

広域教育網構築に向けた 2つの双方向衛星通信システムの接続

花田 英輔¹⁾・母里 充²⁾・大西 仁³⁾・黒田 知宏⁴⁾・
井上 裕二⁵⁾・近藤喜美夫³⁾

現在、日本国内で通信衛星を利用した双方向型（多地点型）画像・音声会議システムとしては、主に大学や国立教育研究機関を相互に結ぶSpace Collaboration System (SCS) と、国立大学医学部附属病院間を結ぶMedical Information Network by Communication Satellite for University Hospitals (MINCS-UH、愛称MINCS) が並存している。2システムを融合すれば、地上局数は180となり、全国の国立大学のほとんどをカバーでき、医療者の効率のよい再教育体制が構築できると共に、学際的研究をより発展させることが期待される。そこで、両システムを接続して双方向型の番組放映が可能であるか確認した。試験には、SCS地上固定局が3局、MINCSは講義校1局と質問校2局が参加した。

その結果、システム間相互に信号をやり取りする部分でいくつかの不具合が発生したが、最終的には双方向での音声・画像による模擬的会議に成功した。これにより、両システムを接続して全国180の地上局を有する大規模衛星講義（会議）システムの有効性を確認できた。

既存のシステムを活用し、さらに大規模な双方向型の通信システムを構築することは、教育機会の均等化、地域格差の是正、さらには災害対策としても有効であると考えられる。

キーワード

双方向衛星通信、テレビ会議、遠隔教育、SCS、MINCS-UH

1. 目的

現在、日本国内で通信衛星を利用した双方向型（多地点型）画像・音声会議システムとしては、主に大学や国立教育研究機関を相互に結ぶSpace Collaboration System (SCS) と、国立大学医学部附属病院間を結ぶMedical Information Network by Communication Satellite for University

Hospitals (MINCS-UH、愛称MINCS) が並存している。SCSは150の地上局を有するが、医学関連施設、特に医科単科大学への設置率は低い。一方、MINCSは42ある国立大学医学部附属病院のうち30にのみ設置されている。ここ数年間は両システムともに設置局数の拡大が無く、また両システムは結ばれていない。

この2つのシステムを融合すれば、地上局数は180を超え、全国の国立大学のほとんどをカバーすることができ、医療者の効率のよい再教育体制が構築できると共に、学際的研究をより発展させることが期待される。そこで、今後の両システムの発展性を確認する意味も含め、両システムを接続して双方向型の番組放映が可能であるかについ

¹⁾ 島根大学医学部附属病院医療情報部

²⁾ 島根大学

³⁾ メディア教育開発センター

⁴⁾ 京都大学医学部附属病院医療情報部

⁵⁾ 山口大学医学部附属病院医療情報部

て確認した。

2. 両システムの特徴と比較

2.1 SCS^[1]

SCSは文部科学省の大学共同利用機関であるメディア教育開発センター（以下、NIMEと略す）が1996年10月から運用している多地点間画像音声伝送システムである。衛星はJSAT株式会社が運営するJCSAT3号機を利用している。SCSには全国の大学（私立大学を含む）、高等専門学校、大学共同利用機関など、123の機関が参加している。この他、SCSには車載局があり、自由な場所地上局として送受信が可能である。SCSはNTSC画像と音声を主な伝送対象とする。通信に要する経費は国立大学の場合、やはり国立のNIMEが支払っており、年間3,300時間程度の利用がある。

運用モードには、参加局中の任意の2局が1波送信し各局が2波受信する2波運用と、送信する局が1波または2波送信で各局が3波受信する3波運用の2つがある。1地上局から2波送信する場合を含め、音声は各送信波にそれぞれ乗せて送信される。システム全体では、複数の会議で同時に8波を取り扱うことが可能である。なお、通信時に議長局以外の参加局同士が相互に対話する「持ち回り運用」が可能である。回線制御などの操作は、議長局が行うことができ、NIME内のHUB局が必要な制御信号を送受する。

受信した画像の投影方法は、受信波数が2波の場合は、地上局では2つの画面に1波ずつ投影することが多い。受信波が3波の場合、3画面を用いることのほかに1つの受信画面を4分割して全受信波を1画面に表示し、2～3の地上局が同時に1つの画面に平等な形で参加することも可能である。

2.2 MINCS^[2,3]

MINCSは高画質のHD-TVクラスの画像（以下、HD-TV画面と呼ぶ）とNTSCの画像を送ることができることが大きな特徴である。衛星は宇宙

通信株式会社が運営するSuperbird Aを利用していている。MINCSは1995年12月に運用が開始され、現在は30の国立大学が1大学あたり1つの地上局を持つ。大学によっては受信専用の移動可能な地上局を持つ大学もあるが、SCS車載局のような発信もできる移動局はない。放映を行う場合、主催となる大学が回線費用を支払うことになっている。

MINCSにおける放映では、主催校となる地上局が「講義校」として1回の放映につき1校設定される。HD-TV画面は講義校からしか送信できない。HD-TV画像とNTSCの画像を送るモード（HNモードと呼ぶ）、および2画面共にNTSC画像とするモード（N1もしくはN2モードと呼ぶ）もある。システム全体で、NHモードの放映は同時には1つしかできない。N1モードの放映とN2モードの放映は同時に1会議ずつ可能である。NHモードの放映とN1、N2モードの放映は同時にはできない。

放映時は、HNモードの場合はHD-TV画像とNTSC画像を1波ずつ、N1もしくはN2モードの場合はNTSC画像を1波、講義校から発信する。受信側は「メイン画面」と「サブ画面」を持ち、HNモードの場合は通常HD-TV画面をメイン画面に、NTSC画面をサブ画面に投影する。N1、N2モードの場合は講義校から同じNTSC画面が送られてくるので、同じ画面を2つ投影する。受信側で投影する映像は全て講義校で制御・選択する。

主催校以外で講義を受信する大学から電波を発信する場合は「質問校」という役割が設定される。質問局は講義局で選択し、サブ画面を切り替える制御となっている。質問を行う場合は、HNモードでは講義局からのNTSC画像の発信を一旦切断し、NTSC画面の発信元を質問校に切り替える。N1、N2モードの場合は新たに質問局からNTSC画面が発信される。どちらの場合も、受信側ではサブ画面が自動的に切り替わり、質問校から送られる画面を投影する。質問が無い状態では、講義校から2画面送信している状態であっても音声は

メイン画面側に集約されて送信される。

3. 方法

今回の実験では、MINCSの地上局のみが設置されている島根医科大学（2003年10月より島根大学医学部、以下、島根医大）を講義局（議長局）として、同大学敷地内にNIMEがSCSの車載局を搬入、運用し、画像および音声信号を双方向に流せるように接続した。SCS車載局は同時に2波を送信する設定とした。

両システム間の接続形態概要を図1に、情報の流れを図2に示す。2つの画面を使用するために、MINCSの放映モードはHNモードとした。講義校（議長校）である島根医大の画像と音声は、

MINCS参加校（質問校）ではMINCSを通して直接に届く。SCS参加校へは、メイン画面がHD-TV画面であるため一旦MINCSシステムに音声と画像を取り込んだ後に信号を分岐し、島根医大内に搬入した車載局内の画像・音声制御システムを通してSCSに向けて送出した（図2 a）。サブ画面は講義校・参加校ともNTSC画面であるので分岐させずにそのまま送出した（図2 b）。SCS車載局からはメイン画面、サブ画面をそれぞれ1波ずつとして送信した。音声はメイン画面側にのみ乗せた。

放送形態はMINCSの運用にあわせた実験講義とした。手順として、まず島根医大のMINCS講義室からMINCSとSCSへ同時に放映を行い、受信を確認した後にサブ画面の切替え（質問）を行った。その後に伝送音声の遅延と切替えに要する

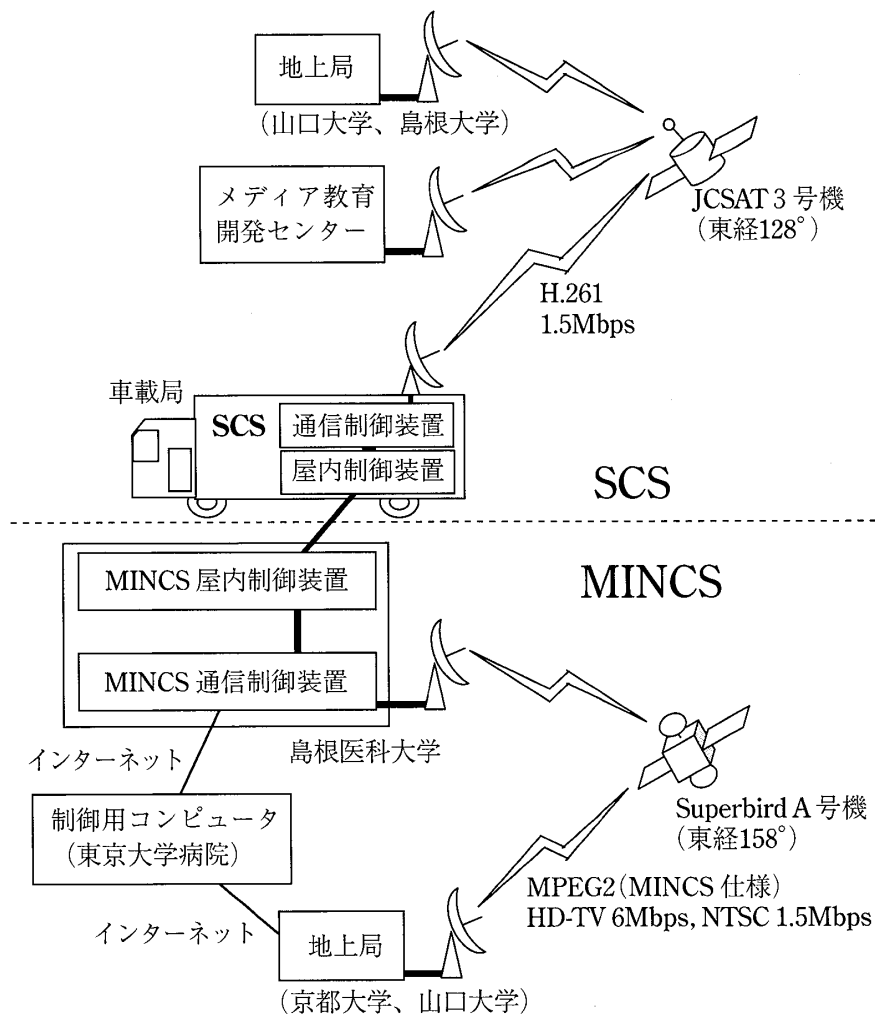
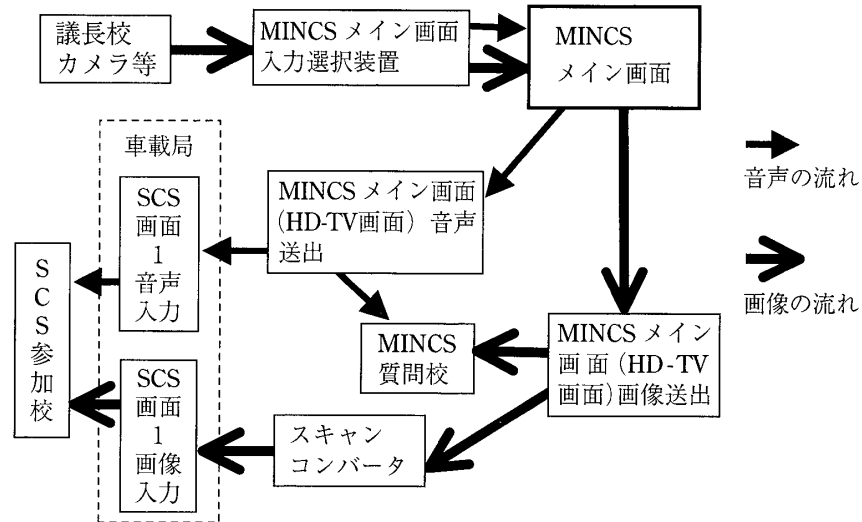
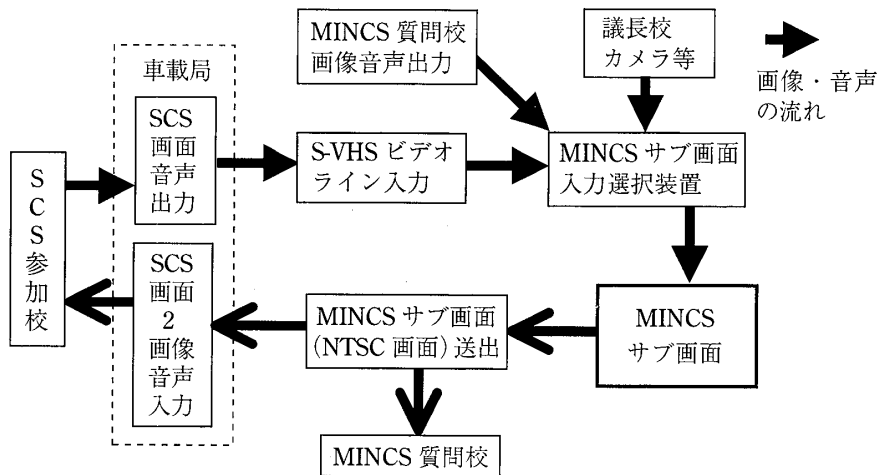


図1 実験構成図



a) メイン画面の流れ(各局のメイン画面は常に講義校・議長局のメイン画面)



b) サブ画面の流れ(サブ画面は質問校・参加局の画面に切換え可能)

図2 両システム間の情報の流れ

時間を計測した。試験には、SCS局参加局としてNIMEと山口大学、島根大学、MINCS質問校として京都大学と山口大学が参加した。

4. 結果

4.1 接続状況

各システムの内部での伝送に問題は発生しなかったが、システム間相互に信号をやり取りする部分でいくつかの不具合が発生した。しかし、最終的には双方向での音声・画像によるやりとり成功した。発生した主な不具合と対処は次の通りである。

不具合1 MINCS質問校の画像受信が不可能(原因と対策)

当初MINCS側では信号の暗号化機能を有効にしていたが、参加大学の一部機器に異常が発生し、暗号化機能を無効にした。その際、講義校である島根医大がスクランブル機能を無効にするまでは全局が、山口大学が無効にするまでは山口大学のMINCS設置室において京都大学の画像・音声投影できなかった。

スクランブル機能はMINCS特有の機能であることから、接続する際はできるだけ予め

解除することが望まれる。

不具合2 SCS側で、MINCS画面が1つしか受信できない

(原因と対策)

SCS側の車載局が同時に2波の送信を可能にするべきところ、1波しか送信できなかったためであった。再立上げを含む設定変更により対処した。

不具合3 SCS側で受信したMINCS質問校の音声に大きなノイズが重畳

(原因と対策)

MINCSのHD-TV画面はスキャンコンバータを利用してNTSCに変換することにより、SCS各局でほぼ問題なく送受信できた。これに対して、音声は双方で音量のレベルが調整できていなかった。このことがノイズ重畳の原因である。インピーダンスのマッチングにより解決した。

不具合4 講義校の音声は質問校からの音声に重畳する

(原因と対策)

1つの原因として講義校の音声は質問校に設置されたスピーカーから流れ、その音声を質問校のマイクが拾ってしまった場合が考えられた。また、質問校の音声制御設定が正しくない場合も1つの原因として考えられた。しかし、最後までどちらの原因によるものか判明せず、接続時間内には解決できなかった。

4.2 通信上の遅延計測

計測の結果、島根医大に設置されたMINCS用のエンコード/デコードに要する時間は、合計でHD-TV用が220msec.、NTSC用が310msec.であった。また、全体としての遅延は島根医大の音声は各受信校に届くまでの遅延が約0.5秒、MINCS、SCSの各受信校が発した音声は島根医大に届くまで約0.5秒、受信校が発した音声が他の受信校に届くまでは約1秒を要した。

画面切替えに要する時間は、MINCSの講義校から質問校への切替えには約11秒、質問校から講義校への切替えは3秒程度であった。SCSの参加局間の切替えには6.5秒を要した。

5. 考察

5.1 接続上の問題点

今回の実験においては、画像のやり取りについては当初発生した不具合は直ちに解決できた。これは、MINCS側でNTCSとHD-TVの両方を常時扱うことができるようにスキャンコンバータとアップコンバータが用意されていたことによる。

しかし、音声のやり取りについては、残念ながら解決できない問題点が生じた。事前に配線図を集め、両システムを納入した業者を含めた検討を行ったが、SCS参加校からの質問音声をMINCSにおいて取扱う場合の問題点は解決できなかった。特に、今回の接続形態でSCS参加校から質問を行う場合、MINCS講義校ではメイン画面と同じ電波で講義校と質問校の両音声を発信してしまうため、質問をするSCS参加校で自局の画像音声を衛星を経由させずに提示している場合、質問音声が二重に流れる恐れがある。

解決手段としては、MINCS講義校において、SCS車載局から入力される信号のうち、音声だけをサブ画面の音声として入力すればよいが、今回の講義校である島根医大のサブ画面機器には外部入力端子がなく、改造なしでの接続を目指す観点から、画像・音声共に講義校の1入力素材として扱うこととなった。

5.2 遅延時間

今回の実験において、総遅延時間は次のような式で表される。

$$\begin{aligned} \text{総遅延時間} = & \\ & \text{送信側エンコード所要時間} + \text{伝送遅延} + \\ & \text{受信側デコード所要時間} \end{aligned} \quad (1)$$

上記のうち、伝送遅延とは地上局と通信衛星との間(約36,000km)の所要時間であり、どちらのシステムでも往復で250msec.かかることがわかっている。これに、計測の結果わかったMINCS側のエンコードとデコードに要する時間(HD-TV用220msec.・NTSC用310msec.)を加えると、MINCSの参加校間での遅延は0.6~1.0秒程度発生することになる。今回の計測はストップウォッチを使ったため精度に問題があるが、予測から大きくずれたものではなかった。

なお、(1)式は同じシステム内での遅延時間である。今回のように2つのシステムをまたがる場合、例えばMINCS質問校からの音声と画像は一度MINCS講義校に届いた後、MINCS、SCS双方のCODECでの遅延とSCS地上局間に要する遅延時間がさらに加わる。従って、例えばMINCS質問校が発した音声をSCS参加校が聞くまでには1.0~1.5秒を要する。遅延がここまで大きくなると、通常対面している場合と比べ、会話をするためにはかなり苦痛がある。

5.3 両システムの接続による発展性

今回の実験の結果、両システムを接続した場合には、一方的な講義もしくはそれに対する質問程度であれば実用に耐えらると思える。SCSではカバーできなかった地域にあるMINCS地上局(例えば旭川医科大学や島根医大など)を利用することで、より広い地域への同時放映が可能となる。NIMEが行ったSCSとポストパートナーズシステム衛星ネットワーク接続実験、文部科学省がもつエルネット(el-net)^[4]とSCSの接続等に見られるように、相互のネットワーク拡大の点で効果がある。

医学・医療の面では、健康に関する話題提供や、医師・看護師・検査技師・臨床工学技師などの医療職を対象とした再教育や安全管理に関する啓発など、これまでは業務との兼ね合いで参加者数が少なかった行事を効率よく行うことができると考えられる^[5, 6]。見落とされがちであった再教

育を行うことで、国民全体に対する医療の質の向上を図ることが可能である。

医学・看護学の教育・研究における他学部との協力は、近年特に求められている医工連携などの学際的協力の発展と医師・看護師の人間性向上にとって有効であると考えられ、基礎医学に属する細胞学・細菌学などの分野における学際的協力体制を構築するためにも有効であると考えられる。医学部は医歯薬系を除く他の学部と異なるキャンパスにあるなど、連携体制が整っていないことが多く、効率よく双方向に画像・音声を伝送して学際的なカンファレンスや遠隔講義を行うことが可能となる。その際、MINCSが利用しているHD-TVクラスの高品質画像は必ずしも必要ではない。多くの場合はNTSCクラスの画像を利用することで資料提示や議論は可能である。

衛星通信システムは災害時の救急医療や遠隔医療への応用も考えられる^[7, 9]。ただし、遅延をなくすことができないため遠隔手術への応用には十分注意が必要である。また、色の再現性についても別途検討を要する。

5.4 地上系との比較

既に、光ケーブルを利用した通信の高速化・大容量化が着実に進みつつあり、これらを利用して、“ストリーミング”と呼ばれる技術を利用した放映の実験が行われている^[10]。メディアとしては、主にReal mediaを利用した350kbps程度まで圧縮された画像を配信する機会が多い。物理的に遅延が解消できない衛星を使用しないことから、今後の双方向情報通信の手段として期待されている。

しかし、実際に通信が高速化・大容量化したのは幹線や大学、一部企業のみであり、末端の一般家庭や診療所では従前の電話回線による接続すら残っている。また、1~10Mbps程度の速度で組織のネットワークが外部と接続されていたとしても、多人数が共同で利用する形態がほとんどであり、ストリーミングのために帯域を確保している

例は稀である。従って、帯域が確保できないために動画が途切れる場合がある。さらに、本来、ストリーミングは双方向性を考慮したシステムではないため、一方的な講義以外では利用できない。

以上のような点から、衛星を利用した双方向通信システムの利用価値は今後もあり続けると考えられる。

5.5 今後の課題

今後さらに、SCS側を主催としてMINCSを接続する場合の検討が必要である。しかし、MINCSの画面は通常2画面であり、片方の画面は講義局に固定され、もう片方は講義局と質問局を切り替える形態であるため、画面構成に検討を要する。一方、MINCS側でSCS車載局をどのように取り扱うかは技術的確認が必要である。MINCS側が講義主催であれば、本来はMINCSの質問局としての取り扱いとしたいが、実際には講義局に複数設定できる入力メディアの1つとしての取り扱いとなることが想定される。

6. まとめ

今回の実験により、SCS側からみた場合にMINCS全体を1つの地上局として取り扱うことの有効性を確認した。同様にMINCS側からはSCS全体を講義校システムの1つの入力メディアとして扱うことも可能であることを確認した。すなわち、SCS車載局をMINCS地上局に搬送しMINCS学内制御装置と接続するだけで音声・画像を相互に伝送可能である。これにより、両システムを接続して全国180の地上局を有する大規模衛星講義（会議）システムの有効性を確認できた。

今回と同じ方法で接続できる衛星会議システムはel-net⁽⁴⁾等他にもある。既存のシステムを活用し、さらに大規模な双方向型通信システムを構築することは、教育機会の均等化、地域格差の是正、さらには災害対策としても有効であると考え

られる。

参考文献

- [1] メディア教育開発センター スペース・コラボレーション・事業ホームページ (http://www.nime.ac.jp/SCS/index_j.html)
- [2] 大学病院医療情報ネットワーク 大学病院衛星医療情報ネットワークホームページ (<http://www.umin.ac.jp/mincs/index.html>)
- [3] Yamakawa T., Hashiba M., Koyama T. and Akazawa K. A Method to Convert HDTV Videos of Broadcast Satellite to RealSystem Multimedia Contents. *Journal of Medical Systems* 26(5): 439-444, 2002
- [4] 教育情報衛星通信ネットワーク (el-Net) ホームページ (<http://www.edu-c.pref.aomori.jp/el-Net/>)
- [5] Chen IL., Eckhardt JN., Sinkowitz-Cochran RL. and Jarvis WR. Satellite Videoconferencing for Healthcare Workers: Audience Characteristics and the Importance of Continuing Education Credits. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 20: 778-80, 1999
- [6] Mills AC. Creating Web-based, multimedia, and interactive courses for distance learning. *Computers in Nursing* 18(3): 125-31, 2000.
- [7] Llewellyn CH. The Role of Telemedicine in Disaster Medicine. *Journal of Medical Systems* 19(1): 29-34, 1995
- [8] Ferguson EW., Doarn CR. and Scott JC. Survey of Global Telemedicine. *Journal of Medical Systems* 19(1): 35-46, 1995
- [9] Bashshur RL. Telemedicine effects: cost, quality, and access. *Journal of Medical Systems* 19(2): 81-91, 1995
- [10] Stringer JK. Video streaming: pushing a swimming pool through a straw. *Journal of Biocommunication* 28(1): 12-4, 2001.

(2003. 7. 24 受稿 2003. 11. 14 受理)

Connection of two-way satellite communication systems for broader-based educational network construction

Eisuke Hanada¹⁾ · Mitsuru Mori²⁾ · Hitoshi Onishi³⁾ ·
Tomohiro Kuroda⁴⁾ · Yuji Inoue⁵⁾ · Kimio Kondo³⁾

In Japan, two systems for two-way (multi-point) audiovisual satellite communication are currently in connecting mainly universities and national educational research organizations, and the “Medical Information Network by Communication Satellite for University Hospitals” (MINCS), which connects 30 of the 42 National University Hospitals. If these systems were connected, the number of earth stations would exceed 180, connecting most National Universities. This would facilitate the development of efficient ongoing education programs for the medical staff and allow the development of interdisciplinary study. Therefore, we attempted to connect the two systems in order to examine the possibility of two-way programming. Three MINCS earth stations and three SCS earth stations took part in the experiment.

Teleconference in both directions was successful despite of some problems with signal exchange. The use of existing systems along with construction of a larger-scale multi-point communication system would be useful in equalizing educational opportunities by correction of regional gaps. This system also has potential as a communication medium for use in disasters.

Keywords

multi-point satellite communication, teleconference, remote education, SCS, MINCS-HU

¹⁾ Department of Medical Informatics, University Hospital, Shimane University

²⁾ Shimane University

³⁾ National Institute of Multimedia Education

⁴⁾ Department of Medical Informatics, Kyoto University Hospital

⁵⁾ Department of Medical Informatics, Yamaguchi University Hospital