

船井情報科学振興財団

第十回報告書

白井 有樹

yukishirai4869"at"ucla.edu

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

2023年2月5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。もう 10 回目の報告書ということで、ついに二桁の大台にのりました。今年、ロサンゼルス滞在 5 年目ですが、ダントツに寒い冬になりました。朝晩は℃一桁になることもあり、本当にロサンゼルスかと疑うこともあります。ただ、快晴ではあり、それは気分がよいです。卒業が少しずつ近づいており、この素晴らしい気候も、あと少しかと思うと名残惜しいです。今回は、2022 年の下半期についてご報告させていただきます。

2 研究

前回の報告書でも述べさせていただきましたが、二つの論文を IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2022) にアクセプトされ、京都で発表してきました。自分のプレゼンでは、脚型ロボットの研究者で著名な Hae Won Park 先生から質問も頂き、とても楽しかったです。またもう片方で自分が第二著者の論文は、SICE International Young Authors Award を頂きました！やっぱり対面の学会は最高ですね。学会中の Workshop にて、実際にロボットをロサンゼルスから京都まで運び、ライブデモンストレーションを行い、大きな注目を浴びました。やはり、ロボットは動いてなんぼだと思っているので、そのようななかで、実機実験を見せることができたのはとても良かったです。また船井財団に関しては岡本さんと青木さんとも学会期間中にお会いしました。特に岡本さんには研究もちろん、特にキャリアや就職活動の質問をいろいろさせていただき、大変ありがたく、改めて船井財団の強みである、奨学生のネットワークに助けられています。また、学会という形で日本に一時帰国ができ、とても良かったです。また、出身研究室の東北大学吉田研究室の宇野健太郎先生からお声をかけた頂き、研究室訪問とプレゼン、ディスカッションを行ってきました。実家の茨城に帰ることはまれにあっても、学部時代過ごした仙台を訪れるのは卒業以来だったため、大変楽しかったです。

また、9 月ごろに 2022 Southern California Robotics Symposium という、例年南カリフォルニアで行われる、南カリフォルニアの大学 (UCLA, USC, Caltech, UCSD, etc.) や企業 (i robot や Amazon robotics)、NASA/JPL の研究者が集まる会が、2019 年ぶりに開催され、そこでもプレゼンやロボットのデモをしてきま



図1 IROS2022。プレゼンの様子



図2 IROS2022. lab でおいしい夕飯

した。やっぱり、研究を披露する機会がコロナ禍では存在しなかったため、とても議論が楽しく、良い訓練の機会にもなっています。

現在は、強化学習や触覚センサを使ったロボットの制御の研究をやっています。個人的には、contact-implicit optimization-based planning / control はしっかり自分の武器になったと思うので、PhD 最後の研究として、学習ベースの研究をやろうということになりました。今までとは考え方が変わるの面白く、optimization や強化学習のそれぞれの長所短所が見れ、よい勉強になっています。

また、ボスの手伝いで NSF へのプロポーザルを書いています。とてつもなく時間をとられ、これはこの一年間の時間をかなりとられました。正直コスパが良くはありませんでしたが、プロジェクトをどう相手に伝えるかの良い経験にはなりました。

3 インターンシップ

インターンシップでは、二つの研究を行い、それぞれ第一著者として、International Conference on Robotics and Automation (ICRA2023) にアクセプトされました。ICRA はロンドンで楽しみです。それぞ



図3 IROS2022. ロボットをLA からはるばる京都までもっていきました。とてもいろんな人に遊んでもらってよかったのですが、このロボットをでもするために大量のアルミをもっていくのが大変でした。



図4 Tool manipulation. MERL でのインターンシップとして行いました。

れ、”Covariance Steering for Uncertain Contact-Rich Systems” (もうすこしで公開予定) と、”Tactile Tool Manipulation”^{*1}というものです。前者に関しては、実際の環境では不確かさ (例：摩擦係数) が存在するため、ロボットが、プランした通りの trajectory を通ることは不会です。それをロバストにするには Stochastic optimization の手法があるのですが、これはマニピュレータや脚型ロボットといった、コンタクトを含むダイナミクス (hybrid robotic systems) に応用することができませんでした。そこでインターンシップの成果として、no assumption での stochastic optimization を hybrid robotic systems に適用しました。これにより、マニピュレータがモノをつかむのに失敗する確率が、例えば 10 パーセント以下というような制御を実現することができました。今まで書いた論文で一番理論がしっかりしている論文になり、これができたのはインターンシップのホストたちのおかげだと思います。

後者の tactile tool manipulation に関しては、現在のロボット工学で closed loop control をマニピュレータに行くことは依然難しいです。ましてや、tool を持たせて Manipulation をするのは非常に困難です。そこで、この研究では、vision ベースの触覚センサと最適化を利用した closed loop control を tool manipulation

^{*1} <https://arxiv.org/pdf/2301.06698.pdf>



図5 Boston の北のほうにある城 (Castle Hill on the Crane Estate)。

に対して行いました。これも、実機できちんとロバスト性を示すことができ、良い研究になりました。動画もよければ見てください。^{*2}

また、昨年のインターンシップの成果が、いい論文だとは思のですが、ロボティクス系の学会にしては制御と最適化の理論が強いため、評価されず reject を2回ほどもらっていたため、制御系の学会に出したところ、American Control Conference (ACC2023) にアクセプトされました！査読者には高く評価されて、学会が違うとここまでレビューコメントが違くなるんだと痛感しました。うれしい悲鳴として、ACC が ICRA と同じ週にサンディエゴで開催されるため、もしオンライン参加が可能であれば、ロンドンで ICRA に参加しつつ、リモートで ACC にも参加するというアメリカ PhD 課程学生っぽいことを行うことになり、非常に刺激的です。

現在、昨年のインターンシップの成果にさらに追加の成果を加えたものを、TRO というロボティクス系で最高峰の論文誌への投稿の準備をしています。Mitsubishi Electric Research Laboratories はインターンシップの内容を論文投稿でき、かつ最高峰の研究者がいて、とても素晴らしい環境だと思います。

TRO では、”Impact-Aware Robotics” という、コンタクトを考慮したロボティクス（脚型ロボットやマニピュレータ、grasping など）の特別雑誌が投稿予定で、それに向けて準備しています。個人的に、とても良い流れだと思います。今のロボティクスでは、自動運転やドローンなど分野にて素晴らしい研究がいくつもありますが、脚型ロボットやマニピュレータは自動運転やドローンと比べて、環境とのインタラクションが強く、特にマニピュレータは環境も変数に入ります。脚型ロボットは足先だけではなく、足のリンクやボディを人が押すことがあります。このような、”unexpected contact”のなかで、どのようにロバストなコントローラーを書くか、どのようにコンタクトを避けるのではなく、コンタクトを積極的に利用するか、がとても面白く、それをがんばっています。

^{*2} <https://youtu.be/VsClK04qDhk>



図6 UCLA basketball game. UCLA 5年目で始めた観戦。

2023年もインターンシップを約4.5か月ほどすることになりました。違う企業ですが、再びボストンを訪れることになり、今年のものを含めると、アメリカ博士課程の間に一年以上ボストン滞在することになりました(笑)。

4 おわりに

先日光栄なことに、声をかけて頂いて、米国大学院学生会の、ロボティクス・航空宇宙の海外大学院留学会にて登壇者として、これまでの経験をお話しさせていただきました。クローズドセッションでやらせていただいたため、参加者の方も、おそらく、公開では聞けないような質問を、我々登壇者も赤裸々な話(英語が大変!アメリカ特有な理不尽なことが多い!でも成長ができる)ができ、大変有意義であったと思います。

ついに5年目に突入しました。リクルーターや知り合いの研究者と少しずつ連絡をとっています。前回と同じことを言っていますが、研究で成果を出しながら、ネットワーキングもしつつ、自身のスキルアップ(特にC++のコーディングインタビュー)に注力し、でも楽しみながら、日々生活していきたいと思います。過去PhDの期間は、本当に研究かおいしいごはんを食べることにしか時間を割いていなかったため、特に2022年秋から、今までより、ありがたく何かしらのイベントに誘われたら行くようにしています。奨学生の勝山君がよく声をかけてくれます。特にいったん就職すると、おそらくロサンゼルスから離れることになるので、今の間にロサンゼルスを堪能しておこうと思います。

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。



図7 年末はアメリカで過ごし、ラボの学生と唐揚げとチョコレートファウンテンパーティーをしました。