

スタンフォード大学経済システム工学科留学記

山田 武夫

1. はじめに

スタンフォード大学にEngineering-Economic Systems 学科(略称EES, ここでは一応表題のように訳しておきます)と称する風変わりな学科があり, システム分析や政策分析の教育と研究に注目すべき成果を収めつつあることは本誌などでも何度か紹介されており, ご存知の方も多いことと思われ([1], [2], [3]参照). 私はこのEES学科に昭和54年9月より57年末まで留学する機会に恵まれ, 修士, 博士の全課程を体験することができましたので, 同学科のユニークな教育, 研究の実状と, 修士, 博士号取得までのプロセスを学生としての立場から報告させていただきたいと思います.

近年, 海外旅行はもはや日常のこととなり, 留学もさほど珍しいことではありませんが, 当事者として実際に計画, 準備をはじめるとさまざまな問題が生じてきます. そのなかでも最大のものの1つは, 何年間の留学で, どのような学位の取得を目標とするのかという点でしょう. 実際, 私が留学前から留学中の大半にわたって悩み続けた問題は, 与えられた留学期間中にPh. D. を取得できるというメドがいつになっても立たないことで, 派遣元である防衛大からこの点の問合せがあるたびに不明確な返答しかできなかつた点でした. この点はもちろん個人の能力の問題でもあるのですが, それ以上に日米間の大学院教育課程に対する考え方の相異というようなものがあるように思われます. 特にPh. D. コースの場合強調しておきたい点は, アメリカの大学院には課程終了までの平均的タイムテーブルはあっても, それはあくまで平均値であって, その期間で“博士課程終了”の肩書きがつくわけでもなく, ましてPh. D. が取れるとも限らず, 各人がそれぞれのバックグラウンドと能力によりそれぞれのペースで進んでゆくの, 学校により, 学科により, そして個人によりPh. D. までの所要年数は大幅に異なるという事実です. したがって, 派遣元へ送る

ため博士課程修了見込証明書のようなものを書いてもらおうとしても, このような証明はそもそも存在せず, やむを得ず主任教授に頼み込むとしても, 研究が順調に進み論文も概略できあがったころ以降でないとい書いてもらえないという次第で, その間留学生は針のむしろに座る心境となるわけです.

このように, 各人がそれぞれのペースで進んでゆく方法は, 学年制をベースとした日本の場合とは大きく異なっており, 特に会社, 官庁などから期限を切って派遣される場合, 留学の計画, 準備を非常にむずかしいものにしていきます.

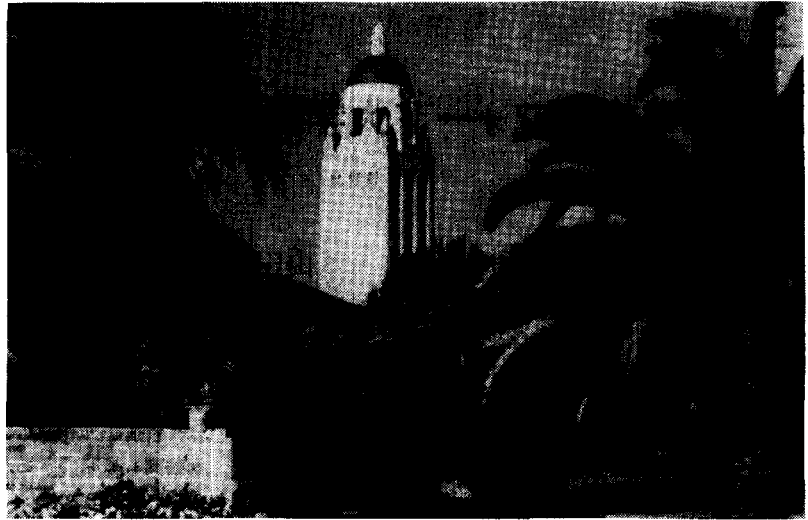
そこで, 本稿ではEES学科での教育, 研究内容を紹介するとともに, 米国での学生生活, Ph. D. 取得までの道筋と所要年数, それに含まれる不確定要素などに焦点を絞り, できるだけ新しく具体的, 数量的情報をお伝えして, 留学を志す人々や関心ある方々の参考に供したいと考えます.

2. スタンフォード大学

スタンフォード大学はサンフランシスコより半島沿いに50 kmほど南に下った地点に位置しています. 東に隣接するパロアルト市からさらに20 kmほど南のサンノゼ市に至るサンタクララバレーは, 今や別名のシリコンバレーの名で世界中に知れわたっていることはご承知のとおりです. スタンフォード大学はこのシリコンバレーの北端に700万坪の広大な敷地を占め, 一説では全米でも最も美しいキャンパスとの評価もありますが, ここでは写真1を示すにとどめ, 先を急ぎます.(詳細は[1]を参照されることをお勧めします)

大学は7つの学部のもとに70の学科があり, さらに大小30近い研究所(Institute, Center等)が設置されています. 助教授以上の教員の数は約1200人で, この中には10余名のノーベル賞授賞者が含まれます. その他にシリコンバレーの企業や研究所の研究員などが相当数非常勤で教鞭をとっています. これに対して学生は学部学生6600名, 大学院生6400名程度で, 大学院に入る学生の

写真 1 スタンフォード大学
Palm の木陰より望む
Hoover Tower



1/3 近くは Ph. D., 残り 2/3 強は修士号等を目標としているようです。1981年度の卒業生数は学士1600人, 修士 (Engineer, M. D.等を含む)2000人, 博士(Ph. D.)500人前後でした。

大学院生の約3割が女性であり, また約3割が留学生ですが, 留学生の内訳はカナダ, 台湾, 日本, メキシコ, 韓国等が多く, 1981年の記録ではそれぞれ171人, 152人, 148人, 122人, 117人といったところでした。最近では中国からの留学生も多く, 1981年は60名が留学中でした。この他に, 黒人やアメリカ・インディアン, 東洋系, それにチカノと称するメキシコ系の人々など, いわゆる minority と呼ばれるグループが6%ほどを占めているようです。

3. 学生生活

アメリカの多くの大学がそうであるように, スタンフォード大学はクォーター(4学期)制をとっており, 通常夏学期を除く秋, 冬, 春の3学期が1学年 (academic year) となります。各学期は10週間の通常の授業と1週間の試験週間より成っており, 3時間/週×1学期分の学習量が1単位として計算されます。この3時間は通常1時間の講義と2時間の homework に分けられ, 3単位の科目では75分授業を週2回受講し, 4~5題の問題か

ら成る宿題を5~8回提出することになります。文科系では reading assignment と称し, 週500頁も文献を読まされるということです。

このようなわけで, 15単位取るためには週45時間フルに勉強しなければならず, 通常これが大学院生の標準的学習量とされています。各学生は学期当初に配布される Time Schedule から自分の目的と計画にあった科目を選び, アドバイザーとも相談のうえ受講届を出します。表1はこれを週単位の時間表としたものを示しています。一見すると科目数, 受講時数とも少なく, 楽なスケジュールに見えますが, これにあらわれない宿題, グループ討論, コンピュータ実習などをまじめに消化してゆくと1週間本当によく勉強したという気になります。

各科目の成績評価は A, B, C, D, および no credit が一般的ですが, セミナーや体育等では pass/fail が用いられます。評価は中間および期末試験の成績と宿題の加重平均で決定されますが, その重みは講義冒頭に公表されるのが通例です。科目によっては, 試験が小論文になったり, take-home exam と称する自宅試験となることもあります。このような場合でも不正行為が行なわれたという話はあまり耳にしませんでした。これは Honor Code に非常に厳しい罰則があることに加え, 少なくとも建前上は公正な競争を貴ぶアメリカ社会のルールといったものの反映でもあるようです。

このように全力をあげて競争するせいか, 学生たちは成績に関しては非常に神経質で, 試験や宿題の採点が納得できない教授や teaching assistant (TA) のところへ乗り込んで堂々と自説を主張します。私も TA をしていた時, 何人かの学生から点

表 1 受講時間割例

	Mon	Tues	Wed	Thur	Fri
9:00-10:15	EES201A		EES201A		
11:00-12:15	Ling92A	EES221	Ling92A	EES221	Ling92A
2:15- 3:30	EES248		EES248		
4:15-		EES293			

数を上げるよう執拗な交渉を受けたことがありました。

このような厳しい競争の中で、Aを取るにはもちろんそれなりの能力と努力が必要です。特に文科系の科目では大量の文献に目を通したうえで自分の考えを要領よくまとめて(時には口頭で)表現しなければならず、英語にハンデのある留学生がAを取ることは至難の業であると聞いています。しかし理科系や、文科でもテクニカルな内容のものについては、いくつかの標準的な教科書が揃っており、これを読んで宿題に真面目につき合っていると自然にAかB程度の成績はとれるようで、さほど成績自体について悩む留学生は見かけませんでした。

さて、多くの学生にとって成績とともに気になるのは学費、生活費ですが、ハーバード、MITなどと並んでスタンフォードでもこれは誠に高額です。昨年度(1983-84)の授業料は9027ドル、週19食つきの寮費が3812ドル(ともに1学年=3学期間分)でしたが、1979-1983の4年間に年平均15%、全体で62%ほど値上がりしています。家族のある学生が学生村の2ベッドルームのアパートに入ると月430ドルほどかかりますが、これでも学外のアパートと比べると4~5割安だそうです。

いずれにせよ、学生が1年間に大学へ支払う金額は15000ドル程度ということになりますが、このような高額の支払いをすべて親からの援助でまかなうことは大半の学生にとっては不可能で、さまざまなアルバイト(キャンパスの芝刈り、図書館入口の監視から自営のソフトウェア会社まで)や各種奨学金(TAやresearch assistant; RAを含む)に頼ることになります。ちなみに、通常のTA、RAの報酬は授業料免除+500ドル/月といったところですが、最近は研究予算の頭打ちの傾向のせいからTA、RAも、特に外国人留学生には、狭き門となりつつあるようです。

4. EES 学科の教育と研究

EES学科は1960年、当時電気工学科の教授であったW. K. Linvill博士によって設立されたEES研究所(Institute)を祖としています。設立の趣旨は、第二次大戦以降のめざましい科学技術の発展を、現実社会において発生するさまざまな問題の解決に役立てようということにあったようで、当時すでにオブザーバー理論で名声を博していたD. G. Luenbergerやマルコフ決定過程で本誌の読者にはおなじみのR. A. Howardなどの工学者と、数名の経済学者が集まってスタートしました。当時の研究テーマは電力、化学プラントの効率的運用法とか、宇宙ロケットの最適制御など、ややハード的なものが多かったようですが([1]参照)、その後学科への昇格、人員の移動と拡大につれエネルギー、食糧、住宅、

医療、テレコミュニケーションなどに関する経済的、政策的分析に重点が置かれるようになり、現在に至っています。

現在の研究テーマと担当者は次のとおりです。

- システム分析の基礎理論(全教授)

最適化法、最適制御、均衡問題、動的システム、大規模/分散システム、ゲーム理論など。

- システム経済学(D. G. Luenberger: 学科主任)

大規模経済システムの均衡計算法、動的市場分析、財務理論とシステム分析の統合、長期計画問題。

- 情報産業の政策分析(D. A. Dunn: 学科副主任)

情報ネットワークの経済学、電子出版の経済学、情報通信サービスの料金体系。

- エネルギー政策分析(J. L. Sweeny)

エネルギーと経済、1980-2000の石炭産業、米国の原油、天然ガス。

- 経済開発計画(E. Tse)

漁業システム分析、戦略的経済分析、経済開発モデル、R & D 戦略

- 意思決定分析(R. A. Howard)

Decision Analysis とその応用、意思決定の倫理的側面、Decision Analysis と人工知能。

各分野の研究において用いられる手法や分析スタイルには当然差異がありますが、現実社会で現に発生している問題を取りあげ、その解決をはかるとともに、それに必要な理論的、実際の分析用具の開発を志向するという姿勢は共通しているように思われます。

EESにおける研究の方法的特徴としては、数学モデルを用いたシステムのアプローチが主流であることがあげられます。もちろん、数学的モデルとして定式化する前に問題のあらゆる側面(法律、経済、社会 etc.)を徹底的に調査、検討することはいうまでもありませんが、複雑な現実問題を数学モデルとして定式化しようと試みる時、既存の理論モデルをあてはめるだけで解決できることはほとんど期待できず、中心的課題となるのはむしろ問題をどのように把握し、どの部分を捨象し、どのようなモデルを構築し、どのような解答を引き出すか、という modeling と analysis の段階でしょう。

このようなわけで、EESの教育面での特徴としては、高度な数学理論を教え込むよりも、数学的には多少幼稚であっても、フレキシブルで応用性の広い手法を習得させ、それをさまざまな実際問題に適用する経験を積ませることによってモデル作成と分析の art を身につけさせようとしている点があげられます。そのために、表2の core courses に含まれるような基礎的手法を徹底的にたたき込み、その上でいくつかの project courses で応

表 2 E E S 主要科目

Category	Course #	Course Title	Units
Core Courses			
Modeling :			
	EES201A, B	Dynamic Systems	4, 4
	EES221	Probablistic Models	5
Optimization :			
	EES241	Intro. to Optimization	3
	EES243	System Theory : Optimization	3
Economics :			
	EES212A, B	Economic Analysis	3, 3
Decision Analysis :			
	EES231	Decision Analysis	3
Project Courses			
	EES208	Art of Mathematical Modeling	3
	EES258	Systems Economics	3
	EES236	Decision Analysis Practice	3
	EES271	Health Systems	3
	EES283	Energy Models	3

用の経験を積ませています。これらの科目のうちでも特にユニークな **Art of Mathematical Modeling** については、以前に森雅夫氏による興味深い紹介 [3] がありましたので、併せてお読み願います。

このように、E E S の研究、教育はいちじるしく実際の応用志向であって、この点 O R 学科(の特に博士課程)が高度な理論を中心とした研究者養成型の学科であるように見受けられたのと対照的でした。

5. 学位取得まで

E E S の学生たちは、4 で述べたような基礎科目の受講とプロジェクトへの参加を通じて、システム分析者としてのトレーニングを受け、1~7年のあいだに M. S. ないし Ph. D. の学位を得て卒業してゆくわけですが、ここではこのプロセスについて触れてみます。前にもお断りしたことですが、アメリカには文部省のような機関はなく、大学の教育課程は各大学、各学科の自主的決定に委ねられており、学校、学科によりかなり差がありますので、ここで報告する内容は1つの事例にすぎないという点を再度強調しておきたいと思えます。

さて、E E S で M. S. を取得するには次の要件を満たす必要があります：(i) 大学院1年間の登録、(ii) 42単位の習得、うち21単位は E E S の科目で、最低15単位の (iii) core courses と3単位の project courses を含むこと、(iii) 成績が G P A 3.0(平均 B)以上。修士論文は要求されないので、M. S. は通常1年(3~4学期)で取得可能です。

Ph. D. の場合の要件は：(i) 大学院3年以上の登録(うち1年はスタンフォード)、(ii) 修士号をもたない場合は、E E S の M. S. を取ること、(iii) core courses の成績が G P A 3.5(A, B 半々)以上、(iv) 修士号以降さらに36単位習得、(v) Qualifying Procedure (博士候補生認定試験)に合格すること、(vi) 指導教授の選定と研究計画の提案、承認、(vii) 口頭試問 (Oral Exam = 論文 Defense)、(viii) セミナー発表、(ix) 論文提出、ですが、このほか学科によっては外国語や teaching の経験を要求することもあります。日本でよくあるような学会誌公刊論文何篇といった要求はありません。

博士課程の1年目は、core courses の履習が中心となり、大多数の学生はさらに14単位余分に受講して M. S. を取ります。2年目の最大のできごとは春学期に行なわれる Qualifying Procedure で、これに合格すれば、正式に Ph. D. 候補生となりますが、失敗すると M. S. で学科を去るか、Engineer という中間的学位に方向転換しなければなりません。

この試験を無事パスし、Ph. D. 候補生となると、指導教授を選び研究を開始するわけですが、実はこれからが本当の難関であることは、案外知られていないようです。

まず指導教授の選定ですが、教授の発表論文や授業中の話題などからある程度見当をつけて指導を頼みにいっても、教授たちのなかにはさまざまな理由(多数の学生の面倒を見て忙しいとか、その分野の研究は終了したなど…)をあげて断る人がかなりいます。ここで必要

となるのが巧みな自己宣伝と説得の技術で、この点アメリカの学生は幼少の頃から自己主張と説得法の訓練を受けているうえに、普通の授業でも質問を連発して顔を売り込むなど、非常にうまくやるのですが、言葉のハンディのあるうえに概して shy な日本人にとっては、授業に参加したというだけの教授を説得して論文指導を引き受けてもらうのは相当骨の折れる仕事です。

いずれにせよ、指導教授と研究方向が定まると、あとは論文とするに足るだけの研究をまとめればよいのですが、これに要する期間は人により千差万別で、早い人は1年以内、長い人は5年以上かかります。ここで、よく聞かれる質問なので、最短何年で Ph. D. が取れるかという点に答えておきましょう。もちろんこれは各人の能力とバックグラウンドによることですが、いずれの場合にも Qualifying Procedure をパスし、Ph. D. 候補生となるまでに2年弱はかかり、それから論文を書くのに少なくとも1年で、最短3年は見ておく必要があります。これをさらに短縮することは実際上ほとんど不可能ですが、すでに十分な研究実績があり、留学後の研究方向についても E E S の教授のだけかと十分な合意があるような場合に限り、若干の短縮が可能と思われます。いずれにせよ、以上の推定は本人の能力に幸運が重なったごくまれなケースであり、一般的にはこの年数を延ばす方向へ強力なベクトル場が作用していると考えてまちがいありません。ちなみに、E E S 博士課程入学者の過半数はすでに修士号をもっていますが、今までのところ Ph. D. までの最短記録は2年半、平均は約5年と聞いています。強調しておきたいのは、短期間で学位を取った人の経験談を聞いて、その期間を標準的なものと考えすることはきわめて危険であるということです。このような数字は、学校、学科ごとに異なるだけでなく、指導教

授によっても大きく異なるのが普通と考えたほうがよいでしょう。

論文が完成に近づきますと、公開の口頭試問が行なわれます。なれあいを防ぐ意味か、他学科の教授を審査委員長とし、5人以上の審査委員の前で45分ほど論文内容を説明し、1時間ほど質問に答えますが、ここで不合格とすると、審査委員長は本人と大学当局へ詳細な審査報告を出さなければならないこともあり、この段階までできて不合格になったという例はあまり耳にしませんでした。また、この試験に合格してしまうと実際の論文の完成と提出は帰国後指導教授と郵便をやり取りしながらでもできますので、期限に制約のある留学生の場合、とにかく Oral Exam を終えたいというのが1つの努力目標となっています。

6. おわりに

以上、やや荒っぽい推定値をまじえながらではありますが、できるだけ具体的、数量的情報をお伝えするよう努めたつもりです。多様なアメリカの大学院プログラムの中では文字どおり九牛の一毛でしかありませんが、何らかのお役に立てば幸いです。

参考文献

- [1] 倉又 孝, アメリカにおける社会工学教育の現状——スタンフォード大学見聞記, 数理科学 8 巻 1 号, pp. 59-62, 1970
- [2] 今野 浩, スタンフォード便り, OR 学科留学記, 数学セミナー 8 巻 12 号, pp. 6-11, 1969
- [3] 森 雅夫, 授業点描, オペレーションズ・リサーチ, 25 巻 4 号, pp. 260-263, 1980

● 今後の特集予定 ●

- 9月号 社会的リスクのOR
- 10月号 事例研究——59年春季発表会より——
- 11月号 マネジメントシステムとOR
- 12月号 暮らしのOR (一般公募)
- 1月号 第三世界とマイコン
- 2月号 まちづくりのOR