

大学間遠隔講義システム及び遠隔講義収録・配信システムの自動制御と 制御デバイスの拡張

Development of Intelligent Intercollegiate Distance Learning Systems and an Extension of System Control Device

森下 孟†, 茅野 基‡, 鈴木 彦文*, 永井 一弥*, 新村 正明**, 矢部 正之***
Takeshi MORISHITA †, Kizuku CHINO ‡, Hikofumi SUZUKI*,
Kazuya NAGAI*, Masaaki NIIMURA**, Masayuki YABE***

morisita@shinshu-u.ac.jp, chintan@shinshu-u.ac.jp, h-suzuki@shinshu-u.ac.jp,
kznagai@shinshu-u.ac.jp, niimura@shinshu-u.ac.jp, yabe@shinshu-u.ac.jp

† 信州大学大学院総合工学系研究科
‡ 高等教育コンソーシアム信州
* 信州大学総合情報センター
** 信州大学 e-Learning センター
*** 信州大学高等教育研究センター

† Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology, Shinshu University
‡ The Consortium of Higher Education in Shinshu
* Shinshu University Integrated Intelligence Center
** Shinshu University e-Learning Center
*** Shinshu University Research Center for Higher Education

概要

本研究では、既設の大学間遠隔講義システム及び遠隔講義収録・配信システムの問題点を解決するため、「遠隔講義接続・切断の自動化」「講義コンテンツ配信の自動化」「カメラの遠隔制御」「コントロールプログラムの iPad 対応」の 4 要件を満たすシステム及び機能を構築・実装し、より効果的・効率的に通常の対面講義でのネットワーク配信を可能にすることを目的とした。本研究の結果、既設システムの問題点をそれぞれ解決・改善することができたが、講義コンテンツの自動配信では「プロキシサーバ環境下で視聴できない」、カメラの遠隔操作では「操作の煩雑さや柱の陰にいる受講生を捉えることができない」といったシステム面・運用面での新たな問題点が明らかになった。

キーワード

遠隔講義, 講義コンテンツ, 自動制御, 遠隔制御, 大学コンソーシアム

1. はじめに

文部科学省の戦略的大学連携支援事業[1]をはじめとし、地域大学間の積極的な連携が様々な方法で進められている。その1つとして、テレビ会議システム等のICT (Information and Communication Technology) 機器を活用した複数大学間での遠隔講義が挙げられる。例えば、大学コンソーシアム佐賀では、Adobe Connect Pro を利用し、ネットワークや音声・映像の遅延・切断等の大きなトラブルを発生させることなく、加盟5大学間での同期型遠隔講義を年間6科目配信している[2]。また、e-Knowledge コンソーシアム四国では、H.323 プロトコルで映像・音声等の相互配信が可能なPolycom, TANDBERG, SONY 各社製のテレビ会議システムを利用し、加盟8大学間での同期型遠隔講義を、2009年度には13科目、2010年度には3科目配信している[3]。

上述のような大学間連携組織では同期型遠隔講義を年間数科目程度配信しており、その際、システム管理者あるいは講義支援者がテレビ会議システムの接続・切断を毎回マニュアル操作していた。また、配受信大学間における時間割の違いが問題点として指摘されており、その解決策としては加盟大学間の時間割を統一した組織や、通常の対面講義は配信せず特別講義や集中講義等の比較的短期間かつ不定期な講義をテレビ会議システムによって配受信することとした組織もある。

一方、信州大学が加盟する「高等教育コンソーシアム信州」(以下、本コンソーシアム)においては、講義の共同利用を通じた長野県内高等教育の個性化と魅力ある人材育成を目指すため、通常の対面講義を積極的にネットワーク配信する必要がある。その背景には、通常の対面講義を前提とした従来の大学間単位互換制度の踏襲と大学間における物理的・地理的な障害があった。

そこで本研究では、前述の問題を解決し、通常の対面講義でのネットワーク配信を実現するため、テレビ会議システムを活用した大学間遠隔講義システムを構築した[4]。そのシステム制御には、簡便な操作性を実現するためにタッチパネルを利用し、各遠隔講義室内にあるテレビ会議システムの接続・切断やカメラの操作、プロジェクタ用スクリーン等へのPC・映像出力の切り替えをタッチ操作で行えるようにした。なお、本研究の大学間遠隔講義システムとは、各大学の遠隔講義室や遠隔会議室に講義や会議を配受信するためのシステムのことを示す。

2. 通常講義を遠隔配信する場合の問題点

信州大学においては、通常の対面講義を、ネットワークを用いて遠隔配信することを目標としている。しかしながら、先行研究[2][3]での指摘の通り、配受信大学間の時間割や学年歴の違いに起因した学生の受講に対する時間的制約が、本コンソーシアムにおいても問題となった。そこで前研究では、先の大学間遠隔講義システムの構築に続いて、同期型遠隔講義を収録・コンテンツ化し、時間割や学年歴の違いによってリアルタイムで受講できない学生が、収録された講義コンテンツを視聴して補講できるための仕組み(以下、遠隔講義収録・配信システム)を設計・構築した[5]。

2010年度前期(4月~8月)、本コンソーシアムでは11科目の同期型遠隔講義が配信された。この期間、テレビ会議システムの接続・切断は各配受信大学のシステム管理者あるいは講義支援者が毎回マニュアル操作で実施した。また、遠隔講義収録・配信システムでの収録開始・停止、及び講義コンテンツの公開作業は信州大学のシステム管理者が毎回マニュアル操作で実施した。これらの遠隔講義配受信の結果、①遠隔講義収録・配信システムの利用によりリアルタイムで受講できなかった学生へのフォローアップ、②リアルタイムで受講した学生の自発的学習につながる可能性を示唆することができた[6]。しかし、この期間の遠隔講義配受信を通して新たに次のような5つの問題点が明らかになった。

問題点1. システム操作者の拘束

テレビ会議システムの接続・切断はマニュアル操作であるため、各配受信会場のシステム管理者あるいは講義支援者は、毎日2~3回開講される各遠隔講義の開始・終了時刻前後に遠隔講義室に行かなければならない。そのため、遠隔講義がある度、彼らは時間的に拘束されてしまい、会議への参加や休み時間中の学生指導等の他の業務に支障を来すことがあった。また、彼らが学外出張等で不在の場合には、講義担当教員あるいは受講生がテレビ会議システムの操作を実施したが、操作に慣れていないため講義準備に手間取る等の問題が発生し、遠隔講義を円滑に配受信することが困難となる問題が発生した。

問題点2. 接続遅延に伴う講義時間の短縮

テレビ会議システムではコンピュータ画像を送信することが可能であるが、すべての配受信会場が接続されてから送信開始しなければ正常に送信できない問題が多々生じた。そのため、すべての配受信会場が接続されるまで講義担当教員はコンピュータ画像の送信及び講義開始を待つことになり、1会場でも接続が遅れるとその分講

義時間が短くなってしまいう問題が度々生じた。

問題点3. 講義コンテンツ公開作業の煩雑さ

すべての遠隔講義は収録・コンテンツ化され、LMS (Learning Management System) 上で公開される。しかし、収録から公開までに係る作業は信州大学のシステム管理者がすべてマニュアルにて操作しており、その作業内容は煩雑なものであった。そのため、学生が講義コンテンツを視聴できるまでには講義終了後1日程度の時間を要する問題が発生した。また、講義コンテンツの公開を忘れてしまうといった人為的なミスがあり、1週間程度講義コンテンツの公開が遅れる問題も発生した。

問題点4. 受信会場の学生把握の困難さ

受信会場にあるカメラのズーム機能によって画角が広がっており、受講生がカメラから遠く離れた場所に座っていた場合、講義担当者からは受講生が小さく見えるため、講義担当者が受信会場にいる受講生の様子や表情を覗くことは困難であった。また、接続時のカメラの画角から外れている受講生は講義担当者から見ることができないため、受講生の把握が困難であった。

問題点5. システム操作タッチパネル数の不足

各遠隔講義室にはテレビ会議システム操作のタッチパネルが1台しか設置されていない。そのため、特にTA (Teaching Assistant) 等を配置している講義 (2010年度前期では11科目中4科目) や講義以外の遠隔配信イベントにおいては、タッチパネルが講義担当教員や演者に専有されてしまうと、システム管理者やTAを含む講義支援者による遠隔配信時のカメラ操作支援が困難であった。また、講義担当教員と講義支援者との間で講義中にタッチパネルを授受する状況が生じ、その度に講義進行の妨げとなった。

そこで各テレビ会議システムに対するタッチパネルの増設を検討したが、ハードウェア自体が大変高価なものであり、予算面から容易に増設することができなかった。

3. 研究目的

本研究の目的は前章で示した5つの問題点を解決し、より効果的・効率的に通常の対面講義でのネットワーク配信を可能にすることである。これらの問題点はシステム操作の大部分がマニュアル操作であることに起因しており、すべての操作を自動化することによって大幅に改善できるものと考えられる。そこで本研究では、次の要件を満たすシステム・機能の構築・実装によってこれらの問題点を解決することを提案する (隅付括弧内は各要件に対応する前章中の問題点を示す)。

(1) 遠隔講義接続・切断の自動化【問題点1, 2】

遠隔講義の予約・スケジュールリング機能を構築し、講義開始・終了時刻にテレビ会議システムが自動的に接続・切断するシステムを開発する。これにより、接続・切断のために各配受信大学のシステム管理者あるいは講義支援者が毎回遠隔講義室に行かなくとも、予約された時間と配受信会場で遠隔講義が開始・終了できるようになる。また、時間通りに接続されるため、接続遅延に伴う講義時間の短縮も同時に防止することができる。

(2) 講義コンテンツ配信の自動化【問題点3】

遠隔講義収録システムで収録された講義コンテンツを配信サーバに自動転送するシステムを開発する。さらに本システムでは、受講生がLMS上の各遠隔講義コースにアクセスすると、配信サーバ上にある講義コンテンツの一覧が見られるように構築する。これにより、受講生は遠隔講義終了後すぐにLMS上から毎回の講義コンテンツを視聴できるようになる。

(3) カメラの遠隔制御【問題点4】

これまで各受信会場の操作は各受信会場に設置されているタッチパネルでのみ操作が可能であったが、これを配信会場のタッチパネルから各受信会場のカメラを遠隔操作できるようにシステムの実装を変更する。これにより、配信会場にいる講義担当教員は受信会場のカメラの向きを自由に操作し、ズーム機能を利用して各受信会場にいる受講生たちの様子や表情を覗くことができるようになる。

(4) コントロールプログラムのiPad対応【問題点5】

Apple社製iPadはマルチタッチ操作に対応したタブレット型コンピュータであり、比較的安価に導入することが可能である。そこで、既設タッチパネルに導入されているテレビ会議システム用コントロールプログラムをiPad上で実行する。さらに操作対象となる遠隔講義室を特定せず、コントロールプログラムが導入されたiPadをどの講義室に持ち込んでも、その講義室のテレビ会議システムが操作できるようプログラムを開発する。これにより、iPadに対応したコントロールプログラムを複数のiPadに導入・複製するだけで、容易かつ安価にタッチパネルを増設することができるようになる。

本稿では、上述の要件を満たした「遠隔講義予約システム」「カメラ遠隔制御システム」「講義コンテンツ自動配信機能」「iPad対応コントロールプログラム」の構築・実装について述べる。

4. 既設システムの概要

第1章及び第2章で述べた通り、これまでに、通常の

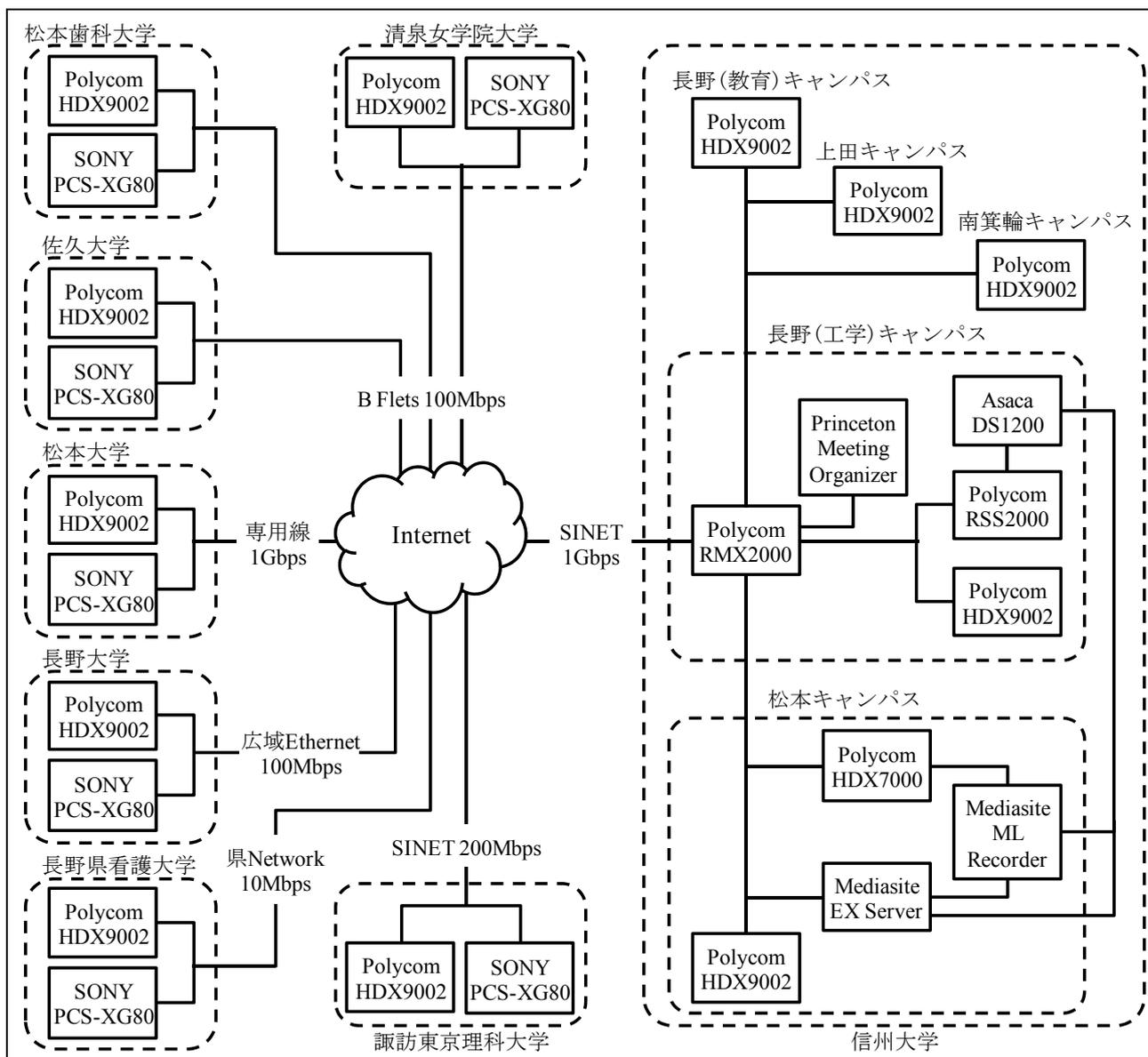


図1 大学間遠隔講義システムの概要 (2010年度末時点)

対面講義をネットワーク配信するための「大学間遠隔講義システム」と、同期型遠隔講義を収録・配信するための「遠隔講義収録・配信システム」を構築してきた[4][5].

4.1. 大学間遠隔講義システム

各大学には、HD (High Definition) 画質の映像・音声及びコンピュータ画像が一般のインターネット光回線等を利用して配信可能なテレビ会議システムを設置した。テレビ会議システムは各大学2台ずつあり、遠隔講義室にはPolycom社製HDX9002を、遠隔会議室にはSONY社製PCS-XG80を設置した(図1).

各遠隔講義室には、講義担当教員等が比較的容易に遠隔講義を実施できるようにするため、タッチパネルが1台設置されており、専用無線LANアクセスポイントを

経由してテレビ会議システムを操作できるようにした[4]. ただし、このタッチパネルに導入されたコントロールプログラムはPolycom社製テレビ会議システムに対応したものであるため、遠隔会議室には設置されていない。

また、複数の遠隔講義室あるいは遠隔会議室が同時に講義あるいは会議に参加できるようにするため、信州大学内既設の多地点接続装置 (Multi-point Control Unit ; 以下, MCU) : Polycom社製RMX2000を利用した。

4.2. 遠隔講義収録・配信システム

すべての遠隔講義では、信州大学内に設置されたPolycom社製HDX7000を通じ、遠隔講義収録システム: Mediasite社製ML Recorder (以下, Mediasite Recorder) にてコンテンツ化できるようにした。また、収録された

講義コンテンツは配信サーバ：Mediasite 社製 EX Server (以下、Mediasite EX Server) にアップロードされ、LMS を介して当該遠隔講義の受講生のみ公開されるようにした[5]。なお、Mediasite Recorder 及び Mediasite EX Server 内の HDD (Hard Disk Drive) 空き容量を確保するため、経年化した講義コンテンツをコンテンツ蓄積サーバ：Asaca 社製 DS1200 に定期的に転送し、その後両システム上から削除することにした。

一方、Mediasite Recorder にて遠隔講義が収録できなかった場合に備え、既設テレビ会議レコーダ：Polycom 社製 RSS2000 を利用し、すべての遠隔講義を録画した。このテレビ会議レコーダについても、HDD 空き容量を確保するため、経年化した録画コンテンツをコンテンツ蓄積サーバに定期的に転送し、その後テレビ会議レコーダ上から削除することにした。

4.3. 2010 年度前期遠隔講義の実施方法と問題点

2010 年度前期は信州大学を含む 6 大学から 11 科目の遠隔講義が毎週配信され、全 8 大学 100 名の受講生 (うち、45 名は聴講・市民受講生) が遠隔地の会場から参加した。遠隔講義の配信曜日及び時限は表 1 の通りであり、毎日 2~3 科目が配信された (表中の“✓”は遠隔講義配信があったことを示す)。

各遠隔講義実施における大学間遠隔講義システム及び遠隔講義収録・配信システムの運用方法は表 2 の通りで

表 1 2010 年度前期遠隔講義配信スケジュール

	月曜	火曜	水曜	木曜	金曜
1 限	✓			✓	
2 限		✓	✓	✓	✓
3 限		✓			
4 限					
5 限	✓		✓	✓	✓

あった。表 2 のような運用を行った結果、すべての配受信会場が接続完了するまでに最大 5 分程度の時間を要してしまい、時間通りに講義を開始できないことが平均 1 割 (週 1 回) 程度あった。また、すべてのシステム操作をマニュアルで行ったため、MCU の接続先 IP アドレスや会議室番号を間違えて入力してしまったり、テレビ会議レコーダや Mediasite Recorder での収録開始を忘れていたりといったミスオペレーションが平均 1 割 (週 1 回) 程度あり、遠隔講義実施や講義コンテンツ提供に大きな支障を来していた。

5. 遠隔講義接続とコンテンツ配信の自動制御

4.3. の遠隔講義実施から明らかになった問題点を解消するため、第 3 章で述べた要件 (1), (2) を満たす「遠隔講義予約システム」を構築し、テレビ会議システムの

表 2 2010 年度前期遠隔講義の実施方法

時間	各大学講義支援者	信州大学システム管理者
5 分前	<ul style="list-style-type: none"> テレビ会議システムの起動 	<ul style="list-style-type: none"> Polycom HDX7000 の起動 遠隔講義収録システムの起動 テレビ会議レコーダの Web コントローラーにアクセス
2 分前	<ul style="list-style-type: none"> あらかじめ指定された MCU の会議室番号に接続 	<ul style="list-style-type: none"> あらかじめ指定された MCU の会議室番号に Polycom HDX7000 を接続
講義開始時刻		<ul style="list-style-type: none"> テレビ会議レコーダによる収録を開始 遠隔講義収録システムによる収録を開始
講義実施		
講義終了時刻	<ul style="list-style-type: none"> テレビ会議システムの切断 テレビ会議システムの終了 	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔講義収録システムによる収録を停止 テレビ会議レコーダによる収録を停止 Polycom HDX7000 の切断
講義終了後		<ul style="list-style-type: none"> 講義コンテンツの配信サーバへの転送 講義コンテンツ配信サーバ内の各講義コンテンツへのリンクを LMS 内の各講義コースに貼り付け

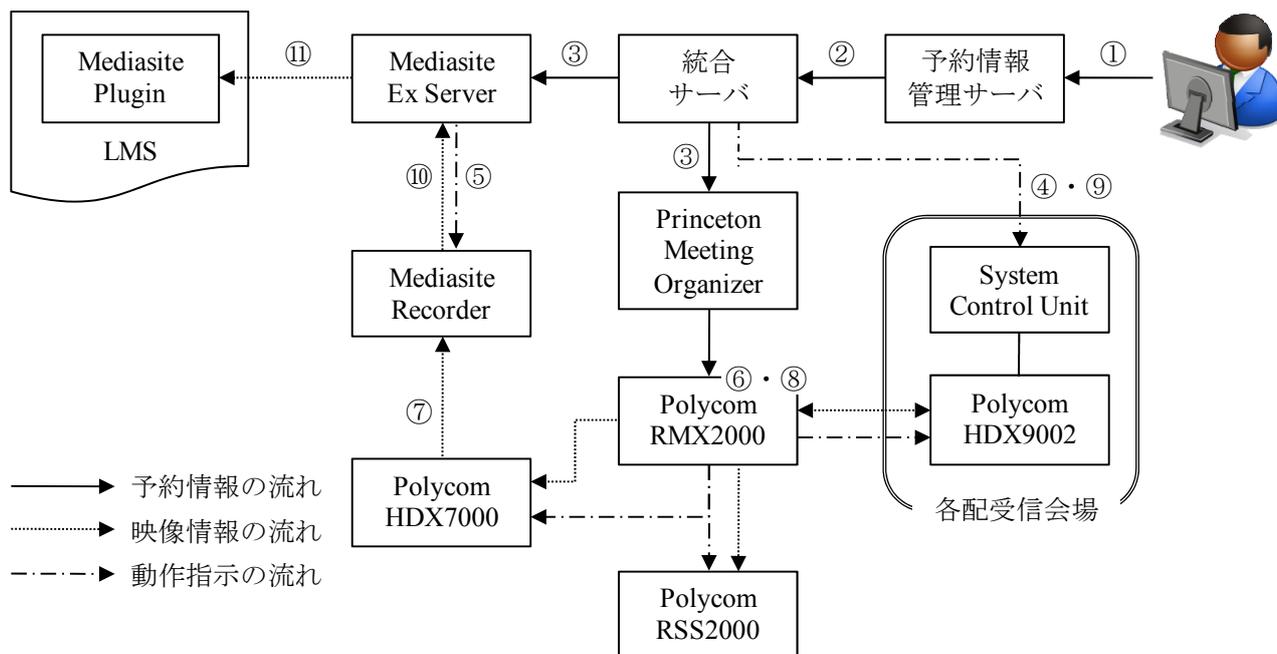


図2 遠隔講義予約システムの概要

起動・終了及び接続・切断と講義コンテンツの収録・配信に係るすべての作業を自動化することにした。

5.1. 遠隔講義予約システム

遠隔講義予約システムは第3章で述べた要件(1),(2)を満たし、テレビ会議システムの起動・終了及び接続・切断と遠隔講義収録・配信システムの収録開始・終了を予約・スケジュール管理、自動制御するための仕組みである。このシステムの主な構成は次の通りである。

予約情報管理サーバ: 本コンソーシアム事務局員が入力した遠隔講義開始・終了時刻や講義コード、配受信会場等をもとに予約情報を生成・管理する。

統合サーバ: テレビ会議システム接続に関する情報を会議マネージメント&スケジューリングシステムである Princeton 社製 Meeting Organizer (以下、Princeton Meeting Organizer) に、講義コンテンツの収録に関する情報を Mediasite EX Server に、機器の起動・終了情報を各配受信会場にある System Control Unit にそれぞれ送信する。

Princeton Meeting Organizer: 各配受信会場にあるテレビ会議システムとの接続・切断を、予約情報に従って MCU に指示する。

遠隔講義予約システムにおける動作の流れは次の通りである(図2)。なお、図2中の実線矢印は予約情報の流れ、点線矢印は映像や音声、コンピュータ画像情報の流れ、長鎖線矢印は起動・終了や接続・切断、あるいは収録開始・終了等の機器動作に関する指示の流れを表して

いる。さらに、図中の丸付数字は本文に対応している。

- ① 当該遠隔講義の前日までに、当該講義の開始・終了時刻、配受信会場等の情報を予約情報管理システムに入力する。なお、予約日時は定期(毎週・毎月)指定することができるため、前・後期の始めに当該講義のすべての日時を予約しておくことで毎回の入力の手間を省くことができる。
- ② 予約開始時刻15分前に、予約情報管理システムから統合サーバに予約情報が送られる。
- ③ 統合サーバから Mediasite EX Server 及び Princeton Meeting Organizer にそれぞれ予約情報が送られる。
- ④ 予約開始時刻3分前に、統合サーバから各配受信会場の System Control Unit を経由してテレビ会議システムに起動指示が送られる。
- ⑤ Mediasite EX Server から Mediasite Recorder に対して、予約情報及びアップロード先となる Mediasite EX Server 上の講義フォルダ情報とともに、予約開始時刻に収録を開始するよう指示が送られる。
- ⑥ 予約開始時刻になると、Princeton Meeting Organizer から MCU に配受信会場の情報が送られる。その情報に基づき、MCU は各配受信会場のテレビ会議システム及びテレビ会議レコーダを呼び出し、MCU に接続させる。また、テレビ会議レコーダは、MCU への接続が完了すると自動的に録画を開始する。万が一、ある配受信会場のテレビ会議システムが接続できなかった場合は、そのシステムに対して自動的に再接続を試みる。
- ⑦ MCU から送られた映像・音声及びコンピュータ

画像は Polycom 社製 HDX7000 を経由して Mediasite Recorder に送られ、オンタイムでコンテンツ化される。

- ⑧ 予約終了時刻 1 分前に、MCU は各配信会場との接続を切断する。切断前であれば、コントロールプログラム上に用意された[予約延長]キーから予約終了時刻を 10 分単位で延長することができる。ただし、[予約延長]キーを操作しても Mediasite Recorder の収録時間は延長されない。
- ⑨ 予約終了時刻になると、統合サーバから各配信会場の System Control Unit にシステム終了指示が送られ、各テレビ会議システムはスタンバイモードに移行する。
- ⑩ Mediasite Recorder は⑤の講義フォルダ情報に基づき、収録した講義コンテンツを Mediasite EX Server 上の講義フォルダにアップロードする。
- ⑪ 受講生は LMS にインストールされた Mediasite Plugin を通して、Mediasite EX Server 上の講義コンテンツを視聴する。

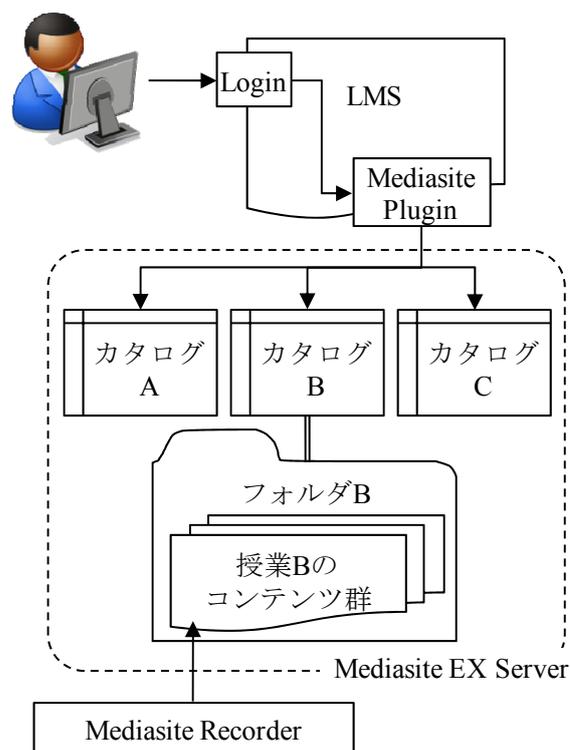


図3 講義コンテンツ自動配信機能の概要

5.2. 講義コンテンツ自動配信機能

遠隔講義予約システムの利用により Mediasite Recorder で収録された講義コンテンツは、自動的に Mediasite EX Server 上の講義フォルダにアップロードされる。この講義フォルダにアップロードされた講義コンテンツ群を公開する場合には、講義フォルダごとに「カタログ」と呼ばれるオンラインコレクションを作成する。カタログでは任意の講義フォルダから選ばれた複数の講義コンテンツをグループ化し、講義の詳細とリンクを一覧表示させることができる。また、講義コンテンツの検索・ソート機能を有しており、講義コンテンツを検索し、結果を絞り込んだり、並び替えたりすることもできる。

一方、Sonic Foundry, Inc.では、Blackboard や Moodle, Sakai 等の LMS から Mediasite EX Server 上にある講義コンテンツあるいはカタログの参照を可能とする Mediasite Plugin を無料配布している[7]。Mediasite Plugin を利用することにより、LMS にログインしている講義担当教員及び受講生は、新たなログイン認証操作をせずに、Mediasite EX Server 上にある特定の講義コンテンツあるいはカタログを参照できるようになる。そこで、本研究では要件 (2) を満たすべく Mediasite Plugin を LMS に導入し、講義コンテンツ自動配信機能を構築した (図3)。

5.2.1. 機能運用に係る準備

講義コンテンツ自動配信機能の運用には各遠隔講義の初回講義時に準備が必要であり、その手順は次の通りで

ある。なお、本研究の LMS には Moodle を使用した。また、LMS には Mediasite EX Server の管理者アカウントと同一のユーザ ID 及びパスワードを持つアカウント (以下、接続用アカウント) を予め作成する必要がある。

- (1) 各遠隔講義の初回講義終了後、Mediasite EX Server 上に当該講義用のカタログを作成し、当該講義フォルダを参照するように設定する。
- (2) 接続用アカウントで LMS にログインする。
- (3) LMS 上の当該講義コースに「Mediasite コンテンツ」を追加する。Mediasite コンテンツは LMS に Mediasite Plugin をインストールすることによって LMS 上に追加されるコンテンツである。
- (4) Mediasite コンテンツのタイトル名とリソース ID を設定する (図4)。リソース ID とは、Mediasite EX Server 上の各講義コンテンツが持つ固有 ID である。なお、リソース ID は図中の [Mediasite コンテンツを検索] から検索・指定することができる。

以上の準備が完了すると、Mediasite Recorder で収録された講義コンテンツは図 2⑩のフローにより Mediasite EX Server 上の講義フォルダに自動的にアップロードされ、⑪のフローにより LMS 上の当該講義コースにある Mediasite コンテンツを通して公開されるようになる。これにより、受講生は講義終了直後から LMS 上の Mediasite コンテンツから講義当日の講義コンテンツを視聴することができるようになった。



図4 Mediasite コンテンツの追加画面例



図5 Mediasite コンテンツのプラグイン設定画面

5.2.2. LMS-Mediasite EX Server 間の認証

受講生は自身が履修している科目の講義コンテンツを利用できなければならないが、講義コンテンツを管理する Mediasite EX Server にはアクセス権を設定する機能がない。そのため、受講生が LMS にログインする操作のみで Mediasite EX Server に適切にアクセスすることができるようシステムを構成した。図3で示すように受講生は LMS にログインし、履修している科目の講義コンテンツにアクセスする。そして、講義コンテンツにアクセスする場合、LMS 内の Mediasite Plugin を通じて Mediasite EX Server 上の適切な講義コンテンツにアクセスする。これによりアクセス権を設定できない Mediasite EX Server にて適切なアクセス制御が可能となる。

Mediasite Plugin では、LMS 上のプラグイン設定フィールドにおいて、接続先となる Mediasite EX Server の URL と Mediasite EX Server の管理者アカウントを設定している(図5)。受講生が LMS 上の Mediasite コンテンツにアクセスすると、これらの設定に基づき LMS-Mediasite EX Server 間の接続認証がなされる。LMS-Mediasite EX Server 間の認証が完了すると、Mediasite EX Server はユーザに対して認証チケットを発行する。認証チケットには LMS ログイン時の「ユーザ名」「IP アドレス」、Mediasite コン

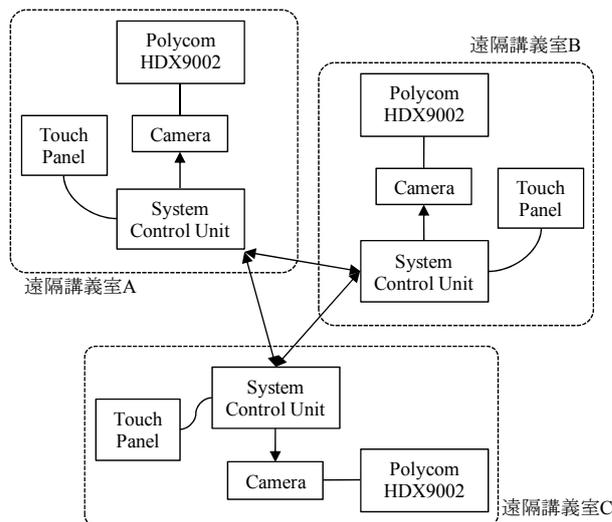


図6 カメラ遠隔制御システムの概要

テンツの「リソース ID」「接続開始時刻」「接続用アカウント」情報が格納される。従って、認証チケットの有効時間(本研究では480分に設定)内であり、かつ認証チケットの格納情報が一致している限りにおいては、再認証を必要とせずに LMS 上の Mediasite コンテンツから Mediasite EX Server にアクセスすることができる。

6. 制御デバイスの拡張

6.1. カメラ遠隔制御システム

第3章で述べた要件(3)を満たし、配信会場にいる講義担当教員が各受信会場の受講生の様子や表情を自由に把握できるようにするため、カメラ遠隔制御システムを構築した。このシステムでは、各配信会場に設置された System Control Unit 間のカメラ制御信号の送受信によって、配信会場から受信会場のカメラ向きの上下左右移動、ズーム操作、受信会場内前後に設置されたカメラの送出切替ができるようにしている(図6)。なお、図6中の実線矢印はカメラ制御信号の向きを示している。

System Control Unit の制御は、配信会場の講義担当教員等がタッチパネルを使用して行う。図7は実際のタッチパネル画面例であるが、画面左下にある[カメラ制御] ボタンをタッチし、操作する対象(自局カメラか遠隔カメラか)を選択する仕組みになっている。ここで[遠隔カメラ]を選択すると、図8のようなカメラの遠隔制御画面が表示される。

カメラの遠隔制御をするには、まず“拠点選択”一覧から操作したい受信会場を選択する。続いて“カメラ制御”から受信会場の前後どちらのカメラを操作するかを選択する。その後、MCU から送られてくる受信会場の



図7 タッチパネル画面例 (“カメラ制御” 選択時)



図9 コントロールプログラム切替画面



図8 カメラの遠隔制御画面例

映像を見ながら画面中央の上下左右ボタン及び[ZOOM]ボタンをタッチしてカメラを遠隔操作する。なお、映像送出するカメラを切り替えたい場合は、画面右側にある“カメラ切替”にて映像送出したいカメラを選択する。

6.2. コントロールプログラムの iPad 対応

iPad は Apple 社から販売されているマルチタッチ操作可能なタブレット型コンピュータである。ディスプレイサイズは 9.7 インチであり、既設タッチパネルの大きさと大きく変わらない。そのため、従来の操作性を損ねない上、薄く軽量の iPad であれば会場内の様々な場所で利用が可能であり利便性が向上する。また、既設タッチパネルでは専用無線 LAN アクセスポイントを経由してテレビ会議システムを操作しているが、iPad にも Wi-Fi 機能が搭載されており、既設タッチパネルと同様に無線 LAN 通信でテレビ会議システムを操作できると考えられた。そこで第 3 章で述べた要件 (4) を満たし各講義室のタッチパネルをより安価に増設するため、既存コント

ロールプログラムを iPad 上でも実行できるようにした。

6.2.1. iPad 専用デバイスアプリケーションの導入

既設タッチパネルは AMX 社製のものを使用しており、既存コントロールプログラムは AMX 社製タッチパネル専用のデバイスアプリケーション上で動作していた。そのため、既存コントロールプログラムを iPad 上で実行するためには、iPad 専用のデバイスアプリケーションを導入する必要があった。

そこで、本研究では AMX 社製アップルデバイスアプリケーション「TPControl」(TPC-IPA) を iPad に導入することにした[8]。既設タッチパネルと同じメーカーから提供されているデバイスアプリケーションであったため、iPad に AMX 社製 TPControl を導入し、TPControl 上で既存コントロールプログラムを実行させることは比較的スムーズに実現できた。

6.2.2. コントロールプログラムの切り替え機能

遠隔講義室の機器環境は加盟大学ごとに大きく異なっている。また、既設タッチパネルは遠隔講義室間の持ち運びを想定していなかったため、各講義室の機器環境のみに対応した専用コントロールプログラムを導入していた。しかし本研究では、第 3 章で述べた要件 (4) の通り、同一の iPad 対応コントロールプログラムを複数の iPad に複製するだけで加盟大学のどの遠隔講義室のテレビ会議システムでも操作できるようにすることを要件としており、各講義室のコントロールプログラムを 1 つに集約し、対象の講義室にあわせてコントロールプログラムを切り替えられる仕組みが必要であった。

そこで、コントロールプログラムの iPad 対応にあたってはコントロールプログラム切替機能を実装し、対象の遠隔講義室の機器環境に応じてコントロールプログラムをユーザが選べるようにした (図 9)。ただし、コントロ

ールプログラムを切り替え、対象のテレビ会議システムを操作するためには、①TPControl上で対象のテレビ会議システムのIPアドレスを設定する、②対象のテレビ会議システムのタッチパネル操作専用無線LANアクセスポイントにネットワーク接続する必要があった。

7. 運用と評価

第3章で述べた4つの要件を満たしたシステム及び機能を構築・実装し、2010年度後期（9月～2月）から実運用を開始した。2010年度後期は3大学12科目の遠隔講義が配信され、全8大学59名の受講生（うち、聴講・市民受講生は9名）が遠隔地の会場から参加した。遠隔講義の配信曜日及び時限は表3の通りで、2010年度前期同様に毎日2～3科目が配信された（表中の“✓”は遠隔講義配信があったことを示す）。

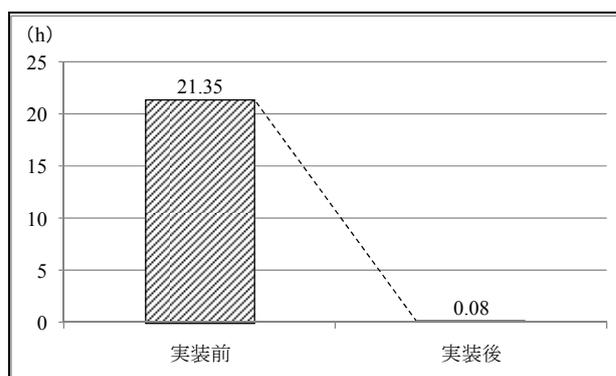
表3 2010年度後期遠隔講義配信スケジュール

	月曜	火曜	水曜	木曜	金曜
1限		✓	✓	✓	
2限	✓		✓		✓
3限		✓	✓	✓	
4限					
5限	✓				✓

7.1. 遠隔講義予約システム

遠隔講義予約システムは第3章で述べた要件(1)を満たし、テレビ会議システムの起動・終了及び接続・切断に係る操作をすべて自動化させることができた。これにより、表2のようなマニュアル操作はすべて不要となり、配受信会場のシステム管理者あるいは講義支援者が毎回の講義開始・終了時刻に遠隔講義室に行く必要がなくなった。そして、講義担当教員や受講生のみで遠隔講義の開始・終了が時間通りに行えるようになった。また、すべての配受信会場のテレビ会議システムが時間通りにMCUに接続できるようになり、講義開始時刻が遅れることもなくなった。そのため、平均1割（週1回）程度生じていたテレビ会議システムの接続遅延に起因した講義時間の短縮は、遠隔講義予約システムの構築後には全く起こらなくなった。

以上のことから、遠隔講義予約システムの構築によって、第2章で述べた「問題点1. システム操作者の拘束」「問題点2. 接続遅延に伴う講義時間の短縮」は解決されたといえる。



※ 実装前の値は2010年度前期中の各講義コンテンツを公開するまでに要した平均時間（単位：時間）を示す。ただし、2010年4月は履修登録期間中につきLMSへのアクセス制限をせず講義コンテンツを公開していなかったため、2010年5月から8月までに公開されたコンテンツを算出の対象とした（N=108, SD=25.24）。

※ 実装後（2010年度後期）の値は、公開時刻を記録することができなかったため、ある1週間中の各講義コンテンツを公開するまでに要した時間を実測し、そのうちの最大時間（単位：時間）とした。

図10 授業コンテンツ公開までに要した時間

しかし運用を続けるなかで、講義担当教員らから「講義終了時刻ちょうどにテレビ会議システムが切断されてしまうと、講義終了後に教員と受講生との質疑応答ができない」「チャイムと同時に切断されてしまうと講義終了のタイミングがわからず、中途半端に終わってしまう」といった意見が寄せられ、テレビ会議システムの切断タイミングに関して新たな問題点が明らかになった。システム上では予約終了時刻5分前になると終了時刻間際であることを伝えるアナウンスが入るが、話をしていると聞き取りにくく、常に時計を確認していない限り講義終了時刻が近付いていることを把握することは難しかった。

そこで、遠隔講義予約システムの運用方法を一部変更し、予約終了時刻を講義終了時刻の5分後に設定することにした（例えば、講義終了時刻が10時30分の場合は予約終了時刻を10時35分とした）。これにより、通常の対面講義と同様にチャイムを聞いて講義を終了することができるようになり、さらに講義終了後でも配信会場にいる講義担当教員と受信会場にいる受講生との同期的な質疑応答ができるようになった。

7.2. 講義コンテンツ自動配信機能

LMS上に実装された講義コンテンツ自動配信機能は第3章で述べた要件(2)を満たし、Mediasite Recorderで収録された講義コンテンツが、LMS上の講義コースからMediasite EX Serverを通して自動的に公開されるようにした。本機能の実装前における講義コンテンツの収録・公開作業はすべてマニュアル操作であり、そのため

公開までに1日程度の時間を要していたが、本機能の実装によりすべての作業は自動化され、受講生は講義終了直後から講義コンテンツを視聴できるようになった(図10)。従って、第2章で述べた「問題点3. 講義コンテンツ公開作業の煩雑さ」は解決されたといえる。

しかし実際の運用を通じて、プロキシサーバを経由するネットワーク環境下では講義コンテンツを視聴できないことが明らかになった。その原因は、プロキシサーバを経由する際にIPアドレスが変わってしまうことにあり、発行された認証チケットの格納情報と一致なくなってしまうことにあった。本研究の運用では、プロキシサーバを経由するネットワーク環境を持った加盟大学が1校あったが、現在はMediasite EX Serverに接続する場合に限り当該プロキシサーバを経由しないように設定を変更している。

7.3. カメラ遠隔制御システム

カメラ遠隔制御システムは第3章で述べた要件(3)を満たし、配信会場にいる講義担当教員によって各受信会場のカメラを遠隔操作できるようにした。これにより、配信会場から受信会場のカメラ向きの上下左右移動、ズームアップができるようになり、カメラから離れたところに座っている受講生の様子や表情等を把握することができるようになった。

しかし、受信会場数が比較的多い遠隔講義の場合では、講義担当教員が各受信会場のカメラを遠隔操作して受講生を捉えるにはかなりの時間を要していた。また、時間割の都合等で遅刻してきた受講生にあわせ講義中に受信会場のカメラを再度遠隔操作することは、講義を一時中断させる必要があるため非常に困難であった。このため、一部の遠隔講義では講義支援者が講義開始時に受信会場のカメラを遠隔操作していた様子が見られた。その結果、「問題点1. システム操作者の拘束」を解決した遠隔講義予約システムの意義に齟齬を来してしまった。この点については、講義担当教員や講義支援者らから「カメラの自動追尾システムを導入して欲しい」という要望があり、システム改善の余地が認められた。

一方、毎回の遠隔講義において「受信会場内の柱の陰に隠れて受講している受講生がおり、カメラに映らない」といった意見があった。各受信会場のカメラは固定されているため画角は限られてしまい、柱の陰等にいる受講生を捉えることは物理的に困難である。従って、カメラの遠隔操作のみではなく、受講生がカメラの画角内に座るよう指導することが必要であると考えられた。

以上のことから、カメラ遠隔制御システムの構築によって、受信会場数が少なくカメラの画角内に受講生が集

まっている場合に限り、第2章で述べた「問題点4. 受信会場の学生把握の困難さ」は解決できたといえる。しかし、それ以外の場合にはカメラの操作性やカメラが捉えられる画角の限界からシステム面、運用面で改善の余地があるものと考えられる。

7.4. コントロールプログラムのiPad対応

AMX社製TPControl及びコントロールプログラム切替機能は第3章で述べた要件(4)を満たし、iPadを用いた各遠隔講義室のテレビ会議システムの操作とiPad対応したコントロールプログラムの複製によるタッチパネルの増設を可能にした。これにより、AMX社製タッチパネルを導入するよりも比較的安価に、そして容易にタッチパネルを増設することができるようになった。さらに、各遠隔講義室でタッチパネルを特定させる必要がなくなり、1台のiPadを持ち運ぶことでどの遠隔講義室のテレビ会議システムでも操作できるようになった。

以上のことから、コントロールプログラムのiPad対応によって、第2章で述べた「問題点5. システム操作用タッチパネルの不足」は、従来に比べて比較的容易かつ安価に解決できるようになったといえる。

なお、遠隔講義時のiPad利用に際しては、複数のタッチパネル操作により講義進行時の操作がバッティングを起こしてしまうことが懸念されていた。しかし、実際には講義支援者が講義担当者の様子を見ながら操作したため、バッティングしてしまうことはなく、スムーズな操作が行われた。

8. まとめ

本研究では、2010年度前期遠隔講義を通して明らかになった5つの問題点を解決するため、「遠隔講義接続・切断の自動化」「講義コンテンツ配信の自動化」「カメラの遠隔制御」「コントロールプログラムのiPad対応」の4つの要件を満たすシステム及び機能を構築・実装し、より効果的・効率的に通常の対面講義でのネットワーク配信を可能にすることを目的とした。

それぞれの要件を満たす「遠隔講義予約システム」「講義コンテンツ自動配信機能」「カメラ遠隔制御システム」「iPad対応コントロールプログラム」を構築・実装した結果、遠隔講義の自動接続・切断が可能となり、「問題点1. システム操作者の拘束」「問題点2. 接続遅延に伴う講義時間の短縮」を解決することができた。また、コントロールプログラムのiPadへの導入及びiPadを用いたテレビ会議システムの操作が可能になり、「問題点5. シ

システム操作用タッチパネルの不足」に対しては比較的容易かつ安価にタッチパネルの増設ができるようになった。さらにコントロールプログラム切替機能の付与により、タッチパネル (iPad) を各遠隔講義室間で持ち運び、各講義室のテレビ会議システムを操作することができるようになった。

「問題点 3. 講義コンテンツ公開作業の煩雑さ」については、講義コンテンツ配信の自動化を通して受講生が講義終了直後すぐに講義コンテンツを視聴できるようになり、大きく改善することができた。しかしプロキシサーバを経由したネットワーク環境下では LMS-Mediasite EX Server 間の認証時にエラーが発生し、講義コンテンツが視聴できないという問題が明らかになった。また「問題点 4. 受信会場の学生把握の困難さ」については、配信会場から受信会場のカメラを遠隔操作することを通して、受信会場数が少なくカメラの画角内に受講生が集まっている場合に限り解決することができた。しかし、カメラの遠隔操作の煩雑さや柱の陰にいる受講生を捉えることができないといった新たな問題から、操作性やカメラの画角といったシステム面、着席位置に関する受講生への指導といった運用面から改善の余地が認められた。

本研究における今後の課題は、2010 年度後期の運用を通して明らかになった新たな問題点の解決を図り、遠隔講義における利便性をより向上させることである。

謝辞

本研究は平成 20 年度戦略的大学連携支援事業「大学間地域ネットワーク構築による高等教育の質保証と人材育成の実質化」により実施しました。また、本研究にご協力いただきました株式会社映像センター様、メディアサイト株式会社様、株式会社ディライトテクノロジー様、NEC ネットエスアイ株式会社様、そして「高等教育コンソーシアム信州」関係各位に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 文部科学省, “大学教育充実のための戦略的大学連携支援プログラム”, http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/senryaku2.htm, 2008
- [2] 米満潔, 古賀崇朗, 藤井俊子, 永溪晃二, 梅崎卓哉, 大谷誠, 高崎光浩, 岡崎泰久, 角和博, 中村隆敏, 穂屋下茂, 近藤弘樹, “多大学間での同期型遠隔授業の実践～大学コンソーシアム佐賀での取り組み～”, 大学教育年報, 6, pp.66-79, 2010
- [3] 鈴木正信, 林敏浩, “e-Learning による四国の大学連携”, 教育システム情報学会研究報告, 25, 3, pp.39-42, 2010
- [4] 森下孟, 茅野基, 鈴木彦文, 永井一弥, 新村正明, 矢部正之, “高等教育コンソーシアム信州における大学間遠隔講義システムを活用した遠隔講義「K³茶論」の実践”, 学術情報処理研究, 14, pp.105-116, 2010
- [5] 茅野基, 森下孟, 鈴木彦文, 永井一弥, 新村正明, 矢部正之, “長野県内 8 大学を結ぶ遠隔講義システムを用いたコンテンツ配信の設計”, 電子情報通信学会技術研究報告, 109, 453, pp.53-58, 2010
- [6] 森下孟, 新村正明, 茅野基, 鈴木彦文, 永井一弥, 矢部正之, “大学間遠隔講義を支援するための講義ビデオの活用”, 日本教育工学会第 26 回全国大会講演論文集, pp.937-938, 2010
- [7] Sonic Foundry, Inc., “Work with your current systems? Absolutely”, <http://www.sonicfoundry.com/mediasite/integration/>, 2009
- [8] Electori Co., LTD., “スマートフォンから AMX システムをコントロールするアイデア”, http://amxjp.net/amxpro/comparing_apples.html, 2010