

モバイル環境を統合した遠隔講義用 自動化システムの設計と構築

Design and construction of the automated system for remote lecture system with mobile environments

櫻田武嗣*, 三島和宏, 萩原洋一

Takeshi SAKURADA, Kazuhiro MISHIMA and 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

184-8588 東京都 小金井市 中町 2-24-16

2-24-16 Naka-cho, Koganei-shi, Tokyo 184-8588, Japan

本論文では、大規模遠隔講義システムとモバイル環境からの接続を両立したシステムとその自動化について述べる。これまで我々は自動化した遠隔講義システムを構築し、運用してきた。これまでの我々の遠隔講義システムは部屋間を結ぶシステムであったが、本論文で述べるシステムではモバイル環境と部屋を混在して相互に結ぶことができるものである。これまでの自動化された遠隔講義管理システムのユーザインタフェースを大きく変えること無く、モバイル環境からの接続も統合するシステムの構築を行った。本論文ではシステムの構成について述べると共に、特にモバイル環境との融合にあたり考慮、工夫した点について述べる。実際に2016年2月からは本論文で述べたシステムを稼働させており、全国で利用されている。

キーワード：遠隔講義システム，システム自動化，モバイル環境通信

In this paper, we describe the new automated large-scale remote lecture system. The system can connect from mobile devices. Our previous system was also automated, but previous system could not connect mobile devices. We built a new system with user interface same as a previous system. Therefore use of a new system is simple. We describe construction and the problems of a new system. And we started the operation of a new system in February, 2016. The system is used from the whole country.

KEYWORDS : Remote Lecture System, Automation of the system, Mobile Environment Communication

* E-mail: take-s@cc.tuat.ac.jp

1 はじめに

これまで東京農工大学（以下、本学と記す）が主導して、全国の農学系の大学院である連合農学研究科設置校に対して遠隔講義システムの導入と運用を行ってきた。これまでに導入を行った大学は、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）である。これまで使用していたシステム（以下、旧システムと記す）では、2009 年 2 月の運用開始当初から利用者の使い勝手を考慮し、予約システムによるシステムの自動化を行っていた。旧システムは導入当時 HD 品質で全国を結ぶ物としては日本最大規模であったが、機器の経年劣化等により故障が多く発生するようになってきた。また機器がアナログハイビジョンにしか対応していないなど、現在の普及している民生機器の水準からすると古い状態になったこともあり、更新を行うこととした。単純に機器を入れ替えるだけでなく、新たな遠隔講義のスタイルを作っていくためにモバイル環境への対応を進めることとした。本論文ではこのモバイル環境への対応を含めた新しい自動化された遠隔講義システムの設計と実際の構築について述べる。

2 旧システムの特徴と課題

旧システムの設計と構築、運用に関しては既に論文等で発表しているため [1][2]、ここでは簡単に旧システムの特徴と課題となっていた点を述べる。旧システムでは機器操作に詳しい人だけでなく機器操作を苦手とする利用者も対象としたため、できる限りシステムを自動化し、各拠点（部屋）にある機器操作を最小限にして遠隔講義を開催できるようにした。具体的には Web ブラウザで予約管理システムにアクセスし、接続したい拠点と時間を選択すると、開催時間に合わせて各拠点の機器の電源投入、設定や接続が完了する。予約時間が終了すれば自動的にシステムが終了するため、利用者は機器操作を

意識することなく遠隔講義の開催が可能であった。予約にもとづき自動的に遠隔地の教室の機器も立ち上がるため、機器操作のためのアシスタントを配置する必要もなくなった。

講義の主催、受講側のどちらでも対応できるようにカメラを各拠点 2 台以上設置して切り替えることで、機器操作が最小限となるようにした。また各拠点は広い部屋（講義室）等のためマイクやスピーカーによる自拠点内の拡声も行う。そのためエコーやハウリングを抑える仕組みを導入した。

旧システムではカメラ映像は HD/30fps、コンテンツ映像（主に PC の画面を伝送）は XGA/5～10fps での映像送付だった。このため PowerPoint などで動画やアニメーションが利用されている場合に、遠隔地側はコマ送り表示のようになっていた。旧システムではカメラ映像とコンテンツ映像の入力を入れ替えて PC の画面を送出する仕掛けをつくり必要に応じて切り替えて使っていた。

一方で遠隔講義の利用が進むにつれ、モバイル環境からの接続の要望が挙がっていた。離島の学生が自宅から講義やゼミに参加したい、出張先から講義を行いたい、留学生が卒業後に帰国した先と遠隔講義をしたいなどである。旧システムへもモバイル環境から接続する手段はあったが、拠点のテレビ会議端末と同じように振る舞うソフトウェアを PC にインストールする方式のため、対応する OS が限られ、接続するネットワークにてファイアウォールが設定されていたり、NAT が利用されている場合にはうまく動作しないことが多かった。モバイル端末側での操作も煩雑であり、実験的な接続以外に利用されることは無かった。

3 新システムの要件

新システムでは旧システムと同様の自動化、映像等の高品位化への対応、それらに加えてモバイル環境からの接続を融合したい。機器操作を苦手とする利用者も依然として多いため自動化は必須の要件である。モバイル環境から各拠点に接続するための設定もできるかぎり簡単にしたい。モバイル環境から利用したいという大学の担当者へヒアリングを行っ

たところ、次のような利用をしたいとの要望があった。

- (1) 離島の学生が自宅から講義やゼミを受けたい。
- (2) 出張先のホテル等から講義、会議を行いたい。
- (3) 留学生が卒業して帰国した先と遠隔講義や会議を行いたい。
- (4) 入試の面接で使いたい。特に留学生が日本に来る前に面接を実施したい。
- (5) フィールド（農場等）から遠隔講義をしたい。
- (6) 長期の実習の滞在先で遠隔講義を受講したい。
- (7) 外部の先生などを遠隔で接続し、遠隔講義や研究打ち合わせをしたい。

特に入試等での利用においては、受験日程が決まってシステム等予約をする時点では、利用する人、つまり受験生が特定できない。したがってモバイル環境からの利用は、不特定多数の人が利用できるものである必要がある。

4 システム構成のための検討

前述の要件を元にシステムの選定を行った。遠隔講義システムは主に、Web ブラウザに専用プラグインをインストールするか専用クライアントソフトウェアをインストールした PC 等を利用する独自方式と、テレビ会議専用端末（コーデック）を利用する汎用的な方式に分かれる。旧システム導入時どちらを中心にするかを検討した。その当時は各拠点の映像・音響設備との連動や機器制御の自動化を行う場合には PC ベースよりも専用端末を利用した方が作り込みしやすい点、他メーカーのテレビ会議端末と相互接続が可能である点等の理由から専用端末方式を採用した。今回の新システムでも各拠点に設置する機器に関しては専用端末を用いて自動化を行うこととした。テレビ会議専用端末の性能が向上しているため、基本的にはテレビ会議専用端末の置き換えを行うことで映像品質の向上やデジタル入力に対応できる。音響関係は旧システムを再利用するが、映像はアナログからデジタル入力に変更となったためスイッチャ等の部分は更新する。機器はネットワークまたはシリアル接続によりコントロールで

きものを利用する。これらの変更により主映像、コンテンツ映像側ともにフル HD/30fps に対応することが可能となり、スライド等にアニメーションや動画があっても、そのまま遠隔地にスムーズな映像を届けることが可能となる。マウスカーソルを動かしながらスライドを指し示して説明する講師も多かったことから、画面がスムーズに伝送できれば、遠隔地側でもマウスカーソルを追うことが出来、説明が聞きやすくなると考えられる。

ここまでは旧システムで設置されていた拠点の更新を行うことについて述べてきたが、次にモバイル環境からの接続について考える。テレビ会議端末に見立てるソフトウェア（例えば Polycom PVX や m100 など）を利用することで既存のテレビ会議専用端末と接続が可能である。しかしこれらのソフトウェアは、クライアント側にソフトウェアをインストールしなくてはならない、インストールするソフトウェア毎にライセンスが必要であり、対応する OS が限定的である。このため不特定多数の利用を想定することは難しい。加えて、我々は実際にいくつかのソフトウェアでテストを行ったが、ネットワークの途中にファイアウォールがあってポート使用制限がかかっていたり、NAT 等によるアドレス変換が行われていたりする場合に接続が確立できなかった。出張先のホテルや公共施設等でネットワークが提供されている場合、NAT 等によるアドレス変換が行われていることが多く、実際に試しても利用出来ないことが多かった。トラバースサーバを用意して、各端末をあらかじめ登録するなどしておけば通信できる可能性は高まるが、前述のように不特定多数の利用を想定しているため、あらかじめ端末を登録するのは現実的ではない。

テレビ会議端末に見立てるソフトウェアの利用は、別の点からも問題がある。多くの拠点を結ぶために必要な多地点接続装置（MCU: Multi-point Control Unit）のリソースの占有の問題である。モバイル端末からの接続でもテレビ会議専用端末と同様の接続となるため、MCU のリソースは同等に消費する（図 1）。このためモバイル端末からの接続が多くなると想定される場合、MCU のリソースを多

く用意しておかなければならない。リソースが多い MCU は当然ながら高価であり、モバイル環境からの接続を多く利用してもらうには、この方式での実現は費用的に難しい。

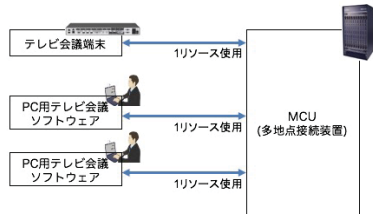


図1 クライアントソフトウェアを利用する場合

そこでモバイル環境は Web ブラウザを利用したり、専用クライアントを利用する独自方式を利用することを検討する。ただしテレビ会議専用端末との接続が必要であるため、それができるものの中で検討を行った。Google 社の Chromebox for meeting やハンガアウトの組み合わせでは他の一般的なテレビ会議システムとの接続ができず、同時接続拠点数が少ないため、全大学を結ぶ事ができない点が問題であった。これと同様の仕組みの Vidyo 社のシステムでは、一般的なテレビ会議端末との接続は可能であるが、多地点接続のための仮想会議室の管理が自動化できない点、ライセンスが管理しづらいという点が問題であった。このライセンス形態は、導入検討時、PC(端末)ごとのライセンスであり、PC を入れ替えた場合に新たにライセンスを消費する。このため各大学での PC の入れ替え数をあらかじめ算出する必要があり、不特定多数の利用を考えた場合にライセンス管理が難しくなる。

我々はまた、Polycom 社のモバイル端末とテレビ会議端末を接続するソリューションも検討を行った。モバイル端末から従来と同様の専用クライアントでテレビ会議端末と同じ振る舞いをするもの以外に、サーバに Web ブラウザでアクセスするもの(現在は REALPRESENCE WEB SUITE 等だが当時はまだリリース予定の段階)があった。これはモバイル環境からは Web ブラウザで接続し、サーバ側で変換してテレビ会議端末環境と相互接続する。検討当時 WebRTC への対応予定であったため、プラグイン等を必要とせず多くの環境で動作可能である

ことが見込まれた。これまで我々が使ってきたメーカーと同一のため接続性に関しては問題無いが、サーバ側から MCU に対してはモバイル環境から 1 台接続されるごとにリソースを消費していく形での接続となってしまう(図 2)、MCU のリソースを多く確保しておく必要があるため前述の理由で費用的に難しい。

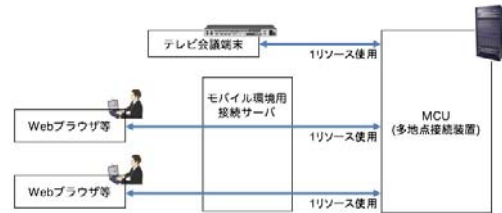


図2 Polycom 方式を利用する場合

同様の仕組みとしてシスコ社のソリューションでモバイル環境向けの WebEx と MCU を接続する仕組みがある。WebEx と MCU はブリッジ接続であるため、同一の仮想会議室に何人モバイル環境から参加しても MCU 側で必要なリソースは一定である(図 3)。このためモバイル環境からの接続が増えたとしても MCU で消費するリソースを抑えることができる。また WebEx の仕組みとして会議毎に異なる URL が発行され、その URL を伝えることでモバイル環境から会議に接続してもらうことができる。つまり、ゲスト利用者に対しては URL を通知することでモバイル環境から参加してもらうことができる。受験生毎にそれぞれの仮想会議室と接続した URL を通知すれば遠隔で面接等を行うことが可能となる。

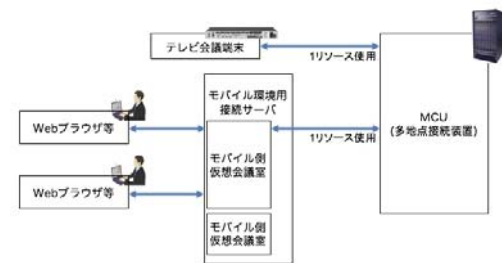


図3 Cisco 方式を利用する場合

前述のような検討を踏まえ、システム構成は図 4 のようにした。テレビ会議コーデックを Cisco SX80 に更新し、MCU には Cisco MSE8000 を利用した。WebEx と MCU の接続のために

Cisco TMS(TelePresence Management Suite) や VCS(TelePresence Video Communication Server) 等を利用し, Cisco CMR(Collaboration Meeting Rooms) を構成した。

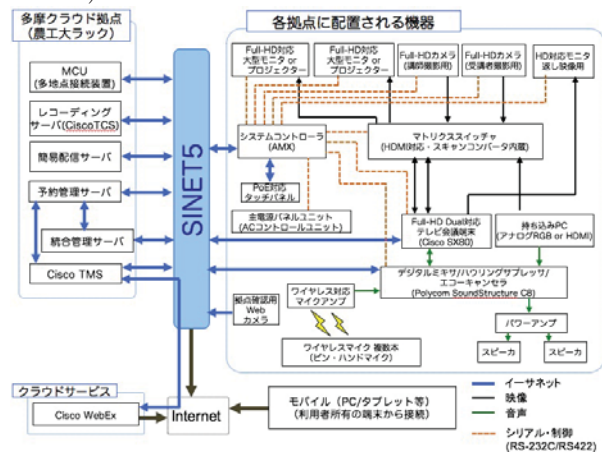


図 4 システム機器構成図

5 システム自動化のための検討と構築

拠点に配置する機器の自動化は旧システムとほぼ同等に実現が可能である。旧システムでは拠点に対して MCU 側から予約時間にコール (呼び出) し, 自動応答させていたが, 特に海外からのスキャン (攻撃) と思われるコールが増加したため, 新システムでは拠点側から MCU に対してコールすることとし, 拠点側ではコールに対して自動応答しないことにした。このためシステムコントローラ側では予約時間にコールを行う処理を追加した。仮想会議室にはパスワード (pin コード) を設定できる。そこで各拠点のシステムコントローラが予約情報を元に pin を自動入力し, 仮想会議室の接続が自動で完了できるようにした。

次にモバイル端末側の WebEx と MCU とを接続する CMR の自動化について検討する。CMR は MCU も含めすべてクラウドにある CMR Cloud と, WebEx 以外はユーザ側に構築する CMR Hybrid がある。保守費等を考えた場合, クラウドサービスを利用出来る方が良く, 当初我々も CMR Cloud の利用を考えていた。WebEx や MCU を利用するだけであれば CMR Cloud の機能で十分だが, 自動化をするために必要な API 等を公開して

もらえなかった。このため指定した仮想会議室の作成や MCU の制御ができず, CMR Cloud は利用できなかった。そのため残念ながら CMR Hybrid で構築することとなった。

CMR Hybrid で構築する場合, TMS で WebEx と MCU の予約をすることができる。しかしながらこの TMS は, 単一組織での利用を想定しており, MCU の仮想会議室管理だけでリソース管理機能が無い。このため我々が必要としていた, 複数組織による予約可能期間のレベル分けや, MCU の空きリソース管理等を行うためには別のシステムが必要となった。

当初 TMS の機能を内包する予約管理システムの構築を検討したが, WebEx を連携させるには証明書等の関係から TMS から予約を行うことが必須であり, 完全な置き換えはできないことが判明した。そこで, TMS の前に新しく予約管理システムを 1 段構築し, そこから TMS に対して予約を行い, 予約結果を予約管理システムに戻す形にする。リソースは予約管理システム側である程度管理する。ある程度と書いたのには理由がある。これまで我々は Polycom 社製の MCU を使ってきたが, この場合接続するテレビ会議端末の台数と利用する解像度により, 必要とするリソースをほぼ正確に計算することができた。しかしながら今回使用する Cisco 社製のものでは, 接続する端末数と解像度でリソースは計算できるが, コンテンツ画面を送信した場合にはさらに 1 リソース消費する。このため同時に複数予約が入っており, かつそれぞれでコンテンツ送信が行われるとそのコンテンツが送信された会議数だけリソースが消費されてしまう。会議が実行されないと正確な必要リソース数が計算できないのである。これまでの遠隔講義や会議での利用では, コンテンツ画面の送信を行うことが多かったため, 予約時にあらかじめコンテンツ送信用のリソースも確保しておくことにする。コンテンツを送信しない遠隔講義や会議があった場合には, リソースを使わないので無駄になってしまいが, リソース不足で使えないよりは良い。また WebEx と MCU 内の仮想会議室を接続するためには, 会議 1 つあたり端末 1 台

が接続されるのと同等のリソースを必要とするが、これも予約管理システム側で WebEx を利用する予約が入った場合にはあらかじめリソースを確保しておく。

システム構成は図 4 に示した通りであるが、連携の詳細を図 5 に示す。利用者は Web インタフェースにより予約管理サーバにアクセスし予約を行う。予約管理サーバは TMS に対して問い合わせを行い、空いている仮想会議室番号、予約に WebEx の利用があった場合には WebEx の予約情報を取得し、予約管理サーバ内に蓄積する。統合管理サーバは予約管理サーバ内の情報を定期的に監視し、予約が入っている場合には、予約時刻の数分前から各拠点のシステムを起動する命令を各拠点内のシステムコントローラに送出する。また予約時刻には、各拠点のシステムコントローラ経由でテレビ会議コーデックを制御し、MCU に対してコールをさせて目的の仮想会議室への接続を行う。

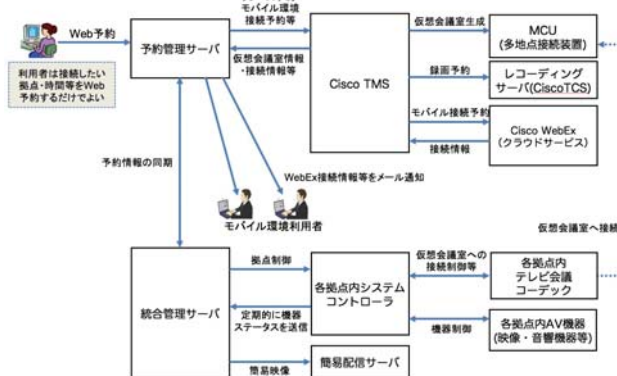


図 5 システムの自動連携

通常、WebEx は会議接続 URL, pin コード, 接続方法等について予約時の画面表示と予約時に入力したメールアドレスへのメールにて通知する。本システムの利用者はこれまでも各拠点の管理者(事務担当者)が遠隔講義・会議主催者に代わって予約をしていたこともあり、通常の WebEx の仕組みでは通知は各拠点の管理者に届くことになってしまう。また利用が多くなると届くメールも増え、どの予約に対する接続情報なのかが分からなくなってしまう。そこで予約管理サーバでは、モバイル環境の接続(WebEx)を含めた予約を行った場合には、その

予約に書かれた通知先メールアドレスに対してメールを送るだけでなく、予約管理サーバにログインすればいつでも接続情報を見ることができるようにした。予約時に通知しなかった相手に対しては、接続先情報を別途メール等で知らせれば会議に参加できるため、入試等で予約時には相手が分からない場合でも対応できる。

6 システム不具合と対策

旧システムから新システムへは当初ゆるやかな更新を考えていた。具体的には、(1) 拠点の入れ替えを順次行いつつ、全体として旧システム側の MCU 等へ接続する。(2) 新システムの予約管理サーバや MCU 等のバグ出し等を並行して行う。(3) 全拠点の機器入れ替えが終了したところで新システムの予約管理サーバや MCU 等を本格的に利用する。という手順である。しかしながら構築開始中に旧システムの MCU が故障したため、実際には(2)の手順に十分に時間をとることができなかった。旧システムの MCU はメーカーの保守期間が過ぎ、修理ができない。このため新システムのバックアップとして旧システムの MCU を利用する計画だったが、これができなくなった。

十分にバグ出しと修正期間が取れていないため、いくつかの不具合はまだ根本解決できていない。今回導入した MCU は HD20 ポートのリソースを有したボードを複数枚内蔵している。しかし別の仮想会議室に予約よりも多い接続があり、全体で仮想会議室が作成されたボードの接続上限値に達した場合、予約していても接続できないことがあった(図 6)。旧システムの Polycom 社製 MCU の場合は最初から複数ボードにわたって仮想会議室をあらかじめ作成するため、この事象は発生していなかったが(図 7)、Cisco 社製 MCU の場合はボードをできるだけまたがないように仮想会議室を作成する挙動で、かつ他ボードに自動拡張されないためこの事象が発生すると考えられる。MCU 内の仮想会議室側で接続台数を制限できれば良いが、仮想会議室を作成できるだけで、各仮想会議室に対して接続台数の上限を設定できない。このため、接続が増えるこ

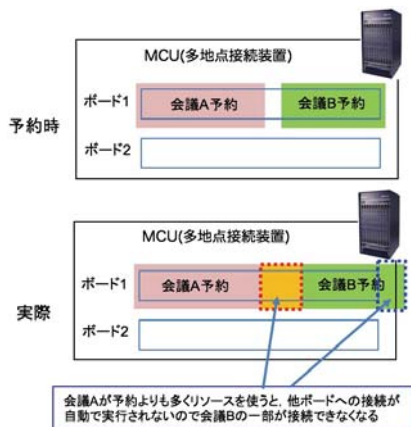


図6 新システムのMCUの挙動

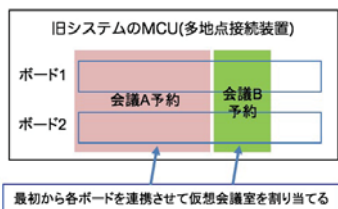


図7 旧システムのMCUの挙動

とがあらかじめ分かっている場合には、予約時にダミーの端末を多めに登録してもらいあらかじめ仮想会議室のリソースを確保しておくことで他の予約に影響が出ないようにする運用とした。

また、WebEx と MCU を接続する際にはあらかじめ接続する仮想会議室の番号を決めて TMS に登録しておく必要がある。この仮想会議室の番号は変更することができない。予約管理サーバは TMS を使って WebEx を予約する。TMS を経由する限り、予約はあらかじめ登録された仮想会議室番号の中から選択されることになる。仮想会議室の番号をいくつか登録しておいたとしても、利用が多いと登録した総数を越えることが考えられる。その場合は番号を使い回すことになる。そのため何度も会議が行われると、あらかじめ決められた仮想会議室の番号帯を推測可能となり、仮想会議室に接続をされる可能性が高くなる。仮想会議室には pin が設定可能であるため、予約時に pin を設定すれば会議への参加はある程度防ぐことができるが、pin が設定されていない場合などには、会議に勝手に参加される可能性が残る。メーカーに対しては、この仮想会議室番号をあらかじめ決めておかななくてはならない点に関し

て改善を要求しているが、早々に直る見込みはないため、現状は pin を設定して出来るだけ会議に参加されないようにすることを利用者に呼びかけている状態である。

7 システムの構築・運用

新システムの予約管理サーバ等の構築を行いつつ 2015 年末からは各拠点 (23 拠点) を旧システムから順次更新し、新システム全体としては 2016 年 2 月から運用を開始した。構築した予約管理システムの利用者側の画面を図 8 に示す。利用者は旧システムと同様に接続したい拠点と日時を Web から入力するだけである。利用者からの見た目で旧システムと異なる点は WebEx を利用する (モバイル環境からの接続を行う) のチェックボックス程度である。予約管理サーバ側で事前にリソースを計算した結果も色分けで予約一覧上に表示するようにした。リソース計算は前述の通り全ての会議でコンテンツ送信する前提である。運用を開始したところ、自動化システム以外での不具合も見受けられた。コンテンツ画面の送信に失敗する、コンテンツの映像が極端に劣化する、音声に雑音ののる、カメラの色がおかしいなどの不具合が発生しており、対処方法を検討中である。コンテンツ送信に失敗した場合には、PC 上にインストールする Polycom m100 ソフトウェアを同じ会議に参加させ、一度そこからコンテンツ送信を行うとそれ以後は問題無くコンテンツ送信が可能であることまでは判明したが、根本の原因はつかめていない。コンテンツ画面の劣化はコンテンツの入力解像度が 1366x768 の場合に発生することは確認できたが、それ以外にも原因があるかを調査している。特にコンテンツや音声に関しては、相手方の拠点にどのように伝送されているかを確認しないと分からないことが多く、不具合が発生する原因と対処方法を検討するのに時間がかかっている。

大規模な遠隔講義としては、2016 年 6 月に設置した全大学 18 校を結んで 3 日間の集中遠隔講義が行われた。前述のコンテンツ送信や音の問題が発生するなどしたが、全大学を結んでも概ね遠隔講義を無事開催することができた。各大学間での利用が 1



(a) 接続拠点・日時選択

(b) モバイル環境利用の入力欄

図8 予約管理システムの予約画面

日数コマずつ常にあるが、現在はその合間をぬって機器の調査、調整を行っている。

また、今回予算の都合上更新できなかった旧システム準拠の20数拠点(Polycom社コーデック利用)に関しては、システムコントローラのプログラムを変更するなどして、新システムへの接続を行うようにし、新システムで更新した拠点と一体運用できるようにした。

各拠点間の接続はこれまでのように頻繁に利用されているが、WebExについては利用を開始したばかりであり利用はまだ多く無いが、利用の問い合わせは増えている。想定していなかった使い方もはじめた。その中の一つが各拠点間で遠隔講義を行っている模様をWebExを使って事務室から見たいというものであった。本システムで開催される遠隔講義は他大学と行うことが多いため、遠隔講義が順調に開催できているかは事務側にとっても気がかりである。これまでの拠点となっている講義室に張り付いたり、頻繁に様子を見に行ったりしていたがこのWebExを使う事で事務室から様子が分かれば便利であるということだった。第3章で示した要望は技術的にはすべて実現できた。今後はWebExを組み合わせた使い方慣れた上で入試の面接に本格的に活用する予定としている大学がいくつかある。

8 おわりに

本論文では、モバイル環境をこれまでの遠隔講義自動化システムに統合する仕組みとその構築について述べた。このシステムは、農学系大学院である連合農学研究科を構成する全国の国立大学法人18校を結ぶ遠隔講義システムで実際に2016年2月から利用を開始している。各拠点やモバイル環境からの接続を同等に扱えるようにするため、実際に予約管理サーバを構築し、モバイル環境からの接続のための予約も拠点間の接続と同一の画面から行えるようにした。今後はモバイル環境からの利用の普及を図り、利用の増大だけでなく、面白い活用方法を探っていきたい。

参考文献

- [1] 萩原洋一, 櫻田武嗣, 川島幸之助: "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," 学術情報処理研究, ISSN 1343-2915, pp.40-48 (2009).
- [2] 櫻田武嗣, 萩原洋一: "自動化した大学間高精細遠隔講義システムの構築と5年間の運用での課題," 情報処理学会デジタルプラクティス, Vol.6, No.1, pp.61-69 (2015).
- [3] 学術情報ネットワーク SINET:
<http://www.sinet.ad.jp/>