

遠隔医療システム

小池 淳

(株) KDD 研究所

●保健・医療分野における情報・ネットワーク化

インターネットやISDNなどのデジタル通信ネットワークとパソコンなどの情報処理機器の急速な進歩と普及に伴い、通信ネットワークや電子的なメディアを用いた保健・医療行為、地域・職域の一体的な保健・医療の運営、そして福祉サービスとの連携などの情報化システムの構築に期待が高まっている¹⁾。たとえば、遠く離れた離島と都市部の病院とをテレビ電話で結び、医師が患者と直接対面せずにテレビ電話を利用して診断を行う遠隔医療、身近な診療所と高度な専門医療を行う大学病院間との病診連携、会社内における職域健康診断と地域における診療との連携、等の実証実験システムの構築が厚生省、通産省、郵政省などの政府機関の支援により推進されている。これらの多くは、デジタル化された患者情報を情報・通信ネットワークを用いて異なる病院間で相互に運用・利用することにより、高度な医療システムの実現を目指したものである。具体的には、

- (1) サービスの効率化（医療コストの抑制）、
- (2) サービスの品質の向上（医療行為の信頼性の向上や迅速化）、

- (3) サービスの公平化（地域による格差の解消）、
- (4) 新規サービスの開発（福祉サービスとの連携）、などを目的としている²⁾。

●遠隔医療とは

遠隔医療とは、厚生省の遠隔医療に関する研究班の報告書³⁾では、「映像を含む患者情報の伝送に基づいて遠隔地から診断、支援などの医療行為および医療に関連した行為を行うこと」と定義されている。たとえば、図-1に示すように相互に離れた場所にいる複数の医療従事者による患者症状の検討や診断、医師と患者が対面で行っていた医療行為をテレビ電話や会議などを用いて遠隔地から診断するなどがこれにあたる。空間的に離れた遠隔地からの行為は、必ずしも医療従事者が情報の発信者であるとは限らず、患者自身が必要な情報の発信者であっても構わない。また、関連した医療行為からは、医療に関連する福祉や介護なども視野に含まれている。映像を含むということからは、種々の検査データに加えて、X線画像をはじめとする画像や映像データの伝送や利用が重要であると認識される。したがって、X線画像などの伝送技術がこれを支える必須な技術となる。このように、遠隔医療とはきわめて広い概念であり、対象とする地域や医療内容により、その形態や内容は大きく異なるものと想定される。

●遠隔医療システム実現のための社会的課題

遠隔医療については、現在、国内外でいくつかの実証実験システムが構築されつつあるが、現状では、解決すべき社会的・制度的な課題をいくつか抱えている^{1)~4)}。大きなものとして、(1) 医師法や医療法をはじめとする各種の法律や行政制度上の規制緩和、(2) X線フィルムで代表される保険請求制度の改革、(3) 医療情報に対するセキュリティの確立、(4) 在宅医療や介護などの福祉までを含めた保健・医療サービス制度の改革、などがある。

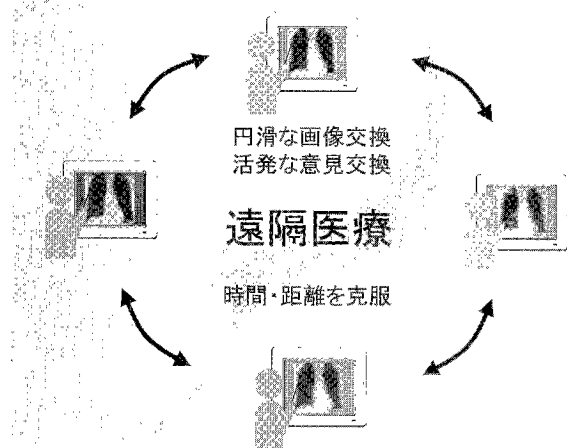


図-1 遠隔医療システム

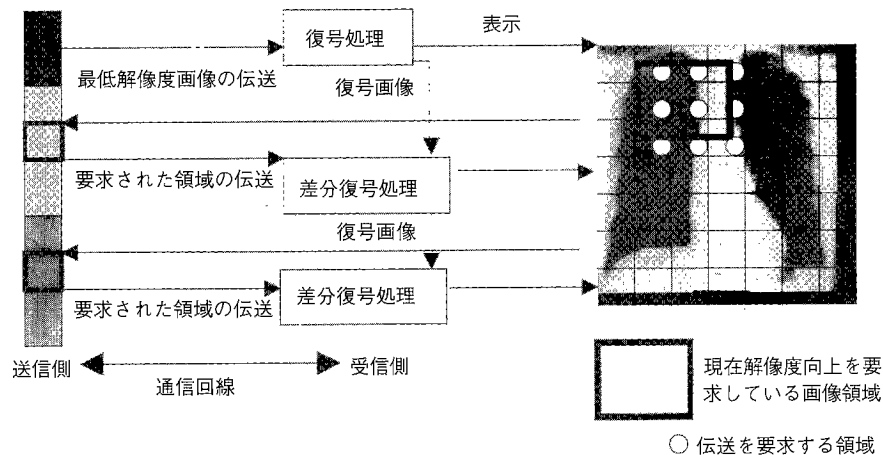


図-2 階層的画像伝送方式

法律や行政制度上の規制緩和については、たとえば、医師と患者との対面での診療しか認めていない医師法（20条）の改正、あるいは柔軟な運用が求められている。1997年12月の厚生省からの通達で、現状では、遠隔地からの診療が必ずしも医師法に抵触しなくなった。しかしながら、遠隔医療を円滑に進めていくには、多くの実証実験を積み重ねながら実際の運用形態や細かな手順を検討していく必要がある。いずれにしても、この厚生省の通達は、遠隔医療を進める上で大きな前進である。

X線フィルムの問題は、現状の健康保険制度では、フィルムでの診断・保存を前提としており、電子的な手段での保存やディスプレイでの診断は考慮されていない。この問題に対しては、X線画像の電子保存規格の制定と保健点数の付与の制度化など、着実に検討が進められているものの、現状では、病院内での医用画像のデジタル化が完全になっていないこともあり、実現には至っていない。

セキュリティについては、本質的には情報化に伴って生じるものではなく、人によって必要な書類を作成した場合においても、確保されるべきものである。遠隔医療においては、情報が通信ネットワーク上を伝送されるので、発信者と受信者の相互認証や情報の暗号化などの技術が必須となる。

保健・医療サービス制度の改善については、福祉、保健、医療サービスを一体的に構築することにより、初めて各種医療情報データが効率よく運用される。これなくしては、医療分野における情報化はまったく意味のないものになってしまう。

これらの上述した課題は、単独で存在しているわけではなく、実際にシステムを構築する場合においては、複雑に絡んでおり、技術的な問題を含めて検討を進めていく必要がある。

●遠隔医療に必須となる画像符号化

X線画像などの遠隔医療で必要となる医用画像の伝送用符号化アルゴリズムについては、これまであまり検討

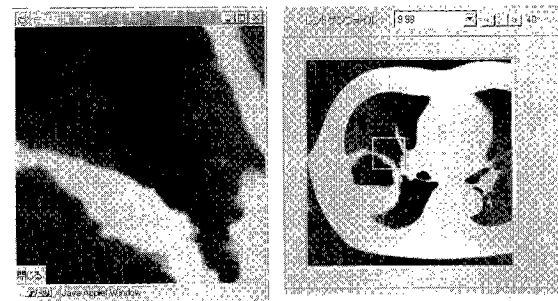


図-3 階層的な画像伝送の例

されていなかった。実際、断層撮影装置（CT, Computer Tomography）や核磁気共鳴撮影装置（MRI, Magnetic Resonance Imaging）等で撮像した画像データの伝送規格であるDICOM（Digital Imaging and Communications in Medicine）では、静止画像符号化の国際標準規格であるJPEG（Joint Photograph Experts Group）ロスレス方式を採用しているにすぎない。JPEG方式は、本来医用画像を対象として開発されたものではないことから、遠隔医療用としての利用については疑問が残る。具体的には、医療行為に必要な画像を必要な解像度で遠隔地から迅速に伝送する際の通信回線として、INS64やインターネットなどの低速な回線のみしか利用できない場合、診断に本当に必要となる注目画像領域ROI（Region of Interest）だけを効率的に伝送・表示するような符号化機能が要求されている。

●遠隔医療のための階層的な画像伝送方式

ROIのみを効率的に伝送する方式として、階層的な伝送方式が効果的である⁵⁾。この方式では、画像は複数の領域（たとえば、矩形ブロック）に分割され、その領域単位で符号化される。この結果、矩形ブロック内の画像の復号は、それ以外の領域内の画素値などを参照せずに復号が可能となる。ROIは、その矩形ブロックの塊として表現される。

ROIに対応する画像を復号・表示するには、一連の符

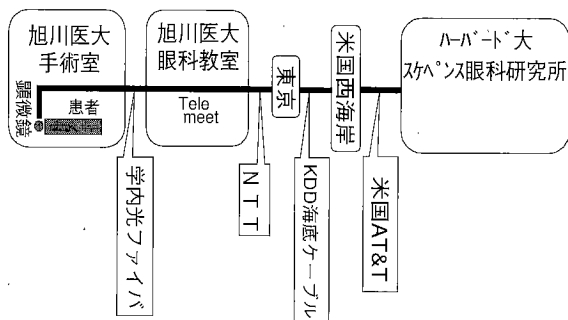


図-4 旭川医科大学による日米遠隔診断システム

号データからROIに対応する符号を検出することが必要である。高速に復号・表示するためには、符号を最初から逐次的に復号することなしに、ROIの先頭を示す符号を検出（復号）できるような符号体系でなければならない。通常、バイト単位での符号語の検出処理が容易にできるようにハフマン符号を修正することで対処している。また、ROIのみを他の領域に比べて段階的に高解像度で表示するには、符号化データが階層的に構成されている必要がある。フーリエ変換のような周波数領域への変換の1つである離散のコサイン変換（DCT, Discrete Cosine Transform）やウェーブレット変換（Wavelet Transform）を用いた符号化方式が採用されることが多い。

符号化画像データの階層的な伝送に関しては、サーバ・クライアント環境が採用されることが多い。まず、画像の全体像が分かる大まかな画像をクライアント側に伝送し、ディスプレイに表示する。そして、クライアント側から、マウスなどでユーザが指定したROIに対応する符号化データの伝送要求をサーバ側に送り、サーバ側が対応した符号化データをクライアント側に伝送する。クライアント側では、サーバ側から伝送されてきた符号化データを復号し、指定された領域の画像を高解像度に表示する（図-2）。

図-3に階層的伝送方式による画像データ表示の一例を示す。使用した画像は、CT画像で、そのサイズは2000×2000画素の大きさである。最初に原画像をそれぞれ縦横1/4（画素数比では1/16）に縮小した画像を画面の右部分に表示する。そして、ROI（この図では、中央部の白線でマーキングしてある）を指定すると、画面の左部分にROIに対する画像が高い解像度で表示される。

●先駆的な米国の遠隔医療システム⁴⁾

NASAによるパパゴ・インディアン地区への遠隔医療サービスでは、1972年から1975年までの4年間、アリゾナ州のパパゴ居留地のインディアン住民への一般医療サービスが行われた。心電図やX線画像撮影装置を搭載した診断車が居留地を訪問し、専門医がいる病院との間で遠隔医療を行った。

オクラホマ州の遠隔医療ネットワークでは、DS3

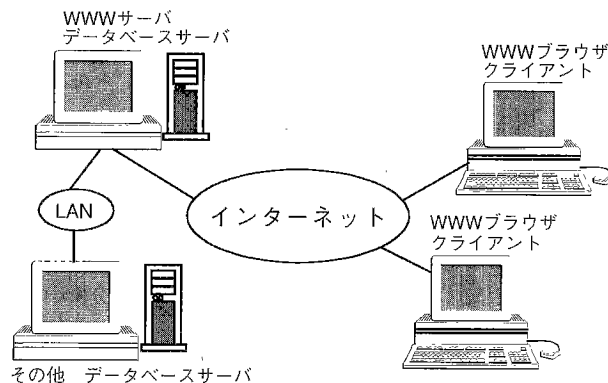


図-5 インターネットを介した遠隔医療システム

(45Mbps)のネットワークをバックボーンとして、T1(1.5Mbps)ネットワークを各病院に接続している。38病院がネットワークに接続されており、大学病院と個々の診療所間でX線画像の伝送に基づく遠隔診断などが実際に行われている。田舎地域の診療所において、都市部の専門医がいる病院から高度な医療が受けられるようになっており、ネットワークを用いた遠隔での読影により実際に都市部の専門病院に行く必要があるケースを相当数削減できたと報告されている。

また、ジョージタウン大学における人工透析患者の遠隔管理サービスでは、人工透析センタ（看護婦は常時いるが、医師はいない）において患者が透析を行うために必要な各種データの遠隔測定やテレビ会議による透析のための管の装着の支援などを行っている。血圧、心拍数、体温、心電図などが遠隔地の病院で測定され、遠隔地の病院の医師が透析センタにいる患者を監視・支援している。この例は、僻地に対する高度医療の提供という従来型の遠隔医療から一歩進んで、現実の医療システムにおけるサブシステムとして位置付けられるものであり、今後の遠隔医療の進むべき1つの方向を示していると考えられる。

●着実に進展する日本の遠隔医療

旭川医科大学では、INS1500対応のビデオコーデックを用いて北海道内の関連病院眼科を結んでいる⁴⁾。これはテレビ会議システムを眼科画像の伝送に応用したもので、眼球内の硝子体の動きや眼底の出血などのカラー画像を毎秒30枚伝送することができる。北海道内の関連病院眼科における手術現場の医師に対する的確な技術支援や助言などをリアルタイムで与えることが可能となった。これらはすでに日常的に実施されており、現実の医療の一部となっている。加えて、米国ハーバート大学スぺンス眼科研究所とも結び、同研究所専門医から北海道内の病院の手術現場に対する技術的な支援実験も積み重ねられている（図-4）。さらに、ここでは、眼球内の奥行き感を伝送し、遠隔の医師からよりの確な指示を得ること

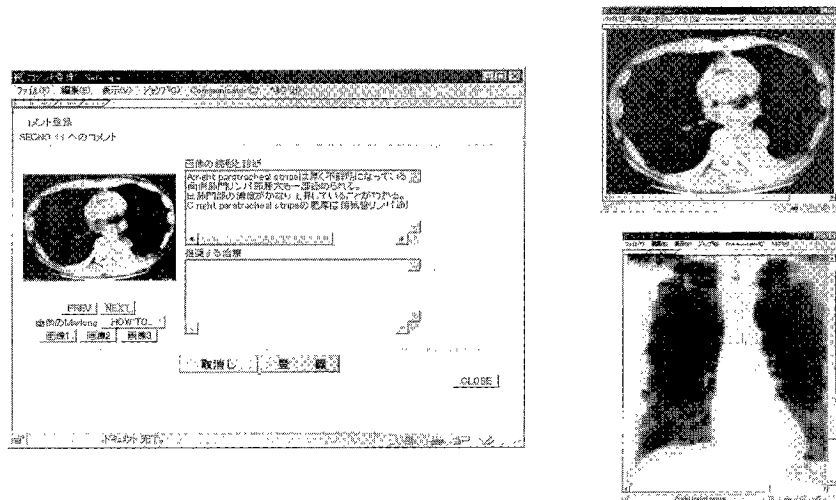


図-6 遠隔医療システムのGUI例

を目的として、眼球手術の立体画像を伝送する試みも開始している。旭川医科大学の場合は、実験段階から運用段階に移行する時期に到達しており、遠隔医療を導入するにあたっての良い手本と考えられる。

京都府立医科大学による病理画像の遠隔診断システムでは、府立医大付属病院と約100km離れた与謝の海病院を156MbpsのB-ISDN回線で接続している⁴⁾。癌などの病理画像の遠隔診断で利用されている。通常、病理画像の診断にはかなりの高画質の画像が必要とされるが、直接撮影のX線画像では2000×2000画素、10ビット白黒画像が、顕微鏡の病理画像では2000×2000画素、24ビットのカラー画像が必要である。SHDTV（超高精細テレビ，Super High Definition TV）を用いた病理画像の遠隔診断が行われた。これまでの評価では、SHDTV画像は病理診断に十分に適用可能であること、そしてB-ISDNを用いて十分伝送可能であると報告されている。遠隔地からの病理診断に関しては、病理専門医が不足している状況を考えると、遠隔医療サービスの中で比較的早期に立ち上がるものと期待される。

KDD研究所では、JR総合東京病院と国立療養所東京病院³⁾らの医師が参加する遠隔医療通信システム研究会の協力を得て、胸部X線画像の伝送に基づく呼吸器内科向けの遠隔医療システムを開発した⁵⁾。本システムでは、医療情報を蓄積・管理する画像情報サーバとそれへのアクセスを行うクライアント端末がインターネットを介して情報交換を行う（図-5）。医用画像情報サーバ上では、WWWサーバとデータベースシステムが動作しており、X線医用画像や関連する患者情報が蓄積されている。これを用いて、年齢や性別などの患者情報や症状別による高速な検索機能を実現している（図-6）。本システムでは、患者の医用情報などが不必要に流出することを防ぐため、医師などが本システムにログインする場合には、パスワードセキュリティのチェックを受ける。この結果、このチェックを通過したユーザのみがネットワーク上にあるデータベース内の胸部X線医用画像と関連する医療データの

登録、検索、診断結果の記録等へのアクセスが可能となる。遠隔医療通信システム研究会による予備的な利用実験を行ったが、医用画像の伝送時間など改善すべき余地があるものの、基本的な機能と使い勝手に関しては十分使用できるという結果が出ている。これまで、遠隔医療はISDNなどの公衆回線や専用回線を用いてシステム構築が行われてきたが、インターネット上でのシステム開発が多くなっていくと予想される。

●人に優しい遠隔医療システムの実現に向けて

遠隔医療などの保健・医療分野における情報システムの構築は、医療情報の効率的な利用と運用、医療費コスト抑制という観点からのみ考えられがちである。しかしながら、医療行為は、そもそも人を対象とするものであり、遠隔医療システムは、そのための実現手段にすぎない。これまでの遠隔医療システムは、時としてこの点を忘れがちである。ますます進む高齢化・少子化社会を迎えて、在宅介護・看護などの福祉と、職域や地域における健康診断、病院での診療行為などと関連した遠隔医療システムが開発されると思われるが、技術的な側面からだけではなく法制的な側面からの検討も必要である。この場合、このための遠隔医療システムでは、通信ネットワークを用いた単なる距離の克服だけではなく、生命を大切にする人に優しいシステムとしての開発がなされるべきであろう。

参考文献

- 1) 第2回遠隔医療研究会講演予稿集 (Mar. 1998).
- 2) 大山永昭: 医療情報メディアシステムの課題とアプローチ, 映像情報メディア学会誌, Vol.53, No.1, pp.12-17 (Jan. 1999).
- 3) 遠隔医療に関する研究班: 第1回遠隔医療研究会総括報告書 (1997).
- 4) 特集: 遠隔医療 (2), 日本医用画像工学会, Med.Img.Tech, Vol.16, No.6 (Nov. 1998).
- 5) 小池 淳, 勝野 聡, 松本修一, 竹内和則: 遠隔医療のための医療画像データベースシステム (MIMAS) の開発, 日本医用画像工学会, Med.Img.Tech, Vol.16, No.6, pp.636-643 (Nov.1998).

(平成11年4月9日受付)