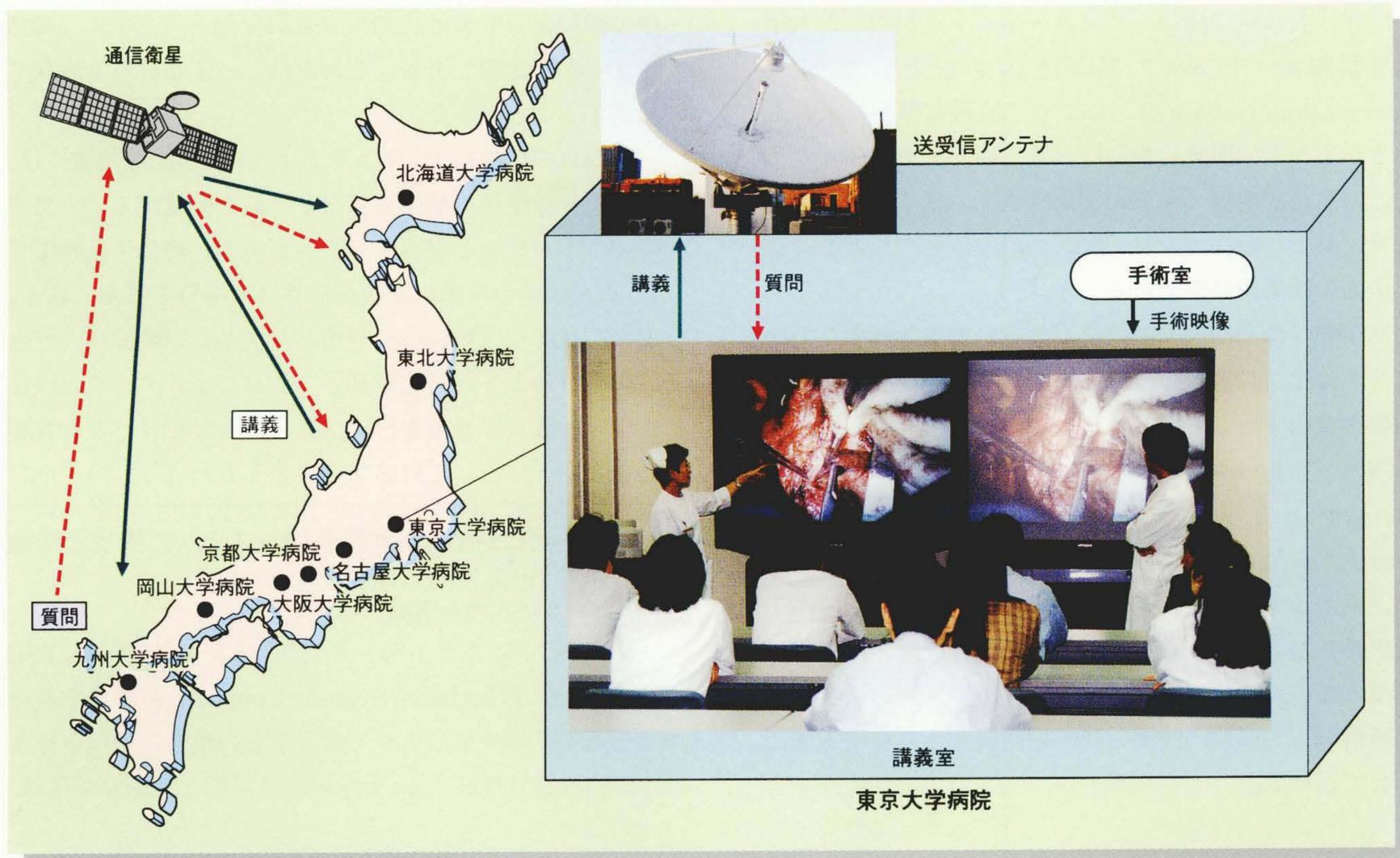


患者のプライバシーを重視した ハイビジョン映像遠隔教育システム

HDTV Remote Medical Education Systems Taking Patients' Privacy into Consideration

飯田勝義 Katsuyoshi Iida 中田考樹 Naruki Nakata
白木光彦 Mitsuhiro Shiraki 小川 徹 Tôru Ogawa



東京大学病院の送受信アンテナと講義室

8大学病院間で衛星通信を介し、手術映像などのハイビジョン映像を利用した、インタラクティブな遠隔教育システムを構築した。ハイビジョン映像やNTSC映像を暗号化してデジタル送信し、医療技術教育や合同カンファレンスに利用できる。

大学病院では、診療機能の高度化を目的として、医療技術の相互教育のネットワーク化を進めている。1996年12月に、高精細映像を高速に通信できるネットワークを利用することにより、手術映像や放射線画像などの医用画像の伝送を可能とした衛星通信システムが、8大学(北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、岡山大学、九州大学)病院間で完成した。

医用画像には高画質が要求されるため、カメラやモニタなどの講義室の映像設備はハイビジョン映像で対応させ、MPEG2(Moving Picture Experts Group 2)圧縮を利用して、この映像を他大学病院にデジタル送信する。送信に際しては、患者のプライバシー保護のためのセキ

ュリティ対応が非常に重要になるため、日立製作所が開発した、衛星デジタル放送の国内標準暗号である“MULTI 2”に、鍵管理のくふうを加えた暗号方式を採用し、指定大学病院以外での受信を不可能とした。

講義室では、モニタの映像切換や他大学病院への質問許可をタッチパネル操作とし、また、各機器を連動制御することによってワンマンオペレーションを実現した。これにより、講師や事務官が一人で機器を操作することができるようになった。

今後、大学病院では、衛星通信システムを最新医療技術の遠隔教育、合同カンファレンスなどに利用していくものと思われる。

1. はじめに

わが国には40か所余りの国立大学病院がある。各大学病院とも、高度医療技術の開発を行う特定機能病院として、また、地域の中核的医療機関として、高度先進医療を提供することが社会的にも期待されている。特に、地震などの災害時には、機能・設備や医療スタッフの充実した大学病院の役割が非常に大きくなる。

現在、大学病院間は、インターネットを利用した大学医療情報ネットワーク“UMIN(University Medical Information Network)”によって情報交換が行われている。しかし、医療技術のいっそうの向上を進めるためには、高精細映像による大学病院相互の技術教育や情報交換、および合同カンファレンスが可能となる新しいシステムの構築が必要である。

高精細映像を高速に通信することが要求されるこのシステムには、災害時の連絡回線としても利用できる衛星通信を採用することとした。これが、大学病院衛星医療情報ネットワーク“MINCS-UH(Medical Information Network by Communications Satellite for University Hospitals)”である。日立製作所は、北海道大学、東京大学、岡山大学、九州大学でこの衛星通信システムの構築を担当した。

ここでは、ハイビジョン映像をデジタル送信する衛星通信システムの、医療分野での特徴とその利用方法について述べる。

2. 医療分野での衛星通信システム

医療分野での衛星通信システムは、8大学病院の専門的特色を生かして、医療スタッフの技術教育などを目的とするものであるが、大学や予備校などの一般教育でのシステム適用に比べると、検討すべき要件がある。

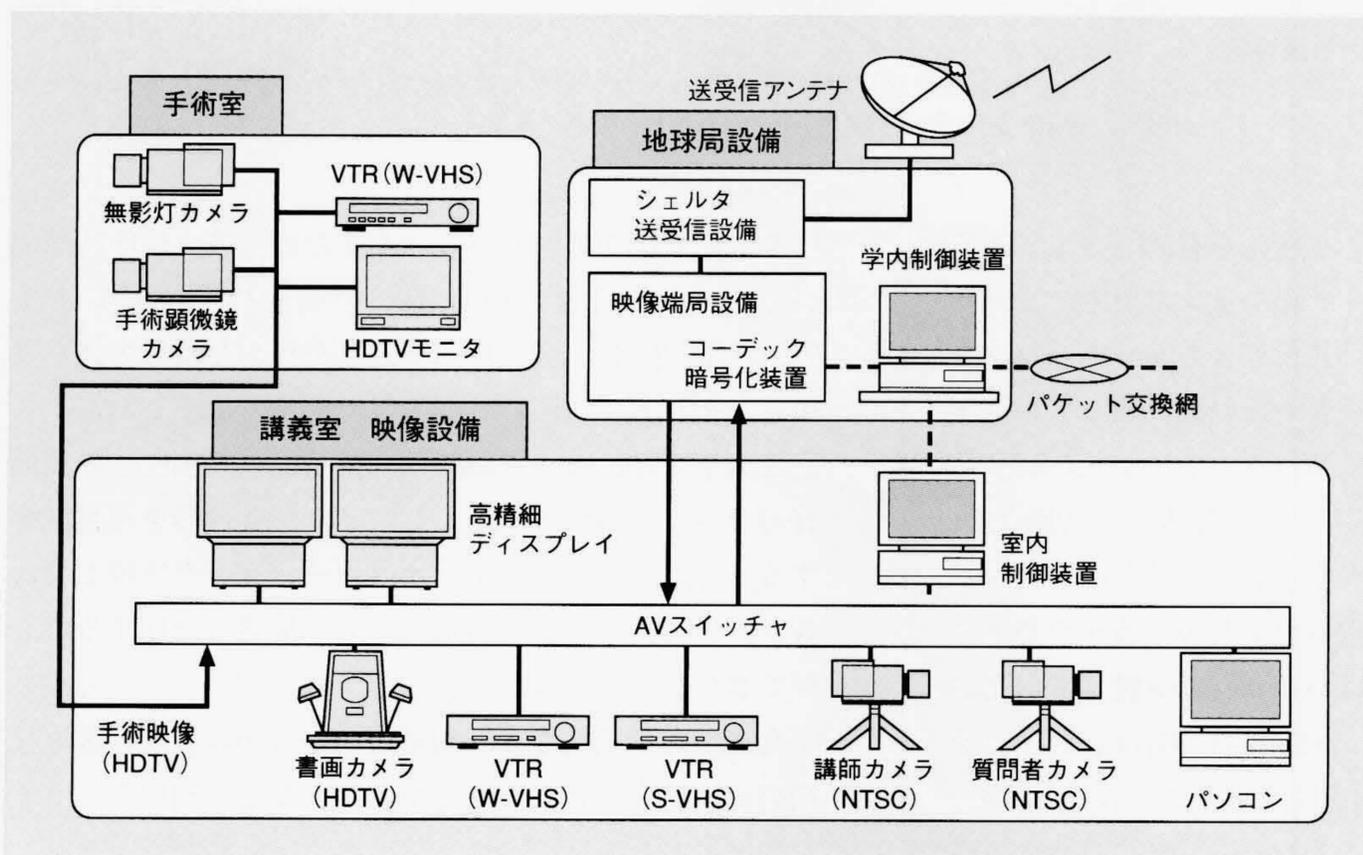
一つ目の要件は、手術映像や放射線・顕微鏡写真などの医用画像に高画質が要求されることである。手術映像中の微細血管や放射線画像の階調変化が、リアルに確認できるかが課題である。これには、ハイビジョン映像で対応することとした。

二つ目の要件は、セキュリティである。医療情報には、患者の身体情報や病歴情報などの個人情報が多く、患者のプライバシーを保護する必要がある。特に手術映像では、患者の顔の映像が直接送信される場合も考えられる。また、高度な医療技術を利用した生々しい映像は、社会的影響を与える可能性が高い。これには、すべての映像に暗号を掛けて通信を行い、特定の大学だけでしか視聴できないようにして対応することとした。

3. ハイビジョンの衛星通信システムの構成と特徴

3.1 全体システム構成

衛星通信システムは、ハイビジョン映像やNTSC(National Television System Committee)映像を利用した講義室の映像設備や、他大学との映像送受信を行う地球局設備で構成する。大学の映像設備と地球局設備は、



注：略語説明ほか
 HDTV (High Definition Television)
 AV (Audiovisual)
 — (映像・音声)
 - - - (制御信号)

図1 遠隔教育システムの全体構成

ハイビジョン・NTSC映像による手術室・講義室の映像設備と、他大学とのデジタル衛星通信を行う地球局設備の構成を示す。

室内制御装置や学内制御装置によって監視、制御される。全体の概略構成を図1に示す。

講義室では、選択した映像を大型の高精細ディスプレイに表示して講義を行う。屋上には直径4.5 mの送受信アンテナを設置して地球局設備と接続し、衛星通信を介して、受講大学に講義室と同じ映像を送信する。また、受講大学からも質問や意見が送信できる。

手術部では、无影灯に設置したカメラや、手術顕微鏡に接続したカメラで撮影したハイビジョン映像を録画したり、講義室や他大学へ送信することができる。

3.2 ハイビジョンのデジタル衛星通信

3.2.1 ハイビジョンとNTSCによる双方向通信

講義室で選択されたハイビジョン映像やNTSC映像は、受講大学に送信される。従来のハイビジョン映像のアナログ伝送では、1トランスポンダを専有してしまうため、同一トランスポンダ上で質問用の映像を送信することができないうえに、守秘性の高い暗号方式がないので、医療分野での利用が困難であった。そのため、デジタル伝送方式を採用することとした。

ハイビジョン映像の送信に必要な伝送速度は約1.2 Gビット/sであり、NTSC映像は約100 Mビット/sである。MPEG2圧縮により、ハイビジョン映像は約30 Mビット/s、NTSC映像は約6 Mビット/sとなる。そのため、1トランスポンダ上にハイビジョン映像とNTSC映像の2映像が同時に送信でき、講師と受講大学間での双方向通信が可能となる。

講義の内容や使用する資料・映像により、(1) HD (High Definition) モード：ハイビジョン映像による講義、(2) HD-NTSCモード：VTRと放射線画像のように、2映像を利用したハイビジョン映像とNTSC映像による講義、(3) NTSCモード：NTSC映像による講義の3種類の講義が選択できる。どのモードの場合も、質問はすべてNTSC映像で行う。トランスポンダの運用形態を図2に示す。NTSCモードでは、トランスポンダの半分以下の帯域で双方向通信ができ、2大学で同時に講義を実施することが可能になる。このシステムに使用する通信衛星はスーパーバードa号であり、1トランスポンダ36 MHzが有効に利用できる。

3.2.2 地球局設備の構成

地球局設備は、周波数変換を行う送受信装置、ハイビジョン映像用とNTSC映像用のコーデック、暗号化装置で構成する。各大学とも、NTSCモード時の講義映像と質問映像を同時に受信できるように、NTSC映像用のデ

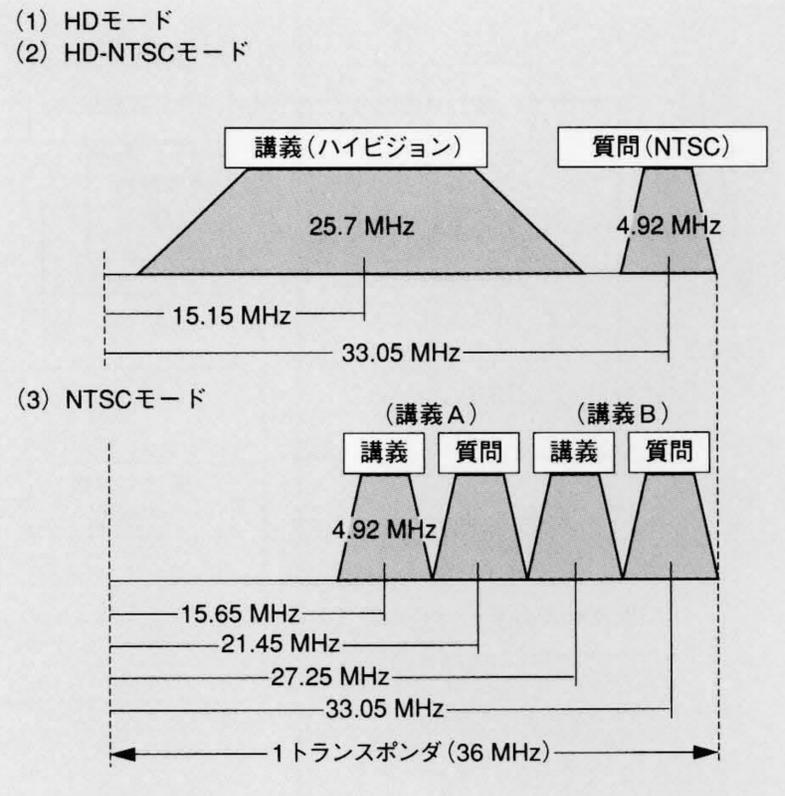


図2 遠隔講義の送信モード

トランスポンダの運用形態を示す。1トランスポンダ上で同時に2映像が送信でき、インタラクティブな講義が実現できた。NTSCモードでは、二つの講義が同時に可能である。

コーダとデスクランブル装置だけを2式で構成した。地球局設備の構成を図3に示す。

3.2.3 暗号化の仕組みと特徴

セキュリティのための暗号方式には、郵政省電気通信技術審議会がデジタル放送用国内標準暗号として採用されている“MULTI2”暗号を利用し、守秘性を実現した。

講義の開始時に、東京大学病院に設置された番組管理装置から、受講大学に暗号鍵を配信する。この暗号は共通鍵方式のため、講義大学側の暗号鍵と受講大学側の暗号鍵が同じ場合にだけ受信が可能となる。

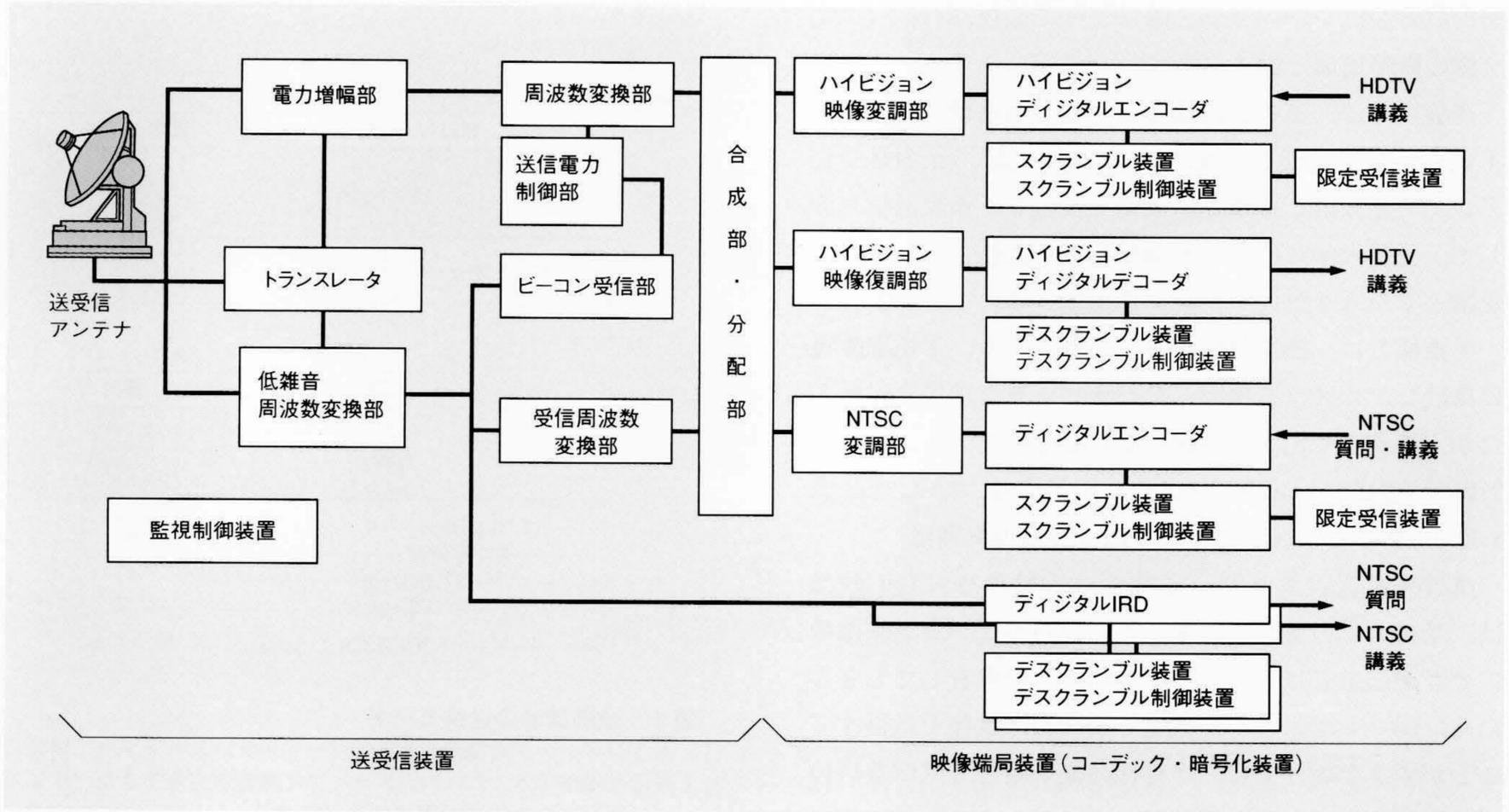
映像をMULTI2方式で暗号化して送信するとともに、鍵情報の配信にも二重化した暗号を掛け、セキュリティのいっそうの向上を図っている。

3.3 講義室映像システム

3.3.1 映像選択

講義室では、大学内で発生する映像と、衛星通信で受信した他大学の映像をモニタに表示する。モニタは、ハイビジョン映像、NTSC映像、およびRGB映像に対応可能な高精細ディスプレイを採用した。また、講義映像用と質問映像用の2台の構成とし、同時視聴を可能とした。質問がないときには、質問映像用モニタも講義映像用モニタとして利用し、同じ映像の2画面表示によって講義の理解度の向上を図った。

利用する映像ソースは、大学の運用や特徴によって異



注：略語説明 IRD (Integrated Receiver Decoder)

図3 地球局設備の構成

ハイビジョン・NTSC映像をデジタル化・暗号化する映像端局装置と、通信を行う送受信装置の構成を示す。ハイビジョン映像やNTSC映像を暗号化(スクランブル)し、他大学と衛星通信を介して送受信を行う。

なるが、ハイビジョン映像である受信映像・書画カメラ・VTR・手術映像、NTSC映像である受信映像・講師用カメラ・質問者用カメラ・VTR、およびRGB映像のパソコン画面である。選択された映像は、ハイビジョン映像でもNTSC映像でも送信でき、受講大学では講義室と同じ映像が視聴できる。

3.3.2 講師卓でのワンマンオペレーション

従来、講師は一人で黒板やスライドを利用した講義を

行っているため、多くの映像機器を利用して講義を行う場合でも、新たにオペレータを配置することは難しい。そのため、講師卓でのワンマンオペレーション化が必要となった。

講師卓には、映像選択用の操作パネル、講師カメラ・質問者カメラ・書画カメラの操作器、講師用の卓モニタ、および室内制御装置を設置した(図4参照)。

講義映像の選択は、講師卓上の操作パネルで行い、講義開始時の受講大学の選択や講義中の質問許可は、講師卓上の室内制御装置で行う。講師が講義を行いながら操作できるように、操作パネル・室内制御装置ともタッチパネル方式とした。また、操作パネルには、モニタ表示する映像の選択機能にVTRの操作機能を付加し、講義中でのVTR本体やリモコンの操作を不要にした。講師カメラ・質問者カメラの操作器はプリセット機能を持っているので、セットした位置を容易に撮影することができる。

受講大学での画面切換は、講師の室内制御装置の操作に連動させて自動切換とした。そのため、受講大学では質問要求と質問時のカメラ・マイクロホンの操作だけとなり、受講時の操作を軽減することができた。



図4 東京大学病院の講師卓

講師卓正面に卓モニタ2面(左)、室内制御装置(中央)、カメラ操作器(右)を、卓上中央に映像切換操作パネルをそれぞれ設置している。

3.3.3 音声制御

双方向通信を行う場合には、質問時にハウリングやエコーなどの音声の問題が発生しやすく、対策が必要となる。また、ハイビジョン映像とNTSC映像のコーデックの処理遅延時間が異なっているため、講義大学からハイビジョン映像とNTSC映像の2映像を同時に送信する場合に、音声がずれてエコーのような現象が発生し、非常に聞き取りづらくなる。

このシステムでは、スイッチャとミキサを多段構成とし、送信映像に合わせた音声制御を行うことによって障害の対策を行った。その結果、質問時のエコーや処理遅延によるエコーが防止でき、双方向のスムーズな会話が可能となった。

3.4 室内制御装置・学内制御装置による

講義室からの映像・送信制御

遠隔教育の場合には、講義室と受講大学の映像が一致していなければならない。さらに、衛星通信や圧縮処理の遅延などによる障害の発生を防止しなければならない。しかし、オペレータが講義の進行に合わせて映像切替や質問映像の送信・停止を判断し、操作することは不可能である。このため、室内制御装置・学内制御装置との連動制御により、受講大学側での操作の軽減を図った。

講師の操作に従って室内制御装置は、受信映像の切替処理や、学内制御装置と連動して、講義開始・終了と質問許可・終了処理を行う。室内制御装置の質問許可画面を図5に示す。

学内制御装置はすべての大学の学内制御装置とパケット通信で接続して、講義や質問の制御情報の伝送や暗号



図5 室内制御装置の質問許可画面

東京大学が、質問要求にこたえて質問を許可した画面を示す。

鍵の配信を行う。また、地球局設備と接続し、映像送信の制御とともに動作監視を行い、異常時には講義室の室内制御装置に通知する。

受講大学が質問を行う場合に、質問許可の情報は講義室の室内制御装置から学内制御装置を介して、すべての受講大学に伝送される。許可された受講大学では、室内制御装置から映像設備に許可情報が伝達され、質問者カメラの映像を選択し、質問映像モニタに表示する。学内制御装置は地球局設備に許可情報を伝達し、質問映像を送信して質疑応答を行う。講義室やほかの受講大学では、室内制御装置の連動制御によって質問映像モニタに受信した質問映像を表示する。講義時と質問許可時の運用例を図6に示す。

4. システムの利用形態

このシステムを利用することにより、講師と受講大学間で質疑応答を行うインタラクティブな講義や講演が可能となる。講師はVTRや書画カメラを利用して講義を行う。受講大学で質問がある場合には、室内制御装置で質問要求を行い、講師が質問のある大学に質問許可を出す。講師と受講大学の質問者間で、双方向でリアルタイムの質疑応答ができるため、臨場感ある議論が展開できる。

現在、手術映像・放射線画像を用いた講演や、顕微鏡の病理画像を利用した合同カンファレンスを実施している。医用画像をハイビジョン映像として伝送し、新しい医療技術をリアルタイムで実際に見ることができると、医療スタッフの技術向上、さらには患者への医療サービスの向上につながる。

8大学病院では、大学間を衛星通信でネットワーク化することにより、(1)手術など高度先進医療の状況をリアルタイムで医師が見ることによる最先端医療技術の取得、(2)特定症例などの合同カンファレンス、(3)学生や臨床研修医の講義・実習、(4)看護婦や検査技師など病院スタッフの技術研修、(5)地域医療、(6)災害時の医療情報提供・情報交換などへの利用を考えており、システムの拡張による幅広い活用が期待できる。

5. おわりに

ここでは、衛星通信システムの医療分野での適用例について述べた。

大学病院での衛星通信ネットワークでは、地球局設備・映像設備・制御装置の連動によるワンマンオペレーションを可能とする簡易操作を実現した。また、日立製

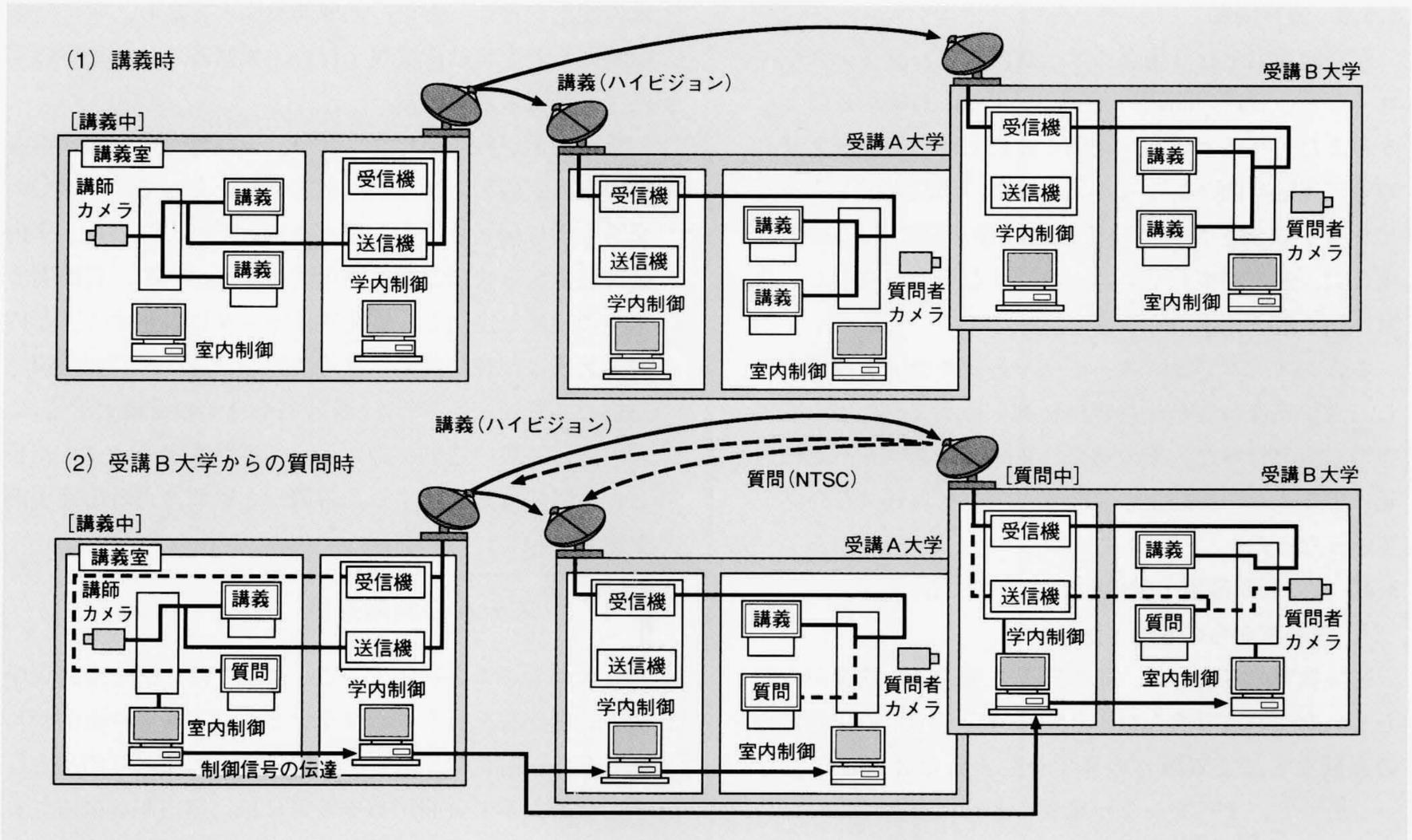


図6 講義時と質問許可時の運用・制御

地球局設備と映像設備を連動制御し、ハイビジョン映像の講義中に受講B大学へ質問を許可する例を示す。講義室の講師の質問許可操作に連動して、受講B大学から質問映像(NTSC)が送信され、すべての大学の質問映像用モニタに受講B大学の映像が表示される。

作所が開発したMULTI 2暗号に鍵管理のくふうを加えることにより、患者のプライバシーの保護と、医用画像による社会的影響への配慮を可能とするセキュリティを実現した。

1997年度中に金沢大学、高知医科大学、および鹿児島大学が加わることによって衛星通信システムの利用範囲が拡大する。システムの今後のさらなる拡張に伴って、多くの医療スタッフが最先端の医療技術を修得するものと考えられる。これからも、医療水準の向上に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) 井田, 外: 衛星通信遠隔教育システム, 日立評論, 72, 2, 157~164(平2-2)
- 2) 山田, 外: 家庭用マルチメディア衛星通信システム, 日立評論, 77, 9, 647~650(平7-9)
- 3) 宝木: 情報システムと暗号技術, 電気学会誌, 112, 9, 721~725(1992)

執筆者紹介



飯田勝義
 1988年日立製作所入社, システム事業部
 システム開発部 所属
 現在, 教育関連・画像関連システムの開発に従事
 医療情報学会会員
 E-mail: iida@cm.head.hitachi.co.jp



白木光彦
 1992年日立製作所入社, 宇宙技術推進本部
 衛星通信システム設計部 所属
 現在, 衛星通信用暗号システムの設計・開発に従事
 航空宇宙学会会員



中田考樹
 1989年株式会社日立画像情報システム入社,
 横浜本部 システムグループ 所属
 現在, 映像情報メディア事業部で映像システムの設計に従事



小川 徹
 1986年日立製作所入社, 公共情報事業部
 学術情報システム部 所属
 現在, 文教マーケットに対する研究・教育システムの構築に従事
 E-mail: ogawa@jkk.hitachi.co.jp