

DV over IP 方式を用いたブロードバンド医療画像転送実験

大橋 久美子^{†)‡)} 五味 悠一郎^{†)} 岡田 伊佐男^{†)‡)} 渡辺 守^{#)}
坂本 直哉^{#)} 永田 宏^{\$)} 田中 博^{†)‡)}

†) 東京医科歯科大学 情報医科学センター 〒113-8510 東京都文京区湯島 1-5-45

Tel:03-5803-5862/ fax:03-5803-0251 E-mail:k.ohashi.adm@cmn.tmd.ac.jp

‡) 東京医科歯科大学 難治疾患研究所 情報医学部門 生命情報学

#) 東京医科歯科大学付属病院 消化器内科 \$) KDDI 研究所

あらまし 近年のブロードバンド化に伴い、高精細な映像を伝送可能なシステムが開発され、医療への応用が可能になりつつある。そこで本研究では、DV over IP 方式を用いた DV (Digital Video) 動画伝送システム 3 種を比較し、通信および映像品質の評価を行った。また本技術が医療の分野に応用可能かどうかを検証するため、内視鏡動画像の伝送実証実験を行った。内視鏡検査画像を、リアルタイムに超高速インターネット (JGN) を使って伝送し、受信画像の診断における有効性について、大腸内視鏡診断の専門医が評価を行った。伝送による画質の劣化や伝送遅延はほとんど観測されず、伝送された画像での診断が十分可能であった。汎用性や利用性に関して利用者の良好な満足度が得られた。本技術は、医療現場において様々な用途に応用できる見通しが得られた。

キーワード 画像伝送、遠隔医療、高速インターネット、DV over IP

Real-time Transmission of Endoscopic Motion Pictures over the BroadBand Internet

Kumiko Ohashi^{†)‡)}, Yuichiro Gomi^{‡)}, Isao Okada^{†)‡)}, Mamoru Watanabe^{#)},
Naoya Sakamoto^{#)}, Hiroshi Nagata^{\$)}, Hiroshi Tanaka^{†)}

†) Information Center For Medical Science Tokyo Medical and Dental University

1-5-45 Yushima Bunkyo-Ku Tokyo 113-8510, Japan

‡) Department of Bioinformatics Medical Research Institute

#) Digestive tract internal medicine Tokyo Medical and Dental University Hospital

\$) KDDI R & D laboratories Inc.

Abstract Recently, new network communication systems, generally called DV over IP that can transmit a real-time high quality digital video over the Internet have been established and introduced to consumer usages. In this study, we evaluated three DV over IP systems whether they are suitable for using telemedicine. Then we applied one of the above systems to experiments of remote diagnosis of colon endoscopy. Using Japan Gigabit Network which is one of the broadest network for academic purposes constructed by Japanese government, we transmitted real time endoscopic motion pictures of four patients with colon disease in a remote hospital to our university hospital. The transmission images and sounds were good enough to make correct tele-diagnoses. No serious transmission delay which disturbed the doctors' communications was observed. Therefore, we consider the DV transmission systems are

likely to be used for tele-diagnoses and tele-consultations of daily endoscopy if the Broadband Internet spreads to local hospitals.

Keywords Telemedicine, DV over IP, Broadband Internet

1. はじめに

従来の狭帯域であったインターネットも近年、1000Base-FXイーサネット、ATMなどといった広帯域インターフェースに移行し、広帯域ネットワークが普及しつつある。また、一般向けのインターネットサービスにおいても、DSLなどブロードバンド回線利用者が平成13年度からわずか1年で約4.5倍に飛躍的に拡大している。¹⁾

このような背景の中、医療分野においても、ISDN回線を利用した静止画中心の医療画像の転送から²⁾³⁾ブロードバンドを利用した映像伝送へと移行している。また従来、映像や音声の伝送には、画像圧縮機材や、伝送に特化した専用システムが必要であり、汎用性、経済性の面で遠隔隔画伝送システムとして利用するには大きな問題であった。しかし近年、インターネットと市販の機材を利用した高精細映像可能システムが開発され⁴⁾、医療への利用応用が可能になりつつある。しかしながら、現状では臨床医療や遠隔医療の分野での日常的な利用および普及までには至っていない。⁵⁾

そこで本研究では、DV over IP方式を用いたDV(Digital Video)動画伝送システム3種を比較し、パケット損失率、遅延時間、帯域利用率、プロセッサ利用率、および映像品質を観察し、評価を行った。また、この動画伝送方式が医療の分野に応用可能かどうかを検証するため、東京医科歯科大学-武蔵野赤十字病院間で内視鏡動画画像伝送の実証実験を行い、ブロードバンドを利用したDV over IP方式による動画伝送システム、ならびに伝送された画像が医療診断に適応可能であるか検証した。また、今後医療への応用利用に向けて、汎用性に富んだ遠隔医療のツールとなりうるか検討を行った。

2. DV 動画伝送システム評価実験

2.1 方法

1) DV 動画伝送システムの種類

DV over IP 方式による動画伝送システムとは、家電製品等に利用されている広帯域低遅延シリアルバスインターフェースであるIEEE1394と、それを利用したDVカメラ

を用いて、インターネットで高精細映像が伝送可能なシステムである。⁶⁾ 評価に用いたシステムはDVTS (Wide project)⁷⁾、DVIP(FUJITSU)⁸⁾、DVLIVE(KDDI)⁹⁾の3種である。

2) ローカルネットワークでの通信実験

① 実験環境の設定

DV 動画伝送システムにおける、パケット損失率、遅延等を評価するため、最小限のネットワーク構成でDV伝送実験を実施した。(図1) ルータは全2重モード、帯域は100Mbpsに設定した。DVの転送時間は内視鏡検査実施に要する時間に相当する20分に設定した。全てのモニター画面の解像度を1024×768ピクセル、32bitで統一した。また、音声と映像はフルレートで転送を実施した。受信側のホストでは、パケット損失率、遅延時間、帯域利用率、プロセッサ利用率を測定した。それぞれのシステムの相互接続性も調査した。また、DV伝送システムを実行中に他のアプリケーションを実行し、CPUへの影響を観察した。

② 遅延測定方法

ストップウォッチを送信側のDVカメラ前に置き、そのストップウォッチと伝送された画像に映るストップウォッチを同時にデジタルカメラで撮影し、遅延を測定した。10回の平均から遅延を算出した。測定方法を図2に示す。

2.2 実験結果

実験結果を表1に示す。フルレートでの通信の場合、パケットロス率は平均0.5%程度であり、フレーム落ちによる画像の劣化は観察されなかった。またネットワーク利用帯域はそれぞれ約35Mbpsであり、伝送による遅延は約0.2秒程度であった。DV over IPシステムのみ起動時の、受信側でのPCにおけるCPU利用率は、Pentium III 1GHzに統一して計測したところ、DVTS50~60%、DVLIVEでは40~50%であり、DVIPは10~20%であった。動きへの追従性に関しては、非常に高速に動作した場合、ブロックノイズがごくまれに観察された。DVTS動作時に他のアプリケーションを同時に利用した場合、DVTSおよびDVLIVEでパケットロスがみられるようになり、遅延時間も多少増加した。DVIPはアプリケーションの起動前後で動画伝送に変化は見られなかった。

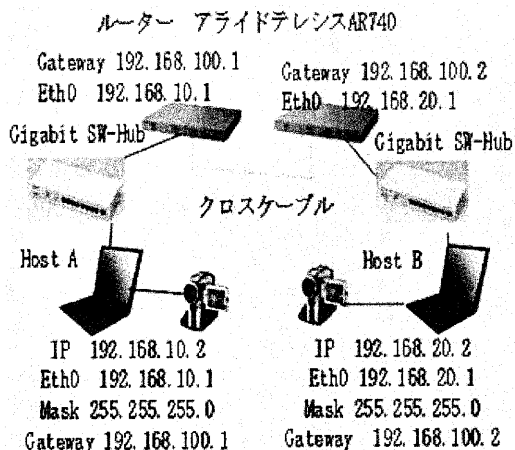


図1 ローカル実験接続図

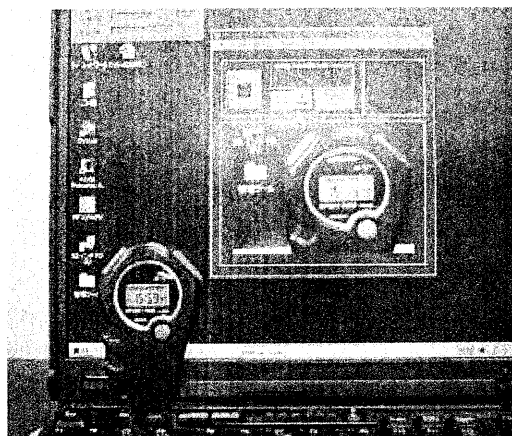


図2 遅延測定

表1 実験結果

	DVTS	DVLive	DVIP
形態	ソフトウェア	ソフトウェア	ハードウェア
パケット損失率	0.72%	0.03%	0.73%
遅延時間	0.20sec	0.18sec	0.17sec
ネットワーク利用帯域	35.0Mbps	34.0Mbps	34.3Mbps
CPU 利用率	50~65%	37~40%	10~20%
画質	良好	非常に良好	非常に良好
動きへの追従性	まれにブロックノイズあり	ブロックノイズなし	ブロックノイズなし
音声	ほぼクリア	クリア	クリア
相互接続性	DVIPの映像受信可能	なし	DVTSに映像送信可能

3. 内視鏡遠隔診断実証実験

3.1 方法

1) 実験ネットワークの設定

内視鏡遠隔診断実験のため、東京医科歯科大学—武蔵野赤十字病院間のネットワークを構築した。ネットワークの構成を図3に示す。武蔵野赤十字側ではADメディアコンバータを介し、内視鏡およびDVカメラをノートPCに接続した。両病院間のネットワークは、通信総合研究所の研究開発用ギガビットネットワーク（JGN 回線）を幹線として、両病院からJGN 回線へはATM 回線(100Mbps)および光無線(100Mbps)で構築した。映像受信側では、ADメディアコンバータとノート型PCを介し、IEEE1394で家庭用ブラウン管テレビモニター、およびプラズマディスプレイへ出力した。

2) 実験概要

本実験に使用した機材は表2のとおりである。あらかじめ

め病名が確定している症例で経過観察の検査で遠隔診断を試みた。インフォームドコンセントを得た、炎症性大腸疾患患者の内視鏡検査映像4例をリアルタイムで伝送した。これらの映像をもとに、東京医科歯科大学の専門医師が内視鏡診断を行った。併せて、拡大内視鏡、色素内視鏡観察の有効性も検討した。後日、検査時のオリジナル映像を録画したDVを郵送し、伝送後の映像と比較した。

3.2 結果

伝送された映像の画質は内視鏡検査用モニター上の画像と比較し、ほぼ同等であり、画像劣化は観察されず、内視鏡カメラの動きによるブロックノイズや画像の乱れも発生しなかった。システムの動作に関しては、エラーも発生せず、不具合なく正常に動作することが確認できた。伝送速度は32Mbpsであった。伝送による遅延時間は0.1ないし0.2秒程度で、ほぼリアルタイムで観察可能で、画像診断には全く支障をきたさないレベルであった。

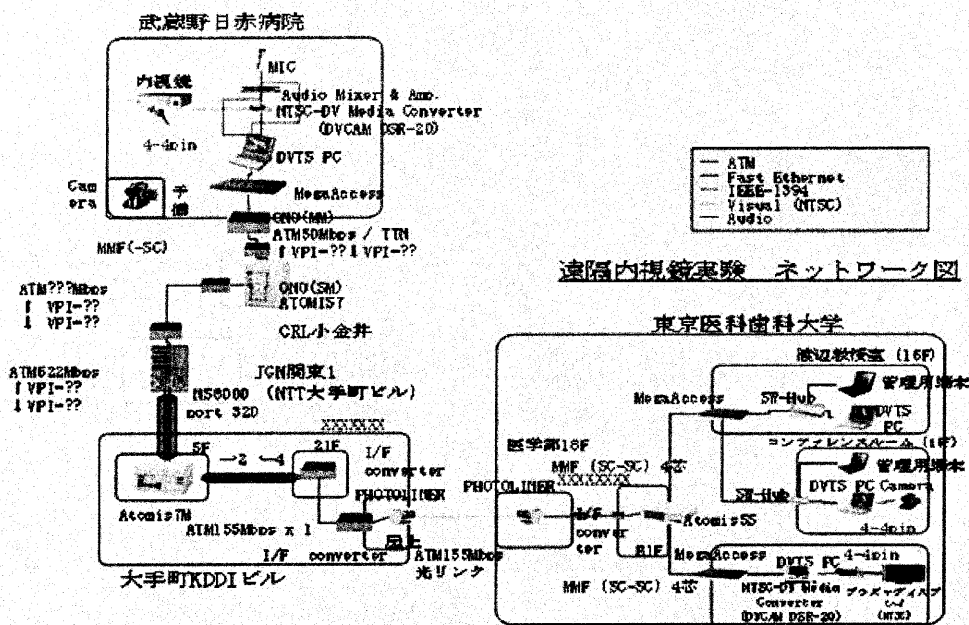


図3 遠隔内視鏡実験ネットワーク図

専門医師が診断を行った結果を表3に示す。症例1と4は典型的な炎症性の大腸疾患であり、それぞれの疾患に特有な所見である、偽ポリポーシスや粘膜硬化像などが観察され、ノート型PCの液晶画面でも十分診断可能であった。また症例2や3のような初期の炎症性大腸疾患および、内視鏡画像による診断が困難な症例においては、内視鏡モニターとの微妙な色の差異による違和感が生じ、やや診断が困難であった。これらの症例は、伝送前の映像でも診断が困難であり、他のデータや細胞診などから総合的に診断する必要があると判断された。家庭用テレビモニターでは、最も内視鏡モニターの映像に近い画質が得られた。色の再現性に関しては、ノートPCの液晶モニターでの映像は白色が強く、家庭用TVモニターは黄色、プラズマディスプレイは赤色が強く出力されており、それぞれのモニターにより、色の表現に差異が見られた。

拡大内視鏡、色素内視鏡観察に関しては、微細パターン、ビットパターンが鮮明に観察され、通常の内視鏡映像以上に、有効であると判断された。システムの操作性、利便性に関しては、ノート PC 上でのマウス操作で利用可能であ

り、医師らの評価では、良好な満足度が得られた。

表 2 使用機材

使用機材	機材名	仕様
ノート PC	IBM Thinkpad T23	Pentium III 866MHz memory 256MB 内臓 IEEE 10/100 Base-TX Ethernet
	IBM Thinkpad X23	Pentium III 1GHz memory 512MB 内臓 IEEE 10/100 Base-TX Ethernet
NTSC-DV メディアコンバ ータ	DVCAM DSR-20	デジタル i.LINK(IEEE1394 準 拠)

4. 考察

4.1 DV 伝送システム比較に対する考察

実験結果より、パケットロスが0.5%程度観測されたが、これはルータの処理速度に起因するものと考えられる。今後、高速ルータを利用することが望ましいと考えられるが、今回の実験では、画質には影響しない範囲であり、問題はなかった。また、遅延が約0.2秒と計測されたが、肉眼観察ではほとんど検知できず、内視鏡カメラの動き程度であれば、遅延を意識せず、観察できると考えられる。

表3 医師による診断と評価

	診断名	評価(5段階)			
		観察による評価	色	形状	診断度
症例1	クローン病 (典型例)	色のにじみや、飽和なく鮮明。ブロックノイズなし。ノートPCの液晶画面では全体的にやや白く見えるが、硬化度、数石像、アフタ(白色)から診断が可能。TVモニターは良好。プラズマディスプレイでも可能。	4	5	5
症例2	クローン病 初期	TVモニター(黄色)プラズマディスプレイ(赤色)が強く発色し内視鏡モニターとの差異あり、発赤の観察は微妙な色調の変化がわかりにくい。	3	4.5	4.5
症例3	非特異性大腸炎 (感染性)	拡大内視鏡、色素内視鏡によるビットパターンは鮮明。拡大内視鏡で拡大時、赤色のにじみあり。TVモニターは黄みが強い。	3	4.5	4
症例4	潰瘍性大腸炎 (典型例)	出血、発赤の色の診断は微妙な色調の変化がわかりにくく、違和感があるが、形状および硬化度などから総合的に診断が可能。	4	5	5

他のアプリケーションを同時に利用した場合、メモリを占有するため、DVTSおよびDVLIVEで遅延やパケットロスなどシステムの動作に影響が見られた。そのため、他のアプリケーションの起動中における、動画伝送の実施は多少不向きであると考えられる。一方DVIPでは、ハードウェアで処理を行っており、コンピュータのCPUに依存しないため、この点では問題はなかった。本実験結果から、伝送による画像の劣化はなく、伝送前後で映像品質に変化は見られないことが明らかになった。これは映像を波形およびベクトルモニタで表示して、映像評価を行った実験からも明らかである。¹⁰⁾これらはDVデータを非可逆圧縮せずに、IPヘッダをつけて送信するため、他の圧縮方式のように画像の劣化が生じないためである。ブロックノイズが発生していなかったことから、フレーム間引きは生じていない。これはDV over IPシステムの音声を含むフルレート伝送の必要帯域は約35Mbpsであり、今回利用した帯域は100Mbpsあるので十分な帯域が確保されていたからである。これらの結果から、直接IEEE1394のケーブルをAV機器やPCへの接続するのと同様に手軽に同等の映像が得られたと言える。またIEEE1394のケーブル長の制限なく、利用範囲が格段に広がり、映像が遠隔地で閲覧できる。また、本システムはノートPCを主体としてお

り、可搬性にもすぐれているため、コンパクトかつ少ない機材で運用が可能である。必要とするネットワーク帯域が確保できる場所であれば、様々な場所において利用可能である。¹⁰⁾

4.2 実証実験に対する考察

内視鏡動画の診断への適応に関しては、内視鏡検査用のモニター水平解像度が240~260本程度であり¹¹⁾、本システムの水平解像度は500本以上であることから、伝送による劣化は起こりえず、最もよい動画品質が確保できるため、画像診断には十分適応可能である。またシステムに関しては、携帯性・操作性に優れているだけでなく、高解像度で精細な映像を安定して伝送可能である。システムが負担にならずに、必要時に利用可能であることは、遠隔医療が定着するための条件とあることから、医療応用に実用的なシステムであるといえる。⁵⁾他の研究において、内視鏡動画を静止画保存して、転送するという方法がある。¹³⁾症例提示や紹介、カルテへの添付等では静止画でも十分である場合もあるが、粘膜の蠕動や可動性などから硬化度が観察できたり、病変部の範囲が連続して観察できるなど、静止画よりも多くの情報を得ることができるので、内視鏡の動画を伝送するメリットは実に大きい。このことは、内視鏡診断の精度の向上へ大きく貢献すると言える。これら

のことから、インターネットを利用した、本動画伝送システムは医療応用へ有効であると示唆された。

今後の課題として、医療分野で本システムを本格的に利用する上で、医療データ保護のためのセキュリティ対策が必要不可欠である。すでに DVIP は IPsec に対応しており、DV ストリームの完全な暗号化が可能である。¹³⁾ また本システムは、3 種とも IPv6 にも対応していることから、IPv6 ネットワークを利用することで、セキュリティ確保が可能であろう。

本実験では、ユニキャストで映像伝送を行ったが、今後はマルチキャスト伝送することで、遠隔カンファレンス、インターネットカンファレンスなど、複数の医師や医療者による観察が可能となり、応用範囲も拡大する。¹⁴⁾

また、より利便性の高いシステム構築に向けて、参照している画像にマーキングして病変部分を示せる指示インターフェースなど、医療向けに特化したアプリケーションの開発も必要となる。また、電子カルテとの接続性も考慮すべきであろう。それにより、医療動画像の利用および保存が容易になる。

5 結論

本研究は、DV over IP が医療に十分適応可能であることが示された。将来的にこのシステムが普及すれば、医療施設間での動画像共有が可能になり、患者は遠方から特定の専門病院へ通院することなく、どこの病院においても同等の専門レベルの診断および医療が受けられるようになる。また、複数の医師らが連携して診断をすることにより、困難な症例などの診断の精度が向上し、今後の治療方針を決定する上で、医療の質の向上にも貢献するであろう。本実験は遠隔医療を想定して実施したが、今後は病院間での利用に留まらず、医局や教授室、検査室、病棟などで利用することで、病院内の情報ネットワークの確立が期待できる。また実際は、映像をリアルタイムで観察するだけでなく、ファイル保存および VoD (Video on Demand) としての利用価値が高いとも考えられる。今後このシステムは、より汎用性の高い遠隔医療のツールとなり、遠隔医療の質

的向上と実用化に貢献し、医療現場に大きな変化をもたらすであろう。

参考文献

- [1] 総務省, 情報通信白書平成 14 年度:
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/>
- [2] 野口邦晴, 大川真一, 長谷川高志, 川末健作, 岩村守俊. 大規模テレラジオロジーサービスにおける DICOM 運用の現状. 医療とコンピュータ 2002;13(11):13-17.
- [3] Ivo Markus Heer, Alexander Strauss, Susanne Muller-Egloff, Uwe Hasbargen, Telemedicine in Ultrasound: New Solutions. Ultrasound in Medicine and biology 2001;27(9):1239-43.
- [4] 杉浦一徳, 櫻田武嗣, 小川晃通. 高品質メディア IP 転送技術の実証実験報告. 情報処理 2000;41(12):1321-6.
- [5] 開原成允. 日本で遠隔医療が定着するための条件. 医療情報学 2002;22(2):189-96.
- [6] 杉浦一徳, 小川晃通. インターネットと DVTS. 医療とコンピュータ 2002;13(3):2-5.
- [7] DVTS: <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/>
- [8] Comet DVIP: <http://www.comet.can.jp/>
- [9] DVLive: <http://www.kddi-tech.com/>
- [10] 杉浦一徳, 櫻田武嗣, 小川晃通, 中村 修, 中川普一, 村井 純. ノート PC を利用した DVTS の構築. マルチメディアと分散処理 2003;107-24.
- [11] 大坂直文, 平田一郎, 勝 健一. 内視鏡動画像の伝送とテレエンドスコープ. 消化器内視鏡 2000;12(10):1441-4.
- [12] 中村 肇. 診療支援システム内視鏡の遠隔医療システム. 治療 2001;83(2):287-91.
- [13] 陣崎 明, 山澤昌夫. Comet DVIP. 医療とコンピュータ 2003;13(3):13-17.
- [14] 大森幹之, 岡村耕二, 荒木啓二郎. 次世代インターネット上でのマルチキャスト通信実験とその考察. 情報処理 2001;42(8):770-4.