

学術交流委員会だより



平成19年度 海外短期留学報告書

派遣員 片山礼司 久留米大学病院

留学先：シカゴ大学カートロスマン放射線像研究所

期 間：2007年 9 月 7 日～2007年12月 5 日

1. シカゴ大学への憧れと留学のきっかけ

私が日本放射線技術学会の短期留学制度について具体的な内容を知ったのは、2004年のことでした。職場の先輩である川田秀道さんが、第20回(平成16年度)のシカゴ大学短期留学生として学会より派遣され、3カ月間を過ごされましたが、その期間中、研究所での様子やシカゴの街の様子を知らせるメールを送ってくださいました。私は、メールと一緒に送られてくる写真を見て別世界のような感じながらも、いつかシカゴ大学で学んでみたいと思うようになっていました。そのようななか、私は2006年のRSNAにEducation exhibitのPresenterとして参加する機会を得ました。期間中にメーカ主催のセミナーに出席することになったのですが、その際に、日本でお世話になっていた熊本大学医学部保健学科の桂川茂彦先生と偶然出会いました。私は、RSNAはもとより国際学会への参加が初めてだったので、桂川先生に、RSNAで学んだことについて話をしていたところ、先生から「シカゴ大学に短期留学して、もっといろんなことを学んではどうか」というアドバイスをいただきました。私はすぐに、「土井邦雄先生のもとで学びたいと思っています」と伝えました。日本へ帰ると、学会の短期留学募集の締め切りまで1週間しかなかったので、必要書類の準備に奔走し、何とか申請書を提出することができました。今考えれば、桂川先生の言うてくださった一言が私の気持ちの力強い後押しとなり、人生においてたいへん貴重な経験となる、シカゴ大学での短期留学のきっかけになったといえます。

2. 留学のための準備

留学が正式に決まると、英文の履歴書やそれまで

の研究発表および論文の英文リストを作成して学会事務局に提出しました。これらの書類がシカゴ大学の土井先生のもとへ送付され、シカゴ大学からは、5月末にビザの取得に必要な書類が送られてきました。ビザについては、私は学位を取得していないため、就労ビザ(H1-B)になると思っていましたが、交流訪問者ビザ(J-1)を申請するためのDS-2019という書類が届き、土井先生のおかげであると心の中で感謝しました。7月には、アメリカ領事館でビザ発給に必要な面接を受け、その2日後にビザを取得しました。私とともにシカゴ大学への短期留学を行った鹿児島大学の西郷康正さんとは、よく連絡を取り合い情報の交換を行いました。二人であることのメリットは大きく、西郷さんの情報に助けられることも多くありました。研究に関する準備としては、以前に学術交流委員長を務めておられた九州大学大学院医学研究院の杜下淳次先生から、シカゴ大学の先生方が執筆されたCADに関する論文¹⁻⁴⁾を紹介していただき、内容の要約を行いました。これらの論文は、私の留学中の研究テーマである、小児の胸部単純X線画像からの肺炎像の検出(詳細については後述)との関連が強く、留学に際して有用なものとなりました。また、7月から8月にかけては小児科の先生方に会い、小児の肺炎に関する情報収集や胸部X線画像に対する意見などを聴取しました。同時に、先生方の協力を得て、研究に使用する画像データの収集も行いました。

3. 出発予定日と台風の接近

私は、9月7日に成田からシカゴへのお出立を予定していましたが、その9日前の8月29日に、太平洋に台風9号が発生しました。出発日に関東地方へ最も

近づくとの情報が多く、それからは不安な日々を過ごしました。シカゴ大学への短期留学制度は23年目を迎え、私を含めて35名の留学生が貴重な経験をしています。この間には、さまざまなエピソードがあったことと思いますが、なかでも、米国で同時多発テロが起きた2001年や、その後の数年間に留学された方は大変だったと聞いていました。しかしながら、出発日の台風直撃(予報)もまた、大きな出来事だったと思います。私は、福岡からの飛行機が台風の接近に伴い欠航する可能性もあると思い、1日前の9月6日に出発し、成田のホテルに前泊するようにしました。成田では西郷さんと同じホテルだったので、夜は二人で留学中の研究内容などについて語り合いました。一夜明けると台風は東北地方へ進んでいて、シカゴへ向けた飛行機は定刻通りに出発しました。

4. シカゴへの到着と初期作業

シカゴのオヘア国際空港へは、9月7日の午前9時前に到着しました。シカゴ大学の白石順二先生が空港へ迎えに来てくださっていて、まず、私たちが3カ月間生活するアパートへ向かいました。アパートは、サブリースといって、本契約者がシカゴを短期間離れるために又貸しをするというもので、家賃の安い物件を白石先生が見つけ出してくださっていました。本契約者が短期間留守にするだけということもあり、部屋には家具や電気器具など、必要なものがほとんど揃っていて、自由に使うことができました。また、最も助かったことは、高速のインターネット回線を利用できたことでした。アパートでは、荷物を置き、ルームメイトのBrentさんや部屋をサブリースしてくれたJustinさんに挨拶をした後、シカゴ大学の土井先生のオフィスへ向かいました。土井先生は優しい笑顔で迎えてくださり、日本からの長旅を労ってくださいました。その後、研究室の先生方への挨拶を行い、ランチミーティングに参加しました。午後は事務手続のため、担当のDaphneさんのもとのペーパーワークを行いました。よく分からないことも多く、そのたびに白石先生が助け舟を出してくださいました。この作業を終えると夕方になっていて、それからアパートの近くにあるスーパーへ行き、当面の食料品や生活用品などを購入しました。

5. CADとの出会いとシカゴ大学での研究テーマ

私がCADについて初めて知ったのは、1995年のことでした。先輩の川田さんが、「これを読んでみないか」と言って、論文⁵⁾のコピーをくださいました。その論文は、日本医学放射線学会誌に掲載されたもので、タイトルは「間質性肺疾患のコンピュータ支援診

断の可能性」というものでした。著者は熊本大学の桂川先生(執筆時の所属は岩手医科大学)、シカゴ大学の土井先生、H. MacMahon先生などです。私はこの論文を読んだとき、心に強い衝撃を受けたことを記憶しています。コンピュータを利用して病変を検出することは、当時の私には想像もつかないことでした。一方で、CADの研究が進めば、画像診断の精度がさらに向上するだろうと思いました。私は、短期留学中の研究の対象として、小児の胸部単純X線画像を選びましたが、その一番の理由は、苦しさを訴えることもできない乳幼児の肺炎の兆候を、できるだけ早い時期に検出したいと思ったからでした。

6. CADにおけるコンピュータプログラミング

コンピュータプログラミングは、現在のCADの研究において欠かせない作業の一つとなっています。私は、熊本大学の桂川先生のお声かけにより始まった九州CADセミナーに、第5期生として2004年に所属し、メールを利用したC言語のプログラミングの指導を受けました。私は、プログラミングについて一通りのことを学びましたが、その知識を必要とする研究を行っていなかったもので、シカゴ大学へ留学してすぐにプログラミングの復習を行いました。復習には、白石先生が以前に職場の後輩の方々のために作成されたテキストを利用させてもらいましたが、このテキストは、プログラミングのポイントや注意点などを問題を解きながら習得できるようになっていました。テキストに収録されている演習問題は、数値データを利用した各種統計量の計算から徐々に画像データの扱いへと移行し、画像のヒストグラム作成やさまざまな画像フィルタ処理を行った後、最終的にはサブルーチンを使用した画像処理プログラミングを学べるという系統的なものでした。土井先生は、「シカゴ大学へ来たのを機会に、プログラミングをしっかり復習してください。毎日積み重ねれば短期間でまた身に付きますから」と、いつも励ましの言葉をくださいました。プログラミングに関しては、このテキストと、白石先生や九州大学より留学されていた熊澤誠志先生のご指導により、日々力を付けることができました。シカゴ大学への短期留学がなければ、おそらくは、ここまできちんと学ぶことはできなかっただろうと思いつつ、この機会を与えてくださった土井先生と多くの先生方に、ここでも感謝した次第です。

7. 小児の胸部単純X線画像のCAD

プログラミングの復習が一段落すると同時に、自分の研究テーマを開始しました。土井先生、Qiang Li先生、Feng Li先生、白石先生に、日本から持参した

肺炎と正常の胸部単純X線画像をすべて見ていただきましたが、肺炎の症例のなかに経過観察を行った画像があったので、土井先生から経時差分を行うことを提案いただきました。経時差分画像は、Current画像からPrevious画像をSubtractionすることによって得られますが、そのままのSubtractionでは、通常MisregistrationによるArtifactsを生じます。したがって、まず、画像のX、Y方向への単純移動を行うプログラムを作成しました。また、体軸の傾きを画像のY軸に対して平行に補正するための、画像の回転を行うプログラムを作成して、さらに、画像の拡大率が異なる場合にも適応できるように、画像の拡大と縮小を行うプログラムを作成しました。これに画像の差分をとるプログラムを加えて、一つの経時差分技術のプログラムとして、実際に差分画像を作成しました。結果は、肺炎が改善しているところは、画像の濃度が低く(白く)、逆に新たな肺炎像は画像の濃度が高く(黒く)描出されました。ここで、Current画像には、左の横隔膜付近に、非常に狭い領域ではあるものの新たな肺炎像を認めていました。経時差分画像では、この領域の画像の濃度が高く描出されており、有用性が示唆されるものでした。今回、対象が小児であるため、大人の胸部画像の経時差分に利用されているWarping処理は用いず、単純なSubtraction処理を適応しました。これについては、マニュアルによるSubtraction処理でも、臨床的にacceptableな画像を80%程度得ることができたと報告された、桂川先生の論文⁶⁾を土井先生からいただき、参考にすることができました。この経時差分については、日本に戻って症例を増やし、継続して検討することにしました。

次に、土井先生から、肺野部のテクスチャー解析を行うことを提案いただきました。テクスチャー解析とは、肺野内に設定したROIの二次元フーリエ変換から求まるRMS変動値と、パワースペクトルの一次モーメントの二つを定量的な尺度として、正常と異常の判別に利用する解析方法です。研究を始めるにあたり、土井先生より、正常例と異常例(肺炎の症例)のAge matchedと、肺炎の症例については、まず典型的なものを選ぶようにアドバイスいただきました。そこで、研究に使用する画像を医師のFeng Li先生に選んでいただきましたが、異常例については、線状陰影、網状陰影、浸潤陰影を有するものを、年齢が1歳前後の症例のなかからそれぞれ1例ずつ選んでいただき、また、正常例についても、同等の年齢の症例を3例選んでいただき解析を始めました。肺炎の症例については、まず、Feng Li先生が専用のインターフェイスを利用して、画像中の肺炎部分と思われる領域にアウトラインをトレースしていただき、これを

gold standardとし、その座標情報を数値データとして取得しました。正常例については、先生のアドバイスをもとに、自分で肺野部のアウトラインのトレースを行ってみました。次に、トレースしたアウトラインの内側の領域をマスクする画像をプログラムによって作成しました。さらに、そのマスク像の領域内にテクスチャー解析用のROIを複数個配置するプログラムを作成し、そのROIのX、Y座標の情報をテキストファイルとして出力しました。その後は、白石先生に準備していただいた、肺野部のテクスチャー解析のためのプログラムを使用して、まず、正常肺の3例について、肺野内に配置した各ROIの平均ピクセル値、RMS値およびパワースペクトルの一次モーメントの値を計算しました。このデータをもとに作成した、各ROIのパワースペクトルの一次モーメントの値に対するRMS値のグラフから、データが二つの群に分かれて分布していることを確認できたため、解析を行った正常肺の3例の胸部画像を詳しく見直したところ、そのうちの1例は散乱線除去用グリッドの陰影が描出されており、残りの2例は描出されていませんでした。そこで、白石先生がフィルタを利用したグリッドの陰影を除去するプログラムを作成していただき、これを肺野部のテクスチャー解析のプログラムのなかにサブルーチンとして組み込み、再計算を行いました。結果は、グリッドの陰影を除去したことにより、二つに分かれて分布していたデータ群は、一つのデータ群として確認できました。その後、肺炎の症例について解析を行い、RMS値およびパワースペクトルの一次モーメントの結果を正常例と比較しました。これらの解析を行うなかで、テクスチャー解析における重要なポイントを土井先生から指導していただきました。それは、解析に使用する画像の階調は、臨床で使用しているものと同じにする必要があること、正常例のデータベースは、小児の年齢や体格に応じたものをそれぞれ別々に作成する必要があること、グリッドを使用した画像と使用していない画像では、撮影条件の観点などから、別々に扱う必要性が予測されること、などでした。また、これに加えて、CADの研究においては、診断を行っている医師の十分なconsensusが必要であることを指導していただきました。これらはいずれも、研究を継続するにあたりたいへん重要なことだと考えています。症例が少ないながらも、これらを考慮して求めた最終的な解析結果は、線状陰影、網状陰影、浸潤陰影のそれぞれのRMS値が、正常の場合とは明らかに異なる値を示すことを確認できました。肺野部のテクスチャー解析についても、日本へ戻り、正常例のデータベースの構築と異常例のデータの解析を継続して行うことにしました。

8. 短期留学で学んだ最も重要なこと

短期留学の期間に学んだ、私にとって最も重要なことは、知的活動を常に心がけるということでした。これは、土井先生が私に対していつも指導してくださったことで、研究活動のなかでは根幹となる部分でもあります。留学の初期に、土井先生が、「毎日のランチミーティングで行われるディスカッションの一番の目的は、知的活動を刺激することです」と言われましたが、土井先生をはじめ他の先生方が、提示されたデータを詳しく分析しディスカッションされている様子は、まさにそのものでした。また、知的活動とプログラミングなどの作業を混同しないことの重要性についても、繰り返し指導してくださいました。私がそれまでどうであったかを振り返ってみると、これらの切り分けの意味すら理解できていなかったと思います。シカゴ大学で小児の胸部単純X線画像のテキストチャ解析を始めましたが、取得したデータをしっかり見直し、その意味するものをよく考え、なぜそのような結果が出たのか、次はどう進めていくのかを焦らずじっくり考える必要のあることを強く指導いただきました。そして、これが今後継続して行うべき知的活動であるとしっかり理解することができました。また、私は物事に対して早合点してしまう傾向があり、その度に土井先生が指摘をしてくださいました。日本ではそのようなことを言うくださる方もなく、真剣に向かい合ってくださいさる土井先生の姿に、いつも胸が熱くなる思いがしました。土井先生に指導いただいた数々のことは、私の研究活動に対する姿勢を大きく変えるものだと思っています。

9. シカゴでの生活

シカゴでの留学生活は、鹿児島大学の西郷さんと一緒だったこともあり、毎日楽しく過ごすことができました。アパートへ帰っても二人なのでいろいろな話ができて、夕食後などに研究について遅くまで話をすることもありました。週末には二人でよくダウタウンへ出かけました。私は、2006年のRSNAに参加した際に、Michigan Avenueを歩き回っていたので、西郷さんにトリビューン社のビルやマリーナシティのビル、ジョンハンコックセンター、ウォータータワーなどを紹介することができました。その他には、アメリカで最も高い建物であるシアーズタワーに登ったり、10月の気候の良い時期に、ミレニアムパークやミシガン湖のヨットハーバー沿いを歩き回ったりしました。また、フィールド自然史博物館や産業科学博物館の見学も行い、シカゴの街を満喫できたと思います。シカゴでの留学生活を始めた9月に、土井先生が、「行ってみたい所があればどんどん行きなさい。ま

た、やってみたいことがあれば思い切ってチャレンジしてみなさい」とよく言ってくださいましたが、限られた期間のなかで、研究とは別に、大切な思い出を作るようにアドバイスくださったのだということを、後になって気付きました。3カ月の間には、白石先生にもたいへんお世話になりました。9月には白石先生のご自宅の近くの川で魚釣りをしましたが、この出来事は、釣りが趣味である私にとって忘れられない思い出の一つとなりました。また、10月の終わりには、先生のご自宅で、先生お手製のすき焼きをご馳走になり、このときばかりは、つい日本を思い出してしまいました。

10. 土井先生との思い出

私たちが留学した3カ月の期間中、土井先生は国際会議や学会のため、イタリア、日本、中国などへ出向かれることがありました。しかし、帰国するとすぐに私たちの研究を見てくださり、その都度多くの指導をしてくださいました。また週末には、多忙の合間をぬって、私たちをよく食事に連れて行ってくださいました。私は、イタリア料理やギリシャ料理、ステーキ専門店など、お店で料理が出てくるたびに、しばし見とれてしまうことがありました。10月と11月には、土井先生のご自宅の庭の作業を手伝う機会がありましたが、この出来事も大切な思い出となりました。10月には、木々の枝落しを行いました。ここで最も驚いたことは、先生が木材伐採用のチェーンソーをお持ちだったことです。私の実家は農林業なので、チェーンソーを使った経験があり、庭にあったプラムの木の伐採を任せてもらいました。11月の作業の後には、レモントという町の東欧料理のレストランに連れて行ってくださいました。実は、この日は私の39歳の誕生日で、土井先生ご夫妻と西郷さんに祝っていただきました。食事の後に、土井先生と奥様、そして私の3人で撮影した写真は、私の生涯の宝になると思っています。

謝 辞

シカゴ大学での短期留学という貴重な機会と、多大なご指導をくださいました土井邦雄先生に深く感謝いたします。また、アパートの手配や生活面でのアドバイスをはじめ、プログラミングの指導をしてくださった白石順二先生、プログラミングで困ったときにアドバイスをくださった九州大学の熊澤誠志先生、Graduate Studentだった村松千左子さん(現岐阜大学)、研究に使用する症例に関してご協力いただいたFeng Li先生、Spiral scanについていろいろと教えてくださった、Qiang Li先生、Jiahui Wangさん、テキストチャー

解析について教えてくださったRoberto Rodrigues Pereira Jr先生に心より感謝いたします。

今回の短期留学を了承いただき支援して下さった、久留米大学病院画像診断センター部長で医学部放射線医学教室教授の早瀬尚文先生、画像診断センターの前田孝技師長ならびに放射線技師の皆様に感謝いたします。また、短期留学の申請のきっかけとなるアドバイスをくださいました、日本放射線技術学会

前学術交流委員長 桂川茂彦先生、現学術交流委員長 橋田昌弘先生、留学に際していろいろなアドバイスをくださいました、九州大学の杜下淳次先生に感謝いたします。最後に、留学という貴重な経験の機会を与えてくださいました、日本放射線技術学会前会長 藤田 透先生、現学会長 小寺吉衛先生、および会員の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Katsuragawa S, Doi K, MacMahon H. Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography: Detection and characterization of interstitial lung disease in digital chest radiographs. *Med Phys* 1988; 15(3): 311-319.
- 2) Katsuragawa S, Doi K, MacMahon H. Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography: Classification of normal and abnormal lungs with interstitial disease in chest images. *Med Phys* 1989; 16(1): 38-44.
- 3) Morishita J, Doi K, Katsuragawa S, et al. Computer-aided diagnosis for interstitial infiltrates in chest radiographs: Optical-density dependence of texture measures. *Med Phys* 1995; 22(9): 1515-1522.
- 4) Katsuragawa S, Doi K, MacMahon H, et al. Quantitative analysis of geometric-pattern features of interstitial infiltrates in digital chest radiographs: preliminary results. *J Digit Imaging* 1996; 9(3): 137-144.
- 5) 桂川茂彦, 土井邦雄, MacMahon H, 他. 間質性肺疾患のコンピュータ支援診断の可能性. *日本医放会誌* 1990; 50(7): 753-766.
- 6) Katsuragawa S, Tagashira H, Li Q, et al. Comparison of the quality of temporal subtraction images obtained with manual and automated methods of digital chest radiography. *J Digit Imaging* 1999; 12(4): 166-172.

派遣員 西郷康正 鹿児島大学病院臨床技術部放射線部門

留学先：シカゴ大学カートロスマン放射線像研究所

期 間：2007年9月7日～2007年12月5日

1. 留学の動機

私が日本放射線技術学会(以下、技術学会)の短期留学制度について知ったのは学生時代でした。それは、技師学校の先輩であり専任教官でもあった吉田章先生(現広島県立保健福祉大学教授)がシカゴ大学へ短期留学された1986年頃までさかのぼることになります。私は、1985年に鹿児島大学歯学部附属病院へ就職しましたが、日常業務を行いながら、自らの研究に取り組んでいました。私の研究テーマは、パノラマX線撮影装置を使った下顎骨の骨塩量の測定法でしたが、論文を執筆し学位を取得するまで、歯科放射線学講座の歯科医師の先生方より指導をいただきました。今考えると研究を始めた当時から、私も将来留学したいという淡い希望を抱いていたように思います。

1999年に広島大学病院の隅田博臣先生にお会いしたことがきっかけで、歯科放射線技師連絡協議会のなかで一緒に活動させていただくようになりました。隅田先生も1994年にシカゴ大学への短期留学を経験されており、先生を通して多くの方々と出会うなかで、Computer Aided Diagnosis(以下、CAD)という言葉を知り、私は興味を持つようになりました。あるとき、隅田先生にCADについて学びたいと相談したところ、先生は、日本文理大学の桂川茂彦先生(現熊本大学医学部保健学科教授)がCADの研究に関して豊富な経験をお持ちであるため、桂川先生のもとで学ぶことを勧めてくださいました。ちょうどその頃、桂川先生を中心に、九州CADセミナーという、メールを利用したC言語プログラミングの定期的なセミナーが開催されると聞き、私も参加させていただくことになりました。私は、プログラミングを学ぶことによってCADに関する理解を深めたいと思っていましたが、繁忙な日常業務に追われるようになり、いつしかプログラミングが縁遠くなってしまいました。しかし、CADの研究に対する思いは持ち続けていたので、放射線科の医師や検査を依頼する他科の医師とのコミュニケーションを大切にしながら、研究のきっかけやヒントを見出そうとしていました。2002年に医学部附属病院へ異動になり、その後2004年2月からCTの検査を担当することになりましたが、高性能化したCT装置や周辺機器の特性をもっと十分に活かした検査を行うことが必要であると考えようになりまし

た。なかでも、診断において有用となる、3D画像のより有効な活用方法を考え始めた頃、耳鼻科の医師より中耳腔領域の状態を把握するために耳小骨の立体的描出を行って欲しいと依頼されたことがありました。この中耳腔や耳小骨を含めた側頭骨のCT検査は、主に難聴の原因の精査のために行われていますが、依頼された耳小骨の立体的な描出には、画像の作成者がこの領域の画像の特徴をよく知り、かつ3D画像の作成技術に習熟している必要があります。しかし、描出対象が非常に小さいため、3D画像を作成する担当者の知識や技術に依存することなく、耳小骨の立体的描出を再現性良く行うことは非常に困難でした。そのような状況のなか、私は耳小骨をより正確に再現性良く描出するために、CADの研究で用いられている、病巣陰影の検出技術を適応できるのではないかと考えるようになりました。そこで、CADについて学ぶために、隅田先生からもかねてより勧められていた、土井邦雄先生がいらっしゃるシカゴ大学への留学を希望しました。

2. 留学前の準備

渡航前は、私とともにシカゴ大学へ短期留学をすることになった久留米大学病院の片山礼司さんと連絡を取り、準備を進めました。片山さんとは九州CADセミナーで一緒に学んだことがあり、以前に何度もお会いしたことがありましたし、気兼ねなく話せましたので、とても心強く思えました。学会事務局から留学の通知書類が郵送され、早速シカゴ大学の土井先生にメールで連絡を取り、英文による履歴書、論文リスト、研究目的を書いた書類を送りました。3月になってシカゴ大学事務室のDianeさんからJ1ビザ申請のためのDS-2019の書類が送られてきましたので、大阪のアメリカ総領事館でビザ発給のための面接を受け、無事にビザを受け取ることができました。また、土井先生とともにシカゴ大学の白石順二先生と研究テーマやアパートの手続きについてメールをやり取りし、研究テーマについては、留学中に必要となる資料の作成などについて指導いただき、準備を進めました。また九州大学大学院医学研究院の杜下淳次先生より、シカゴ大学で行われたCAD研究の論文を送っていただき、和文要約の作成を行いました。留学が決まってからは、帰宅後のわずかな時間や週末

に、英語論文の和文要約を作成したり、英会話学校に通ったりして英語の学習にも取り組みました。

3. シカゴに到着して

9月7日の午前8時30分過ぎ、留学生活に期待と夢を膨らませ、シカゴのオヘア国際空港に到着しました。オヘア空港までは、白石先生が出迎えてくださっていて、われわれが滞在するアパートまで連れて行っていただき、ルームメイトであるシカゴ大学の学生さんともお会いしました。アパートはたいへん広くまたきれいで、日用品や家電製品がすべて整った環境でした。おかげで、留学の3カ月間を何の不自由もなく快適に過ごすことができ、このような部屋を手配していただいた土井先生、白石先生に、今あらためて感謝している次第です。アパートは、大きな通りから少しだけ奥に入った落ち着いた住宅地にあり、シカゴ大学構内まで歩いて10分程度で行けるため、毎日の通勤に、たいへん都合の良い立地条件でした。

4. シカゴでの手続き

到着した日の午後、放射線科事務室でDianeさんとDaphneさんにお会いし、シカゴ大学での留学に必要な事務手続きを行いました。また、入国確認の手続きをするために、九州大学大学院医学研究院からシカゴ大学に留学されている熊澤誠志先生にInternational Houseという所へ連れて行っていただき、シカゴ大学での手続きを無事終了しました。翌週には、Social security numberを役所で申請し3週間後にSocial securityのカードを受け取ることができました。

5. 留学で学んだアメリカにおける個人情報保護に関して

アメリカでは、医療機関における個人情報保護の法律(Health Insurance Portability and Accountability Act: HIPAA)が制定されています。このHIPAAにより、医療機関は具体的に、病院等でプライバシー保護の方針を定める、従業員にその方針を教育する、これらの徹底を目指して、全体を監視する担当者を定めるなどが義務化されています。シカゴ大学では、採用された全職員に対して、採用後45日以内にWebを利用したHIPAAの教育プログラムを受けることを定めています。内容は、患者情報を閲覧することが可能な者を対象としたもので、さまざまな事例ごとにイラストを用いて分かりやすく解説してありました。この教育の最後には、内容の理解度を確認するためのQ & A方式のテストが準備されていました。また同様に、シカゴ大学の研究審査委員会(Institutional Review Board: IRB)による教育も受けました。IRB



Photo 1 3カ月間生活したアパート

は、治験(研究)の倫理性、安全性、科学的妥当性を審査する委員会ともされていますが、臨床研究の成果を学会誌に発表する場合などには、その研究が適正に組織されたIRBによる承認を得ている必要があります。ここでは、医療の分野の研究に参加する、治験参加者の「人権」と研究の「安全性」について学びました。こちらでもWebベースの教育を受け、事例ごとにQ & A方式での内容理解の確認を必要としましたが、すべてが英文であるということもあり、問題を理解し回答するのに時間がかかり、アパートで夜遅くまで英訳作業を行いました。このような教育について、日本でどのような取り組みがなされているのか私はあまり詳しく知りませんでしたが、医療従事者としてたいへん重要なことであると思いました。

6. ランチミーティングについて

短期留学の期間中は、毎日午後1時30分から行われるランチミーティングに参加しました。ここでは、皆の昼食が済むと研究室のメンバーが自分の研究経過のデータなどを提示し、進捗状況を含めた説明を行います。土井先生をはじめとする研究室の先生方に意見を求めるのですが、CADにおける豊富な知識と経験を持たれている研究室の方々の意見により、仮に偏った考えで研究が進められている場合には方向修正がなされます。土井先生は、留学の初期の段階で、このミーティングが思ったことを何でも意見として述べることのできるインフォーマルな場であることを教えてくださいました。私は、CT画像を利用したCADに関するデータに対して一度コメントしたこと

がありましたが、このような知的活動を刺激するためのミーティングに参加することができ、日常的に“データについて熟考すること”の重要性を学ぶことができました。私は、ランチミーティングで議論された研究内容のなかでも、類似画像や肺野のテクスチャー解析の結果報告にたいへん興味を持ち、そのデータに見入ることがありました。ミーティングが英語で行われるためよく理解できなかった場合には、ミーティングが終わって、図表などの説明を再度お願いすることもありました。類似画像の研究に関しては、類似度という特徴量(数値)が、読影にどのように関係するかたいへん興味を持ちましたが、今後はこの分野のCADの研究が盛んになるのではないかと思います。また英語で行われるランチミーティングは、私にとって英会話のリスニングのトレーニングとなる貴重な時間でもありました。

7. プログラムについて

私は、プログラミングをしばらく行っていなかったこともあり、白石先生が作成されたC言語プログラミングのためのテキストを利用して復習を行うことを始めました。内容は変数や配列の使い方などの簡単なプログラムから始まり、標準関数を使った画像の読み書きや一次元、二次元の配列を使った数値データの処理など、画像処理に必要なC言語プログラミングを復習しました。しばらくは、アパートへ帰っても夜遅くまでプログラムを作成する日々が続きましたが、以前、桂川先生に教えていただいたことも思い出しながら、テキストの演習問題を行っていくうちに、サブルーチンを使ったソースコードなども、比較的速く書けるようになりました。今後も継続してプログラムのアルゴリズムについて考え、それをプログラミングすることで、CAD研究のための道具として使いこなせるようにしたいと考えています。

8. シカゴ大学での研究について

私の研究は、耳小骨を含む側頭骨のCT画像のデータベースを作成することから始まりました。CADに使用した画像データは、鹿児島大学病院からDICOM画像のヘッダーを除去した画像を持参し、あらかじめ作成していた症例ごとのフォルダに保存し、かつ一つの症例のなかでは、連続性のある名称、例えばAUD001_001_R.img～AUD001_200_R.img[耳小骨の略称、患者番号、画像番号、左右]などのように、ファイル名にその属性を示すように保存するプログラムを白石先生から教えていただきました。これは、その後のさまざまな処理や解析において、これらの画像をさらに連続して読み込む必要があるためです

が、このような工程においては、プログラムを利用した処理が必要不可欠であり、その効力が非常に大きいと感じました。

次に、このCT画像データを使って耳小骨のみを描出する処理(セグメンテーション)を行いました。セグメンテーションの手法にはリージョン Growing 法や多重閾値処理という代表的な処理法がありますが、いずれの手法もCT値による閾値処理が基本になるため、CT画像上における耳小骨およびその近傍の特徴を画像のヒストグラムを作成することによって調べました。作成したプログラムを使って、正常、異常症例についてヒストグラムを作成し、抽出した領域の特徴を分析しましたが、耳小骨および錐体骨は一般的な長管骨の緻密骨部分のCT値(約1500HU)と比較すると、やや高いCT値の分布(約2000HU)を示しており、耳小骨の内部はそれよりもやや低いCT値の分布(約1000HU)を示すことが分かりました。また、炎症所見のある異常症例では、炎症の程度により炎症部分のCT値の分布が側頭骨領域の軟部組織と重なり、正常な画像の分布と異なることが分かりました。この過程において、土井先生からは、得られた結果のデータをさまざまな角度から分析し、新たな情報を見出し、その結果が意味するものについて十分に考える必要のあることを指導いただきました。そのため、CT画像やヒストグラム解析の結果のグラフをよく見直しました。まず、閾値処理のみでどの程度セグメンテーションできるのかを検討しました。最初の段階として処理を簡単にするために、耳小骨および錐体骨などその周辺を閾値処理の対象としました。作成したデータベースの画像から耳小骨を中心としたマトリクスサイズ100×100pixelの領域を切り出し、これを体軸方向に連続した100枚の画像からなるボリュームデータを抽出するプログラムを作成しました。

次に、耳小骨の候補を抽出するため、閾値処理で2値化画像を作成し、ラベリング処理をボリュームデータに対して行うプログラムを、白石先生に作成していただきました。ラベリング処理により、閾値処理で抽出された各領域に対して番号を付け、その領域(プラネット)の特徴量として、プラネットの体積とボリュームデータの中心からプラネットの重心までの距離によって定義し、これを2値化画像のなかから耳小骨候補領域を抽出するための条件として利用しました。

この条件を決定する方法としてルールベース法を利用しました。耳小骨候補と錐体骨などの耳小骨以外の領域を分離する特徴量の範囲を、あらかじめ手動で抽出していた耳小骨領域に基づいて決定し、この処理を適用することで耳小骨以外の領域の抽出を

最小にすることができました。

このルールによって、抽出されなかった耳小骨部分にあたるプラネットに対してさらに多重閾値処理を行う方法を考えました。CT値により2値化画像を作成する過程において、より正確に耳小骨をセグメントするためには、CT値の閾値を徐々に下げていく必要がありますが、耳小骨周りの組織と同じCT値まで閾値を下げてしまうと、周囲の組織と接した状態で抽出されてしまいます。この過程では耳小骨を可能な限り描出できるような、閾値(最小のCT値)を求めることを当面の目標にしました。またラベリング処理の過程では、注目ボクセルとその周辺ボクセルとの接続関係を調べました。注目ボクセルとその周辺ボクセルの接続関係を26近傍で記述するか6近傍で記述するかで、抽出結果が変わりましたので、ラベリング処理における近傍関係の検討を行いました。

耳小骨をより正確に再現性良く立体的に描出するのが目的ですので、今回作成したプログラムをデータベースの全症例に適用し、耳小骨の抽出を行いました。抽出結果を立体的に観察するにあたり、フリーの表示ソフト(MRIcro)を用いて、ボリュームレンダリング画像を作成しました。今回適用した全症例において、良好な描出結果が得られました。

また抽出結果を定量的に評価するために、留学前に準備した、耳鼻科の医師によってトレースされた耳小骨部分のアウトラインの内側の領域(マスク像)を今回のGold Standardとしました。今回作成したプログラムをデータベースの全症例に適用し、各症例の耳小骨の2値化画像をGold Standardと比較しました。抽出結果とGold Standardの画像が重なり合った部分をTrue positive (TP)、検出できなかった耳小骨部分をFalse negative (FN)、耳小骨以外の間違っただけで検出した部分をFalse positive (FP)とし、それぞれの体積を求め、抽出結果がGold Standardの画像に対してどの程度正確に描出したかを示す値を“一致度”と定義し、True positiveとFalse positiveおよびFalse negativeの理論和に対するTrue positiveの値($TP / (TP + FP + FN)$)として求めました。その結果、それぞれの症例において、前述した多重閾値処理によって求めたマスク像は、ほとんどの症例で一致度が70%を超えました。今後は、日本に戻り、さらに症例を増やし、研究を継続したいと思いました。

9. 週末のすごし方

週末には、土井先生や白石先生のお宅に招いていただくことも多く、たいへんお世話になりました。土井先生は、出張で不在の日を除いて、私達を毎週のように食事に招待してくださいました。先生は、シ



Photo 2 シカゴの風景

カゴの街中から少し離れたWillowbrookという町に住んでいらっしゃいます。先生のお宅にお邪魔する日は、午前中よりMetra(電車)でシカゴの中心地へ向かい、街を散策した後、夕方前に映画の「アンタッチャブル」で有名なUnion Stationから郊外へ向かうMetraに乗って行きました。先生のお宅の最寄りの駅であるHinsdale駅へは、いつも土井先生ご夫妻が車で迎えに来てくださっていて、町の中を案内していただくこともありました。Hinsdaleには、旧帝国ホテルの設計をしたフランク・ロイド・ライトの手がけたいくつかの建物や最近建てられた近代彫刻を見るようなすばらしい住宅が多くあり、家というより芸術品を見ているような感じでした。土井先生のご自宅も、予想はしていましたが、たいへん広くまた豪華でしたので驚きました。シカゴへ来て最初に連れて行っていただいたレストランは、ViabBellaというイタリア料理のお店で、白石先生ご夫妻と一緒に夕食をご馳走になりました。400グラム位のFilet mignonというステーキをいただきましたが、レストランの感じも良くお酒も美味しくいただきました。その他、ギリシャ料理のGreek Islandsというお店や高級ステーキハウスのMorton'sなどへも連れて行っていただき、日本にはない食事と雰囲気を楽しむことができました。10月の中旬には、土井先生宅の庭作業の手伝いを行いました。私たちは庭木の枝落としや剪定した枝を庭先まで運ぶ手伝いをしました。これが半端な量ではなく最終的にはトラック1台分くらいになりました。11月には土井先生のお宅の畑を耕す作業を手伝いました。先生のご自宅の裏庭はたいへん広く、たくさんの果樹や観賞用の木々が植えられており、花壇には毎年たくさんの種類の花を植えられるとのことでした。この日の作業後には、先生から、庭にある獣道を教えていただきました。

た、人通りがあるかのように地面が凹んでいるのですが、芝が踏まれている場所にキツネや狸、アライグマなどが現れるのだそうで、挙げられた動物の種類にアメリカらしさを感じることができました。サンクスギビングデーの祝日には、土井先生のお宅でローストターキーをご馳走になりました。アメリカでは、この日家族や親しい友人とご馳走を囲むそうで、お昼はアメリカンフットボールの試合を見ながらのんびり過ごすという習慣があるそうです。

白石先生には、郊外にある日本食を売っているマーケットへ連れて行ってもらったりしました。9月には白石先生のお宅近くの川で魚釣りをし、1時間ほど楽しい時間を過ごすことができました。10月には、泊りがけで片山さんと二人お世話になりました。すき焼きを囲んでご家族と楽しい時間を過ごすことができましたし、翌日にはゴルフの練習場へ行き、スイングの指導をしていただきました。ゴルフは初めて経験しましたが、先生の指導のおかげでなんとかボールを飛ばせるようになりました。できるようになるとたいへん楽しいもので、帰国後にゴルフを始めてみようとも考えました。

10. 最後に

今回のシカゴ大学短期留学は、多くの方々のご支援により実現することができました。土井先生をはじめ研究室の先生方には、留学期間中、研究面から生活面まですべてにおいて温かくサポートしていただき、そのおかげで、何の心配もなく研究に専念するこ

とができ感謝しています。土井先生が一度、「自分の受けた恩恵は他の人にも同様に差し向けるように」と指導してくださったことがありましたが、これにはたいへん感銘を受けました。今後は、そうできるよう努力したいと思っています。また、多くのことを学んだこの3カ月の経験が、今後の大きなターニングポイントになったことは確かです。帰国後もこの貴重な経験を職場や学会に還元し、また研究活動に役立てたいと思います。

謝 辞

研究の基本的な部分から優しくご指導いただき、生活面でもたいへんお世話になりましたシカゴ大学カートロスマン放射線像研究所所長の土井邦雄先生に深く感謝いたします。同じく、研究でも生活面でもお世話になりました白石順二先生、研究面で優しくサポートしてくださいました熊澤誠志先生、私と同室でいろいろご指導いただいたQiang Li先生、臨床的なアドバイスをいただいたFeng Li先生、優しくアドバイスいただいたJiahui Wang先生、困ったときにいつも頼りになる村松千左子さん、また私の短期留学を快諾していただきました鹿児島大学病院臨床技術部 富吉 司部長、福島 昇副部長 放射線部の皆様、このような貴重な体験をさせていただきました日本放射線技術学会 藤田 透前学会長、小寺吉衛学会長、学術交流委員会前委員長 桂川茂彦先生、杜下淳次先生、橋田昌弘委員長、そして会員の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 7) Giger ML, Doi K, MacMahon H. Computerized detection of lung nodules in digital chest radiographs. SPIE Medical Imaging 1987; 767: 384-386.
- 8) Giger ML, Doi K, Katsuragawa S, et al. Digital processing of medical images for computer-aided diagnosis. SPIE Medical Imaging 1989; 1082: 25-33.
- 9) 桂川茂彦. 医用画像情報学. 東京: 南山堂, 2002.
- 10) 土井邦雄. コンピュータ支援診断(CAD), 基礎概念, 現状, および将来の可能性. 日独医報 2003; 48(1): 8-20.
- 11) 土井邦雄. 乳癌検診におけるコンピュータ支援診断(CAD) - 現状と将来の可能性 -. 日乳癌検診会誌 2007; 16(2): 149-163.