

スタンフォード大学大学院について



田中 智彦
Tomohiko Tanaka

2003年9月に Mechanical Engineering Dept.博士課程に入学し、John K. Eaton 教授指導の下、固気二相等方性乱流の乱流変動高分解能 PIV/PTV 計測を行っています。海外報告に際し、アメリカの大学院を大学院生の視点からご紹介しようと思います。アメリカ大学院のシステムは、日本ではあまり知られていないことも多く、私自身入学後に初めて分かったことも多々ありました。これは米国大学院に在籍する日本人学生が比較的少ないこと(スタンフォード大学院工学部の日本人学生は各学科に1-2人程度)も一因かもしれません。より活発な日米交流を願い、この場をお借りして大学院の詳細をご提供できればと考えています。

本稿では、スタンフォード大学の概要を簡単にご説明した後、大学院の修士過程と博士過程の二つをご紹介します。ここでは、私が修士過程修了まで学んだ日本の大学院(慶應義塾大学菱田研究室)の経験を基に、特に日米大学院の違いに焦点を絞りました。

大学概要

スタンフォード大学はカリフォルニア州、サンフランシスコから約50km南東にある大学です。正式名称は Leland Stanford Junior University といい、大陸横断鉄道セントラルパシフィック鉄道を創立者した Leland Stanford が、早逝した子息の Leland Stanford Jr.を偲んで1891年に設立しました。

研究レベルは高く、学内には18名のノーベル賞受賞者がいます。今年も Kornberg 教授および Fire 教授の二名が受賞しました。研究以外でもシリコンバレーの中心地として重要な役割を果たしてきました。Google を始めとしたシリコンバレーの中心的な企業創始者を次々に世に送り出しています。近年の Youtube 買収に感化される学生も多く、企業家精神が強いことが一つの特色です。

また、私の在籍する Flow Physics & Computation (FPC) は機械工学科において5つある部門 (Biomechanical Engineering, Design, Flow Physics and Computation, Mechanics and Computation, Thermosciences)の一つで流体力学の研究を行っています。流体計算の方向性を決定付けたといわれる1980年のスタンフォード会議は広く知られており、その後スタンフォード大学と NASA の共同出資により設立された Center for Turbulence Research (CTR)は流体計算の最先端の一角を担い続けています。

スタンフォード大学概要のさらなる詳細に関しましては、近年の海外報告(黒瀬, 2005)をご紹介するに留まり、ここでは割愛させていただきます。これより、アメリカ大学院の学位取得過程に関して、修士、博士の二つに分けて説明していきます。

修士課程

修士課程の大きな違いは授業と研究の割合です。日本では研究に大きなウェイトを置き、授業は比較的小さな割合となるのが一般的です。一方、アメリカ修士課程では授業が中心となり、研究をほとんど行いません。大半(7-8割程度)の修士課程の学生は研究室に所属さえしていません。修士課程の目指す教育の方向性が違うので、両者を単純に比較することはできませんが、日本の大学院生が必死になって従事している研究に代わるアメリカ修士課程の授業について触れたいと思います。

まず授業の概要ですが、スタンフォードでは4学期制をとり、一学期が3ヶ月間で終わります。

また、夏学期の授業は必修ではなく、この期間を利用してインターンシップを経験する学生も少なくありません。通常一学期に3授業(9-10単位)をとり、1年から2年の期間で修士号を取得します。修了の時期は卒業に必要な45単位を取得さえすればいつでもよく、融通が利きます。年間を通じて新卒雇用を行うアメリカならではの感覚かもしれません。

アメリカ大学院の授業のレベルは、日本のレベルと同程度あるいは少々高めです。日本では、高レベルな教材を効率良く短期間で消化する一方、アメリカではじっくりと時間をかけて進めます。一般的な授業形式は、一科目あたり週2コマの講義(各75分)、Teaching Assistant (TA)セッションがあり、それに加え宿題が毎週出題されます。

講義自体はとても活発で、講義中にもどんどん学生から質問があがります。初めはその文化的な違いに少々戸惑いましたが、今では慣れ、質問も気軽にできるようになりました。

TAセッション(約1-2時間)では、TAが講義を復習した後、宿題に似た例題を解説します。学生はこの例題を参考に宿題を解くので、皆真剣にセッションに参加します(宿題がすらすら解ける一部の学生は逆に参加しません)。また、例題解説後は質問の時間が設けられ、宿題に絡んだ質問をすることができます。上述のようにTAの制度は日本と少々異なり、担当の学生は多くの労力を割きます。すなわち、TAセッションの準備、オフィスアワー、学生からの質問メールの対応、毎週の宿題解答制作といった諸々の仕事をこなさなくてはなりません。その労力の対価としてTAを行う学生は大学から授業料免除に加え、生活費が支給されます。TAは教育経験としても重んじられており、機械工学科では博士号取得の条件の一つとして最低一学期以上のTA経験が課せられています。

宿題も重厚なものが毎週出題されます。実際に問題を解き、その解答を元にMATLABでコーディングを行い、解を図で表示するというのが一連の流れです。この一連の宿題をすべて自力でこなすことはなかなか難しく、必ずどこかで躓くように作られています。それに対応するために、学生は週に数回設けられたオフィスアワーにて気軽に質問することができます。また、少人数の勉強グループを形成し、皆で議論しながら宿題を解くことも多いです。勉強グループで宿題を解くことは教授陣からも推奨されており、それは教え合うことで、分かった気になっていた部分や、勘違いをしていた部分を理解し、また違った角度から問題を見ることができるためです。また、現実問題として、すべてを一人で解いた場合、なかなか消化しきれないという現状もあります。

以上、一連の講義、TAセッション、宿題をこなす上で、一科目につき、週に約10時間以上は費やされ、3科目の授業をとると最低でも30時間ほどの時間を費やすこととなります。もちろん、いい成績を目指したり、深く勉強しようとしたりするとそれ以上の時間がかかります。特にアメリカでは、成績に対する情熱は日本に比べると高く、また、成績によって博士課程に進む可能性が広がるので、修士の学生は四六時中授業に追われることとなります。

博士課程

機械工学科では博士号取得までのプロセスには、大きく3つの難関、すなわち研究室配属、博士資格審査、博士論文発表があり、日本の大学院と大きく違うのは研究室配属及び博士資格審査の二つです。この二点について以下ご紹介いたします。

アメリカの博士課程は良くも悪くも合理性を追求したシステムで、それが研究室配属という形で如実に現れます。研究室配属は教授と学生との間の一種の雇用関係を意味します。教授はスポンサーから得た予算を用いて、学生をリサーチアシスタント(RA)として採用し、研究を進めます。博士号取得のためには修士在籍時に何処かしらの研究室配属をしなければならず、これが一つの関門となります。また、配属方法は学生が奨学金を持っている場合と持っていない場合で大きく異なります。

奨学金を持っている学生は通常、修士入学と同時に研究室に配属しなくてはならず、この関門は自動的にクリアされます。教授側も学生の奨学金受給期間(1-3年)は出費がなく、奨学金終了後の数年間だけを支払うという面では出費が最小化されます。教授としては奨学金を持つ優秀な学生を配属させる事ができ、また、学生も優位に研究室を選ぶことができるという点で、両者のメリットが合致するケースといえます。

次に、学生が奨学金を持っていない学生が研究室に配属されるケースです。機械科では実験実習授業の代わりとして、研究室配属(受け入れ先教授の許可が必要)によって単位を取得することができます。この研究室配属機会は奨学金を持たない一般的な学生の博士課程進学のための重要なチャン

スであり、また、閉門となります。このケースでの配属では、教授の配属許可を得ることと配属後短期間で成果をあげることが必要です。学生が研究室配属を希望した場合、まず受け入れ先研究室教授との交渉(売り込み)から始まりますが、この交渉は通常修士1年目が終わる頃に行われます。これは配属交渉までの一年間で、良い成績や授業での積極性といった配属選考材料を準備するためです。学生が博士課程としての可能性があると見込まれた場合、授業科目の”independent study”を用いて、一学期間のお試し配属が可能となります。そこでの研究結果次第で、次学期へと延長が可能となり、個人差はありますが、3ヶ月から1年程度の independent study を経て、RAとして正式に配属をすることができます。ただ、限りある研究室配属枠の大半は前述の奨学金を持つ学生によって占められており、この段階で配属されるのは決して簡単ではありません。

第二の関門が博士資格審査(Quals)です。これは博士課程に移るための試験で、これを合格して初めて”Ph.D. candidate”となります。私自身、日本で修士を卒業して博士課程に入学しましたが、Quals を合格するまでは、”Post master”と呼ばれ半人前博士課程とみなされておりました。Quals は大学や学部によっても大きく異なりますが、スタンフォード大学の機械工学科では二時間の口頭審査です。審査員は4人の教授から構成され、20分間の研究計画発表の後、各教授の専門分野の基礎学力を試験されます。1科目25分間の内に出題された問題を黒板のみを用いて計4科目を解答するという形式です。私の受験科目は流体(非粘性、粘性、圧縮性)、数学(線形代数、偏微分方程式)、伝熱(伝導、対流、放射)、実験手法(乱数処理、信号処理)の4科目でした。

試験の審査内容は、学んだことを応用する工学的な能力及びそれを的確に説明する能力です。大抵の問題は黒板だけでは厳密には解けないようなものであり、仮定を的確に設定し、学んだ知識と諸々の保存式から、解を叩き出すという一連の解法が審査されます。出題問題は決して易しい問題ではないため、学生は通常試験2ヶ月前から、勉強グループを形成しお互いに教えあい、練習問題を出し合って試験に励みます。折角ですので流体の過去問を一つご紹介します。これは1999年に Eaton 教授が実際に出題した問題なので、実際の試験をより深くご理解いただけるかと思えます。

- Q. The boundary layer is shed as vortices at the end of the plate as shown in Fig. 1. Make appropriate assumptions and approximations to calculate the pressure at the center of the vortices.

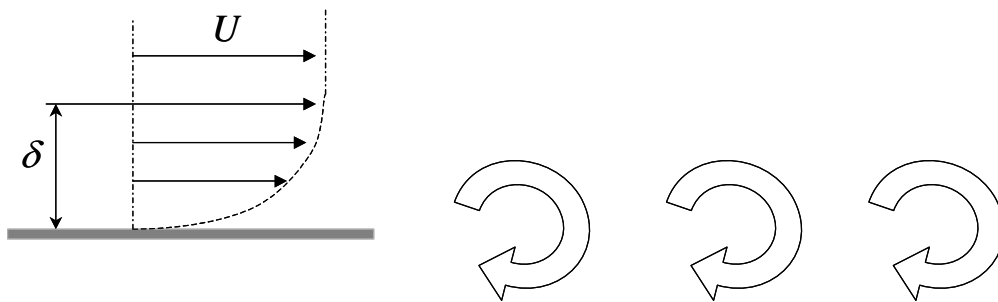


Figure 1. Vortex shedding.

試験を終えた感想としましては、勿論、知識や学力も大切ですが、何としても解を出すという気迫のようなものが最も大事なような気がしています。なお、上記の問題の略解法例を最後に記載しておきましたのでご参照ください。

また、資格審査受験資格は成績で基準が設けられています。基準以下の場合には資格審査を受けることができないので、通常は研究室配属の段階でふるいがかけられます。受験機会は2度あり、2度落ちると大学を去ることになります。そのため、修士のうちに資格審査を受け、落ちたら修士のみ取得して卒業し、合格したらそのまま博士課程に移行するのが最も多い形です。また、博士から入学した場合はリスクも大きくなります。試験に二度落ちて何も結果が残せずに退学になったという例も近年ありました。

試験を通過後、卒業までのプロセスは日本もアメリカも大きな差はないと思えます。ただ、こ

のような一連の授業と試験を経るために、日本と比べ卒業に時間がかかるという特徴があります。機械工学流体分野一般では、修士を含めて6,7年が卒業に費やす平均年数です。10年以上かかる学生もいますし、年数の幅も様々です。

最後になりましたが、私の所属する研究室の雰囲気を少しだけご紹介します。研究室は皆和気藹々としていて、とてもカジュアルです。このカジュアルさはアメリカ西海岸全体の特徴のようです。例えば、ハロウィーンの日には教授が仮装姿で授業をしたり、学生が教授を下の名前(ファーストネーム)で呼んだり日本にいた時は想像すらできなかったことでした。先日、このカジュアルさを象徴するイベントが研究室でも行われました。Eaton 教授がモヒカンになりたかったというのが発端で、皆揃ってモヒカンになり、近くの峠までサイクリングに行きました。写真はその時のもので、左端が Eaton 教授です。50歳過ぎの大学教授がモヒカンになるというのはとても貴重で、なかなか面白いイベントでした。勿論いつもこのように砕けているわけではありませんが、概して楽しい研究室です。



Figure 2 Eaton 研究グループの人々。

以上、簡単ではありましたがアメリカの大学院の概要をご紹介させていただきました。このような貴重な体験をもとに、更なる研究活動に役立てていこうと考えています。

謝辞

博士課程に入学にあたり慶應義塾大学菱田教授にご支援頂きました。深く感謝いたします。また、博士課程における研究を行うにあたり、NASA micro-gravity fluid physics program (Grant: NCC3-640)よりご支援を頂きました。謝意を表します。博士課程において様々なご指導、また本稿執筆の際、試験問題公開にも快く了承して頂いた Eaton 教授に感謝いたします。

(略解法例) まず境界層における渦度フラックスを求め、各渦の時間間隔をカルマン渦のストロハル数を参考に見積もります。そして、一つの渦周囲の循環を求めます。渦をランキン渦としてモデル化し、渦径を境界層厚さ程度と見積もります。ランキン渦端の速度を循環の保存則より求めます。無限遠方の圧力を大気圧としてベルヌーイ式より渦端部の圧力を求め、最後にオイラー式より、渦中心の圧力を見積もります。

参考文献

黒瀬, “スタンフォード大学滞在記”, 粉体工学会誌, 42, (2005), 271-274.

著者略歴

- 2001 年 慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科 卒業
- 2003 年 慶應義塾大学大学院理工学研究科修士課程修了
- 2003 年 スタンフォード大学工学部機械工学科博士課程入学