

医療とコンピュータ

Vol.10 No.6

株式会社日本電子出版

<http://www.epj.co.jp/medcom/>

「遠隔医療とバーチャルリアリティ」 についての米国事情

田中 博

東京医科歯科大学 情報医科学センター長

はじめに

昨年の平成10年の12月に筆者が主催する計算医学研究会は、「遠隔医療における画像処理と医学バーチャルリアリティ」と題して、ネットワーク時代の医療、特に遠隔医療の画像伝送をテーマとしてシンポジウムを開催した。研究会の開催後、海外における現状をより深く知りたいという考えも広がった。そこで、計算医学研究会が中心となって遠隔医療と医学バーチャルリアリティの調査団が企画された。準備期間が短いこともあって、数多くの参加が得られたわけではなかったが、3月14日(日)から3月22日(月)の9日間、米国の遠隔医療に関係する施設を視察・調査した。計算医学研究会の企画ということで、遠隔医療以外にも、遺伝情報処理あるいはスーパーコンピュータの医学応用なども機会が許す限り、見学した。

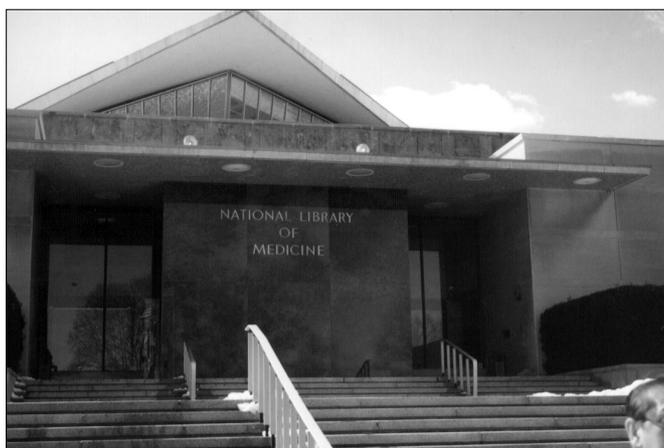
巻頭言でものべたように、われわれの遠隔医療に関する考え方は、ネットワーク上に展開される医療こそ未来の医療の形態であるという認識である。われわれもしばしばネットワーク上に展開される医療をさすのに「遠隔医療telemedicine」ということばを使用しているが、本来の立場は、マルチメディア情報ネットワーク時代での医療の来るべき姿を予見しようとするものであり、距離の遠近や医療における過疎の解消のために現在の医療を補完するものとして遠隔通信技術を医療に期待するものではない。分散する医療機能をvirtualにネットワーク上で統合

する新たな形態の医療が、将来の医療の全体形態であり、Network-based Medicineあるいは「ネットワーク医療」と呼ぶべきものである。ネットワークがつながるところであればどこでも高度医療を受けられる、そのような医療サービスの供給形態が国家的あるいは国際なマルチメディア情報ネットワークのインフラの上に実現していくであろうと考えている。

さて、使節団は田中をグループリーダ、国立がんセンター研究所の水島室長を副リーダとして小人数ではあるがチームワークもよく1週間あまりで、NIHとGeorge Town大学、North Carolina地区、Mayo Clinic、Stanford大とSunMicro社などを見学した

国立衛生研究所 (National Institutes of Health)

ワシントンDC郊外のBethesdaにあるNIHは、自ら医学研究を行う機関であるだけでなく、国内の医学研究施設への研究助成(grant)や研究契約(contract)によって研究予算を配分しているところでもある(これらはextranural programと呼ばれる)。この中でも、NLM(National Library of Medicine)は、本来は国立の医学図書館であり、その点でも世界最大の医学蔵書を保持しているが、それだけではなく現在は、医学情報のさまざまな分野に関する研究施



HLMの正面玄関

設の集まりが図書館に隣接したLsiterHillビルに入っている。その意味ではNLMは単なる医学図書館だけでなく電子化された医学生物情報のナショナルセンターとしての役割も担っている。その中でも誰もが知っているのは医学文献データベースMedlineの構築と提供であろう。その他、AIDSやガン、中毒などに関するオンライン情報サービスも行っている。近年はさらに遺伝情報の時代を迎えて、分子生物学的なデータベース・ソフトウェアの構築の中心としての役割も果たしている。

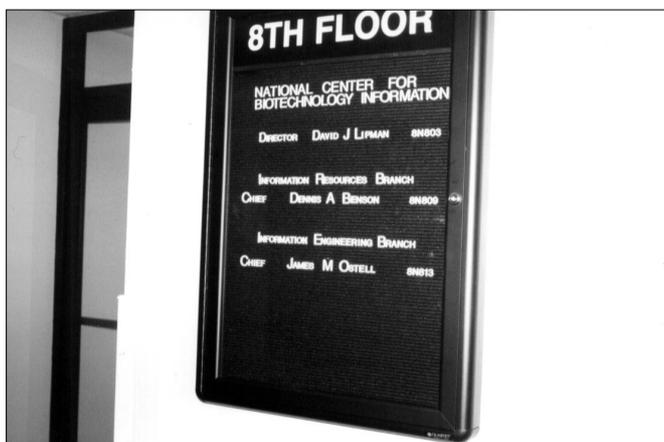
生物情報学ナショナルセンター (NCBI)

NCBI (National Center for Biotechnology Information) は、分子生物学の分野における核酸やタンパク質のデータベースやこれらの遺伝情報の検索、照合などを高速に行う

BlastやFASTAなどプログラムの開発を行っている。われわれはまず、このNCBIのLipman所長を訪問した。ここではGenbankの作成を中心として100名以上の職員が働いているということである。研究者は遺伝情報処理の新たなプログラムを開発研究しており、7名から8名と聞いた。ホモロジー探索で現在最も広く使われているFASTAはLipman自身によって開発されたものである。遺伝子のデータベースGenbankはかつてはロスアラモス国立研究所も関与していたが現在ではNCBIのみが運営管理している。ガン遺伝子のデータベースも行っており、国立がんセンター研究所のがん情報部とも共同事業を行っている。視察では遺伝関係データベースおよび遺伝情報処理プログラムの統合的な環境であるEntrezやがん遺伝子データベースであるCGAPなどについて実演にて紹介していただいた。

高性能コンピューティング・コミュニケーションプロジェクト (HPCC) オフィス

高性能コンピューティング・コミュニケーションプロジェクトは1992年クリントンが大統領に就任したときにゴア副大統領が提唱したスーパーコンピュータや高速情報ネットワークの開発と利用の国家的な推進を目的とする計画で、HPCC (High Performance Computing and Communication) 計画と呼ばれた。この計画の長がNMLのLindbergであったことから、NLMにオフィスが設けられた。



NLMのNCBI



NLMのHPCCオフィス

現在は計画自体は2期目にはいってCIC (Computer, Information and Communication) と名称を変更して、委員長もLindbergから計算機関係の人物に変わり事務所も移動したが、同じ事務所で、医療面でのCIC関係予算の配分を行っている。ここで、Carol B. HabermanおよびFontelo氏からtelemedicine関係の予算配分について聞いた。

遠隔医療の医療へのインパクト評価についてのプロジェクト

NLMでは遠隔医療に関しては1996年から3年間で4200万ドルの予算を各研究実施機関へ配分し、多くのプロジェクトを推進しているとの話であった。包括的にはこれらのプロジェクトは遠隔医療の医療へのインパクトすなわち医療のコスト、質、アクセスへのインパクトの評価を目的としている。大病院から診療所、都市から地方、慢性疾患から急性疾患にいたる広い範囲で遠隔医療の影響を調べている。具体的には救急医療、電子カルテ、高リスク新生児、在宅医療、薬副作用、病院間患者管理、透析患者管理、疾病予防の情報ネットワーク、遠隔皮膚科診療、精神疾患のテレビ診療など個別テーマで、Iowa大学、George Town大学などに24の研究プロジェクトに予算を配分している。

新世代インターネット

Fontelo氏からは、新世代インターネット(NGI: New Generation Internet)あるいはInternet2についてのNLMの取り組みについて聞いた。NGIは次世代のインターネットについての政府側の計画をさすのに対し、Internet2は大学や企業が主導して行われている計画である。NLMはとくに医療・保健関係の応用面でNGIに関係している。資金を提供しているのは、医療応用に必要な通信速度、信頼性などのQoSやセキュリティについてである。全体を3期に分けて、計画段階、実行段階、拡張段階としているが、現在は計画段階である。1998年に24施設に対して研究資金を提供した。それぞれは10万ドル程度であり、全体で2400万ドルである。たとえば、Johns Hopkins 大学では放射線が

ん治療のサポートシステムにおけるNGIの応用、Yale大学では病理画像伝送、Stanford大学では解剖遠隔教育などである。

研修を終了して、NIHクリニカルセンター(ビル10)の常設展示を見学してNIHの視察は終わった。

Goerge Town大学ISISセンター

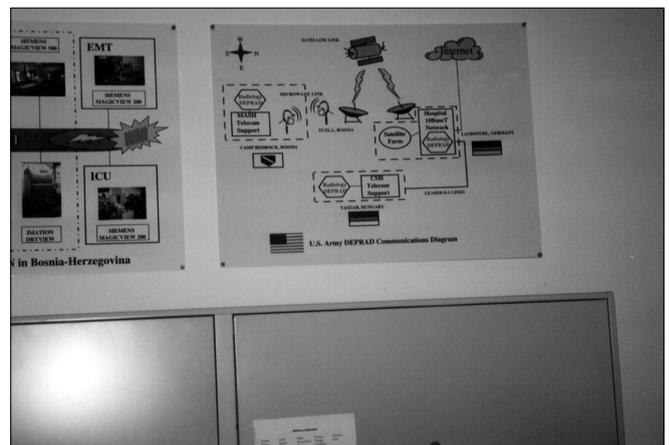
Mun教授が主催するISISセンターでの遠隔医療の取り組みについて調査した。ここでは多くの研究がなされており、とくに次のテーマが関心を集めた。

戦地遠隔医療

BosniaでのNATO負傷兵士の診断を行うため、マイクロ波画像伝送と衛星通信を使用してドイツの病院の専門医に遠隔診断するシステムである。

バーチャルバイオプシー

前立がんを対象としてどれだけの個所を生検すれば統計的に正確にがん組織を採取できるか3次元バーチャルリアリティを利用して調べる。



ボスニアでの遠隔医療システム



Dr.Mumの自宅に置かれた画像伝送装置

遠隔病理診断

腺がんを対象として全顕微鏡視野領域を区分して、タイルで覆ったようにし、40xで撮影し連続的に他の区分領域へと移行できる画像伝送システムを構築した。病理部門のAzumi助教授と共同研究している。

軍での遠隔医療の取り組み

米軍の遠隔医療の取り組みの総覧した説明を受けた。視察後は、Mun教授の自宅にてレセプションパーティがあった。ワシントン郊外の邸宅でまわりは高級官僚や議員がずんでいると聞いた。氏の積極的な活動や予算獲得にもこの点は大いに役立っていると考えられた。

Duke大学メディカルセンターとNorth Carolina Super Computer センター (NCSC)

次の訪問地は、HPCC計画を州全体で推進しているNorth Carolina州の見学とした。NC州では、Chapel HillのNCSCにスーパーコンピュータが装備され、これを共同利用するために、800Mbpsの速さのATM網がNCの主要研究施設を結んでいる。NCSCがあるラレーとデュークの間にはリサーチトライアングルとよばれ、多くのハイテク企業や研究所が存在している。

Duke大学メディカルセンター

Duke大学メディカルセンターは、全米でも屈指の医療施設である。US newsという雑誌のアメリカのベストホスピタルという特集号には、全米4位の評価があった。ちなみに一位はJohns Hopkins、2位は次に訪問するMayo Clinic、3位はマサチューセッツ総合病院 (Harvard)、5位はUCLAで6位はClevelandである。本調査旅行で最後に訪問するStanford大学は7位であった。さて、Duke大学ではまずはスーパーコンピュータの医療への応用ということで、生体医用工学のHertiquez助教授の研究室を訪問した。Duke大学での生体医用工学の教育研究プログラムは全米でも著名で、学生の人気も高いということである。学部学生は400名、大学院学生100名、教官50名の大学科である。Hertiquez教授は、同時に心血管系技術創成センター (CEST : Center for Emerging Cardiovascular Technologies) を主催している。とくに心電位の心臓内伝播を400万要素で計算している。興奮伝播のシミュレーションのグラフィックはNCSCにスーパーコンピュータを駆使した賜物であろう。このような極めてリアルな生理的現象の再現は、高性能計算機の発達によって成し遂げられつつある。実際の生物での実験に変わって、計算機内の生物現象の再構成モデル (Virtual life) を使用した実験 (計算実験) が今後大きな影響を持つであろう。すでにHertiquez助教授のところでは、不整脈のさまざまな条件下における発生を実験している。個人的なことで恐縮であるが、生体医用工学科は最後にメディカルセンターを見学したが、病院は旧病院と新病院に変われ両者をつなぐ元としたPeoples Moverと呼ばれるモノレールが走っているのは特徴的であった。

NCSC

このスーパーコンピュータセンター自体は、最初は州の計画のもとに創設されたが現在では非営利団体が経営している。センターはまるでCrayコンピュータの陳列館のごとくでその歴史が一瞥できる。最近は大トクト型の



ノースカロライナの情報スーパーネットワーク

超大型計算機よりもマルチプロセッサのサーバを連ねる方式に移行したようである。使用の80%はやはり分子軌道法などの化学計算である。ここは同時にATMの州内高速ネットワークいわゆるNC情報スーパーハイウェイの管理も行っており、そのネットワーク管理の実際を見ることができた。

Mayo Clinic

Mayo Clinicは、さきにも述べたように全米でも1、2を争うほどの高度の医療を実施している病院である。Minneapolisから飛行機で一時間ほどのところにあるRochesterに立てられているが、この都市はさしずめ病院門前町とでもいべき市で人口は10万人いるが、そのほとんどは、Mayo関係者であるか、その周辺産業たとえば全米あるいは各国から集まった患者が滞在するホテル従業員などである。その他に郊外にIBMがあるので両者の関係者を合わせると市の人口のほとんどを占める。

Mayo Clinicは、19世紀の中ごろに軍医であったWilliam Mayoとその2人の息子たちによってはじめられた。最新式の技術を導入した手術など革新的な医療で評判を集めたが、病院が大きくなるにつれて、初期から主治医や専門医を含んだチームによるグループ診療を原則とした。この伝統は現在でも受け継がれている。

案内を担当したJohn Ostrander氏もMayoの医者は一応俵

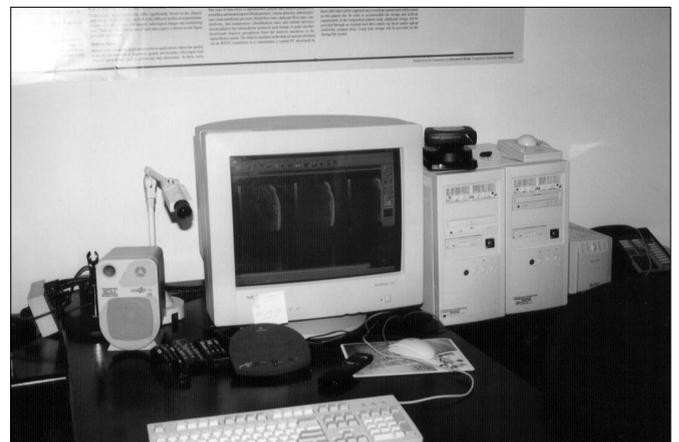
給の職員であることを強調する。アメリカの他の大規模病院に見られるように自らのベッドを持ちそこからの収入を共有できる制度とは違っている。

通信衛星の遠隔医療

さて、MayoはRochesterの本院だけでなく、フロリダのJacksonvilleおよびアリゾナのScottsdaleにも分院があるが、当初はこれらを通信衛星を用いたテレビ会議方式で遠隔医療を行っていたことは有名である。筆者はちょうど10年前にJacksonvilleを見学し、その記録は「次世代医療情報システム」という単行本に1章を割いてまとめたが、その後はどうなっているのか興味があった。話によると、最初は医師も少なく患者と現地の医師さらに本院の専門医との間で遠隔テレビ会議を行うような形で遠隔診療を行っていたが、次第に両分院の医師数も多くなり現在では患者を含めた遠隔診療はほとんど使われていないということであった。衛星通信のコストなども影響があるのかもしれない。現在はもっぱら病院の管理者間のテレビ会議に使用されているようである。

ISDN回線のUAEとの遠隔医療

現在、Mayoで行っている遠隔医療はアラブのUAEとの遠隔医療である。世界的病院であるため外国の要人の入院も多い。とくに外国人の診療は5%になりそのなかでもUAEが多いということで、X線や超音波などをISDN回線



Mayoクリニックの遠隔医療装置

で送ってもらいMayoの専門家に診断してもらおう形の遠隔診療が行われている。これは診療科の協力なしにはできないが、心臓関係の診療科が協力していることであった。現在はまだ1室でワークステーションも1台であったが専任のオペレータが1人いてそれに医師がアドバイスしている形態をとっていた。UAE から送られてきた画像はMayoのGE Pacsシステムに送られそこでDictationによるレポートが付与されて返還される。Dictateする読影医にとってはそれが来院した患者かUAEからの伝送画像かは差異はない。

スタンフォード大学とシリコンバレー

スタンフォード大学メディカルセンターについては次の2箇所を訪問した。

血管手術部門

昨年の国際シンポジウムに招待したスタンフォード大学機械計算工学と血管外科部門のCharles Taylorの研究室を訪問した。ここではスーパーコンピュータを使用した大量計算によって大腿動脈などに狭窄や閉塞が生じたとき、バイパス手術を行うとどのように血流動態が変化するかをリアリスティックな有限要素法血管モデルを用いて血行動態を計算的に再構成している。血行音も生じさせるような周到さである。

放射線科学部門

Sandy Napelが主催する部門で3次元の再構成像を日常的に臨床に提供している。CTやMRIなどの断層像から担当医が必要とするであろうと思われる角度で3次元像を何通りか再構成して臨床側に返す方式を使用している。1か月で100症例以上の報告を作成しておりやはり血管関係が多いと聞いた。3次元画像の臨床ルーチン化を実現しているのは、Stanfordのこの部署だけではないかと思われる。再構成に関与しているのは専任のテクニシャン2名であった。

シリコンバレーSun Micro systems

Sunのとくに医療への取り組みを中心に話を聞いた。BruceElder氏が医療の担当であり、これからの医療がネットワークを中心に展開すること、Javaカードが医療データアクセスへの認証となることなどの話があり、Javaの医療への応用の将来を垣間見ることができた。

Virtual Technologie社

データグローブで、フォースフィードバックのあるタイプの仮想現実センサーデバイスを体験した。

まとめ

今回は遠隔医療、バーチャルリアリティ、計算医学を目的に多くの米国の医療関係施設を訪問した。やはり実際に行ってみないとわからない事情も多い。たしかにあらたな動きは進んでいて、今後の展開に期待が持てよう。この視察旅行は非常に好評であったので、来年にもまた挙行する予定である。