

船井情報科学振興財団

第八回報告書

白井 有樹

yukishirai4869"at"ucla.edu

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

2021 年 12 月 24 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。先日 COVID の booster shot を打ってきました。今回は、2021 年の下半期についてご報告させていただきます。

2 研究

夏のインターン終了後から、Mixed-Integer Nonlinear Programming (MINLP, 非線形混合整数問題) という最適化手法を、僕の興味がある、脚型ロボットの motion planning へ応用する研究を行っています。脚型ロボットのダイナミクスは非線形ハイブリッドシステムで、最適化を用いて可能な限り一般的に解こうとすると、MINLP の問題へと帰着します。特に研究室で推している崖登りロボットでは、崖上においてつかむ場所が離散的に多く点在しており、最適化問題を立式すると、非常に large-scale な問題になります。そこで、この問題をロバスト性を考慮しながら、うまく解いて、ハードウェアで実証することが現在の研究テーマです。最適化問題は、脚型ロボットとロボットアームの融合した問題になっており、非常に面白い研究テーマで楽しんでいます。現在この研究を 3 月上旬の学会に提出することを目標に研究しています。その研究終了後、以前のレポートでも述べさせていただいた、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をしていきたいと思っています。

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。色々成果が出てきており、open-loop のコントロールを人が行うことで、傾斜角度 70 度の崖を登ることができました。この成果は指導教官が TED にて発表したもので、それを通して色々な人に僕たちが行っている研究を認知してもらえたら嬉しいと思います。目下、修士や学部生の学生たちと、grasping force control や force MPC, state estimation, MuJoCo との融合などを指導しています。

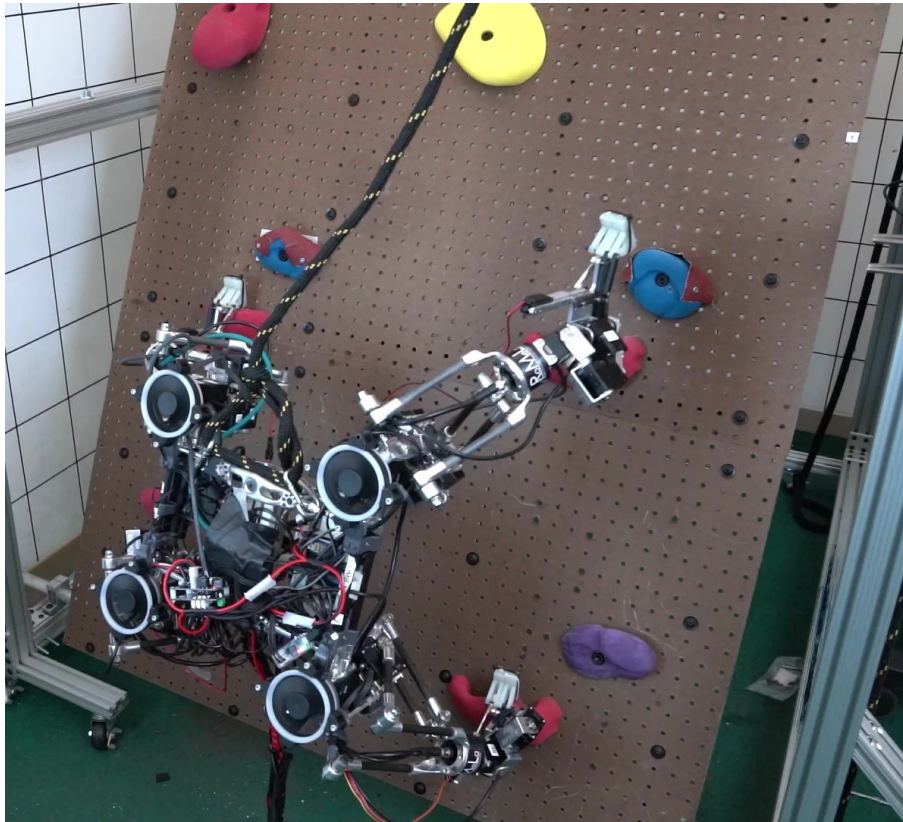


図1 開発中の、火星崖踏破を目的とした Free-climbing Robot. 現在はこれの自律化のプロジェクトが走っています.

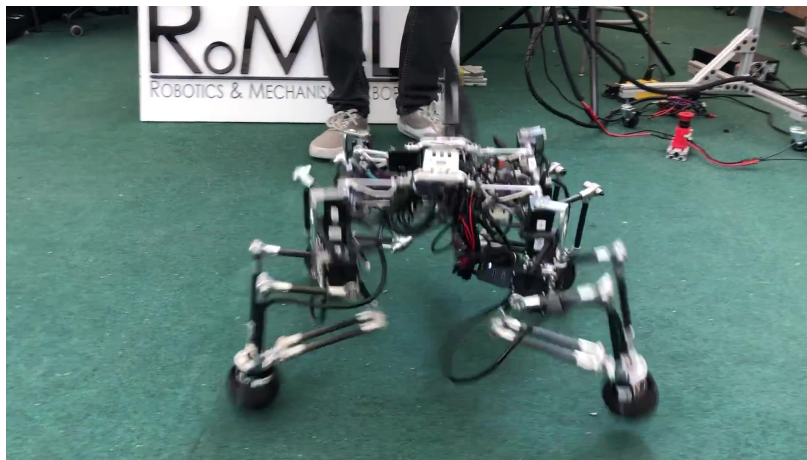


図2 Running. 結構自分の体重の約3倍以上のものを持ちながら走ることができます.

3 インターン

今年の夏はボストンにあるとある日系企業研究所にて研究インターンを行いました。コロナで、多くの他のインターンはリモートだったのですが、自分は最終的にハードウェアを触ることがゴールの一つであったため、現地で参加できとても良かったです。インターンは幾つかの会社へアプライしました。会社によります



図3 インターンの友達とアフガニスタンレストランにて。

が、簡単な自分の選考に関するコーディングを書くように求められたり、専門知識、研究経験などを問われました。インターン先を選ぶ際に、以下のことを意識しました：

1. 何を吸収できるのか、それが PhD やその後のキャリアに活かせるのか
2. 誰とプロジェクトをできるのか
3. 論文がかけるのか

仕事内容は守秘義務があるので話せないのですが、マニピュレータのための、ロバストな motion planning を最適化を用いて実機検証しました。14 週間という短い期間でしたが、非常に多くのことを学ぶことができ、現在 2 本の論文が査読中です。

インターンにて良かったのは、皆が一流の研究者であるということでした。もちろん UCLA にても指導教官を含め素晴らしい研究者が多くいるのですが、大多数は学生です。一方、僕のインターン先では、「○○の PhD (プロフェッショナル)」といったような、この問題にはこの人に話せばよい、といったように研究を進めることができ、UCLA での研究より数倍早い勢いで研究が進みました。実際、僕の担当になってくれた 3 人の研究者は、それぞれ、「trajectory optimization/manipulation の PhD」、「machine learning/stochastic modeling の PhD」、そして「optimization の神」でした。皆それぞれ IEEE RA-L の editor や、SIAM Journal on Optimization の editor in chief をやっていたりと、とてもフィードバックをしてくれて大変助かりました。特に 3 人目の方は、最適化になじみのある方ならピンとくる、ipopt という非線形ソルバーの開発メンバーの一人で、また gurobi という混合整数問題ソルバーの開発も以前貢献したということで、とても良かったです。いかに自分がまだまだ未熟な研究者であることが良くわかり、とても成長出来ました。また、インターンの学生たちも非常に優秀で、実際に読んだことがある論文の著者などもインターンをしており、とても有意義な研究議論/ネットワーク作りをすることができました。またインターン終了後、この企業研究所含め数社からインターンのオファーを頂き、来年も同じところでインターンする予定です。来年は multi-modal contact-rich control using vision and tactile sensing というテーマでインターンします！

ボストン（正確には Cambridge）に 14 週間住まわせて頂きました。町はロサンゼルスと比較すると、非常にコンパクトで、公共交通機関も発達しておりとても素晴らしい町だと思いました。また、周囲に面白いものも多く、特に tree house という、アメリカで一番？の brewery に行けたり、ずっと憧れていた、ボストンダイナミクスに見学したり（ラボの先輩がここで働いている。）、非常に楽しく過ごせました。また、色々な人にお



図 4 念願のボストンダイナミクス見学！とにかく実社会で動くロボットの裏側を見ることができました。就職したいです。

世話になり、船井の菊田さん、釣巻さん、吉永さん、五十嵐さんには大変お世話になりました。特に吉永さんにはボストンに行く前から色々住居の相談に乗っていただいたり（というか 10 週間ほど吉永さんたちがお住まいの家に住まわせて頂いた）、ロブスターや tree house といったボストンならではの楽しみも教えて頂き、とても感謝しています。

4 おわりに

相変わらず、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。研究アイデアがどんどん出てきており、研究能力の高まりを感じながら、インターンを通してまだまだ自分のポテンシャルエネルギーをあげることの必要性を痛感しました。自分の悪い癖で、計画を立てすぎるがあります。ただ、がむしゃらに目の前の仕事をやっていくことが、結果的に成果が出るということがインターンを通して分かったため、今後もじっくりしっかり仕事をしていきたいと思います。

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5 ポストンの思い出。こうしてみると食ってばかりですね。

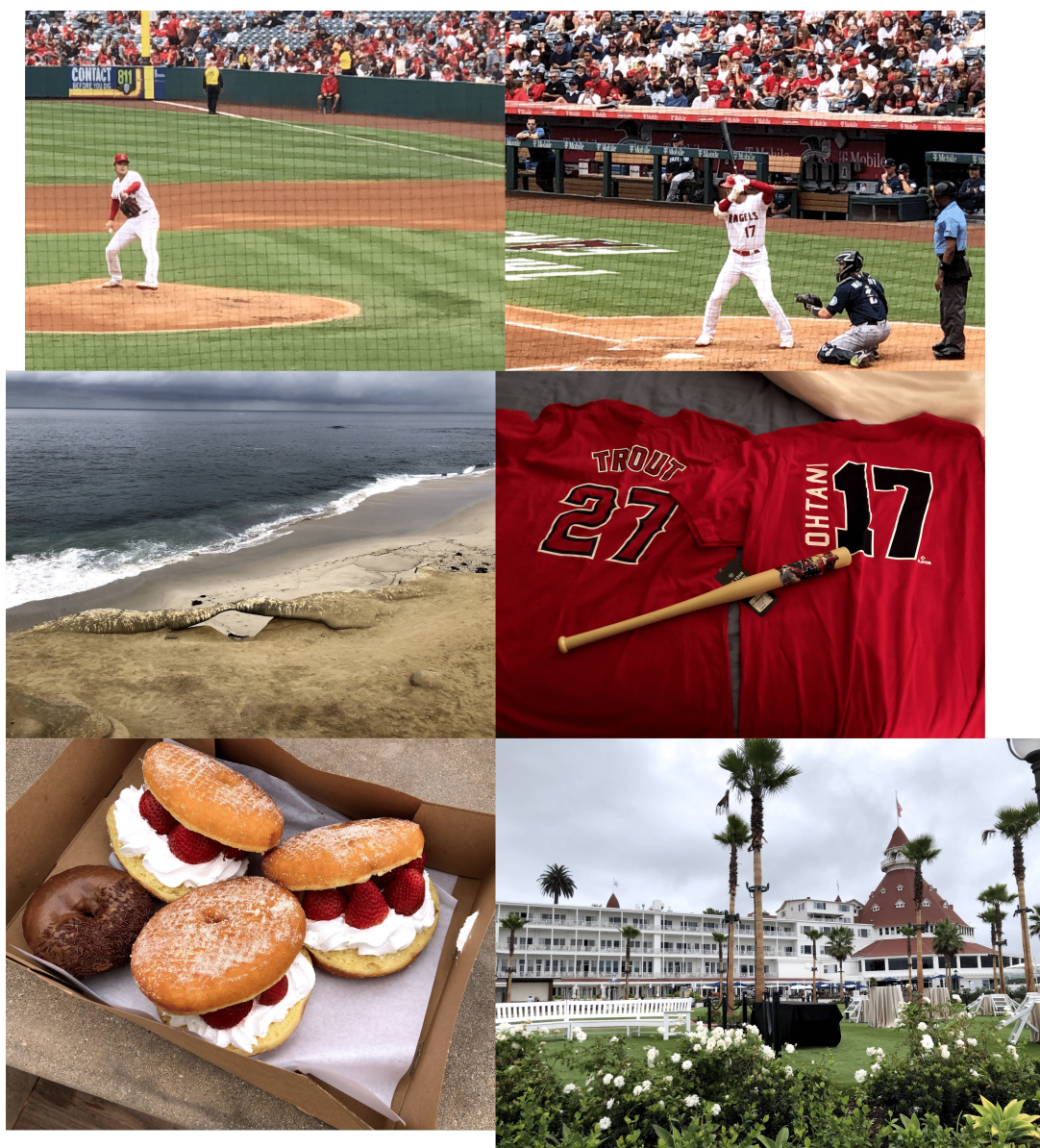


図6 休暇として、サンディエゴにラボの友達と小旅行しました。思い出はやっぱり、いつもは晴れているという噂のサンディエゴがずっと滞在中曇りだったのと、大谷翔平選手の二刀流最終戦を見れたことです。二桁奪三振にヒットも見れて満足でした。次はトラウト選手が見たいです。