

船井情報科学振興財団

第六回報告書

白井 有樹

yukishirai4869"at"ucla.edu

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

2021年1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。今回は、2020 年の下半期についてご報告させていただきます。

2 研究

春から秋にかけて、以前の報告書で軽く触れた、Motion Planning (MP) の研究を行っていました。私や私の所属している RoMeLa でよく使われる手法が Trajectory Optimization という、最適化ベースのロボットの MP 手法があります。これは、現在の時刻から N ステップ先までのコストを、制約条件を考慮しながら、最適な軌道を設計する手法です。この手法は、制約条件やロボットのダイナミクスをなんとかして数式に起こせさえすれば、原理的にどのようなロボットの planning も行うことができるため、非常に強力な手法です。この手法の弱点の一つとして、"curse of horizon" という、いくつ先まで将来の状況を考慮するかによって計算量が指数関数的に増大するという性質があります。例えば、0.000001 秒先の未来までと、1000 秒先の未来までを考えるケースでは、後者が圧倒的に計算時間がかかります。なら、近い将来である前者のケースだけを考えればよいではないかという意見もありますが、ケースバイケースです。例えば、1 秒後にロボットが人とぶつかってしまうのであれば、1 秒先の未来まで planning する際は考慮したいものです。これが結局現実社会で考えると、やはり遠い将来を予測できる方が、色々と beneficial であると思われます。また、僕の場合、最終的なアプリケーションは崖登りロボットを想定しており、崖登りロボットでは、ロボットが足を置ける場所（ボルダリングホールド）が離散的に存在しています。このような離散的な環境を表す一つの手法として Binary variable を使う方法がありますが、計算時間が激増します。そこで僕の手法では、従来の Trajectory Optimization (e.g., CHOMP, TrajOPT, Nonlinear Programming, Mixed-Integer Programming) の手法を short-horizon local planner として、Graph-search planning (e.g., A*, ARA*, LazySP) を long-horizon global planner として深く融合させることで、離散的な環境 (e.g., ボルダリングホールド, 複数の障害物) 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となりました。

現在行っている研究は以前行っていた研究をより深く行っています。以前行っていた研究では、脚型ロ



図1 研究室で開発している多脚ロボット. ちゃんとした写真を次は載せます

ロボットの不確実性がコンタクトダイナミクスから来るという assumption を置いていました. これが理由かどうかはわかりませんが, 実験結果と analysis の結果が大幅に違うのが問題としてありました. 具体的にいうと, analysis では, 「ロボットは最大で〇〇という方法で locomotion すると, X の確率で失敗する」という, この X という数字が, 実験で得られた X と値がかなり違うとのこと. より robust かつ reliable な motion planning を行っていくにはこの gap を小さくしていく必要があります. そこで, 現在は Trajectory optimization based on data-driven model for safe exploration of legged robots という, 研究を行っています. 環境と適宜 interaction を起こして, domain specific な情報から, ロボットのダイナミクスを適宜改善し, 時間とともにダイナミクスの uncertainty を小さくしつつかつ planning をするという面白いテーマを行っています. 技術的な課題としては, non-gaussian をどのように扱うか, 脚型ロボット (nonlinear hybrid system) をどう扱うか, hyperparameter をどう online で調整するか, feasibility と stability を保証できるか, などといった多くの課題があり, それらと日々悪戦苦闘しています. 先生に曰く, ”この研究は MBRL (Model-Based Reinforcement Learning) とみなすことができるで”とのことなので, 強化学習リサーチャーと名乗っても良いのでしょうか? (笑)

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. このハードができれば, このロボット自体に新規性があるので, それで一本論文を出せると指導教員とも話しており, そこから波及する Task and Motion planning の題材としてぴったりのロボットなので, 早く完成させるように頑張っていきます.

研究室では, 相変わらず多くのご指導を頂いており, とても貴重な経験をガンガン積めています. Advisor の Dennis は, funding やプレゼン, high-level な観点で多くのフィードバック (どのようなデモを論文で示

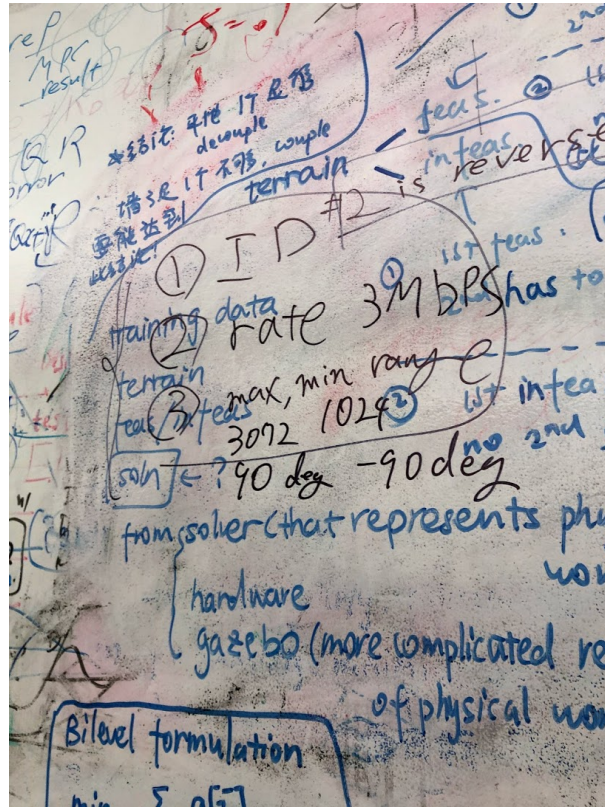


図2 RoMeLaでは、一部の壁がホワイトボード的な扱いを受けて、ミーティングなどで各自自由に記入します。油性ペンで間違えて書いてしまい、消すことになったのは僕です(図中心付近黒い文字数字群)。夜中に先輩からこの写真を送られ、消せねえーよ(笑)と送られました

すかを研究開始時から念頭に置くように、プレゼンは論文の summary ではなく、自分の売り出しの時間などを頂けます。Co-advisor の Ankur からは、より low-level の細かいフィードバックや、PhD 学生としてあるべき姿(毎月最低1人、専門外の UCLA の教授と話す、contribution を念頭に置いた proposal は常に GitHub で更新せよ、本質的な Toy problem の抽出の仕方)など、とてもよい指導をもらっています。両方の先生からフィードバックを相補的にもらえるので、いい感じです。

3 学業

この半年の間に秋クォーターを過ごしました。

- CS146C Introduction to Machine Learning

学部生向けの基本的な機械学習の講義を、聴講という形で参加しました。Decision trees, kNN を始め、一通りの classification や regression 手法を学びました。単位を取らず、ただの聴講だったので、アメリカ大学院では初めて、かなり気楽に講義を履修することができ、とても良かったです。

4 おわりに

これからの目標は同じです。Ph.D. Oral Qualifying Examination を無事合格，研究で成果をあげる，そしてインターンシップの準備です。これを実現するために，努力していきます。

コロナということで，特に面白いイベント等に参加しておらず，従来の僕の報告書と比較して，研究に重きを置いた報告書になりました。次回は何か面白いイベント (Qual) などのレポートができれば良いと思っています。

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。