

大学間衛星ネットワーク「スペース・コラボレーション・システム」の遠隔回線制御

浅井 紀久夫[†] 大澤 範 高[†] 近藤 喜美夫[†]
結 城 皖 曠[†] 田 中 健 二^{††} 吉 田 勝 昭^{†††}

大学間衛星ネットワーク「スペース・コラボレーション・システム」(SCS)を遠隔利用するため、送信局の切替制御を遠隔で行う遠隔回線制御システムを開発した。SCSは映像音声による協調授業や合同ゼミ、研究会、講演会などを遠隔で行うことができ、遠隔教育において重要な役割を果たすようになってきた。しかし、VSAT局(超小型地球局)はキャンパスに1局ずつ設置されている状況であるため、利用の拡大を図るには遠隔からの利用が有効であり、利用者からの要望も強い。本論文では、SCSを利用する際に不可欠な回線制御装置を遠隔操作するため、実現可能な3つの遠隔回線制御方式を検討した。拡張性や柔軟性において最も優れているWWW(World Wide Web)クライアント・サーバ方式を選択し、実際にWWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システムを開発した。その有効性を実証するため、学生および教官を対象にした遠隔回線制御の操作実験を実施して、遠隔回線制御方式の比較評価を行った。その結果、局切替操作および応答速度の点でWWWクライアント・サーバ方式の優位性が確認された。

Remote Link Control of Inter-university Satellite Network (Space Collaboration System)

KIKUO ASAI,[†] NORITAKA OSAWA,[†] KIMIO KONDO,[†]
KIYOHRO YUKI,[†] KENJI TANAKA^{††} and KATSUAKI YOSHIDA^{†††}

We have developed a remote link control system which remotely switches transmitting stations, so that one can remotely use the inter-university satellite network (Space Collaboration System: SCS). The SCS is used for collaborative lectures, seminars, and symposiums with audio and video and has been playing an important role in distance education. However, the utilization is limited to one room in the campus because of the situation that one VSAT (Very Small Aperture Terminal) station is built. The primary requirement is to extend the distance range of the SCS utilization. In this paper, we discuss possible three methods of remote link control which is necessary for remote use of the SCS. We then selected the WWW (World Wide Web) client/server method which is superior in extensivity and flexibility, and actually constructed the remote link control system with the WWW client/server method. To evaluate its effectiveness, we conducted verification experiments of the remote link control for students and professors. The results confirm that the WWW client/server method is superior in the switching operation and the response speed.

1. はじめに

情報通信技術の発達によって、インターネットや衛星ネットワークなどを遠隔教育に利用できるようになり、高等教育を取り巻く環境は大きく変化しつつあ

る¹⁾。特に、衛星ネットワークでは、同報性や広域性を活かして地理的な制約を克服し、多様な教育機関間の連携による効果的な協同授業や研究指導などを行える環境が構築されようとしている^{2)~5)}。効果的な遠隔講義を実現するためには、情報通信路の確立やコスト面の追求だけでなく、講義をしている講師が受講している学生の表情によって講義内容を変化させたり学生の質問に適宜対応したりできるような柔軟性が必要である。このため、双方向性を有する教育環境をシステム的に整え、講師と学生との円滑なコミュニケーションを支援することが重要である。

[†] メディア教育開発センター
National Institute of Multimedia Education

^{††} 通信総合研究所
Communications Research Laboratory

^{†††} 日本電気株式会社
NEC Co., Ltd.

メディア教育開発センターでは、技術試験衛星5型(ETS-V)を用いた国内外間のワークショップ実験を経て、VSAT (Very Small Aperture Terminal: 超小型地球局) システムによる衛星通信教育交流ネットワークの提案⁶⁾を行った。この提案は、大学間衛星ネットワーク⁷⁾ (スペース・コラボレーション・システム、以下SCS)として予算化され、平成8年10月からその運用を開始した。平成11年4月現在、国私立大学、高等専門学校、大学共同利用機関に置かれたVSAT局は130局を超え、年間約1000件(約2000時間)の利用がある。利用種別は、授業、研究会、講演会など様々であるが、日本の高等教育における重要な遠隔交流ネットワークとして位置付けられるようになった。

SCSは、分散する高等教育機関間において映像、音声、文字情報などを同時的に双方向で交換することにより、協調授業や合同ゼミを実施することができる。定常運用時の経済性、利用の容易性、双方向性を考慮し、経済的かつ討議的利用に適した圧縮画像伝送速度(1.5Mbps)と画像符号化方式(国際標準規格H.261)、専門技術者不要の簡単操作および自動制御、複数局間での2回線切替共用といった特徴を持つものとした⁷⁾。

SCSは機器設置教室での利用を基本としているが、大部分の機関ではSCS専用の教室が用意されているわけではなく、講義室や会議室と兼用している。そのため、SCS利用に際して衛星回線は空いているが、SCS設置教室が授業や会議など他の目的で利用されているために使えない状況が生じている。また、SCSが設置されている教室は原則として同一キャンパスに1つであるので、分散した教室にいる学生を対象にSCSを利用することはできない。さらに、SCSが設置されていない別キャンパスからの利用も考えられうる。SCS設置機関に対して個別訪問調査を行った結果、SCSの遠隔利用が最も期待されていることが分かった⁸⁾。これらの問題や要求に対応するため、SCS設置教室以外の部屋からの利用が可能となるようにシステムの距離拡張を図る必要がある。SCSの遠隔利用を実現するには、

- (1) 回線制御装置の遠隔操作
- (2) 映像音声の遠隔地伝送および遠隔制御

が必要である。映像音声の伝送システムは、品質やコストなどを考慮して既存設備との整合を図りながら構築されることが望まれる。京都大学では、ATMネットワークを利用してSCS送受信映像音声の伝送を実現している⁹⁾。映像音声の遠隔地配信については、インターネットやISDNを利用するシステムが開発さ

れており、利用可能である。本論文では、SCSの遠隔利用には欠かせない回線制御装置の遠隔操作に焦点を絞って議論していくことにする。

近年のコンピュータ・ネットワークの普及にともない、WWW (World Wide Web) 上で情報資源の共有^{10),11)}やコラボレーション環境の構築^{12),13)}が行われるようになってきた。また、ロボットなどを遠隔操作する例^{14),15)}も見られる。しかし、対等な双方向型衛星通信システムを拡張して遠隔操作し、実装および評価実験に基づき系統的に有効性を検証する試みはない。本論文では、SCSの遠隔利用に不可欠な回線制御装置の遠隔操作について、その方式検討を行うとともに実際にWWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システムを開発および評価した。

まず、2章でSCSの構成概要と利用概念について説明する。次に、3章において3つの遠隔回線制御方式を検討し、LANなどのネットワークを通してWWWブラウザを利用した方法の利点を明らかにする。そして、4章でWWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システムの設計を示し、5章で開発したシステムの評価について考察する。最後に、6章でまとめと今後の課題を述べる。

2. スペース・コラボレーション・システムの構成概要

図1に、スペース・コラボレーション・システムの構成を示す。SCSの制御機能の中核部は、HUB局に設置されたシステム制御装置であり、衛星経由の制御回線を通して各VSAT局を遠隔制御している。各VSAT局には、情報伝送速度1536kbpsで映像音声信号を伝送する通信信号用モデム、衛星を利用した連絡電話回線用モデム、HUB局と制御信号を送受する制御回線用モデムの3つの衛星モデムが用意されている。送信局切替などの操作は回線制御装置から行われ、制御回線用モデムを通してHUB局から回線が制御される。このほか、HUB局からVSAT局に対して、運用開始準備として参加局リスト、議長局名、時刻情報、チャンネル情報などの伝送およびチャンネル設定、送信要求を行い、終了処理として設定終了時刻に対応した終了予告および停波要求を行う。

SCSでは、任意のVSAT局がグループを組み、現在1グループあたり2回線を使用して遠隔会議(セッションと呼ぶ)を行う。1つのセッションに含まれるVSAT局は1つの議長局と複数の参加局に分けられ、議長局が送信局切替権を有する。送信局は一波送信・二波受信を基本とし、受信二波のうち一波は自局折返

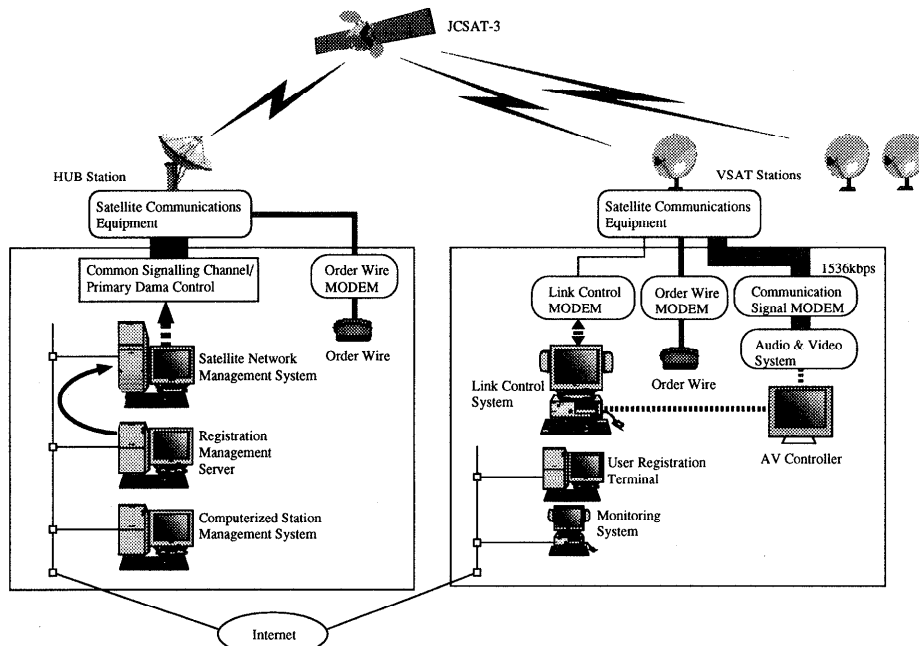


図1 スペース・コラボレーション・システムの構成
Fig.1 Configuration of Space Collaboration System.

しである。VSAT局に置かれた回線制御装置は、議長局での送信局切替，参加局での議長局に対する発言要求，時刻や運用状態の表示を行うなど重要な役割を持つ。

映像音声系はAVタッチパネル・コントローラから操作することができ，送信映像の選択，モニタ映像の選択，室内拡声調整など容易に行うことができる。映像音声制御装置は，回線制御装置との制御情報の共有により会議状態や通信状態に即した自動制御を行う。特に，送信時に自局折返し音声をも自動削除する機能を有している。このほか，SCSの利用予約を行う運用管理装置およびVSAT局内のシステム不具合検出や運用状態の把握を行う局内監視装置は，インターネット経由でHUB局と通信を行う。

3. 回線制御装置の遠隔操作

SCSを遠隔利用するためには，議長局としての送信局切替および参加局における発言要求など，回線制御機能を遠隔で使用できる必要がある。また，映像音声制御装置において自局折返し音声削除や発言要求などの機能を働かせるには，回線制御装置と映像音声制御装置との間で制御情報が共有されなければならない。そのため，回線制御装置の動作条件として，(1) 制御回線用モデムとの通信，(2) 映像音声制御装置との通

信が適切に行われる必要がある。したがって，遠隔回線制御には，SCS設置教室に置かれた回線制御装置を遠隔操作する方法か，あるいは遠隔部屋から制御回線用モデムおよび映像音声制御装置と直接通信する方法が考えられる。ここでは，実現可能な以下の3つの方式を検討した。

- タッチ・パネル方式
- 画面共有ソフト方式
- WWWクライアント・サーバ方式

3.1 タッチ・パネル方式

既存の回線制御装置の制御線を切替器で複数分岐し延長して，遠隔部屋での操作を可能とする方法である。既存回線制御ソフトウェアの変更は行わず，ハード的に結線する。

遠隔制御を実施する教室数が少数の場合には有効であるが，多数教室に対応するには回線制御パソコンや大型切替器などハードウェア費用が割高となる。また，単なる制御線の延長では距離的に制限されるため，遠隔制御部屋をSCS設置教室から距離的に大きく離れた場所に設置する場合，制御信号の変換などが必要になる。利用形態によっては，切替器の遠隔制御も別途必要になることが予想される。ケーブルを敷設する通線工事が発生し，遠隔機器の保守・管理が煩雑になる。ただし，回線制御ソフトウェアのバージョンやOSの

表 1 遠隔回線制御 3 方式の比較
Table 1 Comparison of three methods on the remote link control.

	method 1	method 2	method 3
Distance Limit	~1.2 km	in the Internet	in the Internet
Cost per one site	over 1,000,000 Yen	within 50,000 Yen	around 1,500,000 Yen
Control Speed	~200 ms	over 600 ms	over 400 ms
Maintenance	△ on site-number	△ on software	Server only
Extensivity	×	△	○

method 1: Remote Panel Method

method 2: Screen-Share Method

method 3: WWW Client/Server Method

種類にかかわらず実現可能であり、すでに実績があるので信頼性は保証される。

3.2 画面共有ソフト方式

市販の画面共有ソフトウェア (TimbuktuPro¹⁶⁾ や WinShare¹⁷⁾ など) を利用し、ネットワークを通して回線制御装置の画面イメージを遠隔部屋に伝送して回線制御装置を遠隔操作する方法である。最近では、クロス・プラットフォーム間での遠隔制御が可能になり、ファイル転送機能や同時マルチアクセスも可能である。

リモート側とホスト側にソフトウェアをインストールするのみで構築でき、ネットワークがあれば通線工事も不要である。そのため、開発費用はなく安価で、簡単に構築できる。しかし、回線制御装置側では基本的に登録さえしてあれば、どのアドレスからもアクセス可能であり、別用途使用時の動作保証やセキュリティの確保が困難となる。画面共有ソフトウェアでは画面情報を伝送するので、一般的には伝送量が多い。ネットワークの回線容量が小さいと動作速度が遅くなり、衛星回線障害が懸念される。WAN 経由では、ISDN など専用回線を用意したい。

3.3 WWW クライアント・サーバ方式

WWW ブラウザを利用し、ネットワーク経由で回線制御装置の遠隔操作を行う方法である。クライアント・サーバ方式とし、SCS 機器設置教室にサーバを立ち上げ、遠隔利用部屋にクライアントとして WWW ブラウザを用意する。

本方式では、新たなソフトウェア開発が必要であり、セキュリティや動作保証、クライアント側からの制御機能内容、表示機能によって、経済性が著しく異なる。大きな特長として、基本的に距離的な制限はないということがある。セキュリティ上の障壁はあるが、キャンパス外からの利用も可能である。また、リモート側には WWW ブラウザをインストールすればよく、ソフトウェアの機能向上にともなう変更が不要である。つまり、保守・管理はサーバ側だけで行えば済むという点で、メンテナンス性に優れている。さらに、回線

制御操作にともなう通信では制御信号のみの伝送なので、速い制御応答が期待される。ただし、回線制御装置をネットワークを通して遠隔で制御できるように、現用回線制御ソフトウェアの全面的な作り直しが必要である。

タッチ・パネル方式、画面共有ソフト方式、WWW クライアント・サーバ方式の 3 つの遠隔回線制御方式の比較を、距離の制限、価格、制御スピード、メンテナンス性、拡張性に関して表 1 にまとめた。価格は 1 カ所あたりの構築に必要な最低推定見積もりを示し、制御スピードは ISDN の基本単位である帯域 64 kbps のネットワークで制御回線用モデムの制御を想定している。○ および × は「優れている」および「劣っている」ことを表し、△ は「どちらともいえない」あるいは「状況による」ことを表す。タッチ・パネル方式は最も単純な方法であるが、拡張性や柔軟性に欠けており、任意教室からの利用といった要求を満たすことはできない。画面共有ソフト方式はシステムを簡単に構築できるが、情報伝送量が多いため、ネットワーク環境が悪いと致命的な障害を生じかねない。WWW クライアント・サーバ方式は他の 2 方式に比べて優れている点が多いことから、経済的に解決できれば遠隔制御方式として現状で最も有効な方式であると考えられる。

4. 遠隔回線制御システムの開発

WWW クライアント・サーバ方式で遠隔回線制御システムを構築するにあたり、基本概念、構成と動作について述べる。

4.1 基本概念

様々な利用者および使用環境を想定し、システムの操作性や運用性を可能な限り高めるとともに回線制御機能を十分満たすことが重要な条件である。主な回線制御機能は、議長局による送信局切替、参加局による送信要求、送信要求受信の議長局への通知、セッション情報の表示、送信局の明示、残り時間の表示である。

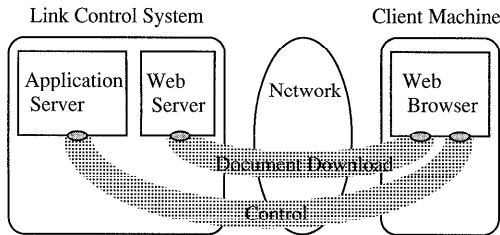


図2 WWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システム

Fig. 2 Remote link control system with WWW client/server method.

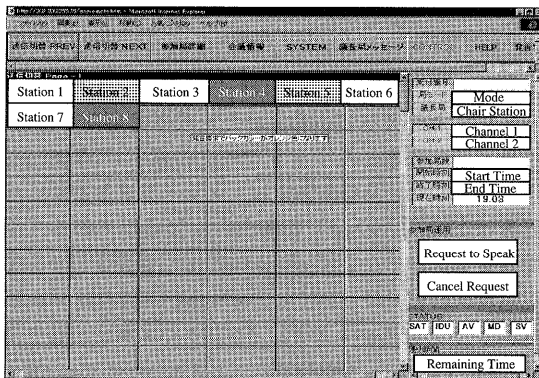


図3 遠隔回線制御システムのユーザ・インタフェース

Fig. 3 User Interface of remote link control system.

WWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システムの設計指針を以下に示す。

- 既存回線制御装置のユーザ・インタフェースおよび機能を踏襲する。
- 複数クライアントの同時操作は行わない。
- クライアント運用時にもサーバでの操作には制限をかけない。
- 色および音による通知（発言要求、セッション終了時間など）を行う。
- サーバとクライアントとの間でつねに状態を一致させる。
- サーバ/クライアント間の制御転送情報量を抑える。

4.2 構成と動作メカニズム

図2および図3に、WWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システムの構成およびユーザ・インタフェースを示す。本システムはSCS機器設置教室に設置されたサーバ機と遠隔に置かれたクライアント機から構成され、サーバ側にはアプリケーション・サーバとWebサーバが、クライアント側にはWWWブラウザが実装されている。Webサーバはクライアントからの初回接続時にHTML (HyperText Markup Language) ドキュメントと初期設定ファイルをダウン

表2 操作機能別伝送データ量

Table 2 Transmission data quantity for operation function.

Function	Direction	[byte]
Request to Speak	Client → Server	50
Response of Request	Server → Client	50
Cancel Request	Client → Server	50
Response of Cancel	Server → Client	50
Reset Request	Server → Client	46
Notice of Speaker Status	Server → Client	58
Notice of Request	Server → Client	46
Notice of Chair Message	Server → Client	~170

ロードする役割を果たし、Microsoft社製パーソナルWebサーバを使用することとした¹⁸⁾。アプリケーション・サーバは今回開発したソフトウェアで、TCP/IPソケット通信によりクライアントにセッション情報を送信し、制御情報を交換する。これにより、タイムリな回線制御と情報表示を行うことができる。表2に、操作時のクライアント/サーバ間伝送データ量を示す。

ユーザ・インタフェースは、可能な限り既存の回線制御装置と同じ設計とした。すべての情報を1画面に表示すると、頻繁に画面スクロールを行う必要がある。このため、参加局表示、参加局詳細、セッション情報、システム運用状態などの画面はそれぞれ別々のフレームに分割することとした。このことより、フレーム間の動的通信が必要となる。HTMLには画面切替時に情報交換を行う静的情報伝送手段が提供されているが、回線制御要求に即した動的制御には適さない。動的制御を行うため、フレーム間にもTCP/IPソケットによる通信を採用している。セキュリティ対策として、ユーザIDとパスワードによりアクセス権の管理を行うこととした。また、ユーザ登録者間での誤接続対策として、2番目の接続者に対して接続を拒否し、接続済みコンピュータのIPアドレスを通知する。

クライアント立ち上げ時およびセッション終了時の動作を述べる。図4に、サーバ機が運用状態になった後のクライアント立ち上げ処理およびセッション終了処理を示す。まず、クライアントとサーバとの間で接続が確立するまで次の処理を行う。すなわち、クライアントからサーバに対して接続要求を出すと、サーバ側でリモート操作の設定モードになっていれば、通信回線が成立してVSAT情報ファイルを取得する。接続要求から10秒以内に接続アクセプトがなければ、再度接続要求する。次に、局内システムの状況や映像音声制御装置との通信確立などの情報を共有する処理へと移行する。セッション開始時刻になれば、サーバからクライアントに議長局、参加局、送信局、チャンネ

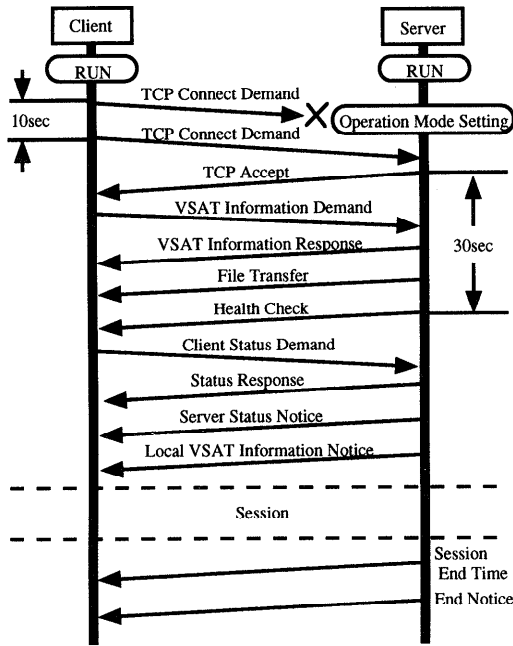


図4 クライアント立ち上げ処理および終了処理

Fig. 4 Starting and ending sequences of the client.

ルなどのセッション情報が送られ、会議を始めることができる。セッション開始後は、サーバを介してクライアントから回線制御装置の遠隔操作を行うとともに、HUB局との通信に基づき表示情報を更新することができる。クライアント側では、セッション中にサーバから30秒間隔で送られるメッセージIDを基にヘルス・チェックを行う。セッション終了時には、セッション残り時間がHUB局からサーバを通して通知された後、終了通知が送られセッションは終了する。

5. 評価および考察

開発したWWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システムを、実際に複数のVSAT局に実装して評価実験を行った。評価は、センター1局での学生に対するアンケートと東京大学1局、京都大学1局、筑波大学1局でそれぞれ工学系の教官から得た自由回答という形で行うこととした。

5.1 アンケート評価

アンケートは、SCSをまったく扱ったことのない学生(神田外語大学)8人に対して、回線制御装置を議長局モードで操作した後に実施した。タッチ・パネル方式は、表1における比較結果から隣接教室で使う場合を除いて非現実的であるため、扱わないこととした。したがって、画面共有ソフトとWWWクライアント・サーバ方式を比較対象とし、サーバ機での操

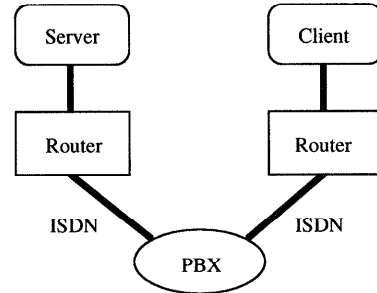


図5 評価実験のネットワーク構成
Fig. 5 Network configuration of the evaluation experiment.

作性を基準値として評価項目に対して「より優れている」か「より劣っている」かを5段階で判断させた。評価実験に使用したネットワークの構成を図5に示す。狭帯域での使用を想定し、クライアントとサーバ間をISDN(64kbps)で経由して接続している。画面共有ソフトとしてTimbuktuPro¹⁶⁾を使用した。また、サーバ機ではCPUにPentium 133MHzおよび15インチの液晶ディスプレイを、クライアント機ではCPUにPentium 200MHzおよび17インチのCRTディスプレイを利用した。

アンケートの評価項目を以下に示す。

- (1) 立ち上げ時間
- (2) 画面の表示具合
- (3) 画面の大きさ
- (4) 画面切替操作
- (5) 参加局切替操作
- (6) 議長局メッセージ送信
- (7) 応答速度
- (8) 操作時の違和感
- (9) 身体的な疲れ
- (10) 全体的な比較

図6に、アンケート結果を示す。横軸の番号は評価項目番号に対応し、縦軸に回答分布を百分率で表した。(A)がWWWクライアント方式に、(B)が画面共有ソフト方式に対応している。画面の表示具合は両方式ともサーバ機とはほぼ同じ設定であったが、クライアント機のモニタとしてやや大きめのディスプレイを用いたことが項目2と3の結果に表れている。画面切替操作(4)で85%、参加局切替操作(5)で70%、議長局メッセージ送信(6)で25%の人が、画面共有ソフト方式はサーバ機での操作に比べて劣っていると回答している。これに対して、WWWクライアント・サーバ方式では、80%以上の人がサーバ機での操作と同等かもしくは優れていると回答している。WWWクラ

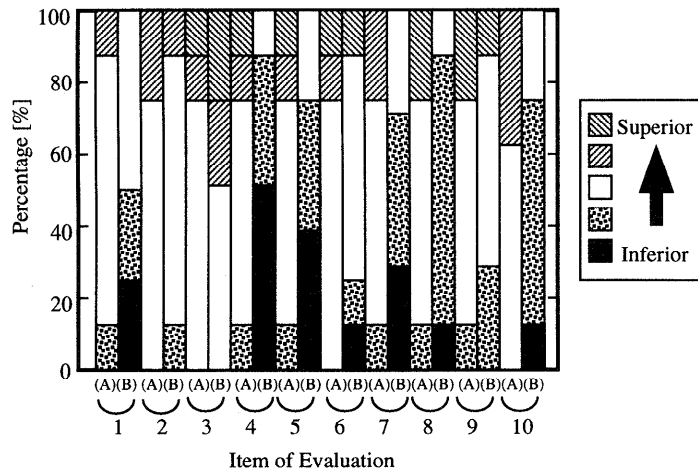


図6 アンケート結果

Fig. 6 Questionnaire result.

クライアント・サーバ方式が画面共有ソフト方式に比べて優れていることを示すが、ネットワークに流れる情報量とサーバ機のハード的性能への依存性が強く影響していると考えられる。このことは、同じ傾向を示す応答速度(7)にも同じことがいえる。

立ち上げ時間(1)が画面共有ソフト方式で著しく劣っているのは、学生が画面共有ソフトに不慣れで戸惑い気味であったためで、使い慣れれば評価は改善されることが予想される。WWWクライアント・サーバ方式では、Webブラウザを立ち上げるだけで済むため、比較的容易に扱える様子であった。また、画面共有ソフト方式では、サーバ機の全画面を表示することができず、スクロール(自動)が必要であった。これが操作時の違和感(8)として90%近くの人が画面共有ソフト方式に対して劣るという評価に表れ、全体的比較(10)での差につながったと考えられる。

5.2 機能性と課題

SCSの利用経験が豊富にある教官に対して、東京大学1局(1人)、京都大学1局(1人)、筑波大学1局(2人)で行った実装試験の結果を述べる。本評価は、遠隔回線制御システムを構築することに主眼を置いており、各局で得られた意見を機能に基づく運用上の利点と課題としてまとめている。

● 機能上の利点

クライアント側でベースとなるソフトウェアが比較的使い慣れているWWWブラウザであるため、利用者は新たな操作技術の習得を強制されずに使用できるという利点が強調された。これは、既存ネットワーク基盤の有効利用とシステム構築の手軽さが

高く評価されたことを示しており、前節のアンケート結果からも裏付けられる。また、ユーザ・インタフェースに関する改善点はあるものの、回線制御の基本機能に関して満足しているという共通した結果を得た。クライアント側でもセッション終了時刻や発言要求を音で通知することにより、会議内容集中による操作者の見落としを防止している。なお、開発した遠隔回線制御システムでは、既存回線制御ソフトウェアの基本機能に加え、クライアント/サーバ間のネットワーク接続状況を参照できるので、トラブル発生時に映像音声制御装置や制御回線用モデムとの原因の切り分けを容易に行うことができる。機能拡張にとまらぬソフトウェアの変更およびその管理はサーバ機でのみ行えばよく、効率的なシステム開発および改良が可能となり、コスト・パフォーマンスを向上させることができると考えられる。

ダウンロードすべきHTMLドキュメントのファイル・サイズは1750kバイトであり、初回接続所要時間はCPU133MHzのパソコンと10Base-Tのネットワーク環境で約30秒を要した。2回目以降の接続ではドキュメント・ダウンロードが省略されるので、接続確立は5秒ほどで済んだ。京都大学ではノート・パソコンでも十分に動作し、PHSを用いた32kbpsの回線でも円滑な制御を行うことができた。

● 運用上の課題と対策

画面解像度が1024×768ドットにしか対応していなかったため、クライアント機によっては対応できなかったり仮想画面を使用しなければならなかつ

たりした。クライアント機の性能や画面サイズに応じて解像度や文字フォント・サイズを調整できるように配慮したい。また、ソフトウェアのインストールおよび設定作業が煩雑であるとの意見が出たため、分かりやすいマニュアルとトラブル・シューティングを用意したい。さらに、実際問題として任意クライアントからのアクセスに対してセキュリティ面での強化が課題としてあげられ、一時的に与えられるアクセス権とパスワードの有効時間の設定、通信ログの記録などを検討して対応したい。通常SCS機器設置教室には非常用連絡回線としてオーダワイヤが用意されているが、遠隔利用ではこのオーダワイヤを使うことができない。事前に連絡先を各セッション参加局に知らせておく必要がある。

6. おわりに

SCSの遠隔利用を行うため、実現可能な3つの遠隔回線制御方式を検討した。タッチ・パネル方式および画面共有ソフト方式に比べ、WWWクライアント・サーバ方式が拡張性、制御応答速度、メンテナンス性などの面で優れていることを明らかにした。そして、WWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システムを実際に開発し、複数のVSAT局に搭載して試験運用を行うことにより有効性や利用性を評価した。アンケート評価の結果、帯域64kbpsのネットワークにおいては画面共有ソフト方式に比較してWWWクライアント・サーバ方式が優れていることが示された。実際、帯域10Mbpsのネットワーク下での評価では、両方式の差は大きくないことを確認している。東京大学1局、京都大学1局、筑波大学1局では、セキュリティなど改善点はあるものの、既存ネットワーク基盤の有効利用とクライアント側でのシステム構築の容易さにおいて高い評価を得た。これは、WWWブラウザを利用できるネットワーク基盤があればどこでもSCS遠隔制御環境を構築できるという柔軟性とシステム改良がサーバ側のソフトウェア変更のみで対応可能であるという拡張性に基いていると考えられる。

SCSは平成11年度3月から130を超すVSAT局での運用を始め、私立大学も新たに参入した。今後もVSAT局の増加が予想され、SCSは高等教育における遠隔交流の有効かつ重要なネットワークとして認識されつつある。遠隔教室化は同一キャンパス内に1つしかないSCSの有効利用を促進し、利用率の向上や参加人数の増加に大きく貢献すると考えられる。

SCSを遠隔利用するためには、本論文で議論した遠隔回線制御に加え、映像音声の遠隔地伝送および

映像音声制御装置の遠隔制御が必要である。映像音声の遠隔地伝送は、既存設備や要求品質に依存してシステムの規模が大きく異なる。そのため、利用用途の見極めと高いコスト・パフォーマンスが要求される。映像音声制御装置の遠隔制御に関しては、今回開発したWWWクライアント・サーバ方式遠隔回線制御システムを応用できる。SCSでは、現在映像音声系をアナログ信号で扱っているが、次世代型教育交流ネットワークを目指して全デジタル化を念頭に置いた映像音声・データ統合システムを検討している。SCSにおける映像音声と制御データの多重化伝送は、今後の課題である。

謝辞 日本電気株式会社ほか、本システムの構築に携わった方々に深く感謝いたします。本研究の一部は、科学研究費補助金(10680248および11680242)の援助を受けて行われました。

参考文献

- 1) 文部省高等教育局：マルチメディアを活用した21世紀の高等教育の在り方について(1996)。
- 2) 清水康敬：衛星通信を利用した遠隔教育，電子情報通信学会技術報告，IN96-23，pp.25-32(1996)。
- 3) National Technological University, Home Page URL <http://www.ntu.edu>
- 4) Ohtake, Y. and Matsushita, S.: NESPAC: A two-way satellite education network, *Proc. PTC '90*, pp.527-533(1990)。
- 5) 木村英俊，進士昌明，山本公一，川副 護，水野秀樹，大幡浩平，中島 裕，山本秀男，昆 太一：衛星マルチメディア通信を利用した教育応用システムの構成と品質に関する検討，電子情報通信学会論文誌，Vol.J80-B-1，pp.355-365(1997)。
- 6) 近藤喜美夫：VSATの大学間教育交流ネットワークへの応用，電子情報通信学会学会誌，Vol.79，No.8，pp.777-782(1996)。
- 7) 田中健二，近藤喜美夫：大学間衛星ネットワーク(スペース・コラボレーション・システム)の構成，電子情報通信学会論文誌，Vol.J82-D-I，pp.581-588(1999)。
- 8) 浅井紀久夫，田中健二，結城皖曠，近藤喜美夫：スペース・コラボレーション・システムの利用調査，メディア教育研究，No.1，pp.185-193(1998)。
- 9) 美濃導彦，池田克夫，金澤正憲，藤井康雄，中村素典，湊小太郎：情報メディア環境の構築のためのシステム学的研究，教育研究学内報告書(1997)。
- 10) WWW-データベース連携システム構築法，日経BP社(1996)。
- 11) 畑田 稔，野里真喜子，遠藤裕英：WWWベースの高速データ検索システム，情報処理学会論文誌，Vol.39，No.9，pp.2695-2704(1998)。
- 12) 斎藤孝文，佐藤 基：仮想環境を実現するネッ

トワーク・プラットフォーム, 情報処理, Vol.38, No.4, pp.294-300 (1997).

- 13) 中川健一, 國藤 進: アウェアネス支援に基づくリアルタイムな WWW コラボレーション環境の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2820-2827 (1998).
- 14) 平松 薫, 森 啓, 納谷 太, 大里延康: Java アプレットを用いたネットワーク型ロボットインタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.12, pp.3315-3323 (1998).
- 15) Michel, O., Saucy, P. and Mondada, F.: Khep-OnTheWeb: An experimental demonstrator in telerobotics and virtual reality, *Proc. International Conference of Virtual Systems and Multimedia '97*, pp.90-98 (1997).
- 16) Netopia, Inc.: Timbuktu Software, URL <http://www.timbuktopro.com>
- 17) NEC Corporation: WinShare, URL <http://www1e.mesh.ne.jp/WinShare/index.html>
- 18) Microsoft Corporation: パーソナル Web サーバ, URL <http://www.microsoft.com/japan/win95/modules/psw.htm>

(平成 11 年 4 月 1 日受付)

(平成 11 年 10 月 7 日採録)



浅井紀久夫

平成 3 年名城大学理工学部電気電子工学科卒業。平成 8 年名古屋大学大学院工学研究科博士課程単位取得退学。同年文部省放送教育開発センター(平成 9 年メディア教育開発センター)研究開発部助手, 現在に至る。博士(工学)。衛星ネットワーク, 高臨場感通信, マルチメディア・システム等の研究に従事。電子情報通信学会, 日本天文学会, 日本電気学会, 日本バーチャルリアリティ学会各会員。



大澤 範高 (正会員)

昭和 58 年東京大学理学部情報科学科卒業。昭和 63 年同大学大学院理学系研究科博士課程修了。ソフトウェア開発会社, 電気通信大学大学院情報システム学研究科助手を経て, 平成 10 年文部省メディア教育開発センター研究開発部助教授。理学博士。並列分散システムソフトウェア, 情報の可視化・仮想現実化に興味を持つ。電子情報通信学会, ACM, IEEE-CS 各会員。



近藤喜美夫

昭和 46 年東京大学工学部電気工学科卒業。同年郵政省電波研究所(現在, 通信総合研究所)入所。昭和 58 年宇宙開発事業団, 昭和 63 年~平成 3 年郵政省通信総合研究所宇宙通信部移動体通信研究室長。この間技術試験衛星 V 型の開発, 移動体衛星通信等の研究に従事。平成 4 年文部省放送教育開発センター(現在, メディア教育開発センター)教授。大学間衛星ネットワーク SCS の研究開発に従事。工学博士。平成 3 年度電子情報通信学会業績賞受賞。



結城 皖曠

昭和 39 年大阪府立大学工学部電気工学科卒業。同年日本電信電話公社〔現日本電信電話(株)〕入社, 電気通信研究所配属。以来, PCM 通信端末装置, ファクシミリ変復調, 符号化伝送方式, ファクシミリ通信網の実用化研究に従事。現在, 文部省メディア教育開発センター研究開発部教授。工学博士。電子情報通信学会, 映像情報メディア学会, 画像電子学会, 日本ディスタンスラーニング学会各会員。



田中 健二

平成元年福岡大学工学部電子工学科卒業。同年郵政省通信総合研究所入所後, 同関東支所鹿島宇宙通信センター宇宙通信技術研究室。技術試験衛星 V 型を用いた移動体衛星通信システムおよび電波伝搬の研究に従事。平成 7 年文部省放送教育開発センター(現在, メディア教育開発センター)研究開発部助手, 大学間衛星ネットワークの研究開発に従事。平成 10 年郵政省通信総合研究所通信システム部非常時通信研究室研究官。研究開発用ギガビットネットワークの構築に従事。現在, 同第一研究チーム主任研究官および東京大学工学系研究科博士課程在学中。電子情報通信学会, 日本教育工学会各会員。

**吉田 勝昭**

昭和 39 年宮城県立気仙沼高等学校卒業。昭和 39 年日本電気(株)入社。以来、平成 2 年まで衛星地球局の社内装置検査およびスイス、エジプト、メキシコ、フランスにおいて地球局現地調整業務を行う。現在、マイクロ波衛星通信システム本部第 3SI 部主任、衛星通信システムの設計業務を担当。
