

紀行文

アイオワ州立大学での留学生生活を振り返って

福富 広幸（東北大学流体科学研究所）

私は東北大学流体科学研究所の構造システム制御研究部門(谷研究室)の博士課程後期の院生です。1996年8月から11月に至るまでの4ヶ月間、アイオワ州立大学(Iowa State University, ISU)の非破壊研究センター(Center for Nondestructive Evaluation, CNDE)で短期留学をしてきました。そこでの状況、体験などをこの場を借りてお話しさせていただきたいと思います。

これまで、私は非破壊検査(Non-Destructive Testing, NDT)の一手法として、国内外の産業において、重要な役割を担っている渦電流試験法(Eddy Current Testing, ECT)の数値モデリングに関する研究をしてきました。ECTは電磁誘導を原理としており、本誌でよく掲載されることもあってご存じの方も多いと思いますが、導体の表面欠陥や被覆厚などを評価する手法の一つです。日本におけるECTは主に鉄鋼製造における品質管理、火力・原子力発電プラントおよび化学プラントの保守検査に用いられるのに対して、アメリカならびにヨーロッパでは航空機も対象となっています。私が留学先として最終的にISUを選んだのも、ISUはアメリカ国内の大学の中で非破壊検査に関する最も中心的な研究機関であるからです。同大学にはCNDEがあることは先に述べましたが、工学部にもProf. W. Lordを中心としたNDT研究グループがありますし、同大学内の他のセンターにもNDT研究グループがあるようです。お世話になったCNDEについて書く前に、ISUについて述べておくことにします。

ISUはその名から分かりますように、大平原諸州の一つアイオワ州にある州立大学です。多くの日本人にとって、シカゴがあるイリノイ州はよく知っていても、その西に位置するアイオワ

に親しみを感じる人は少ないでしょう。現に私も行く前はそうでした。この州にはISUの他にUniversity of Iowa(UOI)という州立大学があります。渡米する前、私はUOIとISUを同一視していました。以前にUOIの医学部の記事を新聞で読んだとき、それをISUだと思い込みましたし、新聞には確かアイオワ大学と訳され、さらに持っていた留学に関する本にはこの紛らわしいUOIが載っていませんでした。デモイン(アイオワの州都)に到着しタクシーでISUに向かう際、しっかりと行き先を告げました。しかし、運転士さんと私の間に依然として誤解があり、それが解けぬままUOIの近くまで連れて行かれ、結局、\$100以上余分に払うはめとなりました。さて、少し余談も含め、留学先の大学の特色を紹介します。アメリカの大学では日本とは異なり、スポーツはフットボールとバスケットボールが盛んです。ISUは、フットボールに関してはあまり脚光を浴びていませんが、バスケットボールは非常に強く、昨年大きな大会で優勝を飾り、今季の全米ランキングは15位ぐらい、地区ランキングでは2位といった輝かしい成果を収めている大学です。正に、文武の均等のとれた大学であり、留学先としては申し分のない学校でした。理工系学生の立場からこの大学について感じた事を次に紹介します。ISUのメインキャンパス内には、全米で10箇所あるDepartment of Energyの研究所の中でも最も小さいAmes Laboratory(AmesとはISUがある町の名前)と呼ばれる研究所があります。この研究所の歴史で驚かされたのはマンハッタン計画で使用された核燃料が当研究所で精製されたことです。校内には依然として実験用の原子炉もあります。また、同研究所は世界初のコンピュータが開発されたことでも有名です。他に

珍しいと感じたことは、ISU Research Park と呼ばれる学内の企業団地です。このような施設は自分の大学にはないので、これもまた驚きの一つでした。さて、本稿で最も重要な CNDE について述べたいと思います。

CNDE は Institute for Physical and Technology という研究所の中の研究センターの一つです。写真 1 は CNDE の正面玄関にて撮影したものです。ここでは定量的な非破壊検査における研究・開発を行うことを目的としています。一口に非破壊検査と言っても、いくつかの異なる系の物理現象を利用したさまざまな手法があります。CNDE では超音波、電磁現象、放射能、熱伝導、磁気および浸透による産業界で利用頻度の高いすべての技術が網羅されています。そして、主に自動車、航空機ならびにエネルギー産業での実践的なツールとしての非破壊評価法が開発されています。産官学の交流の場として、CNDE の主催で国際会議 (Review of Progress in Quantitative NDE) が年に一度開催され、アメリカ全土の NDT 研究者だけでなく、世界各国の研究者との交流が行われています。写真 2 は本会議期間中にロブスターをいただいたときの楽しい一時を写したものです。研究および活動内容のあらましを述べましたが、興味をお持ちになられた方は World Wide Web で CNDE のホームページ”<http://www.cnde.istate.edu/>”にアクセスすることをお奨めします。このセンターで働いている職員、学生の内訳は 1996 年 10 月 18 日付けで発行された名簿によると

Principal Investigator	21 名
Staff	30 名
Post Doctor	3 名
Graduate Student	46 名
Research Assistant	2 名
Undergraduate student	16 名

となり、総勢 118 名となります。ただし、Principal Investigator の数は、他からの兼任の職員を含んでおり、それが約 5 名ほどです。これでセンターのおおよその規模がお分かりいただけると

思います。私がお世話になったのは ECT グループの Dr.N.Nakagawa(中川博士)です。博士は日本で博士課程を修了なされた後に渡米し、ISU の勤続年数は約 11 年と伺っております。中川博士との記念撮影が写真 3 です。このグループには、実験担当と順問題と逆問題のそれぞれのモデリング担当の三つのグループにそれぞれ分かれています。博士は飛行機のボディーやエンジンデスク、さらには原子力プラントの蒸気発生器細管での ECT による定期検査を模擬した電磁界解析における研究を実施しておられます。数値解析手法としては境界要素法を用いておられます。ECT モデリングにおいて、境界要素法を適用したとき、その性質から導体の角部で解の精度が著しく低下することが知られています。博士は拡張磁気スカラーポテンシャルを新たに定義することにより、この問題を解消しておられます。傷の取り扱いについては、それを三次元的に表現するのではなく、体積を許さない傷を定義しておられます。これは傷部分で生じるダイポールに関する方程式を立て、もとの境界積分方程式と連立することによって実現されています。このモデルはこれまでの定石に従いますと準定常状態の線形交流問題で議論ができます。他の電磁界解析と異なる点は、実際の検査で得られる信号を模擬するため、傷検出用プローブが試験片上を移動しなければならないことです。これは境界要素法の離散化により得られた大規模な連立方程式を計測点分で解かなければならないことを意味し、多くの計算量が要求されます。博士は傷検出信号やプローブ性能の評価における基礎的検討において、被試験体を Half space と仮定することによって、き裂以外を解析的に計算しておられます。これによって計算の高速化が計れます。これらのことをもっと詳しく知りたい方は QNDE の Proceedings を参考にすることをお奨めします。博士のもとで働いていた 2 人の大学院生はインドからの留学生で、彼らは Research assist ship を受けていました。アメリカにいても関わらず、グループにはアメリカ人がいないとは何とも奇妙でした。私はそこで有限要素法によるクラックモデリング

に関する一連の仕事を行っていました。博士には私のやり方が博士のやり方と異なるにも関わらず、週一回の割合で行われたミーティングでは助言をいただきました。博士の研究方針はかなり参考になりましたし、この問題に対しての考え方が少し磨かれたと思います。学生の私が気にすることではないのですが、研究遂行においてどこの誰からお金が出ているかが気になるところです。直接博士や同僚には尋ねはしませんでした。セミナーからの会話で、博士自身が30以上のスポンサーを持っていること、そのスポンサーとして航空機やプラントなどの重工ではBoeing, General Electric, Pratt & Whitney, Allied signal, フランスの国営電力のEdF, また連邦機関としてNational Science FoundationやNational Institute of Standards Technology(Department of Commerce)という名が挙がったことを記憶しております。一つ一つが日本国内にいと耳にしない組織なのでただただ「なるほど」と言ったところでした。一転して、自分の置かれた立場から研究活動を眺めてみると、この分野に関して学生一人一人の能力は日本とアメリカを比較したとき遜色がないというのが私の感想です。では、何が違うかと問われたとき私は仕事を進める体系、特に、Research assistantといった制度の違いに過ぎないと思いました。日本でも日本学術振興会による大学院生への支援がありますが、アメリカのそれには数的に言ってとうてい及ばないのが事実です。日本でもこのような制度がアメリカと同様に実施されることが日本の大学に問われる課題の一つであると感じました。

申し忘れましたが、私は正規の学生ではありませんでした。TOEFLも受験しませんでしたし、大学のクラスも受けられませんでした。渡米に際して特別に英会話の勉強をしなかったものですから、当然のことながら、日常生活から研究室のセミナーに至って大変苦勞した訳です。(お金と暇があればそれなりの大学の英語のクラスを取ることができます。)そこで何とかしなければと思い、正式な学生でなくても英会話を上達させられる機会を探しました。そして、留学生と客員研究者に

関する事務所(Office of International Student and Scholar)へ行き、無料のカンバーセッショングループミーティングとEnglish partnerというものを見つけました。グループミーティングではアメリカの政治・社会などや各国における文化の違いに関する説明や議論が行われました。印象的なテーマとして大統領選挙と感謝祭がありました。会場は大学に面した教会で行われていたため、参加者は4~8人ぐらいで客員研究者や留学生、また彼らの家族でした。週に一回の割合で出席しました。English partnerとは相談相手になってくれるボランティアの学生のことを言います。これも英語に慣れるためのいい機会でした。その他にも二週間に一度行われるFriday International Student Hospitalityと呼ばれる座談会やChurchやBible studyに参加して多くの知り合いができ、いい経験をしました。

この留学を振り返って見ると、多くの方々と出会い、とても親切にいただきました。Dr. Norio Nakagawaには研究に対する熱心なご指導とご助言に深く感謝いたします。同センターのResearch assistantのMr. Tauquir A. Khan, ならびにAmes LaboratoryのPh.D. candidateの近藤眞一郎氏には研究生活から私生活に及んで大変親切にしてください誠にありがとうございました。最後に留学の機会を与えてくれた谷順二先生、高木敏行先生、そして、これまでの学生生活を支えてくれた両親に深く感謝いたします。



写真1 CNDE の正面玄関

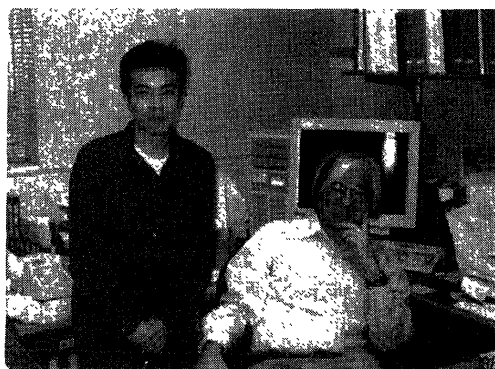


写真3 中川博士のオフィスにて左から、私、中川博士



写真2 ロブスターを食べながら
左から、陳さん(東大)、私、高木先生の奥様、高木先生(東北大)