

## 船井情報科学振興財団 第四回報告書

### はじめに

カリフォルニア工科大学(Caltech)で機械工学専攻のPh.D.プログラムに在籍しています、川手里桜です。この度、後述のQualifying Examにパスし、無事2年生に進級することができました。入学当初からこの試験の存在により「私は退学する可能性がある立場だから...。」と在学していても、どこか"よそ者"感がぬぐえなかったのですが、試験にパスしたことで、やっと安心して大学で勉学や研究に取り組むことができるようになりました。

### Qualifying Exam

Course-based examとSpecialized- study examという二つの試験から構成されるこの試験は、通称 Qualと呼ばれる進級試験で、私の所属するDepartment of Mechanical and Civil Engineering(MCE)では、2年生の秋学期が始まる1週間前に行われます。

第一試験のCourse-based examは、二人の教授の前で与えられた問題を黒板で解きながら、その解き方を説明する口頭試験です。MCEの大学院生は入学後に、Thermal-fluid sciences / Mechanics of solids, structures, and materials / Robotics, Controls and Dynamicsという三つのDepth trackの中から一つを選択し、それぞれのtrackで指定された授業を履修します(私はThermal-fluid sciencesを選択しました)。そしてQualでは、下記の四分野の試験のうち1つを選んで受験します。これはつまり、trackを決める際に一年後にどの分野の試験を受けるのかがほぼ確定することを意味します。

- Control and Robotics: [CDS 232](#), [CDS 233](#), [ME 234a](#)
- Fluid Mechanics: [ME 101abc](#)
- Solid Mechanics: [ME 102abc](#)
- Thermodynamics: [ME 118](#), [ME119](#), [ME 120](#)

問題は分野ごとに統一されており、同じ専攻の学生全員が同一の問題に取り組むことになります。試験時間は約45分。試験に先立ち15分間の準備時間が与えられます。この準備時間中、試験問題を確認し、考えをまとめることができますが、教科書を含む参考資料の参照は認められていません。以下、当日の私の試験の様子を簡単にまとめます。

私の試験官は、Prof. Dale I. PullinとProf. Tim Coloniusでした。前の学生さんの試験が終わり、入室すると、問題文が書かれた紙と十分すぎる量の白紙をすぐに渡され、「15分後に戻ってくるので、これらの紙を自由に使って試験の準備をしてください。」と言い残し、教授たちは一旦部屋を後にします。例年通り大問は二問で、第一問(Pullin教授担当)は、圧縮性流体(衝撃波や膨張波、接触不連続面)に関する問題、第二問は(Colonius教授担当)粘性流体(Poiseuille流、NS方程式)に関する問題でした。パッと見て第二問は比較的解きやすそうな問題だったため、15分の準備時間で第二問を大まかに解き、第一

問に関しては一か八かで勝負をすることに決めました。模擬試験<sup>1</sup>の段階では、私は黒板で書くスピードが遅いと指摘を受けていたこともあり、本番では先生方が戻られるまでに、第二問に必要な図、Assumptions、Boundary conditions、簡略したNS方程式は書き終えておくことで、教授との本質的な議論に時間を多く取れるよう準備しました。先生方は部屋へ入るとすぐに黒板を見つめ、第二問から解き始めたいのかと確認しました。私が「はい」と答えると第二問の担当であるColonius教授との会話が始まりました。試験中のやり取りは少し省略しますが、一連の試験を通してお二人の教授は、複雑な関係式を覚えていたり、難しい問題を鮮やかに解けたりという部分ではなく、流体力学や数学<sup>2</sup>に関する基礎的な知識を用いて、その解き方をどこまでクリアに説明できるかという部分を見ているようでした。また、問題上の流体に生じている流れをいかに正しく捉え、シンプルな図に落としめるかという点にも重きを置いているように感じました。

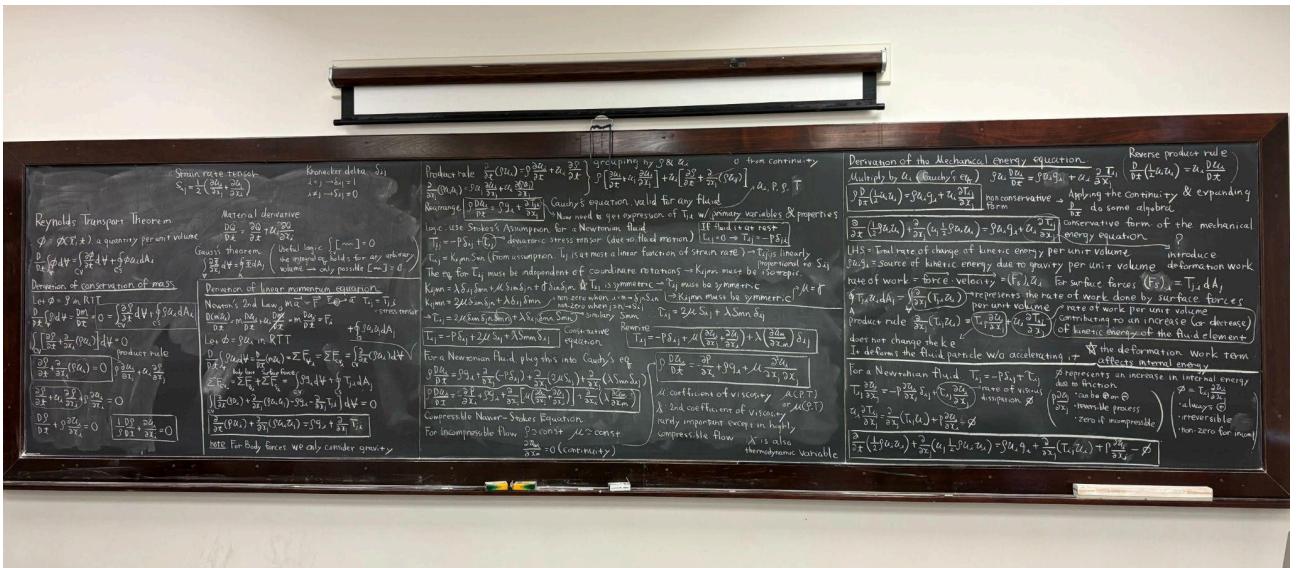
試験対策にまつわる余談ですが、MCEが私の代の前年度に学生を少々取り過ぎてしまった影響で、自分の学科の同期が6人しかおらず、さらにそのうちFluid Mechanicsを選択したのは私ひとりだけという前代未聞の事態が発生していました。例年の場合、4 - 5人いるFluid選択の学生と夏学期に皆で集まって議論をしながら、講義ノートの復習や過去の宿題、中間・期末試験の解き直しを行うというスタイルで試験対策をします。しかし私はそのような仲間なしで、自分で計画を立ててコツコツと勉強をする必要がありました。また口頭で説明しながら黒板で問題を解く試験への対策は、留学生の私にとっては新鮮で、慣れるためにある程度時間を費やすなければなりませんでした。そんな中でもMCEの先輩方との模擬試験に加え、以下のような学習法はとても助けとなりました。

- [Prof. John M. Cimbala](#)による講義動画の視聴
  - CaltechでPh.D.を取得されたというバッググラウンドに起因してか、チャンネル内の講義でカバーされているトピックがME101シリーズで私が学んだ内容をほぼ網羅しており、授業の復習にとても役立ちました。繰り返し視聴し、シャドーイングを行うことで、英語による説明のコツも身につけることができました。
    - [Graduate Fluid Mechanics Lesson Series](#)
    - [Compressible Flow Lesson Series](#)
- その日の学習内容を何も見ずに口頭で説明しながら黒板に書き出すこと
  - この勉強法によって、話しながら黒板に書くことに慣れ、覚えるべき基礎知識を記憶により定着させることができました。特に、Reynolds Transport Theoremからmass、momentum、energyに関する式、Navier–Stokes方程式の導出がスラスラとできるように練習を重ねました。
- Bone Bookの活用
  - Bone Bookとはいわば過去問集で、学科の先輩方によって代々更新されて学生の間で受け継がれてきたものです。問題文が書かれた紙は試験時に回収され、その答案も公開されません。そのため、これまでの先輩方が試験後のフレッシュな記憶を頼りに問題文を再現し作成してくださった答案がとても大きな支えとなりました<sup>3</sup>。日本人で過去にQual試験を受けられた[平先生](#)や[安藤先生](#)、FOSの先輩である[前田先生](#)が作成された過去問ももちろん拝見し、先生方のように私も大学院中に面白い研究成果が挙げられるよう頑張りたいと、改めて身が引き締まる思いになりました。

<sup>1</sup> 例年、試験日の2週間ほど前から、MCEの先輩大学院生のお力を借りて模擬試験を行います。私の場合は過去に流体の口頭試験を受けた先輩方数名にメールを送り、5回ほど模擬試験をしました。試験後には毎回、有益なフィードバックやアドバイスをくださいり、とてもありがとうございました。

<sup>2</sup> ここでいう数学とは、常微分方程式の解き方やテイラー展開を用いたweak shock近似などを指します。

<sup>3</sup> 今年度は受験者が私一人だったため、自動的に私がこのBone Bookの作成を担当することになりました。



▲ 黒板を用いて知識を整理する様子

以上が第一試験、Course-based examに関する説明で、次に第二試験のSpecialized-study examについてお話しします。

Specialized-study examは、学生が自身の専門分野における研究論文を深く理解し、内容を批判的に分析できるかを評価する口頭試験です。試験では、指導教員と相談のうえで選んだ1本（または複数本）の論文について、指導教員ともう一人のMCEの教授の前で発表を行います（ジャーナルクラブのプレゼンテーションに近いかもしれません）。

発表時間は20分で、選択した論文の背景や先行研究、研究目的、用いられている理論や手法、その結果や意義について説明します。特に重要なのは、単に論文の内容を紹介するだけでなく、研究手法の長所・短所や仮定、限界点を自分の言葉で評価し、その先どのような研究につながっていくのかを示す点です。発表後には質疑応答の時間が設けられ、教員から研究内容の理解度や、問題設定の妥当性、技術的なアプローチについてその場で質問を受けます。そしてそれに対し、必要に応じてホワイトボードを使いながら説明をし、自分の専門知識と論理的思考力を示すことが求められました。この試験を通じて、学生の専門分野における基礎力と研究を主体的に捉える力が総合的に評価されます。

私は指導教員のリクエストでこちらの論文 (Anderson and Worster, *Langmuir*, 2012)についての発表を行いました。試験を振り返り、教授とより深い議論ができるよう準備により多くの時間をかけるべきだったと反省しました。先ほど述べたもう一つの試験、Course-based examに対する不安からこちらのプレゼンテーションの準備が入念にできており、試験官の教授からの鋭い質問に対して上手く答えられなかった部分があり、指導教員のアシストを借りるという情けない思いをしてしまいました。Qual試験の合格の結果を指導教員から伝えられた時も、このことについてはアドバイスをいただき、論文の中で批判的に注意深く読めていなかった点について指導をしていただきました。

Qualに向けて勉強した日々や、実際の試験で受けたストレスと準備に費やした時間を考えると、もう二度と受けたくないというのが正直なところですが、今回の試験を通じての学びや経験は今後の研究やその先に向けた自信になりました。

## 研究

夏学期はQual対策に集中していたため、研究は秋学期から再開する形となりました。

私の所属するラボでは、年に一度は学会で発表する経験を積んでほしいという指導教員の方針があり、私も先月末に行われたAPS Division of Fluid Dynamics(通称DFD)で口頭発表を行うために研究を進めていきました。前回のこちらの報告書でお話ししたモデリングの研究ではなく、春学期から少しづつ進めていた実験プロジェクトについて発表をしました。

この研究プロジェクトでは、永久凍土の融解過程における地盤変形のメカニズムを、室内実験を通して明らかにすることを目的としています。永久凍土の融解は、インフラ被害や温室効果ガス放出などを通じて、北極圏の社会や地球規模の気候に大きな影響を与えることが知られています。実験では、実際の永久凍土を単純化したアナログ実験系として、ガラスビーズと氷を用いた多孔質媒体を作製し、その融解過程を可視化しました。特に氷の存在形態(ice morphology)の違いが、融解時の変形挙動にどのような影響を及ぼすかに注目し、層状に形成された氷と分散した氷の二つのケースを比較しました。ガラスビーズの粒径を変えた試料を用い、一定温度条件下で融解を進行させます。そして融解に伴う地表(ガラスビーズ)面の沈下や内部構造の変化を時間的に追跡し、初期の氷体積に対する見かけの体積変化を定量化しました。その結果、層状氷を含む場合には、粗い粒径のビーズでは局所的に不均一な沈下が生じる一方、細かい粒径のビーズでは比較的一様な変形が起こることがわかりました。また、分散した氷を含む系では、融解に伴って粒子のジャミングやブリッジ構造が形成され、変形様式が異なることが示唆されました。

今回の学会は、私含め研究室の学生4人が参加しました。4人とも口頭発表を希望してアブストラクトを提出したものの、私ともう一人が口頭発表、との二人はポスター発表に回されてしまいました。グループの代表発表者の一人として、指導教員からの期待とプレッシャーは高く、できる限りクオリティの高い発表を行えるよう発表前日ギリギリまで準備を行いました。

DFDは流体力学分野で最大級の国際会議で、毎年約3,500人の研究者・学生が参加します。30以上のテクニカルセッションが同時並行で行われ、私は[Porous Media Flows I](#)というセッションで発表を行いました。当日は50人ほどの方々の前で発表し、質疑応答では時間いっぱいまで質問を頂き、貴重な経験をすることができました。発表後、指導教員のもとへ、私の発表を聞いた他大学の先生から面白い研究だというリアクションメールがあつたり、大学院生から声を掛けていただいたりと、手ごたえのある発表をすることができてとても嬉しかったです。来年のフロリダで開催されるDFDにも参加できるよう、次の1年間も引き続き研究を頑張っていきたいです。



▲ 指導教員の友人の先生の学生さんと夕食



▲ APS Journalsブースで貰えるアヒル

## 想い出

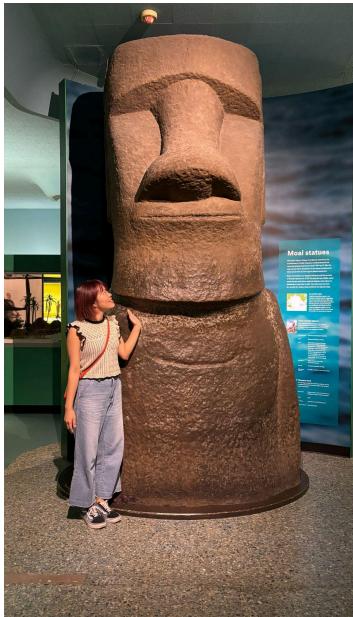
写真1-3: 夏学期が始まる前に少しだけ休暇を取ってNY旅行をしました。人々がせかせかと歩く様子やレンガ作りの縦長のアパートなどLAでは見られない光景が新鮮でした。セントラルパークの周りにある美術館や博物館を巡り、マンハッタンの主要な観光地を訪れてあっという間に旅行を終えてしまったので、次回はブルックリンの方まで散策したいです。

写真4,5: ONEPIECEコラボのドジャースの試合を友人たちと観戦しに行きました。残念ながら大谷選手のホームランは見られなかったのですが、試合後に行われたONEPIECEのドローンショーが期待を上回る高クオリティなショーで感動しました！

写真6: 母校・明治大学で常勤理事を務められる岡田 誠司さんがLAを訪問されたため、校友会LA支部の先輩方が開かれたお食事会に参加しました。様々なお話を伺い、Ph.D.留学という進路選択を明治大学の学生方に知っていただくために、今後何らかの形で大学の担当者と協力して活動していきたいと思いました。

写真7,8: Kia Forumで行われたLE SSERAFIMのライブに友人たちと行きました！高いお金を払った分、ステージに近い良席でライブを楽しむことができました。LAポップアップ限定Tシャツを着てペンライトを振り、周りのファンの方々と一緒にFanchantをし、Qual前の息抜きになりました。

写真9: 今年も指導教員の自宅でFriendsgivingパーティーが開かれました。今年のテーマは「food from your culture/childhood」ということで、私はLittle Tokyoにある風月堂というお店でいくつかの和菓子を買って行きました。指導教員の息子さんにmochi sweetを気に入ってくれたようで嬉しかったです。



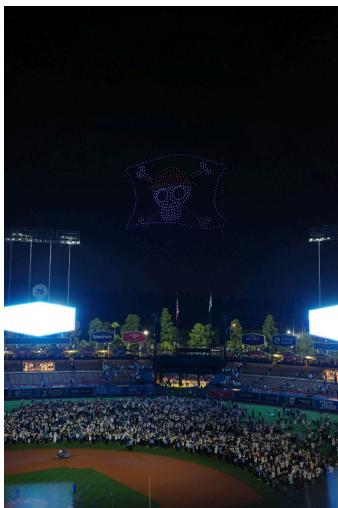
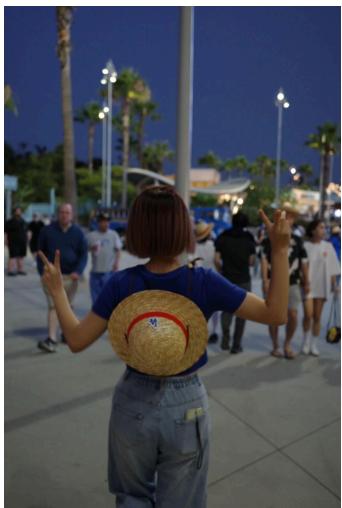
▲写真1: 某映画でお馴染みのモアイ像



▲写真2: Grand Central Terminalで📸



▲写真3: 初のジャズバー✨



▲写真4,5: 入場者限定麦わらハット&ドローンショー

▲写真6: 岡田理事とのお食事会

▼写真9: Friendsgivingパーティ



◀写真7,8: LE SSERAFIMのライブの様子

## おわりに

まだまだ先の見えない不透明な情勢ですが、Funding周りの心配をせずに勉学や研究に打ち込む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皆さまからの多大なるご支援のおかげです。この場をお借りして改めて心より感謝申し上げます。今後もこの恵まれた環境に甘んじることなく、自らの専門性をさらに高め、研究成果として還元していくよう、より一層精進してまいります。