



船井情報科学振興財団 第 10 回報告書

カリフォルニア工科大学 (Caltech) 宇宙工学専攻 (GALCIT) 博士課程 5 年生の塚本紘康です。ワクチンのおかげで自由に行動できる範囲が増えたので、2021 下半期はロサンゼルス周辺の大自然&エンタメを満喫し尽くしました。



Bell Rock Vortex



Dante's View

1 Contraction Theory for Machine Learning

機械学習と制御工学を数学的につなぐための理論研究に関する Tutorial paper が無事 Annual Reviews in Control にアクセプトされました (<https://arxiv.org/abs/2110.00675>)。レビューのコメントを反映させて結局 Double column で 44 ページ、今までの研究を総括する良い論文に仕上がったと思います。せっかくなのでここでも簡単に内容を紹介してみます。

AI や機械学習に基づくシステムは、近年様々な分野で飛躍的な進歩を遂げています。私の専門である制御工学においてももちろん、こういった技術は非常に注目されており、人間の介入を必要とせず自律的に考え行動するハードウェア&ソフトウェアの開発には世界中の多くの研究者が興味を持っています。このような技術を自動車、宇宙探査機、ロケット、ドローン、二足歩行ロボット (<http://cast.caltech.edu/>) などのシステムに応用する場合の最も大きな課題の 1 つは、実験あるいはシミュレーション上での AI や機械学習の安全性や安定性の性能を、いかに理論的・数学的に裏付けるかというものです。今回出版した論文は、Contraction theory という理論によってこの課題を解決する方法を提案しています。

上にあげたようなハードウェアは、(近似的には) 高校の時に習った運動方程式という数式に従って動いています。制御工学では、この運動方程式に沿ってその値が減少するリヤプノフ関数というものを見つけることによって、システムの安全性や安定性 (障害物にぶつからない、予想外の強風にさらされても道を外れない等) を保証できるのですが、一般的にはリヤプノフ関数はそう簡単に見つからないことが知られています。簡単に言えば、Contraction theory というツールを用いると、運動方程式を微小領域で考え体系的にリヤプノフ関数

を見つけること、かつ AI や機械学習に基づくシステムに対しても、得られたリヤプノフ関数を用いて安全性や安定性の性能を理論的・数学的に裏付けることができる、というのがこの論文のメインテーマです。簡単に言えませんでした。

2 学会

今年も 12 月に、IEEE Conference on Decision and Control (CDC) という制御理論・意思決定の分野トップの学会に参加しました。西海岸は強制的に 5 時起きで死にそうになりながらも、これだけたくさんの研究者が世界中でこの分野、ひいては人類文明の飛躍的発展を夢見て毎日数式に向き合っていると思うと、久しぶりにワクワクドキドキしました。

実は今年も、CSB、MIT、Caltech、Google、U of Sydney、UCLA、Harvard から研究者を集めて、指導教官が僕の研究テーマ (Contraction Theory for Machine Learning) で Tutorial session を企画してくれていました。自分の研究を多くの人に知ってもらえる機会が得られたのももちろん嬉しかったのですが、それと同時に、普段僕の論文の中で引用している論文の著者たちが、オンラインといえど同じ場所で顔を合わせて会話しているというこの状況に、ミーハー精神丸出しで興奮しました。

1 年目で 1 本ギリギリこの学会に採択されて喜んでいて、今回共著含め 3 本発表できたことは本当に恵まれていて、改めて目の前の数式に真摯に向き合い、この社会と文明の発展にとって意味のある研究をし続けようと思わせてくれました。

ちなみにこの様子は YouTube (<https://www.youtube.com/channel/UCXKw5ZcB30PLPQw-xfhLNdA>) にアップロードする予定なので、興味があれば是非チェックしてみてください。

3 就活とか進路とか

博士課程 5 年生に突入したので、最近は将来のことを考える時間が増えました。今までの人生では、いくつかの選択肢がある中で、自分の中で正解だと思える選択肢が 1 つあって、その選択肢を実現するために努力して、なりふり構わずそっちの方へ進んできました。博士課程卒業後のことを考えると、今までとは比べ物にならない数の選択肢があり、宇宙に生存圏を広げる、宇宙に行く、という目標に照らし合わせて純粋に自分の気持ちだけに従ったとしても、自分の中でこれが確実に正解だと思える選択肢が決められず、今まではっきり見えていると思っていたビジョンが、人生で初めてぼやけてくる時期がありました。

その時期は色々な就活サイトに登録したり、アカデミアの求人情報を逐一チェックしたり、LinkedIn のリクレーターの人たちと連絡を取ったり、自分なりに行動はしてみたものの、僕自身の方針がはっきり定まっていなかったからか有益な情報が手に入らず、ずっと憧れていたはずの NASA と共同研究にもなかなか本腰が入れられず、ただなんとなく時間だけが過ぎていくように感じていました。給料とか肩書きとか渡米するときには全く興味がなかったことまで考え始め、現実的な選択肢ばかりに目がいくようになっていました。

その後家族や友人含め周りの人々と話をする中で、ハッとさせられた言葉があります。それは、高校の先生が卒業の時に言っていた (らしい) 言葉なのですが、“情報は人生の中で答えるのが難しい問いに答えのようなものを提示してくれる。ただ、その難しい問いに対するあなたなりの答えを探すのが人生だ。” というものです。高校時代の僕は愚かにもとても傲慢で人の話を聞き流す癖があったので、言い回しはここで勝手に決めさせてもらいましたが、この言葉を聞いて、いつの間にか規制の枠組みで自分の人生を考えてしまっていること、焦って実現可能性ばかり考えて、将来が予想できないことに怖気付いて、周りに広がる無限の可能性から

目を背けていたことに気付かされました。

視界が晴れた後に自分の現状を見つめると、今まで不安要素としてしか見るができなかった、将来が不確定であるという事実が、かけがえのない財産に思えて、現状は全く変わっていないのに、気持ちがスッと軽くなりました。

結局今は、Contraction theory の研究と NASA のプロジェクトに全力を注ぎつつ、受動的に就活もするスタイルで生活しています。今月 LinkedIn で連絡のあった Tesla の面接も受けてみました。前回の報告書で大騒ぎした宇宙飛行士の採用の話も、裸眼視力の条件が募集要項に書かれていないことが判明したので、不利なことは変わらないと思いますが、とりあえず応募してみることにしました。なにせよ、前も宣言したように夢の叶え方は一通りではないと信じているので、自分を信じて焦らずゆっくり、研究においても人生においても、小さくまとまらないことをモットーに 2022 年を生きます。

4 その他

2021 年の残りは休暇をとってハワイで年越しします。

MAY THE FORCE BE WITH YOU

