

JGNを利用した病院間リアルタイムコラボレーションならびにIPv6環境における大容量医用画像およびセキュア通信の実用化に関する研究

岡田宏基¹⁾、原 量宏¹⁾、櫻井恒太郎²⁾、美代賢吾³⁾、大江和彦³⁾、野津 勤⁴⁾、
田中敏朗⁴⁾、秋山一弘⁵⁾、池田 勝⁵⁾

1) 香川医科大学 医学部附属病院 医療情報部

2) 北海道大学 医学部附属病院 医療情報部

3) 東京大学 医学部附属病院 中央医療情報部

4) 横河電機株式会社

5) オリンパス光学工業株式会社

〒761-0793 香川県木田郡三木町池戸 1750-1

TEL/FAX (087)891-2381, Email : sougouok@kms.ac.jp

あらまし 医療情報の電子保存が認められたことを契機として、遠隔医療は急激に普及しつつある。しかし医療情報のなかで画像系に関しては情報量が大きく、通常のネットワークでは伝送に時間を要し、遠隔医療の本来の意義が十分に評価されていない傾向にある。我々は次世代超高速ネットワークである JGN を用いて、香川医大、東大および北大間でこれら情報量の大きな画像伝送の研究に取り組んでいる。試験に用いた画像は、CT・MR 画像、高精細病理画像、超音波動画画像、及び遠隔講義・カンファレンスの高精細映像である。静止画像は香川医大の DICOM 画像サーバへ JGN を介し直接アクセスし迅速な画像取得ができた。高精細動画画像伝送に関しては DVCPRO-IP を用いることにより、極めて鮮明な画像・音声がほとんど遅滞なく伝送できた。次世代の通信プロトコルである IPv6 を用いての、動画画像の伝送ならびに暗号化通信を試みており JGN における IPv6 の有用性を確認する。

キーワード JGN、リアルタイムコラボレーション、大容量医療画像、IPv6、セキュア通信

Study on real-time hospital-to-hospital collaboration using JGN and realization of secure and large-sized medical image transmission under IPv6 environment.

Hiroki Okada, Kazuhiro Hara, Tsunetaro Sakurai, Kengo Miyo, Kazuhiko Ohe,
Tsutomu Nozu, Toshiro Tanaka, Kazuhiro Akiyama, Masuru Ikeda
Department of Medical Informatics, Kagawa Medical University
1750-1 Ikenobe, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa 761-0793, Japan

Abstract Allowance of electrical storage of medical informations has recently been spreading dramatically in telemedicine. However, because the volume of informations of medical images is so large that it takes so much time to transmit those informations, the significance of telemedicine is not yet properly appreciated. We have been studying the transmission of large-sized medical images between Kagawa, Tokyo, and Hokkaido using JGN, which is a high-speed network of the next generation. CT, MRI, and high-resolution pathological images were taken from a DICOM server by an image viewer, motion pictures of ultrasonography were transmitted in the form of motion JPEG, and high-quality movies were transmitted by DVCPRO-IP with little time-lag. In addition, we have been examining the value of IPv6 in JGN using movie transmission and secure communication.

Key Words JGN, real-time collaboration, large-sized medical image, IPv6, secure transmission

1. はじめに

近年医療情報の電子化が進み、平成11年には旧厚生省が診療録の電子保存を認める通達を出した。最近では保存のみならず、いわゆる「電子カルテ」内容を始めとした種々の医療情報がネットワークを通じて配信されようとしている。これら医療情報の中で、画像情報はそのファイルサイズが大きく、通常のISDN等を用いたネットワークでは伝送に著しく時間を要する。

最近ではやや広帯域のADSLが各地で利用できるようになり、また都市部では光ファイバー網が整備され、高速ネットワークの利用が身近になってきている。われわれは、それに先だって、高速ネットワークの医療情報伝送における有用性を検証するために、日本列島を縦断するJGNを用いてファイルサイズが大きい医療画像や高精細の動画の伝送実験を行ってきている。本研究は通信・放送機構の委託研究費を受けているが(課題名「ギガビットネットワークを利用した病院間リアルタイムコラボレーションの実用化に関する研究」、プロジェクト番号JGN-P11471)、研究の概要と香川県における遠隔医療の取り組みとを併せたものを下図に示す。

さらに医療情報のネットワーク伝送においては患者情報保護のため高度のセキュリティを必要とするが、われわれはJGNにおいても、セキュア通信を行った際の伝送時間の遅延を測定し、実用性を検討した。

さらに、次世代通信プロトコルとして期待されているIPv6についても、IPv6間、またIPv6、IPv4の混在環境下でJGN上での検討を行うべく準備を進めているが、本シンポジウムにおいては、沖縄―香川間でIPv6を用いて高精細映像の伝送実験を行う予定である。

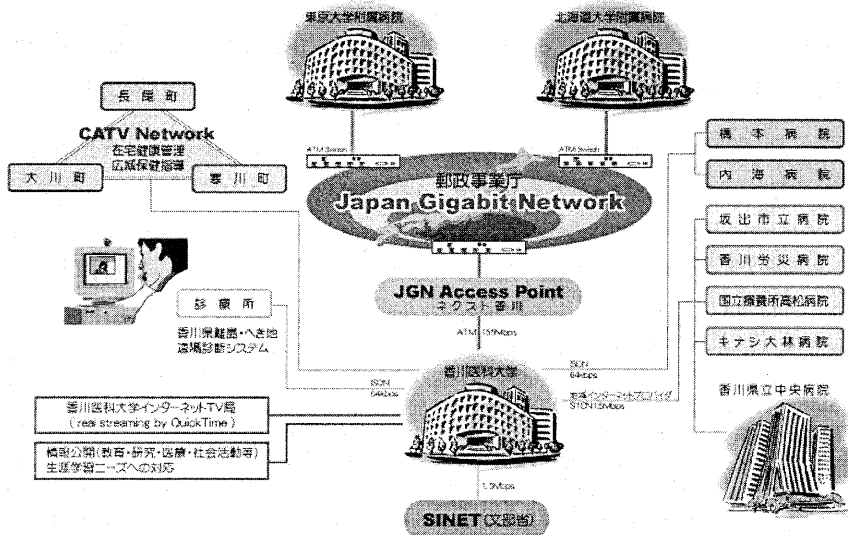
2. 研究開発項目

平成12年度および平成13年度上半期にJGNを用いて検討した項目は以下の通りである。

- 1) 医療放射線画像伝送
- 2) 高精細病理画像伝送
- 3) 顕微鏡の遠隔コントロール実験
- 4) 超音波動画画像伝送
- 5) 高精細映像伝送
- 6) セキュリティ通信実験

以下それぞれの項目について検討結果を報告する。

《情報ネットワークを用いたプロジェクト》



3. 放射線画像伝送

1) 香川県における画像情報伝送ネットワークについて

先述した研究課題にて、香川県内の中核医療機関5カ所に画像伝送用の端末を設置した。通信回線は、坂出市立病院、香川労災病院、国立療養所高松病院、およびキナシ大林病院は地域通信事業者である(株)四国通信情報ネットワーク(以下STNet)の光ファイバーを用い、通信速度は前者は192kbps、後1者は512kbpsである。内海病院は中国電力の供給地域であり、STNetのサービスエリア外であったため、NTTのISDN(ネット64)を用いている。

画像のデジタル化は、坂出市立病院、国立療養所高松病院、およびキナシ大林病院は汎用イメージスキャナを、香川労災病院はフィルムデジタイザを用いた。内海病院ではデジタイザ出力以外に、CTとMRIのモダリティからそれぞれ圧縮のない生画像を送信することができている。

伝送速度は用いた回線速度が低いため、極めて遅く、デジタイズされた3MB程度の画像に5分程度、内海病院からのCT1検査分(20スライス前後)は30分から40分を要した。

2) JGNを介する東京大学および北海道大学からの画像取得

1) に示した地域医療機関から香川医科大学に設置したDICOMサーバに伝送された種々の医療画像を、両大学に設置したイメージビューア(横河電機製)で取得した。伝送時間は正確には測定できていないが、帯域非確保環境(UBR)では、300Kbytes前後の画像では7-8秒、3-4Mbytesのややサイズの大きな画像では20-30秒を要した。100Base-SXの施設内LANには及ばないが、UBR設定下での通常使用には十分に耐えうる速度と考えられた。

4. 高精細病理画像伝送

実験は、香川医科大学に設置されている顕微鏡システムで撮影した高精細病理画像

(16.47Mbytes)を、DICOM形式にて同学内のDICOMサーバに送信した。

1) CBR設定なしでの実験

東京大学において、CBR設定なしに香川医科大学のDICOMサーバに対し検索を行い、DICOM形式の病理画像を取得し表示した。取得にかかった時間の平均から計算すると、伝送レートは、305Kbytes/sec(2.38Mbps)となり、期待した速度は得られなかった。1枚の画像を送信するのに、1分近くかかっており、JGNの特性を生かせたとは言いがたいが、帯域を確保しない通常使用時に2.38Mbpsという転送速度を実現できるのはJGNだけであるとも言える。

2) CBR設定下での実験

東京大学(関東4)-香川医科大学(四国2)間で70MBのCBR設定を行い同様の高精細病理画像伝送実験を行った。しかしながら、画像は円滑に伝送できたものの、計算上の伝送速度は3Mbps程度に留まった。これはJGNという高速道路へのアクセス道路の問題か、もしくはファイル転送の形式(今回はIP接続)に問題がある可能性が示唆されるが、詳細は現時点では不明である。

5. 顕微鏡遠隔コントロール実験

遠隔病理診断はtelemedicineの中でも最も需要が大きな分野の1つであるが、病理標本のどこを画像として伝送するかという点が診断に大きく関与し、顕微鏡の遠隔制御が大きな課題の1つであった。本研究ではオリンパス社製の顕微鏡遠隔制御システムをJGN上で作動させ、病院間リアルタイムコラボレーション実験として、その有用性を検証する。

1) 方法

<実験機材>

-顕微鏡画像伝送システム(テレパソシステム)-
OLMICOS/WX オリンパス光学工業株式会社製
1セット

[依頼側]

顕微鏡 AX80

NTSC カラーカメラ

NTSC 信号分配器

制御 PC IBM PC/AT (画像対応機能内臓)

専用ソフトウェア

電話機

[観察側]

制御 PC IBM PC/AT (画像対応機能内臓)

専用ソフトウェア

電話機

<使用ネットワーク>

- ・ ギガビットネットワーク:実地環境で帯域を確保(70MB)して行う
- ・ INS64: 擬似交換器を用いてオリンパス社内で行う
- ・ 100Base LAN: オリンパス社内の実験環境で行う

<計測項目>

制御時間, 画像伝送時間, 反応速度

<実験方法>

- 観察側からステージ移動及び画像伝送用コマンドを発行し、観察側に画像が伝送終了するまでの時間を測定する。
- 事前に依頼側 PC に顕微鏡画像を取り込んでおき、画像伝送コマンドを発行してから観察側 PC に表示されるまでの時間を測定する。
- a)と b)の差から制御時間, b)から画像伝送時間を求める。
- 原図 (901Kbyte) と、1/20 圧縮画像 (45.05Kbyte) との 2 種類の異なるサイズのデータで、a)~c)の手順に従い測定を行う。各々のサイズのデータにつきデータ転送を 4 回程度行ってデータサンプリングを行い各速度を割り出す。

2) 実験結果

本実験と同条件で事前に行った動画伝送実験からは、JGN に 70MB の帯域確保を行ったにもかかわらず、実際の有効速度は 3Mbps 程度であった。以下その条件下での結果を示す。

a)ステージ移動コマンド発行から画像伝送終了までの観察側測定値

使用回線	画像サイズ	平均(秒)
INS64:2B	1 / 1	76.3
	1 / 20	15.0
INS64:1B	1 / 1	151.4
	1 / 20	25.1
LAN100Base	1 / 1	13.2
	1 / 20	10.7
JGN	1 / 1	14.2
	1 / 20	9.4

b)事前取込み顕微鏡画像の画像伝送時間

使用回線	画像サイズ	平均(秒)
INS64:2B	1 / 1	66.5
	1 / 20	7.3
INS64:1B	1 / 1	130.5
	1 / 20	14.3
LAN100Base	1 / 1	3.8
	1 / 20	1.0
JGN	1 / 1	1.3
	1 / 20	1.5

c)これらの結果から、顕微鏡制御時間の平均は、それぞれ以下のように計算される。

使用回線	画像サイズ	平均(秒)
INS64:2B	1 / 1	9.8
	1 / 20	7.7
INS64:1B	1 / 1	20.9
	1 / 20	10.8
LAN100Base	1 / 1	9.4
	1 / 20	9.7
JGN	1 / 1	12.9
	1 / 20	7.9

実際の有効速度が 3Mbps 程度であったにもかかわらず、JGNでの画像伝送速度は LAN100Base 環境と変わらず、顕微鏡の制御も円滑に行うことができた。顕微鏡の制御については INS64:2B でも LAN100Base や JGN と同程度の所要時間で

行えていることから、本システムでは顕微鏡制御については128Kbpsの帯域で十分であることがわかる。しかし、画像伝送についてはINS環境ではJGNの5～50倍程度の時間を要しており、特に早さが要求される迅速病理などにおいては、JGNの有用性が十分に発揮されると考える。

6. 動画像伝送

1) CBR設定なしでの超音波動画像伝送

実験は香川医科大学、及び東京大学に医用動画ファイリングシステム（オリンパス社製；以下動画FS）を設置して行った。両施設の動画FSに、超音波診断装置などの各種モダリティを接続し、そこから出力されるNTSCアナログ映像を、動画FSにデジタル録画した。また、他方の動画FSに存在する動画コンテンツを、もう一方の動画FSにて検索し再生を行った。なお、動画コンテンツを保存するフォーマットは、医療画像であることを考慮し、MotionJPEGベースとした。

結果は、香川医科大学内での伝送は問題なく行えたが、東京大学との伝送では、再生と一時停止とを繰り返しながら動作した。本実験では、JGN回線の設定を通常設定（CBRなし）で行ったための結果かと推察された。

2) CBR設定（70MB）下での実験

5. の事前準備として、ファイルサイズ

378.4Kbyteの超音波画像、及び1147Kbyteの外科手術映像を東京大学（関東4）－香川医科大学（四国2）間で伝送した。計算上の伝送速度は2.8～2.9Mbpsとなり、残念ながらCBR設定の効果が得られなかった。

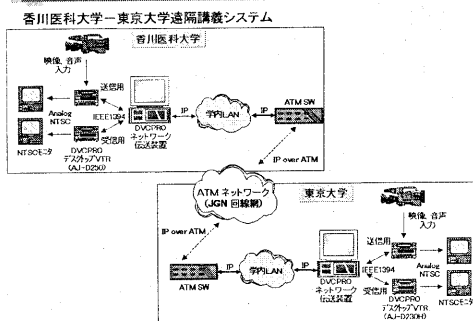
動画を再生しながらの伝送には、LAN100Baseの環境での実験から最低17Mbpsの帯域が必要であると想定していたが、果たしてJGNを用いた動画を再生しながらの伝送では、やはり一時停止を繰り返す、円滑な伝送を行うことはできなかった。本実験は4.2)と同じ条件下で行ったため同様の速度になったものと推察される。

7. 高精細動画（映像）伝送

1) リアルタイム動画を用いた東京大学との遠隔講義

香川医科大学－東京大学間において、高精細動画伝送システム（DVCPRO-IP；松下電器産業AVC社）を用いたリアルタイム動画の伝送実験を遠隔講義という形で行った（下図参照）。

DVC PRO IP 双方向伝送ネットワークシステム基本構成

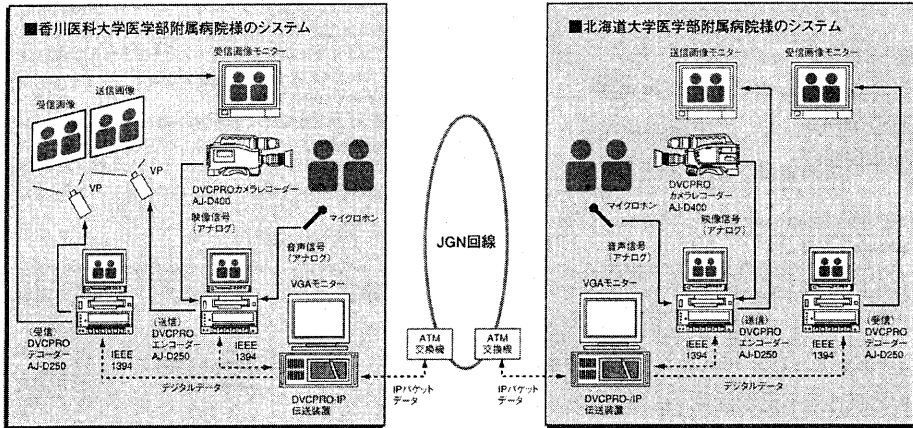


必要帯域は音声信号、制御信号を含み双方向で60Mbpsである。JGN回線の使用にあたっては、他のプロジェクトとの干渉を避けるため155MbpsのCBR設定を行った。2大学間において信号の劣化はまったく認められず、鮮明な映像・音声が送受信された。伝送時の遅延時間はエンコード時間を含め250msecであり、通信衛星の回線に比較し短く、相互に自然な会話が可能であった。また本システムではフレーム内圧縮技術を用いているため、フレーム間圧縮技術を用いる従来のMPEG2等の動画に比較し高精細な画像が伝送され、特に動きの多い手術映像等の伝送には適していることが確認された。

2) 香川医科大学－北海道大学放射線科間の遠隔画像カンファレンス開催

カンファレンスに用いる画像は、香川県内のネットワーク接続されている医療機関から香川医科大学に伝送されたものを用いた。北海道大学からは横河電機社製画像ビューアを用いて、このDICOMサーバにIP接続し、必要な画像を取得した。1枚あたりのファイルサイズは、1MB～4MB

に及んだが、3. に述べたようにおおむね数 10 秒以内に取得でき、JGN 回線の有用性を実感できた。カンファレンス映像は、遠隔講義の際と同様に、DVCPRO を用いて双方向通信で行った（下図）が、その際に 70Mbps の CBR 設定を行った。



カンファレンスでは、頭部、胸部、および腹部の CT、胸部単純撮影、乳腺撮影について検討した。CT については、スキャン密度 75dpi の画像でも、ほぼ異常所見を指摘し得た。胸部単純撮影はスキャン密度 170dpi の画像であったが、画像ビューアでの調整にて淡い陰影も読み取り可能であった。乳腺撮影（170dpi）については、micro-calcification を指摘することは困難であった。

8. セキュリティ通信の検討

セキュリティを保つために情報を暗号化した際には伝送速度が低下する懸念が生ずるため、北海道大学と香川医科大学との間で、JGN を用いて、暗号化した際の伝送速度の測定を行った。情報の暗号化／複合化には TLS (Transport Layer Security) を用い、北大側にテストプログラムである arqs_sending を用い、香川医科大学側には ImageARQS を設置して行った。

伝送する画像は、ファイルサイズ 8Mbytes の C R 画像を 1 枚と、ファイルサイズ約 513Kbytes の

CT 画像とファイルサイズ約 2Mbytes の血管撮影画像とをそれぞれ枚数を変えた複数のパターンを作り、それぞれ 10 回伝送して送信時間を測定した。

伝送時間を平均すると、セキュア通信（暗号化

／複合化）は非セキュア通信の 102.2% で通信できた。今回はネットワークで CBR 設定下で行い、また CPU の負荷も最小限に保った上で試験を行ったため、この結果は最大能力と考えられるが、実際の運用においても、数% 程度の伝送速度劣化でセキュアな DICOM 通信を行うことができると予想される。

9. IPv6 環境での伝送実験

以上 4. から 8. に述べたような伝送実験を、IPv6 環境、さらに IPv6 と IPv4 との混在した環境下で行いその有用性を検討することが今年度の大きな目標の 1 つであるが、IPv6 用のルータ入手がシンポジウム直前となるため実験を行っていない。なお、JGN シンポジウムの席上 (11/19) では、IPv6 環境下で DVCPRO-IP を用いた高精細映像伝送試験を沖縄ー香川間で行う予定である。

今回検討した結果から、JGN へのアクセス回線や伝送方法の問題など幾つか課題は残っているが、大容量の医療画像や高精細の医療映像の伝送に JGN は極めて有用であると考えられた。