンラインでラッキーと思って、学会発表には臨もうと思っています。

現在は、以前のレポートで述べた研究 (Model-Based Reinforcement Learning チックな Trajectory Optimization with Chance-Constraints for Legged Robots) についてガンガン研究は進めています。次回のレポートでは、実験結果とともにより詳細な話ができれば良いと思っています。近いうちに学会に投稿する予定です。

また、research intern として、ボストンにある企業研究所にて、Manipulator(ロボットアームの先端に指のあるグリッパ) の motion planning の研究 (Feedback Online Motion Planning) というものを行うことが決定しました。Climbing Robot が他のロボットと比較して決定的に違う点 (面白い点) は、Locomotion と Manipulation 両方を考慮して planning をする必要がある点です。Locomotion に関してはかなり研究してきたのですが、Manipulation に関しては、まだまだ未熟なため、このインターンを通して、僕から相手には、僕の持っている contact implicit trajectory optimization を、向こうから僕には、manipulation の研究の神髄を学ぶことができると思い、とても良いインターンを獲得できたと思っています。また、かなり研究に focus したテーマなので、是非何かしらの形で、学会などで自身の研究成果を出版したいと思っています。また、せっかくボストンに参るので、MIT や Harvard、また企業研究所の研究者と交流できたら良いと思っています。

また、個人の研究に加え、以前から行っている新型 climbing robot の開発も進んでいます。まだ実際に壁を登らせるまでには至ってはいないのですが、少なくとも walking/running をすることは可能となりました。今年中に climbing も実現したいと思っています。いくつかが写真を貼らせて頂きます。

4 学業

この半年の間に winter と spring quarter を過ごしました。Spring は何も講義を履修しませんでした。Winter では以下の二つの講義を履修しました。

- EE236B Convex Optimization

*¹ <https://arxiv.org/abs/2103.01333>

*² <https://youtu.be/o5zDEKc2HPU>



図1 開発中の、火星崖踏破を目的とした Free-climbing Robot

本講義は,” Convex Optimization” という本を書いた、世界的な最適化の権威が UCLA の教授で、その先生から直接学んでおりとても良かったです。この日本語でいうところの凸最適化というのは、ロボットや自動運転、航空宇宙において、非常に重要な最適化手法の根幹となる理論でとても今後の研究に役に立つと感じています。今までは、研究ではさらっと、凸かどうかを意識していましたが、この講義を履修後、厳格に凸かどうか、なんとか non-convex optimization を convex optimization に変形できないか、solver の low-level はこうなっているからこのように立式したら最適化の性能が下がる、など、”研究の解像度”を上げることができ、僕が UCLA に来てから、最も為になった講義になりました。

- CS279 Deep learning and Neural Networks

今流行りの深層学習の理論とその実装の講義で、library などを使わずに Deep learning の実装をするので、とても為になっています。理論も理解でき、いつも適当に流している NN の理論が理解できるようになりました。また、実装の際の tips など coding を通して学べ、研究に応用したいと思います。

5 おわりに

これからの目標はインパクトのある研究をがんがん残していくということです。PhD 課程も中盤に差し掛かり、自己の成長を感じる反面、さらに実力と結果を伸ばしていくことを意識しながら研究を進めていきたいと思っています。また、ロボット工学には多くのスキルが必要となります。研究室 OBOG の話から、このような

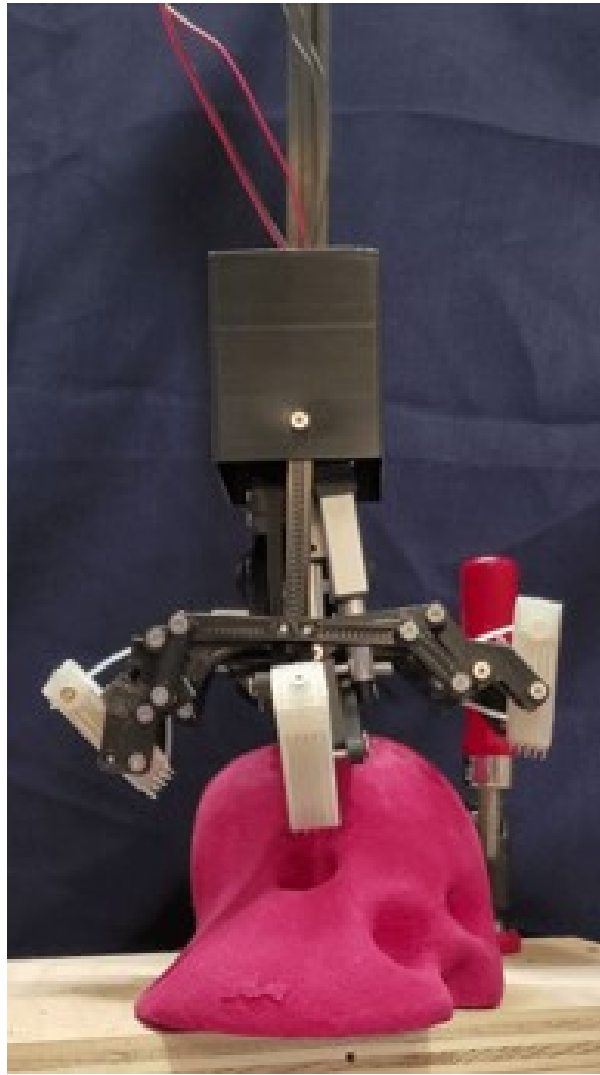


図2 Multi-finger gripper for climbing. このグリッパを搭載して、ロボットは崖を登ります。このグリッパを使用した Motion planning (どのように、モノを掴むか)の研究もしています。

スキルを有していることはキャリア選択において非常に重要とのことでした。すでにスキルは持っていますが、今後さらにスキルの習熟度を上げていきたいと思えます。

研究とは話がずれますが、UCLAのGraduate Student Researcherは、カリフォルニアでは3月からワクチンを打つことができ、自分はQual後の4月に2回ワクチンを接種しました。電子システムが発達しており、非常に簡単に予約もでき、会場もきちんとシステム化されており、着いた瞬間に接種することができました。副作用は少ししんどかったですが、UCは、秋から全学生や職員にワクチン接種を義務付けしているのです、遅かれ早かれ受ける必要があったため、受けてよかったと思えます。

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。