

大学紹介ーカリフォルニア工科大学

高田 淑子¹

1989年夏、惑星探査機ボエジャー2号が海王星接近を果たし、太陽系遙かかなたからマリンプルーの海王星とその衛星トリトンの画像を送ってきました。教室に集まった教官・学生らは、それらがJPL直結のテレビスクリーンに映し出された瞬間、一斉に歓声をあげました。その中にいて、私は、感動と言うよりはカウンターパンチを受けたような、これが惑星科学だと見せつけられたような……そうです。これが私の大学院生活の始まりでした。

そこで、この記事では、米国の惑星科学のPhDコースの紹介を含めて、私が大学生活を過ごしたカリフォルニア工科大学の惑星科学科を紹介します。

大学

カリフォルニア工科大学(カルテック)はロサンゼルス郊外のパスadenaという町にある。パスadena市には、惑星探査を包括している米国航空宇宙局(NASA:National Aeronautics and Space Administration)のジェット推進研究所(JPL:Jet Propulsion Laboratory)も存在する。ロサンゼルスは米国内でも、メキシコ人アジア人の人口に占める割合が高く人種のもつば中のもつばである。今話題の野茂投手もロサンゼルススペースのドジャーだったから成功したという話もある。

さて、カルテックの学生数は、大学生大学院生、あわせて、約1500人。物理・数学・天文、生物、

化学・化学工学、工学・応用科学、社会科学、そして、私が所属していた地質・惑星科学の学部からなる、理工系の小さな単科大学である。とはいえ、今までに、20人以上のノーベル賞学者を輩出しており、それぞれの学部が特徴のある研究の場となっている。キャンパスは狭いが、いつも芝生が青々とし、花壇には花が咲き、噴水あり、趣のある建物ありと、施設の維持にも結構投資されている。とはいえ、これは町並み・人家全般にいえることかもしれない。

大学院生は、一時期、全体で中国人が数十%を占めた。惑星科学科は比較的留学生が少ない方である。といっても、英・仏・瑞・中・日・露・豪と、20-30%位は、外国人。私が初めてのアジア人。惑星科学自体が現在まで欧米主体であったことを物語っているのであろう。現在は、アリゾナ大学・MITを卒業された小松さん、並木さん、ブラウン大学の杉田さん等、日本人の米国産惑星科学者も増えてきている。時代を反映しているのかもしれない。

惑星科学科

地質・惑星科学学部は、地質、地球物理、惑星科学、そして、地球化学の4学科から構成されている。実際は、それぞれの教官、あるいは、学生が、学科を越えて、研究活動を実施している。各学科5~8人の教官と、それぞれの教官が、1~5人の大学院生を受け持っており、学部は、スタッ

¹東京大学理学部

フの人を加えると100人近い人員構成となる。

惑星科学科は、地質と地球物理学のあとに、約15年前に設置された学科である。

惑星科学の教官は、大気力学のインガーソル、大気化学のヤング、レーダー観測のミュールマン、惑星内部物理のステーブソン、惑星地質のマレー、惑星力学のゴールドライヒ、天文観測機器のウエストファルで構成されている。また、他学科との兼任で地質学科のアルビー・宇宙化学のブレイクもいる。それぞれが、その分野の大家であるという意味では、少数精鋭である。多種の惑星に関する事象に多様な切り口からアプローチし、それを統合的に解釈できるというのがメリットである。たとえば、彗星が木星に衝突した際には、レーダー観測により木星をとらえる人、ガリレオ探査機に関わっていた人、また、大気の波動現象、衝突現象、大気の化学変化等の理論的解釈をする人など、絶対人数の割に、いろいろな角度からそれぞれの教官・学生が関心を持って望んだ。合理的な組織である。ただ、ここ10年間新しい教官が増えないという悩みもある。その分、地球化学、鉱物学、また、地球物理学的なアプローチで惑星物質や、惑星環境を扱っている学部内の他学科の教官との共同研究も多い。

学科のコンピューター環境はマースオブザーバー(MO)の予算のおかげで数台かのスパークステーションがつい最近導入された(我々にとってMOの唯一の遺物!)が、それ以前は、主にマイクロボックスを使っており、日本に比べると決して良い環境ではなかった。しかし、大学やJPLのスーパーコンピューターが、プロポーザル制で一定のCPU時間料金制度なしで使用可能という点ありがたい。

また、学科ごとに、コンピューター・ネットワ

ーク環境を専門にするシステムマネージャーがいるため、教官・学生は、研究に没頭できる仕組みになっている。実験に関しても、実験をする専門家がいます。彼らは、研究とは一線を画している。米国の一般の大学ではこのように仕事が細分化している。日本のように、全て何でも自分でしなければいけない環境とは違う。どちらがよいかは、ケースバイケースだと思う。

PhD コース：授業と研究

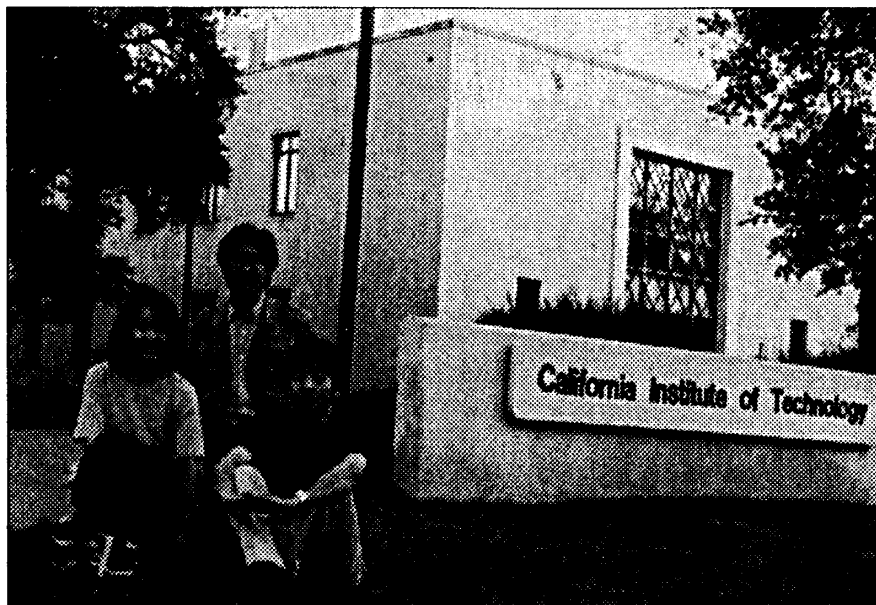
日本の多くの大学は、2年間の修士過程を修了すると3年間の博士課程に進学するが、米国の理学系の多くの学部は、修士課程のみの学生をとらない。最初から5年間の博士課程に入学し、その間に修士の学位を修了していく。もちろん、博士の学位の取得のためには、修士の学位の必須項目をカバーしなければならない。また、博士コースの場合、入学後1-2年後に進級テストがあり、博士コースに残れるかを試される。これに通らないと、退学しなければならない。この際に、修士の学位だけ修了して今後の将来に役立たせる場合が多い。もちろん、自分にあわないと考え、自分から、転身、あるいは、他の分野に移る人もいます。

進級テストは当学部の場合、2年目の初めに実施され、それまでの1年間に実施した2つの研究の研究発表と試験官5人との質疑応答を一人当たり約半日実施するものである。それまでの授業の成績も少しは加味されるようであるし、また、今後研究をサポートする教官がいるか否かも重要な決め手になるようである。また、半年後に追試というケースもある。

修士課程の要求は、惑星科学で最低5単位、学部の中のコア科目4つ(惑星科学・地球化学・地質・地球物理)と最低5単位の同学部他学科のコ

▼著者（左）と二人の先輩

ース、また、他学部の授業を5コースとらなければならない。また、‘惑星科学博士’では、就職先に困難をきたすといけないため、マイナーコースをとることを義務付けられている。それは、物理であったり、地質、地球化学、地球物理、工学など、様々である。これらの授業は最初の2・3年間で修了するのが一般的である。惑星科学の授業では、惑星科学全般をはじめとして、大気



(力学・光化学・熱放射)、惑星地質、天体力学、レーダー観測など各教官1-2科目を提供している。その他、天文・地球物理学科等で惑星科学に関連した授業、たとえば、惑星内部物理や天体物理等も提供されている。とにかく、最初の数年の間に、基礎的な勉強をすませて、その後は、毎日を研究に費やすことになる。

コースの授業は週3時間の講義と講義内容を確認するための宿題と、あわせて、標準9時間(9単位)を考えられているが、宿題の量は結構な量である。授業は、普通の授業形式のものもあれば、小研究を実施させるもの、それらを組み合わせたものなどである。最初に、研究をするための基礎知識と手法を学ぶ。日本では、論文の輪読などがセミナーで実施されているところもあるが、論文をみんなで読むといったことはあまりない。それぞれに、興味のあるところが違うからというのが第一、英語の壁がないのが第二の理由だろうか。

学生の博士論文のテーマの決め方は多様であるが、2年生の終わりには大部分の学生がテーマを決めている。内容は、まずは、指導教官と話し合い

で決めるが、進級試験で実施したりサーチを発展させる場合も多い。また、JPLの研究者を実際の研究指導教官とする学生もいる。

学生の目的は研究することであり、そのための勉強であるという目的意識がはっきりしている。勉強と研究は違う。それは、たぶん人数の中で、自分が他の人に比べて秀でるものを身につけて論文をまとめて、アイデンティティを確立することが、将来につながるという意識からであろう。

特に惑星科学の研究に関して言うと、カルテックの良いところは、JPLが近くにあり、それらの、資源(人的・物的資源)を共有できることである。また、一週間に1回ずつ学部・学科それぞれで、外部からゲストスピーカーを呼んで、最新の各分野のトピックスを聞けるというのもおもしろい。学内においても、他学部のいろいろな分野の人に自分の研究を紹介したり、アイデアを交換する事は活発に行われている。私も航空工学の先生の所に、たびたび自分の研究に関して意見を求めに行ったり、化学工学の学生と何回ともなく討論したりした。同様な現象を取り扱う他分野の新しいまた、違

った考え方を学ぶといった自由な研究の風土がある。

さらに、教官⇔それぞれの大学院生という、ある意味では、一対一での研究の進めの方が、教官→博士課程の学生→修士過程の学生→学部学生といった研究グループ体制よりも多い。意見交換は求める。が、各人が個性のある、他人と視点の異なる研究を実施するように心がけられている。

学生の義務、あるいは、権利は研究をすることである。その他に、ティーチングアシスタントとして、2年生以降、1年に1科目、授業の教官補助を実施する。これは、主に宿題・レポート・テストの採点であるが、先生のいない時に授業を担当することもある。PhDの学位取得のためには、修士課程と同様な必須授業以外にももちろんPhD論文の審査・提出がある。だから、博士課程の中で一番忙しい時期は、授業と最低二つの研究をしなければならない入学して進級試験が終わるまでと、卒業前のドクター論文を仕上げる時期である。

学生

さて、日本では、大学のピラミッド構造なるものが存在し、どの学部も大学という名前のランキングのもとに全てが計られることもままあるが(惑星科学の分野はそうでもないのかな?)米国の大学においては、学部ごとに特徴を持ち、学部、あるいは、学科の評価・実績は、必ずしも大学の総合評価とつながらない。だから、一般的に、大学生が大学院を選択する時は、自分が何を大学院で勉強したいか、また、将来どのような職業につきたいかを見極めて、学校を決める。社会に一度でて、大学院に戻ってくる人も多い。また、途中で休学して、他の世界を覗く人もおり、平均年齢も日本より高い。また、既婚者や、子持ちの人もいるし、バツイチもいる。だからといって、研究や

仕事に影響があるわけではない。徹底した個人主義なのか。

惑星科学科の学生のバックグラウンドは多様で、数年間、JPLでエンジニアとして働いていた人が惑星科学を勉強しPhDを取得したいために大学院に戻ってくる人、教師をしていた人、あるいは、ピアニスト(!)、他の大学院から再度入学する人、もちろん、通常の学部から直接大学院に進学する人、また、飛び級をして若くして大学院に来た人もいる。また、専攻も、物理、地球科学、化学、工学系、天文、と多岐にわたる。惑星科学は一種雑学的なところがあるから、何かに強いというのは重要であろう。また、一般に、米国では、大学・大学院・その後の職場と、同じ所にとどまる人は少なく、居場所をどんどん変えていく。視野・人間関係を広げるというのが理由のようである。

教官と学生

教官が学生をサポートするという意味は、研究の指導をするという意味以外に、経済的にもサポートするということを意味している。大学院の学生は、通常、月あたり、\$1000-1500の生活費・給料を得、授業料は免除されている。(カルテックなどの私立大学では、授業料はばかにならない)これは、実際には、指導教官の予算から削られている。だから、指導教官と学生は一種の労使関係である。財政的に余裕のある教官は何人もの学生を囲い、余裕のない先生は、学生にいかなる内容であっても予算をとった内容の研究の成果をだしてもらわないといけない。

このような意味において、教官は予算獲得のためのプロポーザル書きにおわれる。と同時に、プロポーザルが通った場合は、成果・結果をださなければ次のプロポーザルにつながらないという、い

つも、生き残りのための危機感ももっているようである。だから、予算をとってくると言うことが一つの能力として評価される。これがなければ、学生がつかず、成果も出ないと言う悪循環になってしまう。だから、教官像も日米で多少違うかもしれない。多様な知識を持ち、‘スマート’な人というよりは、アイデアがあり、研究ができ、成果・アウトプットのあり、かつ、声の大きい人(?)が教官として米国では生き延びているような気がする。米国の人は、週休二日で家族を大切にしているとはいえ、やはり、働く人は働いているというのが実感である。学生も自分がしたい研究のために、教官とともにプロポーザルを書いて、自分を‘養う’こともある。

アメリカの惑星科学の現状

日本では文部省の科研費を申請するように、米国では、教官は大学の他の機関から、惑星科学であれば、NASA, NSF(National Science Foundation)などから、研究の予算ばかりか、自分の給料や自分の指導学生・秘書・ポスドクの給料等を獲得しなければならず、大学からの支援はごく限られている。

NASAの予算削減にあおられて、米国の惑星科学の現状は厳しく、米国全体として教官数も増えていない。また、NASAの研究所中でも、Ames研究所やJSC(Johnson Space Center)の惑星科学の分野の存在自体を見直されている。そのため、就職先が大変限られており、優秀な人でさえも、ポスドクとして大学や研究所を転々と渡り歩く状況が続いている。また、分野を変える人もいる。たとえば、比較的予算のある地球環境の分野である。

特に、近年の米ソの冷戦終了後は、惑星探査の予算が著しく削減され、生き残りのために上院議員に惑星関係の予算の確保を要求する手紙を書こ

うというキャンペーンが惑星科学会の内部でも起こっている。予算が減らされれば、学生数も自ずと減り、成果も減る。惑星科学全体が危機感を持っている。

惑星探査のダウンサイジングも見逃せない。しかし、これは、大学レベルの研究者の惑星探査への参加を以前より、身近にさせているかもしれない。とはいえ、今までの大型の惑星探査であれば、惑星科学者は科学だけを考えれば良かったが、今後は、工学的な部分、また、それらを包括するマネジメントの部分が占める割合が大きくなる。米国の惑星科学は一種‘日本化’を迫られている。

最後に

私が渡米した時、英語も聞けず、話せず、‘金髪青い目’の人は全て同じに見え、横文字の人の名前は覚えられずと、科学以前に、語学・文化、何もかもがチャレンジだった。しかし、カルテックにおける5年間は、研究・生活環境と充実していた。つくづく感じるのは、何に関しても、‘求めよさらば与えられん’という環境であったことである。ある若い時期に、学会でも何でも、海外に一度いってみることは良い経験かもしれない。海外でなくとも、他大学・研究所、その他、いろいろな文化に出会うことが大切なのかもしれない。海外に行くのであれば、やはり語学を修練することが大切だと思う。最後に、学位修了までに、カルテックの教官、日本の大学の先生方、その他、さまざまな人にお世話になったことを付記します。