

全国 18 国立大学法人を結ぶ HD 対応遠隔講義システムの設計 Deployment of HD Videoconference Systems for Remote Lectures at 18 National Universities

櫻田武嗣 萩原洋一
Takeshi Sakurada Yoichi Hagiwara

東京農工大学 総合情報メディアセンター
Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

1. はじめに

連合農学研究科は、国立大学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として、現在東京農工大学（以下、本学と記す）、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る(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、連合農学研究科構成大学内で講義が行われている。その他に岩手大学、岐阜大学、鳥取大学と本学の連合農学研究科が協力し、構成大学 12 校による講義を毎年開講している。この連合農学研究科が協力して行う講義は、これまでメディア教育開発センターが運営している SCS(Space Collaboration System)[1,2]を利用して行っていた。ところが SCS は経年変化が進み、保守部品確保の問題などがあり、維持管理が困難になってきていた。また、講義のたびにシステム利用料を負担する必要があり、利用のための手続きの煩雑さなどの点からも SCS を今後も継続的に利用していくことは難しくなっていた。

現実には 2008 年 6 月に構成大学 12 校を結んで 2 日間行われた集中講義では、天候の問題や機器の問題で衛星回線が途切れ、スムーズな遠隔講義を行うことが難しかった。この回に限らず、安定した遠隔講義ができなくなりつつあり、その解決のためにも SCS に替わる新しいシステムが必要とされていた。

これまでの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、遠隔講義の実験として他大学を結ぶものであり、多くの大学が共同で定常的に利用するものではなかった。さらに画質もテレビ品質程度のものであった。地域の大学間を結び、高品位な映像を用いるもの

としては北陸地区双方向遠隔授業システム[3,4,5]があるが、独自規格を採用しており、クローズドなものである。今後の利用を考え、オープンで他と互換性があり、相互接続できる必要がある。

本稿では、これらの問題点を解決すべく、SCS に代わるシステムとして全国 18 国立大学法人を結ぶ HD(High Definition)対応多地点遠隔講義システム[6]とその全国展開の計画と構築状況について述べる。

2. 新しいシステムに求められる要件

新しいシステムの導入にあたっては、SCS で行われてきたものと同じ形態で遠隔講義ができるだけでなく、安定した接続であり、システムの操作が簡易であることが求められる。

また、新しいシステムでは愛媛大学、鹿児島大学の連合農学研究科も参加し、全国の連合農学研究科の構成大学すべてを結んだ遠隔講義を行いたいとの要望があった。つまり、新しいシステムを国立大学法人 18 校(帯広畜産大学、弘前大学、岩手大学、山形大学、茨城大学、宇都宮大学、東京農工大学、岐阜大学、静岡大学、鳥取大学、島根大学、山口大学、愛媛大学、香川大学、高知大学、佐賀大学、鹿児島大学、琉球大学)に配置し、各連合農学研究科内だけでなく全国の大学を結ばなくてはならない。

さらに講義は遠隔地の学生同士のディスカッションも組み合わせたものも例年行われており、配信型の講義スタイル以外に双方向型の講義スタイルにも簡単に対応できる必要がある。また講義科目の特性上、資料を利用して説明されることが多く、鮮明に資料を伝送・表示できることも求められる。

新しいシステム構築のために複数の SCS 利用者から意見を聞いたが、これまでの SCS は機器操作が煩雑で分かりにくいという意見が多かった。今回は特に利用者が農学系を中心に、機器操作に苦手意識を持っている人も少なくないことが SCS 利用者からの意見で分かった。そのため今回展開するシステムでは、機器操作をできるだけ簡単にし、通常の対面講義と同程度の準備で遠隔講義ができるようにする。

今回展開するシステムは最低でも 4~5 年は使用することが予想され、今後地域連携や国際交流などで 18 国立大学法人以外との遠隔会議や講義も考えられるため、拡張性があり、独自の規格ではなく、業界標準に基づいたものである必要がある。

3. 機器選定とシステム設計

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るが、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



図 1 連合農学研究科構成大学

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	MCU 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

大きく分けられる。それぞれの長所と短所を表1に示す。ソフトウェア型は初期の導入コストは安く済むが、映像解像度の問題や拠点数の増加などに対応することが難しい。またソフトウェア型は個人同士の小規模の会議向けであることが多いため、大講義室のように映像・音声システムを作り込まなくてはならない場合に、システム構築が難しい。

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おり、それらとの相互接続性や前述のシステム構築のことを考え、今回は専用端末型を選択する。

講義で使用する資料などを高品質で遠隔地で見せる必要があるためHD品質の映像に対応し、同時にPCの映像を高品質で伝送できるようにする必要がある。今回はベースとなるテレビ会議端末として、他社互換性があり、HD対応のHDX-8006XL(ポリコム社)を採用することとした。これは、SD(従来のテレビ品質)、HD品質で他社製品混在の通信も可能であり、720p/60fps、1080p/30fps、ステレオ22kHzの音声にも対応している。

また今回の構築では18大学23拠点の接続となるため、多地点接続装置(Multipoint Control Unit、以下MCUと記す)が必要となる。通常テレビ会議端末に内蔵可能なものは自局を含めて4~6拠点である。これでは同時接続可能数が



図2 無線式タッチパネル画面

不足するため、MCU(ポリコム社製 RMX2000-MPM+80、HD対応テレビ会議端末を40台まで同時接続可能)を導入する。将来的にさらに接続台数が必要な場合にはMCUを追加導入し、カスケード接続により増やすこととする。

今回のような遠隔講義システムを導入する場合、テレビ会議システム単体を導入するだけで終わることが多い。この単体導入の場合、機器操作が難しいことや講義スタイルが一般的な会議スタイルではない点などから、講師側、受講側が替わる度にカメラ、モニタの配置や機器設定を変更しなくてはならず、手間がかかり活用されなくなる可能性がある。

本システムでは、様々な講義スタイルに対応するため、カメラを増設(前方、後方で計2台)し、大教室でも音声のエコーやハウリングが起きにくくするための対策を行う。このエコーやハウリング対策は、従来はデジタルミキサや専用のエコーキャンセラーを組み合わせることで実現することが多かったが、今回はそれらを1台の機器で行えるSound Structure(ポリコム社)を採用した。内蔵しているエコーキャンセラーがテレビ会議用にチューニングされている点や遠隔地から機器の状態監視や設定変更が行える点を重視し選定した。

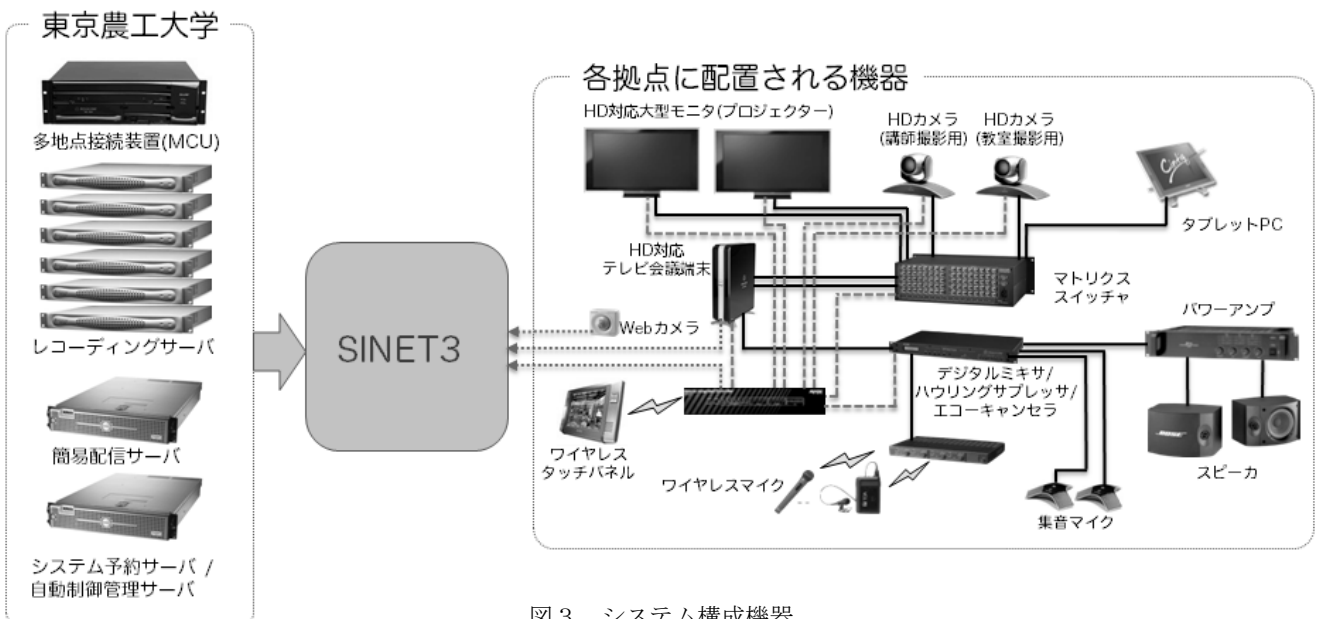


図3 システム構成機器

操作を簡易にするための仕組みとして、今回は無線式タッチパネル(図2)の導入と後述の予約システムを利用した自動化を取り入れる。テレビ会議端末は通常リモコンで操作を行うが、リモコン上のボタンが数十にもなり、操作に慣れていなければ使いこなすのは難しい。またテレビ会議システムの利用中に不用意にリモコンのボタンを押してしまい、意図せず会議の通信が切断されたり、機器の設定が変わったり、音声ミュートがかかったりするなどのトラブルが発生しがちである。対策として本システムではテレビ会議システム端末付属のリモコンは使用させない。その代わりに無線式のタッチパネルを用意し、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)を同時に操作できるようにする。そのためAMX社製のNI-3100コントローラを導入する。このコントローラをEthernet経由で予約システムと連動させることで遠隔地からのシステム立ち上げや立ち下げ、遠隔監視・操作にも利用する。

各大学の拠点に配置する機器を図3に示す。部屋の大きさや受講人数により映像表示装置やスピーカなどの設備が異なるため、これらは各大学によって構成が異なる。映像表示装置には、フルHD品質対応のプロジェクタまたは大型モニタが各拠点に2面配置し、講師(受講者)映像とPC画面等の資料映像を同時に送受信、表示可能とする。

各拠点にはタブレットPCを配置し、板書はタブレットPCで行ってもらうことにより、カメラでホワイトボードや黒板を撮影するよりも鮮明な画像を送受信できるようにする。タブレットPCは起動すると、板書するだけのソフトウェアを自動でフルスクリーン起動するようにしている。ソフトウェアは既に本学で端末室用に構築して利用しているソフトウェアを改良した。

また本学には、MCUや後述する予約管理サーバや収録・配信サーバなども配置する。

4. 予約管理システム

通常MCUを使用して多地点接続する場合には、MCU内に仮想的な会議室を作成しておき、その会議室にテレビ会

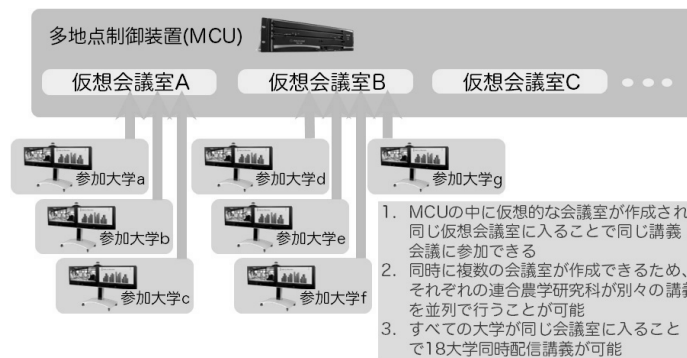


図4 仮想会議室の仕組み

議端末を接続させる必要がある(図4)。接続される拠点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、その仮想会議室にテレビ会議端末を接続すればよいが、今回は各連合農学研究科内での講義や会議、複数の連合農学研究科を結んでの遠隔講義、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、接続される拠点が常に同じではない。また複数の講義が並行して行われることがある。このため講義が行われる度にMCU内に仮想会議室を作成し、テレビ会議端末を接続する必要がある。そこで今回はMCUのリソースを管理するための予約管理システムを構築する。

予約管理システム利用の流れを図5に示す。利用者は予約管理システムにあらかじめ接続したい拠点、利用する日時をWebインタフェースから入力し予約する。予約時刻の5分前になると予約管理サーバがMCU内に仮想会議室を作成、接続予定の各拠点のテレビ会議端末やAV装置等を遠隔で起動する。予約管理サーバは各拠点の機器の起動を確認した後、遠隔操作でテレビ会議端末をMCUへ接続する。このため学生、講師は予約時間に各拠点にいくだけで遠隔講義が開始された状態になっている。予約終了時刻5分後に各拠点のテレビ会議端末を切断し、AV機器などを含めて自動的に立ち下げ、利用者には手間をかけることがないように自動化する。

実際には講義や会議が予定した時刻になかなか終わらない場合が多い。そこで、各拠点に設置のタッチパネルに「講義延長」のボタンを配置した。この「講義延長」を押すことで一定時間その講義の予約終了時間を延長することができる。ただし、その拠点が次の予約で利用される予定になっている場合には、終了処理を行い、次の予約を実行する。

5. 収録・配信

今回のシステムでは、遠隔講義を収録配信するための仕組みを構築する。収録のための機器としてRSS-2000(ポリコム社)レコーダ、ビデオコーデック変換・配信用のサーバを配置する。レコーダは、HD品質2画面録画に対応す

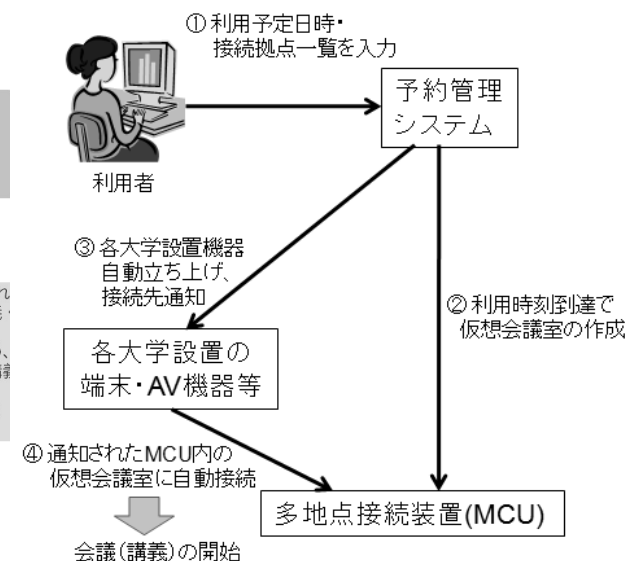


図5 予約管理システム利用の流れ

るが、1台で1つの会議しか録画できないため、今回は各連合農学研究科が同時に使用することを考慮し6台配置する。どの講義をどのレコーダが担当するかは、レコーダができるだけ均等に使われるようにするため、予約管理システム側で予約時にランダムに割り付ける。レコーダは各拠点に配置されたシステムと同じように、予約された時刻になると自動的にMCUに接続され、録画を開始する。予約終了時刻になると、録画を停止し、ビデオコーデック変換サーバへ録画終了の通知を送る。

レコーダの録画ファイル形式はWMVである。ところが録画されたファイルはサイズが大きく、ビデオコーデックの問題から視聴できるクライアントのOSが限られてしまう。また配信を行う場合には、サイズを小さくし、スムーズにストリーミングする必要がある。このためにビデオコーデック変換サーバと配信用のサーバを配置した。ビデオコーデック変換サーバは、録画終了の通知を受けると、レコーダ上で2画面別々に収録された映像を1つの画面内に並べた形でレイアウトしなおし、mp4形式にして出力する。その後このファイルのビットレートを下げる変換を行い、それを配信サーバへ送信する。配信サーバ側は、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する。利用者は配信サーバ上の検索から映像を選択し、ストリーミングビデオを受信する。

6. 遠隔制御、監視のための工夫

各大学に配置した機器をネットワーク越しに遠隔制御するため、ネットワーク回線の品質が問題となる。現実問題として、ネットワークの切断や遅延などで遠隔操作が一回で完了しない場合がある。予約管理サーバで常に機器状態を監視をさせることで、遠隔操作が完了しない場合に再度制御を行い、全体に影響が出ないようにする。さらに各拠点と予約サーバは1対1の通信だけでなく、各拠点に配置したシステムコントローラNI-3100をメッシュネットワーク化し、どこかの通信が切れた場合でも迂回経路で状態把握ができる形に構成することで、障害への対応を高めた。このメッシュネットワークは、遠隔講義の際の相手側のカメラ制御にも利用する。テレビ会議システム自体は、相手側のカメラ1台だけは制御できるが、今回はカメラを増設して2台としているためシステムコントローラ経由で制御する。

他の問題としてMCUの利用がある。MCUの仮想会議室には、機器のIPアドレス、仮想会議室のIDがあれば参加できてしまう。そのため、意図しない参加者が会議に参加できてしまう可能性や、第三者がMCUを勝手に利用してしまう可能性が残る。機器のIPアドレスを知らせなければこれら問題はそれほど大きな問題とはならないが、今回は多くの大学、機関が共同で利用することになるため、機器のIPアドレスを隠して運用というのは難しい。

今回は前述の予約管理システムで予約毎に仮想会議室を作成する形にしたことにより、予約が入っていない時には仮想会議室が作成されていないため、無断利用が防げる。また作成する仮想会議室のIDを毎回ランダムに決定することにより、意図しない参加者が会議に参加してくる危険性を減らすことができる。

システムコントローラを監視することで多くの機器状態は遠隔地から確認できるが、モニターやプロジェクタが何を



図6 構築中の拠点の様子(東京農工大学内会議室)

映し出しているのかをシステムコントローラ側で認識できない。つまり何かトラブルが発生して画面が出力されていない時に、システムコントローラからの情報だけでは原因を追求することができない。そこで今回は各拠点にモニターやプロジェクタが映しているものを撮影できるWebカメラを配置した。これにより遠隔地から画面の状態を確認することができ、保守管理の面で役立つ。セキュリティ、プライバシーの問題もあることから、Webカメラは全体を保守管理する場所だけからアクセスできるようにしている。

7. 本システム以外との接続・遠隔講義以外での利用

今回の構築で利用するネットワークは国立情報学研究所で運営している学術情報ネットワークSINET3を用いる。SINET3はインターネットにも接続されているため、本システムを導入する拠点以外の大学、企業などにあるテレビ会議システムとも相互接続ができる。タッチパネルからIPアドレスを入力して、直接他のテレビ会議システムに接続できるようにしているが、操作が煩雑になるため、予約管理システム側でも予約時に他のテレビ会議システムの接続を受け付けるための仕組みを作成した。これにより、開始時刻に自分側のシステムが起動、相手側に自動的にテレビ会議をコールすることができる。

また今回はフルハイビジョン対応のモニターまたはプロジェクタが2式各拠点に設置される。これを普段の授業や講義で使用したいという要望が当然ある。そのために「機器のリモコンで入力を切り替えて…」と行うと、いざ遠隔講義となった時にシステムが立ち上がっているが、機器の入力が切り替えられてしまっていたために、映像が映らないで戸惑うということが十分に考えられる。タッチパネルを導入しているのもこれを利用して、タッチパネルから「映像・音声のみ使用」という項目を選ぶことで、普段の講義などでプロジェクタやマイクだけを簡単に使うことが出来るようにした。

8. 構築にあたっての問題点

実際の構築では多くの問題が発生した。各大学のファイアウォールの運用方針が異なるため、それぞれで合意ができるポート範囲などが決定できない、用意されたネットワーク配線のミスがある、機器設定の問題などがあり通信が当初はなかなか確立できなかった。具体的には 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などの問題や、大学内部で AMX 製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、利用を制限しているなどがあり、各大学の担当者に原因調査に協力してもらい、回避策を考えつつ対策をし、通信できるに至った。

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+80 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る。この点は現在も安定度を高めるために調整を行っているが完全な解決には至っていない。

また今回導入したハウリング、エコーキャンセラーの Sound Structure は高機能ではあるが、電源投入から 3 分程度起動に時間がかかる。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が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た。現在は、利用者立ち上げにかかる時間について事前に説明をしているため、混乱は起きていないが、起動時間の短縮ができるかを今後調査する必要がある。

9. おわりに

本稿では、SCS に替わるシステムとしての全国 18 国立大学法人を結ぶ HD 対応多地点遠隔講義システムの導入にあたり、システム要件と設計、構築について述べた。

本稿執筆時点では、構築導入は終わっているが、安定稼働、使いやすくするための改良、調整を続けているところであり(図6)、2009年2月23日に全拠点を結んでシステム開設式を行い、2009年度からの講義で本格的な運用するための準備を進めているところである。

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ある。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、音声を生かした幅広い活用が今後期待される。

謝辞

本システムの設計、構築にあたっては(株)映像センターには多大な協力を戴いた。各連合農学研究科担当者、情報系センター担当者には、構築時の各方面との調整、トラブル解決に協力を戴いた。プリンストンテクノロジー株式会社には予約管理システムの構築に協力いただいただけでなく、ポリコム製品の動作解析などをして戴いた。ポリコムジャパン株式会社においては、本構築のために新製品を発表前から手配、導入していただくなどの配慮をいただいた。また、国立情報学研究所には、本システムの基幹となるネットワークの提供、ボトルネックの調査などに快く協力を

戴いた。本構築は多くの方の協力無しには実現できないものであった。ここに謝意を表する。

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, 二ツ寺政友, 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] 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/>

