

# 全国 18 国立大学高精細遠隔講義システムの設計構築と課題

## Design and Construction of High-Definition Videoconference System for Distant Classrooms connecting 18 National Universities

萩原 洋一 †, 櫻田 武嗣 †, 川島 幸之助 ‡  
Yoichi HAGIWARA †, Takeshi SAKURADA †, Konosuke KAWASHIMA † ‡

hagi@cc.tuat.ac.jp, take-s@cc.tuat.ac.jp, k-kawa@cc.tuat.ac.jp

† 東京農工大学 総合情報メディアセンター  
‡ 東京農工大学 共生科学技術研究院

† Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology  
‡ Institute of Symbiotic Science and Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology

### 概要

本論文では、多地点を高精細映像で結ぶ遠隔講義システムの設計と構築、問題点について述べます。近年大学間連携の流れが進み、複数の大学を結んだ遠隔講義が行われてきています。これまで、多くの大学を同時に結ぶ場合 SCS(Space Collaboration System)を利用して遠隔講義が行われてきましたが、衛星通信を利用するため、天候に左右されたり、機器の老朽化による故障があったりと安定的に遠隔講義を行うことは難しくなっていました。一方でネットワークの広帯域化が進み、ネットワークを利用した遠隔講義を行うことも可能になってきましたが、これまでの多くの遠隔講義システムは画質がアナログテレビ以下で、詳細な資料等を提示しながら高度な教育を行うには不十分なものでした。そこで我々は、多地点を高精細映像で結ぶ遠隔講義システムを設計、構築することにしました。本構築では全国 18 国立大学法人を HD 品質の高精細映像、高品質な音声で結び、実運用に向けてシステムの自動化など利用者の負担を減らす仕組みの設計・構築を行いました。全 18 大学を結んでシステム開設式と遠隔講義を行い、2009 年 2 月から本格的な運用を開始しました。しかしながら、運用開始して間もないため、新製品に潜むバグの問題や、システムを利用する教職員の意識問題など課題が残っています。本システムは、利用者は Web から簡単な予約を行うだけで、後はシステム側が予約時間に自動的に機器の立ち上げ、設定、接続を行うもので、利用者の負担を減らすことが可能です。北海道から沖縄までの 18 国立大学法人を HD 品質で結び、実運用を行うのは初めてであり、他のシステムと相互接続可能な本システムを核に、高精細映像、高品質音声を使った遠隔講義が広く行われることが期待されます。

### キーワード

遠隔講義, 高精細映像伝送, 自動制御, 多地点会議, 大学連携

表1 テレビ会議システムの一般的な特徴

	専用端末型	ソフトウェア型 (Webブラウザ利用型)
初期導入コスト	高い	安い
接続拠点数	多地点接続装置 利用で可能	一定数以上できない
機器拡張性	有り(会議室の AVシステムへ組 み込み可能)	無し
画質・音質	高品質(HD 対応) もあり	低品質
他社互換性	有り	無し

システム構築が難しいという面があります。

これまで多く使われてきた遠隔講義システムは、テレビ会議端末を用いたもので、CIF(352×288画素)サイズの画像を伝送するものが中心でした。アナログテレビ放送はNTSCの場合約720×480画素であり、これと比べても画像解像度は十分とは言えません。このため、高品位映像を遠隔講義で利用するために様々な取り組みがなされてきました。定常的に授業を行うことを目的にしたものでは、地域の大学間を結び、高品位な映像を用いる北陸地区双方向遠隔授業システム[3,4,5]があります。しかしこれは高品位映像を利用する部分は他社製品との互換性の無い独自規格のものとなっています。

我々も2006年から琉球大学や宇都宮大学、茨城大学との間でDVTS(Digital Video Transport System)[6]を用いた遠隔講義の実験[7]を行ってきました。DVTSはDVストリームをIPパケットで送受信するため、圧縮がなく、これまでのテレビ会議システムに比べ画質や音質が良く、遅延が少ないという特徴を持ちます。

琉球大学との遠隔講義実験では、回線にJGN2(Japan Gigabit Network 2)を用いたため、問題無くフルレート(25Mbps)で遠隔講義が可能でした。一方で宇都宮大学、茨城大学との遠隔講義の実験では、通常の大学のネットワークを用いました。帯域制御を行っている大学は少ないため、今回の実験でも一般的な講義室での使用を想定し、あえて帯域制御を行わずに実験を行いました。そのため各大学のネットワークを流れる他の通信がパースト的に発生する度にブロックノイズの発生や通信断が発生する状況となりました。伝送レートを通常の25Mbpsから1/2、1/4などに落としていくと安定度は高くなりますが、それでも時々ブロックノイズが発生するなど通常の講義を行うには安定度の面で問題が残るものとなりました。また、SINETノード校では無い大学ではSINETまでのアクセス回線が埋まってしまうという問題もあり、複数のDVストリームを同時に流すのは難しい状態にあります。

このように、これまでの遠隔講義システムでは、高品位映像に対応できないか、対応できたとしてもネットワ

## 1. はじめに

近年大学間の連携が加速し、複数の大学を結んだ遠隔講義が行われてきています。しかしながら、多くの場合それぞれの遠隔講義のために機器を購入しており、互換性が無い場合が多く、他との接続ができない状況にありました。東京農工大学(以下、本学と記す)でも独立行政法人メディア教育開発センターが運営していたSCS(Space Collaboration System)[1,2]を利用して遠隔講義を行っていました。SCSは国立大学では81校が導入をしていたため、他大学との接続が行える手段としては有効でした。しかしながら衛星通信を利用するため、天候に左右されて通信が安定しないなどの問題を抱えていましたし、導入から10年以上が経過しているため、機器の故障などもあり、安定的に遠隔講義を行うことは難しくなっていました。

一方で、ネットワークの広帯域化が進み、ネットワークを利用した遠隔講義を行うことも可能となってきました。しかしながら、これらネットワークを利用した多くの遠隔講義システムは、一つの大学内の離れたキャンパスを結ぶもの、数大学を遠隔講義の実験として結ぶものであり、前述のように個々に導入されるため独自システムのところも存在し、SCSのように多くの大学が相互接続して定常的に講義で利用できるものではありませんでした。また、SCSを含め、遠隔講義システムの画質はアナログテレビ程度の品質以下が大半であり、詳細な資料等を提示しながら高度な教育を行うには不十分なものでしたが、全国の大学を結ぶSCSに代わる高精細映像伝送可能なシステムが登場する様子もありませんでした。

そこで我々は、多くの大学を高精細映像で結ぶ遠隔講義システムを構築することにしました。本論文ではこのシステムの設計と構築、技術的な問題点とその他の問題点について述べます。

## 2. 従来の遠隔講義システムと問題点

多くの遠隔講義システムはテレビ会議システムをベースに構築されますが、その形態はテレビ会議用端末を用いる専用端末型、Webブラウザなどを利用したソフトウェア型の2つに大きく分けられます。それぞれの長所と短所を表1に示します。ソフトウェア型は初期の導入コストは安く済みますが、映像の解像度が低い点や接続数の増加などに対応することが難しい点があり、個人同士の小規模の会議向けであることが多く、大講義室のように映像・音声系統を作り込まなくてはいけない場合に、

ーク帯域等の問題から独自規格のシステム以外に安定的に運用できないという問題がありました。またこれら技術的な問題の他に、これまでどの遠隔講義システムを導入しても、遠隔講義の開始時刻前には、機器操作を学習した人間が遠隔講義を行う各部屋で機器操作を行わなくてはならないという問題も解決しないままでした。

### 3. 高精細遠隔講義システムの設計と機器選定

新しい遠隔講義システムでは、これまでSCSで行っていた遠隔講義と同じスタイルで講義が行える必要があります。SCSを使った講義では、講師が一カ所から話すだけではなく、遠隔講義に参加している学生同士のディスカッションなども行われてきました。そのため講師と学生の映像を簡単に切り替えられるような仕組みが必要となります。また講義にできるだけ集中してもらうため、安定した接続が必要となります。また資料やPCの画面などを高精細に遠隔地に伝送したいという要望が以前からあったため、これを実現します。さらに今後ますます遠隔講義は行われると考えられるため、拡張に耐えられるように独自規格ではなく、業界標準とし、他のシステムとの接続性を確保するようにします。

本論文では多くの大学が参加している連合農学研究科が定常的にSCSを活用して遠隔講義を行っており、地理的にも全国的に分散していることから、手始めにこの連

合農学研究科を対象とします。連合農学研究科とは国立大学法人の農学部が連携協力して博士課程の教育研究にあたる独立研究科で、本学、岩手大学、岐阜大学、愛媛大学、鳥取大学、鹿児島大学の6大学に設置されています(図1)。それぞれの連合農学研究科は2~4の大学で構成され、構成大学は北海道から沖縄まで全国で合計18校となります。これまではSCSを利用し、岩手大学、岐阜大学、鳥取大学と本学の連合農学研究科が協力し、合計12校による講義を毎年開講していましたが、今回新システムを構築することで18校全てを接続する形とします。

既に多くの大学や企業でポリコム、タンバーク、ソニー製のH.323やSIPに準拠したテレビ会議端末が導入されています。大学における遠隔講義では、比較的大きな教室に映像・音声設備を整備して使用することが多いため、前述のように映像・音声設備との作り込みが必要になります。機器の互換性の点、教室構築の点から本構築ではテレビ会議専用端末をベースにシステムを構築することにします。

まず、資料などを高品質で遠隔地で見せるために少なくともHD品質の映像に対応させる必要があります。また最近ではPCの画面(PowerPoint)等を見せながら説明を行う講義スタイルが増えているため、講師映像と同時にPC等の映像を高品質で伝送できるのが望ましいと考えられます。ベースとなるテレビ会議端末には、この点を満足するPolycom HDX-8006XLPを利用することとしました。これはSD(従来のテレビ品質)、HD品質の両方で通信が可能であり、かつ他社製品混在の通信が可能です。



図1 今回の構築で対象とする大学

映像は2画面のHD映像の送受信に対応(最大720p/60fps、1080p/30fpsに対応)、音声はステレオ22kHzに対応しています。PCの画像を伝送できるテレビ会議システムはこれまでもありましたが、伝送できるフレームレートが低いため、PCの画面でアニメーションや映像を流した場合にはコマ落ちしてしまうことがありました。この機器ではフルフレームの送受信が出来るため、その問題を解決できます。

今回の構築は18大学の23箇所(大学によっては複数箇所を接続するため23箇所となっている)の接続となります。このため多地点接続装置(Multipoint Control Unit、以下MCUと記します)が必要となります。MCUはテレビ会議に内蔵可能な簡易型のものがありますが、自局を含めて4~6箇所しか接続できません(Polycom HDX-8006XLPでは4地点)。そこで今回は外付けのMCUとしてPolycom RMX2000-MPM+160を使用することとしました。このMCUは160ポート接続可能ですが、HD対応テレビ会議端末は1台接続する毎に4ポート消費するため、40台まで同時接続が可能となります。将来同時接続台数が不足した場合には、MCUをカスケード接続することにより同時接続数を確保することとします。映像、音声はHDX-8006XLPと同様の対応となっています。

講義室のような大きな部屋では拡声装置が必要となるため、エコーやハウリングが起りやすい状況にあります。DVTSを利用した遠隔講義室の構築等では、従来はエコーキャンセラ、ハウリングサプレッサ、デジタルミキサを組み合わせて音声の回り込みに対処していました。本構築ではそれら機能を併せ持ったPolycom SoundStructure C8を各部屋で用いることで音声の回り込

みを抑えるようにします。

前述のようにSCSで行われていた講義と同様の講義を行うため、HDカメラを1台増設し各部屋に2台とし、部屋の前方・後方から撮影することで講師、学生をそれぞれ撮影できるようにします。

また、テレビ会議システムの端末は通常リモコンで操作を行いますが、リモコン上のボタンが数十以上にもなり、操作に慣れていなければ使いこなすのは難しいと考えられます。またテレビ会議システムを利用している最中に不用意にボタンを押してしまい、会議の接続が切断される、機器の設定が変わる、音声ミュートがかかるなどのトラブルが至るところで見られます。そのため、今回はテレビ会議システムに付属のリモコンは使用せず、AMX NI-3100コントローラを利用し、テレビ会議端末、カメラ操作やAV機器(プロジェクタや大型モニタ、音声アンプ、マトリックススイッチャなど)をタッチパネルから操作できるようにします。しかしながら同様のリモコンを持ってこられてしまうと、動作してしまい、誤動作の原因となるため、機器の赤外線受光部自体を使用できないようにします。

今回のシステムでは、HD対応のモニタやプロジェクタが少なくとも2台各部屋へ設置されることとなります。設備の有効利用の面からも、当然ながらこれらモニタやプロジェクタを通常の対面(テレビ会議を用いない)講義等で使用したいという要望が出てきます。そこで、タッチパネルを操作することでテレビ会議を用いないプロジェクタやマイクを使用するだけの通常の対面講義をすることもできるようにします。

各大学間を接続するネットワークのバックボーンには

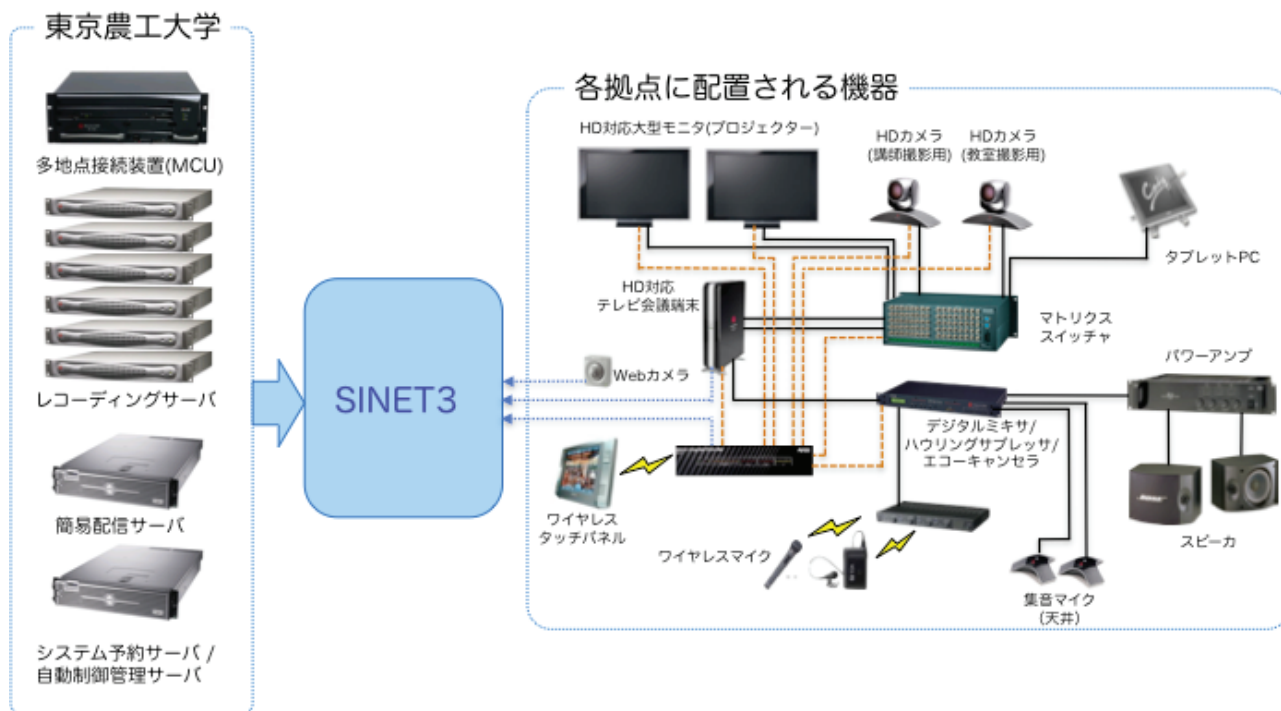


図2 各部屋に設置の機器と接続図

国立情報学研究所が運営している SINET3[8]を用いることにしました。多くの大学が既に SINET3 を用いているか SINET3 まで接続可能になっているため利用することとしましたが、一部の大学は既設の SINET3 までの回線の帯域が埋まってしまっていたため、B フレッツを利用して新たに SINET3 への足回り回線を確保します。SINET3 はインターネット接続も提供されているため、今回構築する大学以外の大学ともテレビ会議を利用した遠隔講義が可能となります。

これらを元にシステムを設計した結果、各大学の部屋へ配置する機器と接続は図2のようにします。部屋の大きさや受講人数により必要なモニターやプロジェクタやスピーカなどの仕様が異なるため、これらは各大学によって構成が異なります。モニターやプロジェクタは、HD 品質対応のものが各地点に少なくとも2面配置され、遠隔講義を行っている講師(学生)映像と PC 画面出力等の資料映像を同時に表示可能とします。

#### 4. 予約・自動制御システムの構築

通常 MCU を使用して多地点接続する場合には、MCU 内に仮想会議室を作成し、その仮想会議室にテレビ会議システムの端末を接続させる必要があります。接続箇所が常に同じであれば、あらかじめ仮想会議室を作成しておき、常にそこにテレビ会議システムの端末を接続すればよいのですが、今回想定している形態は連合農学研究科内での講義や会議 (2~4 大学)、複数の連合農学研究科を結んでの遠隔講義(12~18 大学)、全大学を結んでの遠隔講義等の様々な用途で使用するため、接続箇所が常

に一定というわけではありません。

また、MCU は同時接続数が決まっているため、MCU を無断利用されると、MCU のリソースが消費されてしまい、接続したいテレビ会議システムの端末が接続できなくなってしまいます。仮想会議室に無断で接続されてしまい、会議に意図しない参加者が入り込む可能性があります。これらを防ぐ意味でも仮想会議室を固定して開設しておくのは望ましくないと考えられます。そこで毎回 MCU 内に仮想会議室を作成し、テレビ会議システムの端末を接続するようにします。MCU 内の仮想会議室を管理する製品には、日立電線ネットワークス Conference@Adapter や Princeton Technology Meeting Organizer などがあります。これらは Web インタフェースから利用時間、テレビ会議端末接続先を入力して利用するものです。今回構築するシステムは複数の大学、組織にまたがったものです。そのため様々な人が利用します。そこで、特殊な設定項目などを一般ユーザから隠したり、複数の大学間で行う遠隔講義は優先的に予約受け付けたりといったことが必要となります。運用・予約専用の事務局などを設けて、そこで予約は一括して受け付けるという方法も考えられますが、予算と人的リソースの問題から実現は難しいため、Web 上で受け付けられる仕組みを構築する必要が出てきます。今回は Princeton Technology Meeting Organizer をカスタマイズし、権限別に設定できる項目とどれくらい先まで予約できるかをユーザごとに設定可能にしました。これにより全国規模の合同遠隔講義は早期予約が可能といった運用が可能となります。

通常の遠隔講義システムの導入では、テレビ会議システムの端末導入、MCU 予約管理ソフトの導入で終わっ

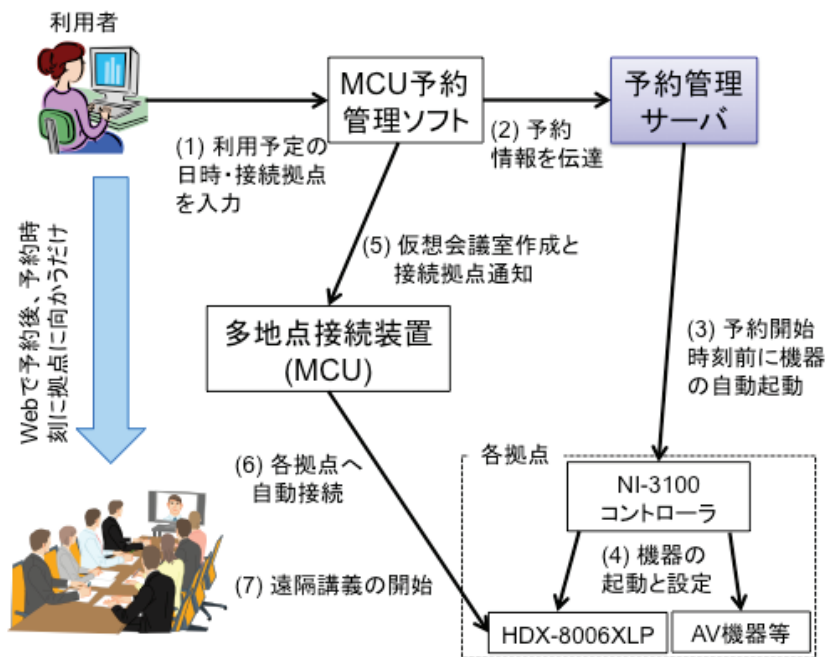


図3 システム利用の流れ

てしまうことが多いです。しかしながらこれでは、実際に遠隔講義を行う場合、少なくとも遠隔講義実施時間に各拠点のテレビ会議システムの端末の電源を入れ、さらにモニタ、プロジェクタや音響設備の電源を入れて、モニタの入力切り替えなどの設定を行う必要があります。これでは電源の入れ方など、システムの使い方を学習した人が各拠点にいないとはならないことになりこれまでと変わりありません。

予約時間になれば遠隔地にある機器の電源を投入し、設定を行い、テレビ会議システムを接続し、遠隔講義ができる状態まで自動的に行われれば便利です。各部屋にタッチパネルコントローラとして配置した NI-3100 コントローラはネットワークから制御ができるため、これを利用して遠隔制御を行う仕組みを構築しました。システム利用の流れを図3に示します。

予約管理サーバは常時 MCU 予約管理ソフトを監視しており、MCU 予約管理ソフトに予約が入れると予約管理サーバ内のデータベースに予約情報を蓄積します。予約時間の3分前になると予約管理サーバが接続予定の各拠点のテレビ会議システムの端末やモニタやアンプなどの AV 装置を起動します。MCU 予約管理ソフトは MCU 内に仮想会議室を作成します。会議開始時刻に MCU 管理ソフトは MCU 側からテレビ会議システムの端末に対して接続(コール)を行います。接続が確立しない場合は一定時間繰り返し接続を試みます。予約終了時間1分後には、MCU 予約管理ソフトは MCU 内の仮想会議室を削除し、テレビ会議の接続を終了します。また予約管理サーバは各拠点のテレビ会議システムの端末の電源や AV 機器のシャットダウン処理を行って電源を切ります。これらの自動化により講師や学生は予約時間に講義室に向かうだけでテレビ会議が接続され、遠隔講義ができる状態となっています。あらかじめ Web にてシステムの予約をしておくだけでよいため、各拠点に人手配することなく遠隔講義の準備が可能です。

自動的にシステムが起動・終了するのは便利ですが、講義や会議の場合は現実には予定した時刻になかなか終わらない場合が多くあります。そこで、予約時間を簡単に延長できる仕組みを構築しました。講義や会議に集中していると、終了予定時刻が近づいても分からないことが多いため、終了予定時刻の前に会議が間もなく終了する旨のアナウンスを自動的にスピーカから流します。わざわざ Web 画面を開いて MCU 予約管理ソフトに接続しなくても、各部屋に設置のタッチパネル上の「講義延長」のボタンを押すことで、一定時間その講義の予約時間を延長できるようにしました。延長は接続されている拠点に次の予約が入っていない限り何度でも可能とします。

## 5. 講義の収録と配信

今後遠隔講義が行われていくと、この仕組みを使って講義を収録、配信することが考えられます。そこで、テスト的に講義の収録と配信を行う部分を設計、構築します。収録のための機器として、HD のテレビ会議ストリームを録画可能な Polycom RSS-2000 レコーダを利用しました。RSS-2000 は配信の機能も持っていますが、HD で録画すると、HD での配信となってしまう、再生できる環境が限られます。そこで、ビデオコーデック変換・配信用のサーバを構築して簡易配信を行うようにします。また、レコーダは HD 品質 2 画面録画に対応しますが、その場合 1 台で 1 つの講義しか録画できません。今回の各連合農学研究科の利用を想定した場合、6 つのグループがあり、最大でそれぞれが別々の講義を録画する可能性があるので 6 台用意しました。レコーダ録画データを転送やエンコードをしている最中には、性能が低下するため、1 つのレコーダだけが使われ続けるのを回避しなくてはなりません。レコーダが均等に使われるようにするため、予約時に MCU 管理サーバ側でどのレコーダがその講義を録画するかをランダムに割り付けることができるように MCU 予約管理ソフトのカスタマイズを行いました。

レコーダは MCU 予約管理ソフトによって自動的に録画を開始、終了します。録画終了時にレコーダはビデオコーデック変換サーバへ録画データを送信します。ビデオコーデック変換サーバでは、送られてきた録画データを様々な環境で閲覧できるようにするため、WMV 形式から mp4 形式へ変換します。この時レコーダで 2 画面別々に録画されていたものを 1 つの画面に並べてレイアウトします。簡易配信はこの変換で解像度とビットレートを下げた mp4 のデータを配信サーバへ転送します。配信サーバ側では、予約時刻、予約講義名から簡易検索できるようにファイルを登録し、利用者は配信サーバ上の検索画面から映像を選択してストリーミングビデオを受信することができます。

## 6. 構築での問題点とその解決

実際の構築では多くの問題が発生しました。各大学のファイアウォールの運用方針が異なるため、AMX コントローラが通信するポート範囲などが一律に決定できない、各大学側で用意されたネットワークの配線ミスやルータ設定などが完全ではなく接続できないなどで、通信を行うまでに時間を費やす形となりました。今回は 18 もの大学に及ぶため、日程調整だけでも難しい状態でし

た。機器の設定問題では、Cisco 製 PIX ファイアウォールの古いバージョンでは H.239 の通信が落とされてしまう問題、大学内部で AMX NI-3100 システムコントローラ制御に使うポートが、ネットワーク監視に使われているため途中でパケットを落とされていたなどがあり、各大学の担当者に原因調査に協力してもらい、ポート番号を変更する、迂回のために物理的に線を引くなどの回避策を考えつつ対策をし、通信できるまでになりました。

他の問題として、今回構築に使用したテレビ会議コーデック HDX-8006XLP、MCU の RMX-2000MPM+160 は、新製品であるため、バグ出しが完全ではなく、ネットワークや設定の問題なのか、機器自体のバグなのかの切り分けが難しい点があります。バグを解消するファームウェアは順次 Polycom 社からリリースされていますが、1つのバグを解消すると別のバグが誘発されてしまう状態であり、検証してからでないでファームウェアのアップデートができない状態となっています。

その他に起動時間の問題があります。各大学の要望もあり、待機時に省電力化を図るため、外部からの電源立ち上げなどの制御に必要な最低限の機器だけ常時通電し、それ以外は自動制御で電源を落とす形としています。このため自動制御で機器に通電してからシステムが利用できる状態になるまでに時間がかかるという問題が起きました。特にハウリング、エコーキャンセラーのために用いた Sound Structure は高機能ではありますが電源投入から3分程度起動に時間がかかってしまいます。このため映像などがすべて表示された状態でも、Sound Structure が起動し終わるまで音声は鳴らないという状態となり、導入当初に利用者が戸惑う場面が見られました。現在は、利用者に立ち上げにかかる時間について事前に説明をし、

タッチパネル上にプログレスバーを表示させているため、混乱は起きていませんが、起動時間の短縮と消費電力のどちらを取るかを今後検討していく必要があります。

また実際に構築時にテスト運用を開始すると、節電のため、土日などの休み明けは建物ごとブレーカが切られており、部屋を使用するまで部屋へ電気が来ないため、システムが自動起動しないという場面が何度かありました。この場合、各部屋のシステムが予約システムによって自動起動しないため、ブレーカが入れた後、各部屋のタッチパネルから各部屋のシステムを起動する必要があります。拠点のシステムが起動しても MCU 管理サーバ側からの接続試行が一定回数を超えている場合は自動的にテレビ会議が接続できない状態となってしまいます。この問題を解決するため、タッチパネル上に予約確認と再接続の項目を追加しました。タッチパネル上から予約確認を行うと予約管理サーバへ接続され、タッチパネルの ID からどの拠点からのリクエストなのかを判断します。予約管理サーバは MCU 管理サーバに接続し、リクエストのあった拠点が参加すべき仮想会議室の ID を検索します。該当する仮想会議室の ID があった場合には、タッチパネル側に仮想会議室 ID を転送します。利用者は予約があれば再接続のボタンが表示されるのでそれを押すことで遠隔講義に参加可能となります(図4)。この仕組みは、間違えてテレビ会議を切断してしまった場合の復旧方法として同じ手順を踏むことで利用できます。

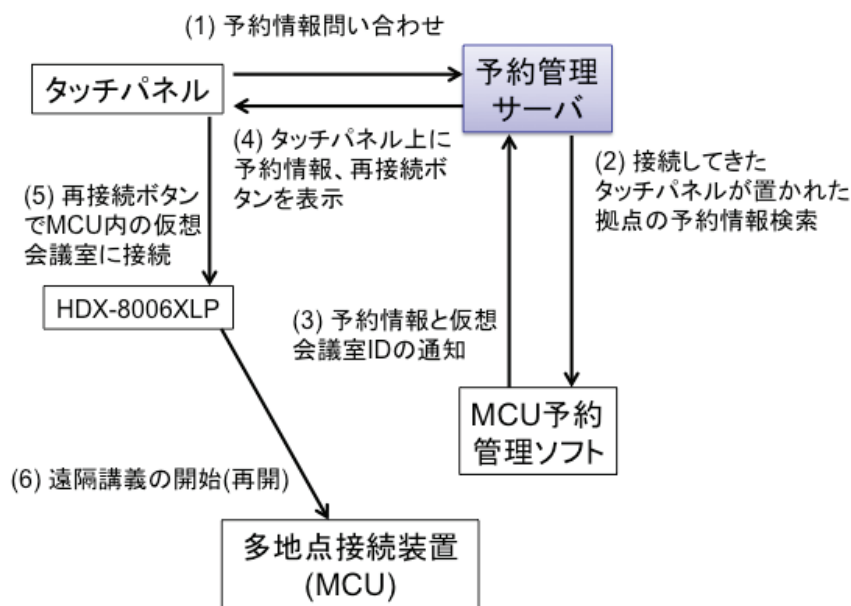


図4 予約接続復旧の流れ



図5 全国18大学を結んだ遠隔講義

## 7. 運用での問題点

本システム的设计、構築を終え、2009年2月23日に今回システムを設置した全18大学を結んでシステム開設式と遠隔講義を行いました(図5)[9]。システム開設式に引き続き行われた遠隔講義では、各大学入れ替わりで講義を受け持つ形で行われました。4月の新学期から実際に講義で使われはじめました。本格的にシステムの利用がされると、テレビ会議が1時間程度で定期的に切断されるという大学が数大学で起きていることが分かりました。調査の結果、それらの大学内にあるファイアウォール(Firewall-1など)が、デフォルトでセッション時間を持っており、その時間が過ぎるとセッションを切断してしまうことが分かりました。その結果として、定期的にテレビ会議の接続が切断されてしまうことが分かりました。このため、ファイアウォールの設定を再度見直してもらうことで問題の解決を図っています。

また、大学内は帯域制御などが行われておらず、QoSサービスが行われていないところが多数であり、大学内のパケット量が増えるとテレビ会議が切断されるという大学もあります。大学内のキャンパス間ネットワークの帯域が狭く、講義などで一斉にPCが使われると、そのパケットでネットワークがあふれてしまうため、現状では各大学の対応を待つしかありません。それらの大学を含む場合は、テレビ会議の通信速度を1Mbpsに制限して講義を行う形として、できるだけ切断が起きにくくなるように運用しています。

本システムは、ネットワークを利用した遠隔講義シス

テムであるため、ネットワークの安定が重要です。しかしながら、テレビ会議システムに対する帯域保証がされないネットワークを利用した構築のため、ネットワーク利用状況によりテレビ会議が切断されることが起こります。安定させようとするれば専用線を張り巡らせる必要がありますが、この場合コストが増大するのと、インターネットを通して今回構築した以外の大学や研究機関、企業などとのテレビ会議が開催できないこととなります。また、どのような機器もいずれ故障する時が来ると考えられますが、すべてに即座に対応しようとするれば、予備機を動作しているものと同じ台数そろえる必要があります。

今回の構築でも、ほとんど起きない問題に対して、コストを無視した意見が各大学から出ましたが、本当に必要な部分はどこか、どこまでコストをかけるべきかについて考えられる教職員が各大学に少数であるため、これらを考えられる人物をまず育てる必要があると考えられます。この点は保守費などにもかかっており、遠隔監視やオンサイト保守等を頼む場合にはそれなりの費用が必要となりますが、この点を考慮していない大学がまだまだあり、本システムの構築でシステムの自動化を進めたとはいえ、全く無人で何のメンテナンスも無く動かし続けることはできないため、今後の運用面で不安が残る点となっています。

## 8. おわりに

本論文では多地点を高精細映像で結ぶ遠隔講義システムの設計と構築、問題点について述べました。本論文で



の構築では全国 18 国立大学法人を HD 品質の高精細映像、高品質な音声で結び、実運用に向けてシステムの自動化などの利用者の負担を減らす仕組みの設計・構築を行いました。2009 年 2 月 23 日には全大学を結んでシステム開設式と遠隔講義を行って、本格的な運用を開始しました。運用を開始した初年度ということもあり、新製品に潜むバグの問題や、システムを利用する教職員の意識問題など課題が残っています。

本システムは、利用者は Web から簡単な予約を行うだけで、後はシステム側が予約時間に自動的に機器を立ち上げ、設定、接続を行うもので、利用者の負担を減らすことが可能です。また今回構築するシステムを利用して北海道から沖縄までの 18 国立大学法人 23 拠点を HD 品質で結び、実運用を行う例は過去に無く、高品質な映像、音声を生かした遠隔講義が行われていくことが期待されます。また本構築で利用したテレビ会議システムは業界標準に準拠しており、ネットワークもインターネット接続された SINET3 を用いているため、今回導入された大学以外にも他の大学や研究機関、企業、さらには姉妹校などの海外の大学ともテレビ会議が可能であり、本論文で述べたシステムを核として利用が拡大されることが期待されます。

## 参考文献

- [1] 近藤 喜美夫：“衛星による大学間コラボレーションシステム(SCS)の開発と評価,” メディア教育開発センター, NIME 研究報告第 18 号, ISSN 1880-2192 (2006).
- [2] スペース・コラボレーション・システム  
URL : <http://www.nime.ac.jp/SCS/>
- [3] 田中 一郎, 堀井 祐介, 高島 勝之：“北陸地区双方向遠隔授業システム試行運用から見えてきたこと,” PC カンファレンス 2006 (2006).
- [4] 長谷川 忍：リアルタイム型遠隔講義におけるデザインパターン, システム技術分科会, サイエントフィック・システム研究会 (2007).
- [5] 長谷川忍, 但馬陽一, ニツ寺政友, 安藤, 敏也：“多様なメディアを利用した同期型遠隔講義環境の構築・実践,” メディア教育研究, 投稿研究資料, メディア教育開発センター, Journal of Multimedia Aided Education Research 2006, Vol.2, No.2, pp.79-91 (2006).
- [6] 杉浦一徳, 小川晃通, 中村修, 村井純：“民生用 DV を用いたインターネットビデオ会議システム,” 情報処理学会, 情報処理, vol40, No7, 413, pp.698-702 (1999).
- [7] 櫻田武嗣, 萩原洋一, 古谷雅理, 江木啓訓, 寺田松昭：“DVTS を用いた遠隔・近接多地点講義教室の構築と運用,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, 情報処理学会, DICOMO 2006, pp.593-596 (2006).
- [8] 学術情報ネットワーク SINET3  
URL : <http://www.sinet.ad.jp/>
- [9] 多地点制御遠隔講義システム導入用サイト  
URL : <http://jets.med.tuat.ac.jp/>