

## 船井情報科学振興財団 第二回報告書

### はじめに

2024年9月より、カリフォルニア工科大学 (Caltech) の機械工学専攻、Ph.D.プログラムに在籍しております。川手里桜と申します。6月上旬に渡米し、パサデナで暮らし始めてから半年が経ちました。指導教員、研究室の先輩方、ハウスメイトや友人、Caltechに在籍している日本人の先輩方など、周りの方々のおかげで、とても楽しく充実した留学生活を送れています。

### 夏学期(2024年6月 - 9月)

夏学期の間は「Non-degree special student」という肩書きで、学部からstipendsを頂きながら研究に取り組みました。Assistant Professorである私の指導教員は、実験よりも数値計算に強いバックグラウンドを持ち得意としています。そのため実験に関して言えば、研究室の環境が整っているとは言えませんでした。そこで今年の夏はガシガシと研究を進めて成果を挙げる！ことよりも、将来的にやりたい実験を行うために必要な装置の作成など、研究環境を整えることに多くの時間を費やしました。また、指導教員から、私のPh.D.研究テーマ(仮)である「永久凍土の融解」に関する先行研究論文が格納されたフォルダが共有され、そのフォルダ内にある論文を読むことにも時間を使いました。

### 秋学期(2024年10月 - 12月)

Caltechはクォータ制を採用しており、1学期が10週間で終わります。大学まで二学期制だった私にとって、クォータ制ゆえの授業の進行スピードに慣れるまでに時間がかかりました。今学期は「ME101a」、「ME113」、「ME118」、「ACM104」という4つの授業を履修しました。<sup>1</sup>以下に、各講義の特徴を簡単にまとめます。

- [ME101a](#)
  - 流体力学の講義。先生がiPadでノートをリアルタイムで作成し、それがスクリーンに映し出されるという授業スタイル。講義は理論の導出がほとんどで、導出した理論をどのように活用するのかは、毎週出される宿題に取り組むことで学びました。
- [ME113](#)
  - lab workの講義。旋盤、フライス盤、ウォータージェットカッター、3Dプリンターなどを用いて、トロフィーを製作します。講義はない代わりに、事前に配布された資料を読み、使用するそれぞれの機械に関するテスト×5個にパスすることが求められました。

---

<sup>1</sup> MCEの学生は、入学後にThermal-fluid sciences / Mechanics of solids, structures, and materials / Robotics, Controls and Dynamicsという3つのtrackのうちのいずれかのtrackを選択する必要があります。各trackごとにcoursework requirementsがあり、秋学期が始まる前に指導教員と話し合い、2年生の終わりまでの授業履修計画を立てます。

- **ME118**
  - 熱力学の講義。先生からスライド資料が共有され、必要に応じてそのスライドにメモしていくという授業スタイル。内容はThermodynamics and an Introduction to Thermostatisticsの第1章から第9章までの抜粋で、講義内で2問程度の演習が行われました。
- **ACM104**
  - 線形代数の講義。先生が黒板に板書するという授業スタイル。ロシア語アクセントが強い先生で、情けないことに、授業中に先生が何と言っているかわからないことが多々ありましたが、毎回の講義後に共有されるまとめノートのおかげで置いてけぼりを食らわずに済みました。

ME113を除く他の3つの授業では、中間試験と期末試験がありました。全てtake home examで、学生が教室に集まって一斉に問題を解くという形式の試験しか受けてこなかった私にとって、take home examsは新鮮な経験でした。先生によっては試験の時間制限なし、人と話す・Chat GPTに尋ねること以外であれば、問題を解くために何をしても良いという自由度が高いものもありました。

研究に関して、今学期はシニアのPhD学生のcomputationalなプロジェクトを引き継ぐために、彼女が作ったモデルへの理解を深めることや、COMSOLの使い方を学ぶことに注力しました。指導教員がco-adviseしている他学部の大学院生が、卒業に向けて、自分のメインプロジェクトに集中したいということで、急遽私がその後釜としてプロジェクトに入ることになりました。2週間に一度ミーティングを行い、先輩のシミュレーション結果を検討したり、指導教員と一緒にデバッグを行いました。来学期からは私がこのプロジェクトをメインで進めていく予定なので楽しみです。※参考までに、AGU2024に投稿したアブストラクトを掲載します。

## H43L-1038 The role of initial ice morphology in controlling the thaw behavior of a permafrost soil column

📅 Thursday, 12 December 2024
🕒 13:40 - 17:30
📍 Hall B-C (Poster Hall) (Convention Center)

### Abstract

Coupling of mass balance, heat transfer and phase change in ice-bearing porous media is a complex modeling challenge but a key component in building physics-resolved predictions of permafrost, for which we lack detailed thaw mechanisms. At the pore-scale, complexity can arise when attempting to model freezing and thawing of the bulk material for two reasons: (1) the heat transfer at the pore scale influences the availability, mobility and spatial distribution of liquid water; (2) spatial distributions of ice and water in soil are highly heterogeneous in nature but are often assumed uniform in models. It is unknown how much influence these fine scale processes and spatial heterogeneities influence upscaled model predictions at the larger scale.

To address this knowledge gap, we develop a Darcy-scale model of permafrost that assumes local thermal non-equilibrium of ice, water, and sediment temperatures and considers the kinetics of phase transitions between ice and water as a function of these separate temperatures and local porosity. The thermodynamic problem is then coupled with the Richards equation to consider unsaturated flow of meltwater in partially frozen environment. Using 1D and 2D simulations that emulates a top-down thaw, we quantify the effects of ice distribution, grain sizes, and imposed thermal gradients on the temporal and thermal evolution of a thawing soil column. Specifically, we focus on understanding the role of initial ice morphology (e.g. pore ice vs. ice lens) on the thawing dynamics of a soil column.

リンク: <https://agu.confex.com/agu/agu24/meetingapp.cgi/Paper/1684554>

# 思い出



MCEの同期6人



Caltech看板の前で



Caltech入学式2024



夢のJPL見学！



お世話になりすぎている先輩の誕生日会



念願のSix Flagsへ



初めてのパンプキンカービング



Rice大学時代の友人に再会



ラボの先輩方のQual突破祝い



ラボのThanksgivingパーティー

## おわりに

結びにはなりますが、私がCaltechでのびのびと勉学・研究に励み、有意義な大学院生活を送れているのは、ひとえに船井情報科学振興財団さまからのご支援あつてのことです。日々、新たな知識を会得し、研究を通じて世界の課題解決に貢献できるよう、一層の努力を重ねてまいります。改めまして、財団の関係者様に心より感謝申し上げます。