

船井情報科学振興財団第 7 回報告書

柳伶旺

2025 年 9 月

カリフォルニア工科大学
Applied and Computational Mathematics PhD 課程

カリフォルニア工科大学 (Caltech) の柳伶旺です。PhD の 4 年目がちょうど始まりました。すでに 3 年を終えたということで、長かったような短かったようなという感覚を覚えています。4 年目からの後半戦も頑張りたいです。

Preliminary Exam

今月の初めに Preliminary Exam という筆記の試験を受け、無事合格することができました。試験は Caltech で受けた大学院レベルの応用数学のコア授業から 3 つ選んで受けるというものです。持ち込み無しの 3 時間のテストを 3 日間に分けて行うもので、受験生のような気分でした。受験したのは CMS 107 (関数解析)、CMS 117 (測度論的確率論)、ACM 118 (ガウス過程、カーネル法) です。指導教員の Kaushik に相談すると、難易度など気にせずただ選びたいものを選びと言われたので、合格しやすいものというよりは、より勉強したいものを選びました。CMS 117 のテストは難しいとの評判があり、ACM 118 は私が初めての受験者なのでどの程度の難易度かわからないという感じでした。難しいだけに、それに向けてより勉強したので、理解が深まりました。より簡単にパスできるであろう選択肢もあったので、勉強中はバカな選択をしたのかなと思うこともありましたが、今はその選択にとっても満足し、それを誇りに思っているところです。

奨学金

船井財団からの生活費、学費の支援は昨年度で終了しましたが、日本学生支援機構 (JASSO) の海外大学院奨学金 (特別枠) に採択していただき、4 年目からの 3 年間で支援していただけることになりました。奨学金があると研究テーマ、TA 業務などの制約が緩和されるので自由に研究ができるという点で、嬉しく思います。2 年間、学費、生活費を支援していただいた船井財団には心より感謝しております。船井財団のご支援は、不確かなことも多かった博士課程の前半の大きな支えでした。入学前は奨学金は海外 PhD に合格しやすくなることこそが大きなメリットだと思っていました。しかし入学後に実感しているのは、奨学金による研究や学びの自由度、さらにそれによる心の自由がもたらす恩恵の大きさです。自由な環境で学び、知的好奇心と情熱を大切に研究ができることはとてもありがたいことだと思います。より一層精進していきたいです。

授業

昨年度の冬学期と春学期にも授業を履修しました。履修した授業は ACM 118 (ガウス過程、カーネル法)、ACM 106b (偏微分方程式の数値計算)、ME 226 (断層の破壊力学)、ACM 204 (行列解析) です。

研究

研究もゆっくりですが進んでいます。地震断層のダイナミクスは遅く長いダイナミクスと、早く短いダイナミクスが準周期的に現れる非線形かつマルチスケールなシステムです。数学のモデルとしては非線形な摩擦のモデルと弾性体の波動方程式で表され、主に数値計算が行われています。現在は、この地震断層のダイナミクスのモデルを数学的に解析することと、それを基にモデルの数値計算を Neural Operator¹という機械学習によって代替できるのかを研究しています。地震の長期統計を精度よく近似できる手法を確立できたので、論文としてまとめようと思っています。冬には博士候補試験 (Candidacy Exam) も受けようと思っているので、博士論文の方向性なども考えていけたらと思います。

その他 1: ACM 118: Gaussian Processes and kernel methods

せっかくなので以下に、面白かった ACM 118 の簡単な内容と感想をまとめておきます。

講義の前半でガウス過程、後半でカーネル法に関して勉強しました。ガウス過程の部分の前半では、ガウス分布の基礎（一次元・多次元ガウス、特性関数、共分散行列）を学びました。そこから L^2 空間の部分空間としてガウス空間を定義し、そこでの直行射影として多次元ガウス分布の条件付け、ガウス過程の構造を理解しました。後半では有限次元（ユークリッド空間）、無限次元の関数空間（ヒルベルト/バナッハ空間）でのガウス測度、ガウス場を勉強しました。空間にエネルギー（ノルム・二次形式）のようなものを入れると自然とガウス分布が定まり、そこでガウス過程回帰が可能になるという構造がとても面白いと思いました。

後半は、カーネル法に関するもので、最初はスカラー値を取るカーネルの定義、さらにそれによって形成される再生核ヒルベルト空間 (RKHS) の理論を学びました。その後、Kernel PCA や Kernel LDA などの応用も学びました。最後には作用素を値に取る、Operator-valued Kernel に関しても学び、難しかったのですが面白かったです。

授業全体を通して、理論の統一的な見通しの良さと、登場する用語のかっこよさも相まって、非常に知的好奇心を刺激されました。

その他 2

6 月に理系 YouTuber の「でんがん」さんと UCLA の安田くん（通称るんとう）が Caltech を訪問し、パサデナで美味しい中華と一緒に食べて楽しい時間を過ごしました。

その他 3

Caltech の寮に再度当選し、もう 1 年 Catalina Apartments（通称 Cats）に住めることになりました。ルームメイトも同じです。

最後に

早いペースではないですが、着実に博士号取得に向かって歩みを進めている実感があり、充実した日々を過ごせています。また、上記のように、船井財団からの授業料、生活費の支援は終了しましたが、交流会等を含め今後も多方面でご支援いただけることに深く感謝しております。PhD の後半では、満足のいく研究成果もしっかりと残せるよう、努力していきたいと思っています。

¹関数空間間の作用素をニューラルネットワークで近似・学習する枠組みです。