

共同利用型遠隔医療教育

Collaborative tele-medical education

涌井 史郎¹⁾、飯田 行恭²⁾、川島 徳道³⁾
許 俊鋭⁴⁾、瀬在 明⁵⁾、南 和友⁶⁾

1)、2)、3) 桐蔭横浜大学工学部医用工学科

4) 埼玉医科大学心臓血管外科

5) 日本大学医学部第二外科

6) ドイツ Bochum 大学 Bad Oeynhausen
心臓病センター

2003 年 2 月 28 日 受理

要 約

本学先端医用工学センター、医用工学科は、2001 年 9 月に ISDN とテレビ会議装置を使ってドイツ Bad Oeynhausen 心臓病センターと本学とを結んだ心臓手術中継実験を行い、翌年 2002 年 6 月に同心臓病センターと桐蔭横浜大学、埼玉医科大学との 3 地点間を結んだ多地点心臓手術中継実験を行った。この 2 つの実験を踏まえ、2002 年 11 月、桐蔭横浜大学、埼玉医科大学、日本大学の 3 大学で「心臓手術における医用工学の役割」というテーマで共同利用型遠隔医療講義を実施した。本稿では、第二回目の多地点映像中継実験、遠隔医療講義に対する学生へのアンケート調査によりその教育的効果を分析した。アンケートの結果では、学生は遠隔医療に対して高い関心をもっており、遠隔医療教育による講義を望んでいることが分かった。また、多地点

での遠隔討論については教育効果を高めるといふ評価結果であり、共同利用型遠隔医療教育の有用性が確認された。

キーワード

遠隔医療、ISDN、心臓手術映像中継、テレビ会議装置、共同利用型遠隔教育 tele-medicine, ISDN(=Integrated Services Digital Network), live video of heart surgery, video conference system, collaborative tele-medical education

1. はじめに

情報・通信のインフラ技術の進展とともに 1990 年代半ばから種々の遠隔医療、遠隔医療教育の実験が行われ、遠隔医用画像診断ではすでに実用レベルに達している¹⁾。

1) Shiro WAKUI, 2) Yukiyasu IIDA, 3) Norimichi KAWASHIMA, 4) Shunei KYO, 5) Akira Sezai,

6) Kazutomo MINAMI

1) ~ 3) Dept. of Biomedical Engineering, Toin University of Yokohama, 1614 Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama.

4) Dept. of Cardiovascular Surgery, Saitama Medical School, 38 Moroyama, Iruma-gun, Saitama.

5) Dept. of Second Surgery, Nihon University, School of Medicine, 30-1 Ohyaguchi-Kamimachi, Itabashi-ku, Tokyo.

6) Bad Oeynhausen Heart Center, University of Bochum, Georgstrasse 11 D-32545 Bad Oeynhausen, NRW, Germany

遠隔医療教育に関しては、大規模なものとして1997年～1998年に行われた東海大学の通信衛星利用実験がある²⁾。遠隔医用画像診断が静止面の伝送であるのに対し、遠隔医療教育では情報量の大きな動画の伝送が主となるため通信コストは高価なものとなる。また遠隔教育システムのメンテナンスや遠隔講義のための教材作成等もあり、費用対効果の面で採算が合わず単に実験に終わっているものも多い³⁾。

本学先端医用工学センター、医用工学科は、2001年9月にドイツのBad Oeynhausen 心臓病センター⁴⁾と桐蔭ポロニアホールをISDN回線で結んだ双方向の手術映像中継実験をテレビ会議装置を用いて行った⁵⁾。続いて2002年6月にはドイツ心臓病センターと桐蔭ポロニアホール、埼玉医科大学講堂との3地点間を結んで心臓手術映像の多地点映像中継実験を行った⁶⁾。第二回目の実験は、多地点への映像配信技術を採用入れたより高度な実験であり、映像を複数地点で受信することにより通信コストの按分とシステムの一元管理、共同利用機関での情報交換を行うなど費用対効果や教育効果の向上を目指した共同利用型の遠隔医療教育システムの検証実験としての位置づけを持つ。これら2つの実験の成果を踏まえ、2002年11月に桐蔭横浜大学、埼玉医科大学、日本大学の3大学の共同利用型遠隔医療講義を実施した。

本稿では、共同利用型遠隔講義実施へ至るまでの検討の経緯と2回の中継実験と遠隔講義の概要、多地点映像中継実験システムの構成、遠隔講義のネットワークについて述べるとともに第二回目の多地点映像中継実験と遠隔医療講義に対する学生へのアンケート調査結果と今後の予定について述べる。

2. 遠隔医療教育システムの検討と手術中継実験

2.1 遠隔医療教育システムの検討

桐蔭横浜大学医用工学科では、医療現場におけるME機器の使われ方や、チーム医療

についての学習を学生が効果的に行えるように、手術や手術室の映像を伝送する遠隔医療教育を検討してきた。遠隔教育を実現するためのシステムとして伝送方式で分類すると

- ①通信衛星を使った遠隔教育システム
- ②高速専用回線による遠隔教育システム
- ③ISDN電話回線による遠隔教育システム
- ④インターネットによる遠隔教育システムがある。

①では、双方向で情報のやりとりを行う場合、通信衛星に対し高出力の信号を送らなければならない、高価なパラボラアンテナが必要となる。また、パラボラアンテナの設置されている基地局と遠隔講義を行う場所との間の伝送には高速デジタル回線を設置せねばならず、運用費用も1式千万円を超えるので国際間での共同遠隔講義等に使われている。

②は、高速デジタル専用回線と、解像度約1000×1000画素のHDTV (High-Definition TeleVisionで解像度は1000×1000画素)を使ったものが主で、これも現時点ではシステム実現に1式500万～1千万円の費用がかかる。

③は、テレビ会議装置とN-ISDN回線を1本から4本束ねて使う方法である。画素数換算で450×350程度であり②に比べると画品質は落ちるが、回線を束ねることで伝送速度を上げることができ、遠隔医療ではコンサルテーションシステムとして使われている。システムの実現価格は1式当たり、100～200万円程度で済む。

④では、解像度を320×240に抑えてインターネットとPCで構成された安価なシステム(50万円以下)が商品化されている。インターネットはADSL等の高速回線が普及しているもののエンドツーエンドでの帯域確保は難しく、双方向での映像伝送を必要とする遠隔医療教育システムへの適用は現状では問題があると考えられる。以上の技術、コストの検討に基づき、本学ではISDNとテレビ会議装置による遠隔医療教育システムが有力な候補として残り、その検証実験を行うこと

にした。

2. 2 手術中継実験

ISDN とテレビ会議装置を使ったシステムの遠隔医療教育における実用性を検証するため、2001年9月、約250名の学生、医療関係者、報道陣の参加のもと、本学とドイツ Bad Oeynhausen 心臓病センターとを ISDN3 回線で結び手術映像中継実験を行った。手術内容は、本学客員教授である Bochum 大学 Bad Oeynhausen 心臓病センター南教授執刀による大動脈弁の人工弁置換術であり、手術映像の解説は、ドイツ側、日本側のそれぞれ1人の心臓外科医が行った。本実験は、教育用に世界でもトップレベルの技術を持つ国外の心臓病センターからの手術映像中継実験で、これまでに例のない試みとして国内外のマスメディアからの反響は大きいものであった。第一回目の実験後、関係各方面から今回の遠隔中継が本学だけでの実験に止まることなく、技術・ノウハウを共通に利用できるようにして欲しいとの要望があり、2002年2月、本学先端医用工学センター、医用工学科主催で遠隔医療教育に関心のある埼玉医科大学、日本大学医学部、東京女子医科大学、横浜市立大学医学部、榊原記念病院の心臓外科医と合同検討会議を行った。会議では、映像を多地点に同時配信し、合同で討論を行うという共同利用型遠隔医療教育について議論し共同利用型遠隔教育の利点を以下のように整理した。すなわち、

- ① 国外の優れた高度な手術映像を国内の複数の地点で受けることにより国外の通信料を共同利用の複数の大学で按分できる
- ② 映像受信等のスケジュール管理、その他の費用管理等の事務処理を一元化し省力化が行える
- ③ 合同で教育の効果を調査・検討を行うことで遠隔医療教育を効率的に改善していく

このような利点を持つ共同利用型遠隔医療教育の実証実験として2002年6月、埼玉医

科大学、ドイツ心臓病センター、本学の3地点を結び、南教授執刀の虚血性心肥大に対する心縮小術の多地点手術中継を実施した。実験は日本時間で午後6時から8時半まで2時間半（ドイツ時間では、午前11時から午後1時半）行い、桐蔭ポロニアホール、埼玉医科大講堂には合計300人の学生、医療関係者、報道陣が出席した。

3. 共同利用型遠隔医療講義

3. 1 遠隔講義の概要

一回目、二回目の手術映像中継実験を踏まえ、2002年11月、「心臓手術における医用工学の役割」というテーマで本学医用工学科、埼玉医科大学、日本大学医学部との共同利用型遠隔医療講義を実施した。会場は、本学ポロニアホール、埼玉医科大学講堂、日本大学医学部附属板橋病院リサーチセンター交流ホールである。リサーチセンター交流ホールには本遠隔講義のためにテレビ会議装置の他、プロジェクター、150インチスクリーン、マイク、スピーカー、アンプ、エコーアナライザ等の装置を設置した。また、3地点以外に日本大学では、埼玉県所沢にある日本大学総合学術情報センターが板橋病院に伝送されてくる映像を受信し、学内 WAN (Wide Area Network) により北は郡山から南は三島までに点在する21キャンパス、14学部に映像配信し、関係者が Web 上で映像を見ることができるようにした。

今回の遠隔講義では、埼玉医科大学で行われる講義内容を本学、日本大学医学部に伝送し、3大学間で質疑応答を行うものであり、埼玉医科大学で講義に先立って行われた南教授執刀の心臓手術（僧帽弁形成術）、手術に使われた人工心肺装置等の ME 機器とその取り扱いの様子をビデオカメラで取り、テレビ会議装置とビデオデッキを接続し、映像を配信しながら解説を行う形式をとった。ME 機器の解説、操作説明は、埼玉医科大学 ME サービス部の臨床工学の専門家によって行わ

れた。

講義では、動画以外に、心臓手術の解説図、ME 機器の原理図等のスライドもテレビ会議装置を介して2大学に送信し解説を行った。音声は3地点で互いにやり取りできるようにし、討論では発言者の画面を他の地点に伝送するようにした。遠隔講義は、16時より開始し、18時に終了した。講義内容の時間的な配分は、遠隔講義に関する説明15分、手術室設備、ME 機器の解説30分、手術解説35分、討論40分であった。各大学の会場には、学生、医師、臨床工学技士が聴講し合計400名を超える参加となった。各大会場の模様を示す写真を図1(a)～(c)に示す。

3. 2 遠隔医療講義システムの構成

共同利用型遠隔医療教育の実証実験としての位置づけを持つ多地点映像中継実験は、初回に行った2点間を双方向通信で結ぶ実験と異なり、ドイツ心臓病センター、桐蔭横浜大学、埼玉医科大学の3点を結ぶため、それぞれの地点の映像をどの地点に配送するかという多地点映像配信が技術的な問題となった。技術とコストの両面での検討の結果、3地点の映像配信には、NTT フェニックス通信網の多地点映像配信センターのサービスを利用することにした。3地点は、初回の実験と同じISDN3回線(384kbps)で結んだ。また桐蔭側には、医用工学の学生のために、手術室の映像、ME 機器、臨床工学技士の働きが分かるように、手術室に取り付けたカメラからの映像をインターネットを使いプラズマディスプレイに表示させた。多地点映像中継実験システム構成を図2に示す。

3大学共同の遠隔医療講義では、システム構成は基本的には多地点映像中継実験のシステムと同一構成とし、3大学の講義会場にはテレビ会議装置およびプロジェクターを設置し、本学および埼玉医科大学では、200インチ、日本大学医学部会場では、150インチのスクリーンに映像を表示した。日本大学総合学術情報センターを含む4地点は、ISDN3回



図1(a) 各会場の様子(桐蔭横浜大学)



図1(b) 各会場の様子(埼玉医科大学)

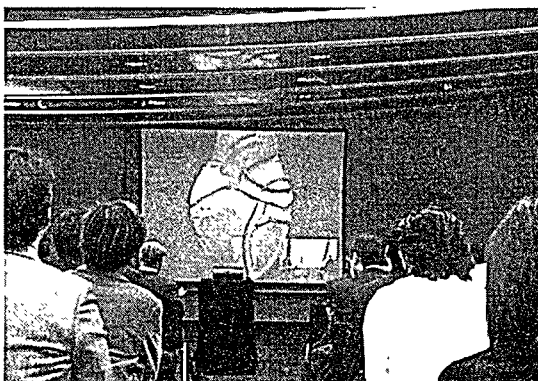


図1(c) 各会場の様子(日本大学医学部)

線で結び、映像は第二回目の実験で採用したNTT フェニックス通信網の多地点映像配信サービスにより各地点への伝送を行った。総合学術情報センターでは、日大医学部会場と同じ映像を受け、10MbpsのEthernetを使った学内WANにより21キャンパス14学

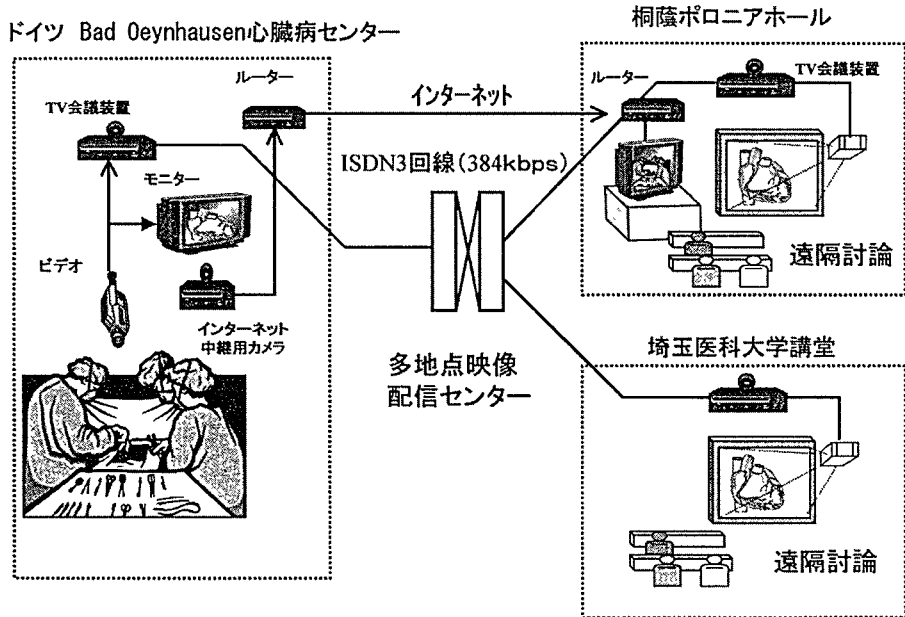


図2 多地点映像中継実験システムの構成

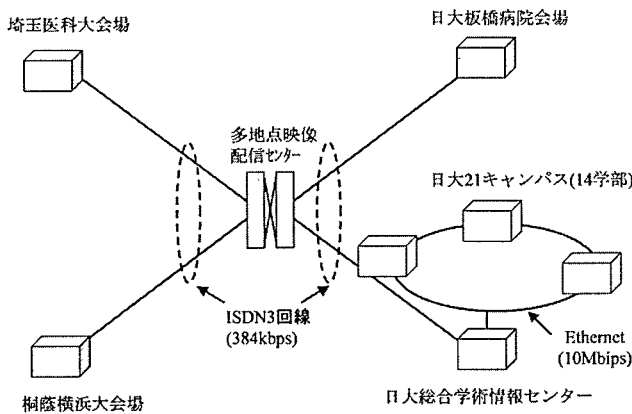


図3 遠隔医療講義のネットワーク

部へ映像配信を行った。本遠隔講義では、手術室の映像もテレビ会議装置を介してISDN回線で送られてくるのでインターネットによる映像伝送は併用しなかった。図3に遠隔講義のネットワークを示す。

4. アンケート調査による評価

4. 1 多地点映像中継実験に対するアンケ

ート結果

6月の実験では、両大学の学生の遠隔医療に対する関心度、映像品質の評価、共同利用型遠隔医療教育に対する評価を分析するため、実験後アンケート調査を行った。また、医学部学生と医用工学科学生の意識の違いに有意差があるか χ^2 検定による検証を行った。

アンケート用紙は桐蔭横浜大学では実験に参加した1年生から大学院生までの医用工学

表1 多地点映像中継実験に対するアンケート結果

質 問 項 目	桐蔭横浜大・学生回答	埼玉医科大・学生回答
遠隔医療、遠隔医療教育に関心がある	96%	90%
遠隔医療は今後、発展していくと思う	75%	40% *
手術映像に臨場感(手術室にいるような感じ)があった	42%	55%
映像での手の動きは自然に感じられた	79%	20% **
映像品質はよかった	31%	5% *
インターネット映像で手術室の人の動きがよく分かった	43%	
インターネット映像でME機器の使われ方がよく分かった	26%	
討論内容は理解できた	52%	90% **
大学の講義に取り入れて欲しい	81%	85%
多地点中継での討論は教育効果を高めると思う	81%	70%

科約100名の学生(男女比率:約6対4)に、埼玉医科大学では約30名の5年生(男女比率:約7対3)に配布し、回収件数は、それぞれ52件(回収率約5割)、20件(回収率約7割)であった。

表1に両大学へのアンケート調査での主要選択設問と結果を示す。表において*、**はそれぞれ医用工学科と医学部有意水準 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ において有意差が認められた設問を示している。Webカメラとインターネットを使った手術室の映像は、埼玉医科大学には伝送しなかったため、これに関する設問は桐蔭横浜大学の学生のみでの回答である。

遠隔医療に関心を持つ学生は両大学とも9割を超えているが、遠隔医療、遠隔医療教育が今後、発展するという意見では、医用工学の学生が肯定的、医学部の学生が否定的であり、両者間に有意差が認められた(有意水準 $P < 0.05$)。この差は、医学部の学生の方が、新技術導入に関し、医療現場での受け入れ問題や医療制度上の障壁についての情報が豊富であるからと推察できる。手術映像に対しては、医学部の学生が医用工学の学生より、より臨場感を感じている一方で、映像の品質に関する要求は厳しいことが表から読み取れる(手の動きに対する評価と映像の品質の評価は、それぞれ $P < 0.01$ 、 $P < 0.05$ で有意差が認められる)。この結果は、医学部の学生は、手術の細部にわたって、鮮明な映像を求めていることを示唆している。医用工学科の学生に対して行ったインターネットの映像は手術

室における臨床工学技士の働きやME機器の使われ方を理解する上で役に立ったかという設問には否定的な回答が多かった。これは、インターネットの伝送速度が遅いため、人の動きがぎくしゃくして不自然だったことが大きな要因であると考えられる。遠隔医療教育のように、映像品質が要求される動画伝送には、現時点ではインターネットを使うことは通信速度の面で難しく、ブロードバンドネットワーク基盤の構築が待たれる。教育効果に関するアンケート結果では、両大学の学生とも8割以上の学生が講義に遠隔医療講義取り入れて欲しいと希望している。討論を聞いて手術映像の理解に役立ったという意見は、両大学で開きがあった($P < 0.01$ で有意差が認められる)。これは、討論内容が心臓外科医の専門的な立場からなされたものが多かったためと考えられるが、共同利用型の特徴である多地点での討論は教育効果を高めるという意見は医用工学科で8割、医学部の学生で7割であり、手術について討論だけでなく、ME機器の取り扱い方、臨床工学技士の役割等を討論テーマとして設定することで、両大学の学生に対して、さらに教育効果を高めることができると考えられる。

4. 2 遠隔医療講義に対するアンケート結果

遠隔医療講義の終了後、桐蔭横浜大学医用工学科の学生に対しアンケート調査を行った。遠隔医療講義に参加した学生は、約150名で

表2 遠隔医療講義に対するアンケート結果

質 問 項 目	樹蔭横浜大・学生回答
映像品質はよかった	71%
手術室の人の動きは、よく分かった	57%
ME機器の使われ方がよく分かった	51%
臨床工学技士の役割が理解できた	81%
手術の内容は理解できた	83%
ME機器の理解に役立った	63%
講義内容は理解できた	61%
講義に使われた資料は役に立った	58%
討論内容は理解できた	55%
講義時間としてはちょうどいい長さだった	73%
多地点中継は教育効果を高めると思う	82%

あり、アンケートの回収率は、約75%と前回の50%に比べ高かった。学生の男女比率は、男子学生57%、女子学生43%、前回とほぼ同じである。回答者の学年の構成比率は、1年生：36%、2年生：28%、3年生：23%、4年生・大学院：13%である。この中で、昨年、一昨年のいずれかの遠隔中継実験に参加したことのある学生は、62%であった。表2に今回の遠隔医療講義に対する主要選択設問と結果を示す。

映像品質では、十分な品質と答えた学生は、前回の実験では31%であったのに対し、今回の遠隔講義では71%が十分な品質と答えている。今回は、ビデオデッキからの映像をテレビ会議装置を介して映像伝送したため前回以下の映像品質だったが、後で述べるように、手術の内容が前回より学生にとって理解し易かったためこのような結果になったと思われる。このことは、逆に映像品質の主観的評価の難しさを示す結果ともなった。多地点映像中継実験では、Webカメラにより、手術室の人の動きやME機器の使われ方の映像を捉え、インターネットを介して表示する試みを行ったが、インターネットによる映像品質が悪く、手術室での人の動きやME機器の使われ方が分かったと回答した学生は、3割～4割であった。今回は、ISDN回線を使って送ったことで映像の動きはより自然なものになり、映像を見て内容が分かったと回答した学生は、5～6割に増えたが、臨床工学技士の動きやME機器の使われ方を理解

してもらうために企画した今回の遠隔医療講義の目的からは満足のいく数字ではなく、カメラの位置や映像内容、解説の方法等改善点の詳細な分析が必要であることを認識した。講義、討論に関する評価結果は、臨床工学技士の役割がよく理解できたという回答は81%、手術の内容が理解できたという回答は、83%と高く、これは、映像に対する解説に多くの時間を割り当てたことによると思われる。しかし、ME機器について理解できた、講義内容が理解できた、討論内容が理解できたという回答した学生はそれぞれ、63%、61%、55%であり、講義に使われた資料は役立ったという回答も58%と低かった。講義で使用したスライドは、パソコンからビデオ映像に落として使用したため、画品質が落ち、またスライドの説明箇所へのポインティングができなかったのが大きな原因と考えられ、使われたスライドの中の文字が小さく判読不可能なものが多かったことも原因としてあげられる。アンケートの意見欄では、前もって今回の遠隔講義で使われる資料を配布して欲しかったという意見や、この遠隔講義の前にME機器の講義があったらもっと理解を深めることができたという意見があがっており、教育効果の高い遠隔講義を実施するためには、事前の準備と講義に使用する教材についてのきめ細かい検討が重要であることを痛感させられた。今回の遠隔講義は、2時間だったが、7割を超える学生が、ちょうどよい時間と回答した。

遠隔講義のやり方については、検討を深め、

工夫していかなねばならないが、前回と同様8割以上の学生が多地点討論は教育効果があると答えており、共同利用型遠隔医療教育の有用性を再確認した。

5. まとめ

初回のドイツ心臓病センターと桐蔭横浜大学とを結んだ手術中継実験の成果を進展させ、共同利用型遠隔医療教育の実証実験としてドイツ心臓病センター、埼玉医科大学、桐蔭横浜大学の多地点手術中継実験を行った。これら2つの実験を踏まえ、本学、埼玉医科大学、日本大学の国内3大学を結んだ共同利用型の遠隔医療講義を実施し、共同利用型遠隔医療教育の教育効果を分析するため、多地点手術中継実験、遠隔医療講義に対するアンケート調査を行った。その結果、学生は遠隔医療に対して高い関心をもっており、遠隔医療教育による講義を望んでいる。また、映像品質については、技術的に解決すべき課題が多いものの、多地点での遠隔討論については教育効果を高めるという評価結果であり、共同利用型遠隔医療教育の有用性が確認された。

今後は、映像中継で得られる貴重な映像データをコンピュータに取り込み、音声、静止画とともに編集できるコンテンツ作成システムの検討および、ブロードバンドインターネットにおける映像圧縮伝送技術、セキュリティ技術を取り入れ、映像を低コストで安全に送れ、かつ使い易い共同利用型遠隔医療教育システムの検討を行うとともに共同利用型遠隔医療教育の効果を高めるための講義スタイル、教材等の検討を行う予定である。

謝辞

手術中継実験、遠隔講義で、ご尽力を頂きました埼玉医科大学付属病院尾本病院長、埼玉医科大学医学情報施設椎橋助教授、MEサービス部の見目臨床工学技士、関口臨床工学技士に感謝いたします。

参考文献

- 1) 開原、前田、澤井他「Study of telemedicine - 医療情報技術の総合的評価と推進に関する研究 -」、遠隔医療研究総括版報告書(1996-2000)平成12年度厚生省科学研究費補助金・医療技術評価総合研究事業、<http://square.umin.ac.jp/~enkaku/Welcome.html>、2000
- 2) Okada Y, Haruki Y, Ogushi Y., Disaster Drills and a Series of Continuing Medical Education Programs on Satellite-based Internet. Methods of Information in Medicine 2000, 39,2000.
- 3) 日経メディカル開発「遠隔医療と遠隔ケア」、日経BP出版センター、1998.
- 4) 小柳、南、R.Koerfer.「ドイツ心臓外科」留学報告-ノルトラインウェストファーレン州立心臓病センター、日本外科学会雑誌、Vol.97,No.11,pp.1020-1023, 1996.
- 5) 涌井、飯田、川島「ドイツ心臓病センターからの手術映像中継実験-遠隔医療教育の本格実現に向けて-」、桐蔭論叢9号、pp.21-26,2002.
- 6) 涌井、飯田、川島、許、南「ISDN(384kbps)によるドイツ-日本間多地点手術中継実験——共同利用型遠隔医療教育の実用化を目指して——」教育メディア研究、Vol. 9. No.2, pp.75-85, 2003.