

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

長谷川 忍・但馬 陽一・二ツ寺 政友・安藤 敏也

北陸先端科学技術大学院大学では、東京サテライトキャンパスを拠点とする社会人教育及び、コンソーシアム型大学間連携を実現する北陸地区国立大学連合において、全学を横断した機能組織である遠隔教育研究センターが中心となって様々なタイプの同期型遠隔講義環境の試行を実施している。大学院レベルの教育を通じた社会貢献を目指す本学にとっては、遠隔教育プログラムの実施にあたっては、講義条件に応じた質の高い教育を体系的に実践していくことが求められている。本稿では、遠隔教育研究センターがサポートした遠隔教育、特に2005年に実施した最新の同期型遠隔講義の実践事例に基づき、多様な講義条件に応じた遠隔講義環境のあり方、特に大学院教育に適したリアルタイム性、信頼性、安定性を実現し、多様な講義スタイルに対応するための遠隔講義環境の構成について議論する。

キーワード

同期型遠隔講義環境、社会人教育、コンソーシアム型大学間連携、サテライトキャンパス、北陸地区国立大学連合

1. 背景

北陸先端科学技術大学院大学（以下、JAIST）は、建学以来、科学技術分野で世界最高水準の研究と教育を行うことを目的とした体系的カリキュラムを構築し、石川県の旭台キャンパスを拠点とする三研究科（知識科学研究科、情報科学研究科、材料科学研究科）を中心とした大学院教育を充実させてきた。さらに近年、従来の活動と並行して、社会人教育及びコンソーシアム型大学間連携等への取り組みを推進している。

社会人教育の充実に向けては、東京にサテライトキャンパスを開設し、本学の地理的条件を克服するとともに、社会的貢献をより積極的に推進していくことを目標としている。既に、2003年10月から東京八重洲サテライトキャンパス（以下、八重洲キャンパス）において技術経営（MOT：Management Of Technology）コースを、2005年10月から東京田町サテライトキャンパス（以下、田町キャンパス）において組込みシステムコースを開講している。

一方、コンソーシアム型大学間連携に関しては、情報科学研究科において2002年度より国立情報学研究所、情報通信研究機構、産業技術総合研究所との間で教育研究交流プログラムJJREX（JAIST Joint Research and Education eXchange Program）が実施されている。これは、

教育研究の双方で緊密に連携することによって、学生を含めた研究者間のより一層の交流を推進しようとするものである。加えて、北陸地区において歴史的・地理的に深い結びつきを持つ国立大学が、それぞれの独自性を維持しながら連携・協力し、教育研究活動の活性化を図ることを目的とした北陸地区国立大学連合に参画し、単位互換を始めとする様々な活動を進めている。

これら一連の教育の充実・展開においては必然的に遠隔教育への取り組みが必要となる。本学では遠隔教育の実施にあたって、全学を横断した機能組織である遠隔教育研究センターを設置しており、遠隔教育の企画・研究・開発・運用について各研究科や学内共同教育研究施設、事務部門等の全学関連部門と連携した実施体制を採っている。大学院レベルの教育を通じた社会貢献を目指す本学にとっては、遠隔教育プログラムの実施にあたっては、様々な講義の条件に適応した質の高い教育を体系的に実践していくことが要求される。本稿では、遠隔教育研究センターがサポートした遠隔教育、特に2005年に実施した同期型遠隔講義の実践事例に基づき、多様な講義条件に応じた遠隔講義環境のあり方について議論する。

2. 遠隔教育の分類

遠隔教育には様々な形態が存在するが、遠隔教育研究センターが本学において現在対象としている遠隔教育のパターンを図1に示す。ここでは縦軸に同期・非同期という講義を受講する時間に関する軸、横軸に集合教育・

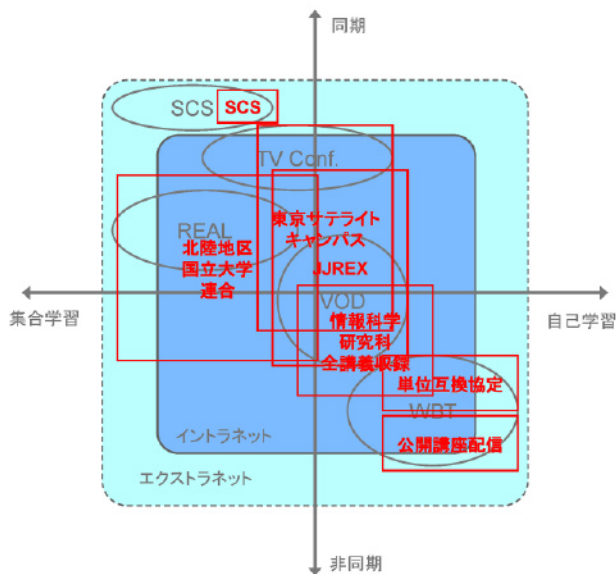


図1 JAISTにおける遠隔教育パターン

自己学習という講義を受講する場所に関する軸を設定し、典型的な遠隔教育の形態を楕円形で、本学における実践事例を四角形でマッピングしている。以下に遠隔教育の形態及び本学における実践事例について概説する。

2.1 遠隔教育の形態

SCS : Space Collaboration System

衛星通信を利用し、講義・講演を広範囲に同報的伝達

TV Conf. : TV会議システム

遠隔多地点間を接続し、双方向セミナー・会議

REAL : リアルタイム双方向遠隔教育システム

遠隔教室間を接続し、同期型双方向遠隔講義

VOD : Video on Demand

収録した講義映像・音声等を非同期で配信

WBT : Web Based Training

リッチメディアコンテンツを受講者のペースで学習

2.2 JAISTにおける実践事例の概要

SCS (1997～) :

メディア教育開発センターのリーディングの元、全国的な講演等の受信 [SCS]

JJREX 教育研究交流 (2002～) :

JAIST 情報科学研究科、国立情報学研究所、通信総合研究所、産業技術総合研究所間の遠隔教育によるドクターコースプログラム [REAL、VOD]

単位互換協定 (2002～) :

工科系単科大学間コンソーシアム、高等教育IT活用推進事業等の単位互換協定に基づく蓄積型電子教材の相互配信 [WBT]

東京サテライトキャンパス (2003～) :

TV会議セミナー／オフィスアワー、同期型及び蓄積

型遠隔教育環境を利用した、MOTコース、組込みシステムコースにおける社会人教育 [TV Conf.、REAL、VOD]

北陸地区国立大学連合 (2004～)

北陸地区国立大学連合におけるインフラ整備事業の一環として導入された大学間双方向遠隔授業システムの試行 [REAL、TV Conf.]

情報科学研究科全講義収録・配信 (2005～)

情報科学研究科の全ての講義を収録し、対面講義の補完教材として学内配信 [REAL、WBT]

公開講座学外配信 (2005～)

対外アピールの一環として、公開講座を学外配信 [WBT]

2.3 効果的な大学院遠隔教育環境の実現に向けて

効果的な遠隔教育環境を実現するためには、学習者特性や講義形態、講師適性等に代表される講義条件を考慮して、遠隔教育のターゲットをどこに置くかを明確にすることが重要である。図1に示す通り、遠隔教育研究センターでは主に同期型集合教育と非同期型自己学習の2種類の遠隔教育カテゴリをバランス良く実践し、その成果をフィードバックしながら、遠隔教育を学内に展開するアプローチを採っている。その中でも特に実践的教育を目指す本学では、通常講義におけるディスカッション、実習等を非常に重視しており、本稿のテーマである同期型遠隔講義を実施する上でも、リアルタイムかつ双方向のコミュニケーションを様々な講義条件に応じていかに実現するかが大きな課題となっている。

3. 実践事例

ここでは、同期型遠隔講義に対する講義条件及びシステムに要求される要件を実践事例に基づき整理することを目的として、前節で挙げた遠隔教育パターンのうち、特に、TV会議システム (TV Conf.) 及びリアルタイム双方向遠隔教育システム (REAL) を活用した典型的な3種類の遠隔講義システムによる5つの実践事例を概説する。

3.1 リアルタイム双方向遠隔講義システム

情報科学研究科JJREXプログラムの一環として、2005年1月に田町キャンパスと旭台キャンパスコラボレーションルーム (以下、旭台コラボルーム) との間で実施した2つの遠隔集中講義に対するリアルタイム双方向遠隔講義システムの構築、運用サポートを行った (長谷川ほか 2005b)。

3.1.1 システム構成

本システムの実現に当たっては、双方の教室が講師側教室となり得るため、田町キャンパスと旭台コラボル

表1 リアルタイム双方向遠隔講義システム基本仕様

想定学生数		各教室10～30名規模
映像・音声伝送		Mpeg4-ASP/2Mbps/512Kbps、H.323/2Mbpsの手動切り替え
マイク	講師用	タイピン型マイク
	学生用	ハンド型マイク
カメラ	講師用	デジタルビデオカメラ1台(手動)
	学生用	デジタルビデオカメラ1台(手動)
表示装置	教室前方	プロジェクタ/スクリーン2面
		遠隔側教室映像、資料映像等を表示
資料提示機能		電子黒板による双方向書き込み・アプリケーション共有 PCS-1デュアルストリーム機能によるPC画面の配信
講義収録・配信		ライブ映像をそのまま保存し、VOD配信可能 電子黒板に書き込んだデータをHTML形式で保存可能

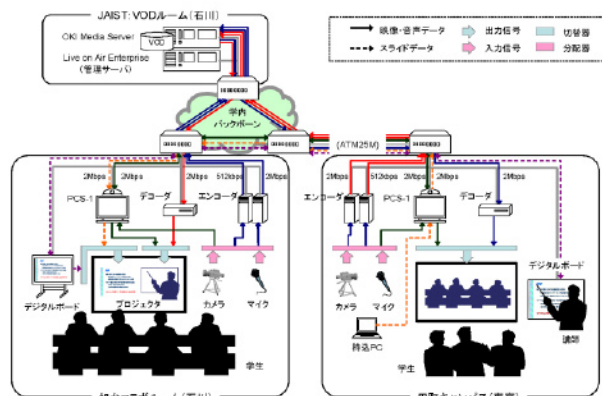


図2 リアルタイム双方向遠隔講義システムの構成概要図

ムにはほぼ同一構成の教室設備を設置した。教室の基本仕様を表1に、構成概要図を図2に示す。映像音声の配信には沖電気社のLiveOnAirEnterprise（以下、LiveOn-Air）を採用し、MPEG4-ASP/2Mbpsのビットレートでリアルタイム映像の双方向配信を行った。また、遠隔側教室の映像はそれぞれ教室前方のスクリーンにプロジェクタで投影する形式とした。さらに、トラブル時を考慮して、バックアップ伝送装置としてSony社のテレビ会議システムPCS-1を双方の教室に設置し、H.323/2Mbpsビットレートの双方向配信に手動で切り替えを可能とした。なお、キャンパス間の映像音声伝送はATM25Mbpsの専用回線（当時）を利用した。また、システムサポートについては、遠隔教育研究センターのスタッフが両教室に一名ずつ就き、システムの準備、カメラ操作、トラブル対応等を実施した。

3.1.2 リアルタイム双方向遠隔講義事例（一般講義）

2005年1/7、14、21、28の日程で、JJREXプログラム遠隔講義の「I638 新音楽再生電気音響理論（宮原誠教授）」をリアルタイム双方向遠隔講義システムで実施した。講師側教室は1/7、21が田町キャンパスで、1/14、

28が旭台コラボルームであった。受講者は田町キャンパス、旭台コラボルーム共に14名ずつであった。本講義の特徴は、特殊な音響機器を利用したデモを実施するため、双方の教室に音響機器及びそれを操作するための講義サポートスタッフがすべての時間で配置されていたことである。

図3に講義風景を示す。映像及び音声の両教室間の往復で発生する遅延は実測で約0.7秒であり、通常のディスカッションを行う上でほとんど支障は感じられなかった。以下に講師及び学生に対するアンケート結果等から本講義で得られた成果及び課題を列挙する。

(1) 講義サポートスタッフの重要性

本講義では、双方の教室にシステムサポートスタッフ以外に講義サポートスタッフが配置されていたため、受講側教室において孤立しがちな学生を講義サポートスタッフが適宜フォローするとともに、システムのトラブルが発生した場合に、復旧までの時間をデモの時間に変更してもらう等といった柔軟な対応が可能であった。また、本講義では資料提示に双方の教室で書き込み可能な電子黒板を利用したが、これらの操作についても講義サポートスタッフの支援によるところが大きかった。このように、講義サポートスタッフは受講側教室の学生が一定数以上存在する場合、システムの信頼性に問題がある場合、通常講義とは異なるメディアを積極的に活用する場合等には、同期型遠隔講義を成功させる上で必要不可欠な存在であると言える。

(2) 双方の教室に共通する課題

・トラブル時の対応

本システムの構築にあたっては、かなりの部分で冗長化構成を採用したが、冗長化の対象としていなかった教室上流のネットワークスイッチの故障により、講義の配信が10分間にわたって停止するトラブルが発生した。こうしたトラブルによる講義の中断は、講義に参加する講師、スタッフ、学生の集中力を大幅に減退させること



図3 I638 講義風景 (上：田町側、下：旭台側)

になるため、システムそのものの安定性、トラブル時のバックアップ系への迅速な切り替え、トラブル時の遠隔側教室への連絡体制等については、どのような遠隔講義であっても、よりシステムティックな対応が必要となる。

・コミュニケーションの難しさ

教室間のコミュニケーションの難しさの原因として最も多く挙げられたのは音声品質であり、音声レベルの調整が不十分で聞き取りにくいといったコメントが多数あった。講師の音声についてはある程度一定に調整することが可能であるが、受講側教室で質問時にハンドマイクを利用する場合には、人によって声の大きさやマイクを持つ位置が異なることから、最適な調整が難しいという問題が大きな検討課題となっている。また、双方向の遅延が0.5秒を越えると対話しづらい、遠隔側教室からエコーが返ってくると話しづらい、マイクが手元にないと質問するきっかけがつかみにくい等といった、ディスカッションを多用する講義において特に注意すべき要件も明らかになった。

(3) 受講側教室における課題

本講義ではすべての学生が講師側教室と受講側教室の双方を体験したこともあり、受講側教室では講義独特の

緊張感にやや欠けるとの意見が見られた。これは上記の音声に関する問題に加えて、講師が講義中に活発に動き回ることによって、講師映像の画質が広角になる傾向があり、表情が十分に伝わらなかったためであると考えられる。このことから、受講側における緊張感を出す要素として、講義中に適度なインタラクションを積極的に取り入れるとともに、カメラワークの検討やより高画質の映像設備の導入についても検討する必要があると考えられる。

3.1.3 リアルタイム双方向遠隔講義事例 (演習中心講義)

2005年1/17-19、26、27の日程で、JJREXプログラム遠隔講義の「I624A Model-Checking of Software Design (中島震客員教授)」をリアルタイム双方向遠隔講義システムで実施した。講師側教室は田町キャンパスで、受講側教室は旭台コラボルームであった。また、受講者は田町キャンパスで1名、旭台コラボルームで10名であった。本講義の特徴は、講師側の田町キャンパスの受講者が少ないことから、受講側教室のモニタを講師の正面に設置して、田町キャンパスをスタジオ的に利用した点と、講義時間中にPC画面上でのデモや演習時間を多く取り入れ、その時間を活用して、受講側教室の質問を積極的に受け付ける形で講義を進めた点であった。

図4に講義風景を示す。映像及び音声の両教室間の往復で発生する遅延等については3.1.2のケースとほとんど変わらなかった。以下に講師及び学生に対するアンケート結果等から本講義で得られた成果及び課題を列挙する。

(1) スタジオ形式の映像効果

本講義のような人数構成では、講師はより学生数の多い受講側教室の状況把握に主眼を置くため、モニタを確認しやすいようほとんどポジションを変えずに講義を実施していた。これにより、受講側教室では図4下に示す通り、バストアップの講師映像を提供しやすく、3.1.2のケースと比較して、講師映像及び講義の緊張感に関する評価は高かった。

(2) コミュニケーションに関する工夫

受講側教室の複数の学生が同時に返事を行うような場合には、講師側教室で誰がどのような返事をしているかを聞き分けることが非常に難しい。本講義ではこのような問題に対して、例えば、理解できた場合/問題がない場合は頭の上で○を作る等のノンバーバルなコミュニケーションルールを設定するといった工夫が見られた。こうしたルールは受講側教室の全体が把握できるような構成または人数の場合には有効な手段であると考えられる。また、数式等の言葉では表現しづらい内容については、双方向で書き込み可能な電子黒板を併用することで、質問とその回答がスムーズに行うことができた。このようなコミュニケーションツールの積極的な活用も同期型



図4 I624A 講義風景（上：田町側、下：旭台側）

遠隔講義の成功に貢献するものと思われる。

(3) 受講側教室における課題

今回の講義では講義サポートスタッフがいなかったため、プログラミング演習時に受講側教室の学生PCの画

面を講師側教室で確認したいといった要望があった。演習や受講側学生に何らかの成果を発表させるケースでは、こうした受講側からのアクションを意識したシステム構成も必要となる。

3.2 北陸地区国立大学連合双方向遠隔授業システム

北陸地区国立大学連合双方向遠隔授業システムとは、北陸地区国立大学連合におけるインフラ整備事業の一環として、2005年3月に図5に示す北陸地区の6大学（当時）計14教室に導入されたものである。このため、本システムの中核部分については、共通仕様策定委員会を取りまとめを行い、大学間で統一されたものとなっている。

3.2.1 システム構成

本システムでは教室の規模に応じて大・中・小の3種類の教室設備が導入されている。各教室の基本仕様を表2に、構成概要図を図6に示す。大学間の映像音声伝送

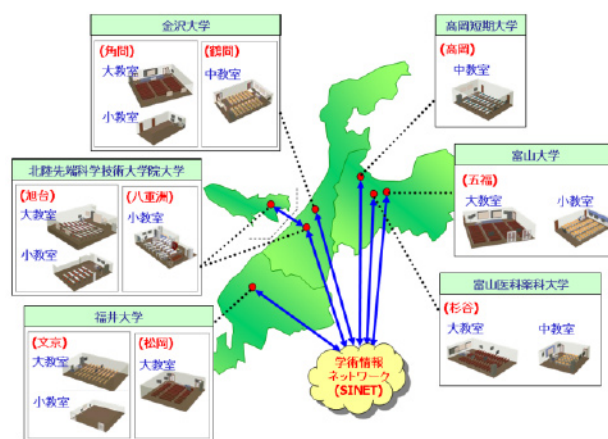


図5 双方向遠隔授業システムの設置状況（2005.3）

表2 北陸地区遠隔授業システムの基本仕様

		大教室	中教室	小教室
想定学生数		100名規模	50名規模	20名規模
映像・音声伝送		HDTV、SDTV、H.323の動的制御		SDTV、H.323
マイク	講師用	ハンド型マイク、タイピン型マイク		
	学生用	発言許可ボタン付き机上マイク		ハンド型マイク
カメラ	講師用	黒板撮影カメラ（固定）、講師撮影カメラ（自動追尾）		黒板撮影カメラ（固定）
	学生用	全景撮影カメラ（固定）、発言者撮影カメラ（発言学生にズーム）		全景撮影カメラ（固定）
表示装置	教室前方	3面		2面
		黒板映像、講師映像、資料映像等を切り替え表示		
	教室後方	2面：受講教室の学生映像を表示		なし
資料提示装置		書画カメラ、CD/DVDプレーヤ、MiniDV/S-VHSデッキ、MDデッキ、カセットデッキ、ビデオ入力端子、音声端子、持込PC(RGB)端子電子黒板による双方向書き込み、アプリケーション共有等		
タッチパネル		ソース選択、各種AVデッキのリモコン操作、音量調節、学生用マイク制御、授業延長処理、授業終了処理等		
授業収録・配信		授業映像の収録、ストリーム配信、簡易編集機能		

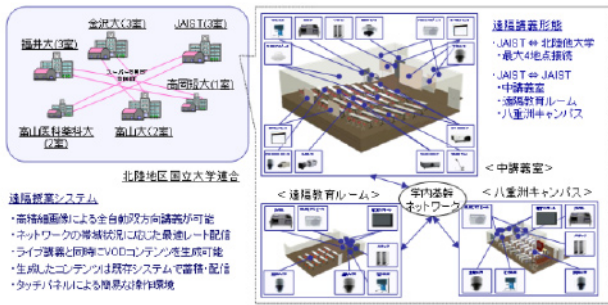


図6 北陸地区遠隔授業システムの構成概要図

には学術情報ネットワーク (SINET) を利用しており、1講義あたり最大4教室 (講師側:1教室、受講側:3教室) が接続できることに加え、同時帯に複数の講義を開催することが可能である。また、配信映像のビットレートはネットワークの帯域状態により、HDTV (ハイビジョン品質: 18Mbps)、SDTV (一般テレビ品質: 4Mbps)、H.323 (テレビ会議品質: 2Mbps) を動的に切替えて伝送することができる。これらの機能の実現に必要な講義開始・終了時の処理は事前に登録された講義スケジュールに基づいて自動で実施されるため、講義時の教室における設定はタッチパネルにより容易に行うことができる。なお、本学では旭台キャンパスに大教室及び小教室、八重洲キャンパスに小教室の合計3教室を設置しており、旭台キャンパスと八重洲キャンパスの間は200Mbpsの専用線で接続されている。また、システムサポートについては、原則的に遠隔教育研究センターのスタッフがどちらか一方の教室に一名就き、システムの準備、トラブル対応等を実施した。

3.2.2 北陸地区遠隔授業システム講義事例 (ディスカッション中心講義)

2005年8/5-6、18-20の日程で、知識科学研究科MOT講義の「K412 知識社会論 (近藤修司教授)」を双方向遠隔授業システムで実施した。講師側教室は八重洲キャンパス (小教室) で、受講側教室は8/5、6、18が旭台キャンパス中講義室 (大教室)、8/19、20が旭台キャンパス遠隔教育ルーム (小教室) であった。受講者は東京で27名 (受講者数: 各日程でほぼ変わらず)、石川で34名 (のべ人数: 各日程で3名~14名と変動あり) であった。本講義の特徴は、講義中に小グループによるディスカッション及びグループ代表者による発表を多用する講義であり、受講側教室において講師側教室の講義内容を把握するためには、講師映像、資料映像、講師側教室の学生映像の3種類の映像受信が必要となる点である。

図7に講義風景を示す。本構成では講師側教室の講師映像及び受講側教室の学生映像をSDTV、講師側教室の学生映像をH.323で伝送し、映像音声の遅延もほぼ0.5秒程度とディスカッションを行う上で十分な環境であった。しかしながら、講師及び学生からのコメントから、

いくつかの成果及び課題が見られた。

(1) 北陸地区遠隔授業システムによる効果と課題

本システムは特に大教室においては当初から3種類の映像受信が可能な教室設備を設置しており、小教室についても比較的容易に拡張が可能である。このため、要求された3種類の映像受信は問題なく実現できた。また、システムの大部分が連携・自動化されており、操作卓により容易に制御できる構造となっているため、一般的な



知識社会論講義風景 @ 八重洲キャンパス (近藤修司教授)
 ・中央スクリーン: 講師のPC映像
 ・右側電子黒板: 受講側教室映像



知識社会論受講風景 @ 中講義室 (近藤修司教授)
 ・中央スクリーン: 講師映像
 ・左側スクリーン: 講師側学生映像
 ・右側スクリーン: PC画像



知識社会論受講風景 @ 遠隔教育ルーム (近藤修司教授)
 ・中央電子黒板: 講師映像
 ・左側フラスマディスプレイ: 講師側学生映像
 ・右側フラスマディスプレイ: PC画像

図7 K412 講義風景

講義形態、特に多人数で利用する場合は、定期的な運用にも十分耐えうるものであるといえる。しかしながら、大学院教育に特化した本学において本システムを展開する際には、システムの共通仕様には反映されにくい細部の要件を実現するためのカスタマイズに対して、様々な困難が生じる面もある（長谷川ほか 2005a）。

(2) 講師側教室における課題

・固定カメラによる制約

前半の講義（8/5-6）では、講師用カメラを兼ねる黒板用カメラが固定であるという小教室の仕様上、講義中の講師の立ち位置に制約が発生し、講師側教室の講師・受講者ともに閉塞感が強くなるとの指摘を受けた。このため、後半の講義（8/18-20）では、講義中に黒板用カメラを遠隔教育研究センターのスタッフが手動で制御した所、講師は自由なポジションで講義を行うことができ、好評を得た。講師の行動の自由度を上げるために黒板用カメラを広角側に設定すると、後述するように受講側教室への情報伝達の観点から影響があるため、特にサポートスタッフを配置しづらいサテライトキャンパスにおいては、黒板用カメラについてもある程度リモートから制御できるような改良が必要となる。

・ハンドマイクによる制約

小教室では、講師側教室の学生は発言内容を受講側に配信するために、ハンドマイクを利用する。このため、ディスカッション時にマイクの受け渡しがスムーズに行えないと、発言者が自分のタイミングで発言することが難しい。また、目の前に講師がいるため、議論が白熱するとマイクを持たずに話し始めてしまうケースもある。これらの問題は学生の慣れの部分も大きいですが、ある程度人数が多い場合には大教室設備の学生マイクの活用、人数が限られる場合には集音マイクを利用する等のアプローチも検討する必要がある。

(3) 受講側教室における課題

・資料映像のポインティングに関する課題

本講義では講師側教室における資料映像の提示にプロジェクタを利用しており、講師は資料映像のポインティングにレーザーポインタを利用した。こうしたケースでは、スクリーンと教室の他の部分の明るさがかなり異なるため、講師とスクリーンの両方を同時に撮影すると、スクリーン部分が白飛びしてしまい、何をポインティングしているかが受講側教室で判別できないといった事態が発生する。この問題は、カメラを手動で制御するケースでは、講師を撮影する場合は講師のみ、スクリーンを撮影する場合はスクリーンのみといった構図で撮影することにより、ある程度改善することはできた。しかしながら、受講側教室にとっては電子黒板やPC上でのマウスマウスによるポインティング、書画カメラ上での直接指示等のほうが直感的に理解しやすいようである。

・受講側教室の表示レイアウトについて

受講側教室前方のプロジェクタ・ディスプレイに表示する映像のレイアウトは、柔軟に設定することが可能であるが、講師側教室の物理的な位置関係を反映した構成を取るべきである。例えば、講師側教室が講師の右側に資料映像が表示されている配置の場合には、中央に講師映像、その右側に資料映像という位置関係を受講側教室においても継承することが望ましい。このレイアウトが逆になると、講師が行う身振り手振り等を受講側教室で対応付けることが難しくなる。

3.2.3 北陸地区遠隔授業システム講義事例（一般講義）

2005年9/26-29の日程で、材料科学研究科金沢大学連携講座「M432 機能評価特論（金沢大学連携科目「環境共生学」）」を双方向遠隔授業システムの教室設備を利用して実施した。本講義は、本学三宅幹夫教授、辻本和雄教授、民谷栄一教授、金沢大学早川和一教授、中垣良一教授、鳥羽陽講師のリレー講義であった。教室については、JAIST側は旭台キャンパス中講義室（大教室）であったが、金沢大学側は双方向遠隔授業システムとは別システムとなる（TV会議システムSony PCS-1をベースとした）自然科学研究科遠隔講義室との接続することになった。本学側では双方向遠隔授業システムの映像音声の入出力をPCS-1と接続することにより、配信部分のみPCS-1を利用する形で講義を実施した。なお、本講義はJAISTで約40名、金沢大学で約10名が受講した単位互換科目である。

図8に講義風景を示す。今回の講義では双方が講師側、受講側になるケースがあったが、講師側教室の講師映像及び受講側教室の学生映像はどちらのケースもH.323で伝送され、映像音声の遅延もほぼ0.5秒程度であった。なお、JAISTと金沢大学は双方ともSuperSINETに接続されており、ネットワーク的にはボトルネックとなる要因は存在しなかった。以下に本講義で得られた成果及び課題を列挙する。

(1) 双方向遠隔授業システムを活用した利点

・講師による受講側教室の状況把握

受講側教室の学生映像が講師側教室後方に表示されるため、講師は遠隔地の受講者の様子を把握しやすい。

・発言者の自動ズーム機能

発言許可ボタン付き学生用マイクを利用することにより、発言者を自動的にズームできるため、発言者の表情を金沢大学側にクリアに伝えることができる。

(2) 遠隔講義受講時の課題

・受講側教室の緊張感について

受講時の緊張感については、やはり対面講義とは差があり、受講側教室の場合には、講義中に集中していない学生も一定数存在した。これは、講師側に受講側教室の状況が伝わりにくいという安心感から発生したものではないかと考えられる。このことは、講師側教室から受講



機能評価特論④中講義室(三宅幹夫教授)
 ・中央&左側スクリーン:講師のPC映像
 ・右側スクリーン:金大自然研遠隔講義室の教室映像



機能評価特論④中講義室(三宅幹夫教授)
 ・教室後方スクリーン:金大自然研遠隔講義室の教室映像

図8 M432 講義風景

側教室（ディスカッションを行う場合には逆のケースも考えられる）を映像を制御できる必要性を示唆するものであるが、実際にこうした機能がどの程度活用されるかについてはさらなる検討が必要であろう。

- ・受講側教室における講義サポートスタッフについて
 大学間を接続する遠隔講義という観点からの課題として、受講時の講義サポートスタッフの必要性がクローズ

アップされた。他大学で交流が少ない講師に対して学生が主体的に質問を行うためには、かなりの慣れが必要である。こうした講義の経験が少ない学生に対しては、質問をうまく誘導したり、受講側教室の意思表示を適切に行うための講義サポートスタッフの重要性がより一層高くなると言える。また、先に述べた受講側教室の緊張感を確保する上でも重要な役割を果たすと考えられる。

3.3 PCS-1ベース遠隔講義システム

PCS-1ベース遠隔講義システムとは、2005年10月に開始された情報科学研究科組込みシステムコースにおいて、田町キャンパスと石川県産業創出支援機構セミナールーム（以下、ISICOセミナールーム）との間を接続してリアルタイム遠隔講義を実施するために構築したシステムである。

3.3.1 システム構成

組込みシステムコースは社会人向けの博士後期課程コースとして開講されており、受講側教室として今後様々なケースが考えられるため、システムの実現にあたっては受講側教室の自由度が高いテレビ会議システムPCS-1をベースとしたシステムを構築した。教室の基本仕様を表3に、構成概要図を図9に示す。PCS-1はH.323接続で最高1920Kbpsまでの通信が可能であるとともに、動画+PC画面(XGA)の送受信を行うことができるデュアルストリーム機能を有することから、田町キャンパスに2台のPCS-1を設置し、複数拠点へ配信できる構成とした。また、2台のPCS-1を田町キャンパスの前方と後方に設置し、一方のカメラ映像を他方のソースとして利用できるようにすることにより、教室前方の映像と教室後方の映像を必要に応じて切り替えて配信することが可能である。さらに、PCS-1はWebインターフェースを介してカメラ制御をはじめとするほぼすべての制御をリモートで行うことができるため、システムサポートは、遠隔教育研究センターのスタッフが講師側でも受講側でもない旭台キャンパスでシステム準備、カメラ操作、トラブ

表3 PCS-1ベース遠隔講師システムの基本仕様

		講師側教室	受講側教室
想定学生数		20~30名規模	1~10名規模
映像・音声伝送		H.323/2Mbps	
マイク	講師用	タイピン型マイク	集音マイク (Sony CTE-600)
	学生用	ハンド型マイク	
カメラ	講師用	PCS-1 1台 (リモート制御)	PCS-1 1台 (リモート制御)
	学生用	PCS-1 1台 (リモート制御)	
表示装置	教室前方	プロジェクタ/スクリーン 2面	モニタ 2面
		資料映像等を表示	講師映像、資料映像を表示
資料提示装置		PCS-1デュアルストリーム機能によるPC画面の配信	
講義収録・配信		別システムで実現の必要あり	

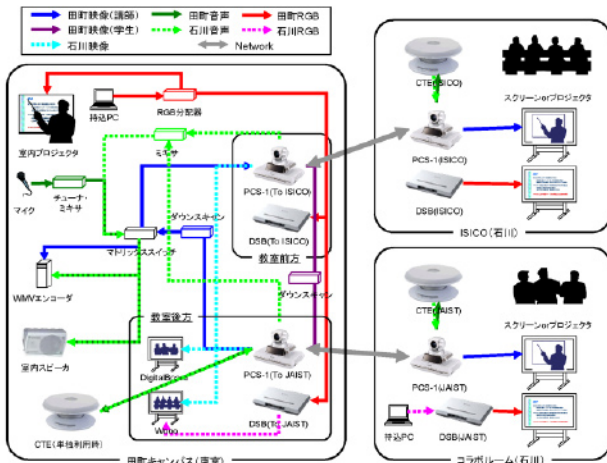


図9 PCS-1ベース遠隔講義システムの構成概要図

ル対応等を実施した。

3.3.2 PCS-1ベース遠隔講義事例（一般講義）

2005年10/28、29、11/4の日程で、組込みシステムコース遠隔講義の「I242 オブジェクト指向開発技術と組込みシステム（落水浩一郎教授）」をPCS-1ベース遠隔講義システムで実施した。講師側教室は田町キャンパスで、受講側教室がISICOセミナールームであった。また、受講者は田町キャンパスで12名、ISICOセミナールームで3名であった。本講義の特徴は、講師側教室の後部に受講側教室の様子を表示する大画面モニタを設置して、講師が講義中の受講側教室とのコミュニケーションを容易にした点である。

図10に講義風景を示す。今回の講義では講師側教室の講師映像及び受講側教室の学生映像はH.323/2Mbpsで伝送され、映像音声の遅延もほぼ0.5秒程度であった。なお、本講義時の田町キャンパスは旭台キャンパスと200Mbpsの専用線で接続されており、旭台キャンパスとISICOセミナールームも1Gbpsのネットワークを有していた。以下に本講義で得られた成果及び課題を挙げる。

(1) PCS-1ベース遠隔講義システムを活用した利点

・リモートサポート

同期型遠隔講義を実施する上で、システムサポートのコストは大きなものとなりやすい。特に本講義のようにサテライトキャンパスとの接続を行う場合には、システムサポートスタッフをどのように配置するかは運用上重要なポイントとなる。本システムは、カメラ操作をはじめとするほぼすべての管理をリモートで実施できる構成としたため、ハードウェア障害以外に関しては十分に対応できる状態となっている。

(2) PCS-1ベース遠隔講義システムの課題

・各拠点の状態把握

リモートサポートにおける問題点としては、やはり遠隔地の教室の状態把握が難しいことが挙げられる。田町キャンパスについては複数のPCS-1を設置しているた



図10 I242講義風景（上：田町前方、下：田町後方）

め、1拠点と接続する今回のような講義では、利用していないPCS-1と接続することによって、リアルタイムに状態を把握することは可能である。しかしながら、例えばリモートでカメラ操作を行う際には、ある程度システム管理者が講義に集中していないと講師がフレームアウトしてしまうといった問題が発生する。リモートでの管理をより的確に行うためには、教室前方全体を映すWebカメラ等を別系統で準備しておくといったことも検討すべきである。

4. 同期型遠隔講義モデルとシステム要求要件

実践事例からもわかるように、同期型遠隔講義システムを構築するためには、講義の制約条件により決まる教室間のコミュニケーションをどのように実現するかを検討することが必要不可欠である。そこで、ここでは本学の実践事例を元に同期型遠隔講義のモデル化を行うとともに、システムに要求される要件を整理することにより、様々な制約条件下でシステムを構築する上での指針を整理する。

4.1 同期型遠隔講義モデル

遠隔講義において要求される教室間コミュニケーションの種類、質、量、対象は、(1)講義形態条件、(2)講義参加者条件、(3)物理的条件といった講義の制約条件によって決定されると考えられる。

(1) 講義形態条件

遠隔講義を規定する最も基礎的な制約条件は、講義形態である。なぜなら、いわゆる一般的な講義とディスカッションを中心とする講義では、教室間で求められるコミュニケーションの種類や量がまったく異なったものとなるためである。また、演習時においては、講師側教室から受講側教室の状況把握を的確に行う仕組みも一種のコミュニケーションとして重要な要素となる。さらに、黒板やホワイトボードを利用する講義とパワーポイントを利用する講義によって受講側教室に送信すべき情報はもちろん異なったものとなる。そこで本稿では、一般講義、ディスカッション中心講義、演習講義等といった講義種類と、黒板やパワーポイントのような講義メディアを講義形態条件として分類している。

(2) 講義参加者条件

第二の要素として、講義の参加者に関する制約条件が挙げられる。例えば講師側教室に受講者がまったくいない場合は、受講側教室の学生は講師とのコミュニケーションが中心となるが、講師側教室に受講者がいる場合には、講師側教室で行われる質疑応答を受講側教室でモニタリングしたり、講師側教室と受講側教師の学生間で議論を行ったりといったコミュニケーションが発生する。また、講師・受講者の遠隔講義への慣れや講義をサポートするTAの有無も講義中に的確なコミュニケーションを行う上で非常に大きな影響を与えるものと思われる。そこで本稿では、講義参加者の種類と数、講師及び受講者の慣れ、TAの存在有無を講義参加者条件として分類している。

(3) 物理的条件

最後の要素として分類されるのが物理的条件である。遠隔講義を実施する教室の物理的広さや接続拠点の数、既存設備の状況、教室間のネットワーク条件等に依存して、コミュニケーションに様々な制約が発生する。例えば、ネットワーク帯域が十分に取れない環境では、映像よりも音声の品質を優先して最低限のコミュニケーションを可能とする等のアプローチが必要となる。

これまでに挙げた制約条件に基づいて、同期型の遠隔講義環境をモデル化したものを図11に示す。本モデルの重要なポイントは、講義形態、講義参加者、物理的条件に応じて決まる教室間コミュニケーションを実現するために、図中央の遠隔講義システムの要求要件が決まるという点である。

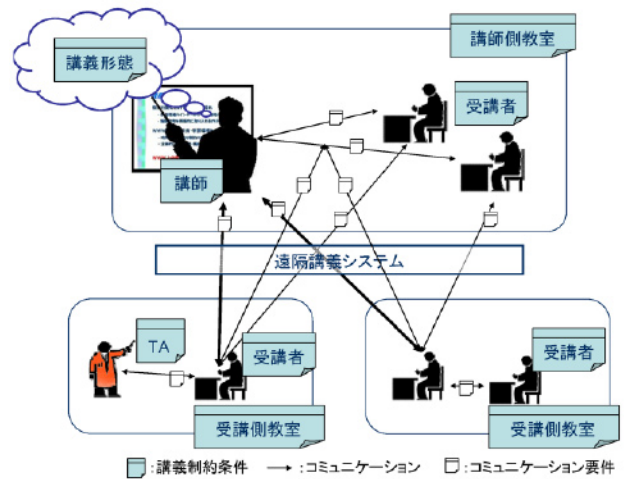


図11 同期型遠隔講義モデル

4.2 同期型遠隔講義におけるシステム要求要件

遠隔講義システムに要求される要件とは、その講義の制約条件に依存したコミュニケーションを実現するための具体的な方法であると言える。本稿では、それらの対応付けを容易にするために、本学の実践事例に基づいて整理したシステム要求要件の項目をピックアップする。

(1) システム性能・機能

本学が目的とするコミュニケーションを重視した同期型遠隔講義を実施するにあたっては、高品質かつ低遅延な双方向映像・音声配信をブロードバンド伝送技術を活用して実現することが、システムに求められる最も基本的な要件となる。その中でも音声品質は受講側教室において最も重要な要素である。また、講師映像に加えて、黒板やホワイトボードへの板書、資料映像へのポインティング等といったアナログ情報を遠隔地にいかに高品質で配信するメディアを有しているかも重要なポイントとなる。さらに、講義中のディスカッションを効果的に実現するためには、配信に伴う映像・音声の遅延を極力小さいものとするだけでなく、発話が容易に行える環境を提供する必要がある。

(2) システムの安定性・管理容易性

遠隔教育プログラムを体系的教育の一環として推進していくためには、システムの安定性は必須要件であり、たとえシステム上のトラブルが発生した場合でも講義への影響を最小限にできる構成が必要となる。システムの安定性が確保できない場合には、システムサポートスタッフ及び講義サポートスタッフ等の人的サポートが不可欠となる。また、システムサポートを行うことができるスタッフは限られているため、遠隔講義の準備が容易であることに加えて、必要に応じて遠隔教室に対するサポートやカスタマイズをリモート環境で容易に実施できるシステムが要求される。

(3) VODへの対応

遠隔教育を展開する上では、時間的・空間的制約等から出席できない学生に対する補完教育の一環として、講義中の映像・音声や資料をインターネット経由で非同期にアクセス可能にするVODコンテンツに容易に変換できることも重要な要件となる。

4.3 遠隔講義制約条件に基づく遠隔講義環境

これまでに挙げた遠隔講義における制約条件とシステム要求要件について、実践事例に基づいて対応関係を整理したものを表4に示す。縦軸のそれぞれの制約条件に対して、横軸で示すシステムの要求要件が実践事例においてどの程度重視されていたかを『◎、○、△』の三段階で示した。なお、無印の部分は、その制約条件ではあまり考慮されなかった点である。例えば、一般学生と社会人学生から成る学生の種類について見ると、発話環境の要求要件について差が見られる。これは、社会人学生がより積極的に質疑応答に参加し、講師側教室の講師と受講側教室の受講者の間のコミュニケーションが非常に活発になる傾向があり、システムを準備するに当たって、

受講側教室の社会人学生に対する発話環境の提供がより重要になったことに基づいている。また、教室間ネットワークのように制約条件によってコミュニケーションの質が規定されてしまうようなケースにおける要求要件の差は、映像や遅延といった特性よりも講師の音声を受講側教室に確実に届けられることがより重要視されることが示されている。

ここに挙げた制約条件はそれぞれ独立したものではなく、複数の制約条件に依存した教室間コミュニケーションの特性による優先順位が存在する。しかしながら、すべてのコミュニケーション要件のバリエーションを整理することは困難であるため、ここでは制約条件とシステム要件について整理した。これにより、講義における制約条件をすべて選択し、複数の制約条件に関わるシステム要求要件については、選択した制約条件の中で比較することで、適切な遠隔講義環境を検討することが可能になる。そこで、実践事例で挙げた3つの遠隔講義環境について、上記のシステム要求要件との対応関係を整理したものを表5に示す。実際の運用にあたっては、それぞれの遠隔講義環境で不足する機能を必要に応じて他のシ

表4 遠隔講義条件と要求要件の対応関係

講義制約条件		システム要求要件										VOD対応	
		システム性能・機能					システム安定性・管理容易性						
		音声	映像	配信メディア	遅延	発話環境	信頼性	二重化	準備	カスタマイズ	リモート		
講義形態	講義種類	一般講義	○		○	○	○				○	○	◎
		ディスカッション	◎		◎	◎	◎				◎	◎	○
	講義メディア	演習	○			○	○				◎	◎	○
		黒板										○	
		パワーポイント		○	○						△		
参加者条件	教室学生数	1～10名		○		○					○		○
		10～100名			○		◎				△		◎
	学生種類	一般学生					○						○
		社会人学生					◎						◎
	講師の慣れ	慣れている	○	△	○	△		○		○	◎	○	
		慣れていない	◎	○	△	○		◎		◎	○	◎	
	受講者の慣れ	慣れている	○	○	○	△	○	○					
		慣れていない	◎	◎	△	○	◎	◎					
TAの有無	あり		○	○		△	○	△	○	○	○	○	
	なし		△	△		○	◎	○	◎	△	◎		
物理条件	既存設備	旭台					○	○	○	○	○	○	
		サテライト					◎	○	◎	△	◎		
		学外					○	△	◎	△	◎		
	接続拠点数	2			○		○		○	○	○		
		3以上			◎		◎		◎	△	◎		
	ネットワーク	良好	○	○	○	○			○	○	○	○	
不十分		◎	△	△	△			△	◎	◎	△		

(◎：重要、○：やや重要、△：比較的重要ではない、空欄：直接関係なし)

表5 遠隔講義環境と要求要件の対応関係

遠隔講義環境	システム要求要件										VOD対応
	システム性能・機能					システム安定性・管理容易性					
	音声	映像	配信メディア	遅延	発話環境	信頼性	二重化	準備	カスタマイズ	リモート	
リアルタイム双方向遠隔講義システム	○	○～△	○	○	△	△	○	△	◎	○	◎
北陸地区双方向遠隔授業システム	◎	◎～△	◎	◎	◎～△	○	△	○	△	△	○
PCS-1ベース遠隔講義システム	△	△	△	◎	○	△	△	◎	○	◎	△

(◎：良好、○：問題なし、△：要検討)

システムの構成要素や人的リソースで補いながら、講義の制約条件を考慮した上で、より適切な遠隔講義環境を提供することが必要となる。

5. まとめと今後の展開

本稿では、同期型遠隔講義を実現するために本学で実施した実践事例について紹介し、同期型遠隔講義の制約条件を整理した遠隔講義モデルを構築すると共に、制約条件及びシステム要求要件の対応関係について議論した。これにより、遠隔講義の実現に当たっては、その制約条件に基づくコミュニケーション要件を実現するためのシステムを検討すればよいことが明らかになった。ただし、制約条件とコミュニケーション要件のバリエーションについては、関連研究を含めたさらなる調査が必要である。

今後の課題としては、本稿の議論を同期型遠隔講義だけでなく、本学で展開している遠隔プログラム全体に展開することが挙げられる。また、同期型遠隔講義の観点からも、本稿で対象になった講義はすべて集中講義であったため、通常の講義に展開した場合の調査もあわせて行っていきたい。また、遠隔教育環境を提供する立場からは、安定稼動の実績を積み重ねてより多くの講義を大学間連携及び社会人教育を実現するための遠隔講義として配信していくとともに、遠隔講義の制約条件をより詳細に分類し、条件に応じた遠隔講義環境の提案を行っていきたい。

謝辞

遠隔講義の実践にあたって、実際に講義を担当していただき貴重なご意見を頂いた教員各位、講義に参加していただき、アンケートにご協力いただいた全ての学生諸氏、また、システムの構築及び運用について全面的にサポートいただいた、NTT西日本金沢支店担当各位、パナソニックSSマーケティング株式会社担当各位、ソニーブロードバンドソリューション株式会社担当各位、沖電気株式会社担当各位、本学東京サテライトキャンパス係

各位に感謝いたします。

(平成17年11月9日受付)

参考文献

- (長谷川ほか 2005a) 長谷川、但馬、ニツ寺、安藤：“北陸地区遠隔授業システムを利用した遠隔講義の実践”、教育システム情報学会第4回研究会資料、pp.21-26、(2005)。
(長谷川ほか 2005b) 長谷川、但馬、ニツ寺、安藤、丹：“情報通信技術を活用したリアルタイム双方向遠隔講義の実践”、教育システム情報学会、ICTを利用した優秀教育実践コンテスト発表会講演論文集、pp.39-42、(2005)。



長谷川 忍

1998年大阪大学基礎工学部卒業。2002年同大学院博士後期課程修了。同年、北陸先端科学技術大学院大学情報科学センター助手。2004年同大学遠隔教育研究センター助教授。博士(工学)。遠隔教育・学習環境の研究・開発・企画・運用全般、特にハイパーメディアの教育・学習利用に関する研究に従事。1998年度人工知能学会研究奨励賞。AAACE、電子情報通信学会、人工知能学会、教育工学会、教育システム情報学会各会員。



但馬 陽一

1996年金沢工業高等専門学校卒業。2002年北陸先端科学技術大学院大学技術職員(遠隔教育研究センター)。SCS事業・高等教育IT活用推進事業および学内遠隔教育に関するシステム構築・運用管理等に従事。



ニツ寺 政友

1998年金沢大学工学部卒業。2005年同大学院自然科学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。2003年北陸先端科学技術大学院大学技術職員(遠隔教育研究センター)。SCS事業・高等教育IT活用推進事業および学内遠隔教育に関する企画・システム運用管理等に従事。日本教育工学会、教育システム情報学会各会員。



安藤 敏也

1969年東京大学工学部計数工学科卒業。同年北海道大学工学部助手。1972年東京大学工学系研究科修士課程修了。同年三菱重工業株式会社入社。1999年同社社長室情報システム部長。2004年北陸先端科学技術大学院大学遠隔教育研究センター教授。Ph. D. (Operations Research: University of California at Berkeley, 1989)。遠隔教育に関わる研究・開発・企画・運用全般に従事。日本e-Learning学会、教育システム情報学会各会員。

Practices for Real-time Distance Lecture Environments with Multimedia Supports

Shinobu Hasegawa · Youichi Tajima · Masatomo Futatsudera · Toshiya Ando

This paper describes some practices for real-time distance lecture environments attempted by Research Center for Distance Learning in JAIST (Japan Advanced Institute of Science and Technology) such as adult graduate education at Tokyo satellite campuses and credit transfer distance lectures within Hokuriku Area National University Union. We also propose a framework for the environments in order to address diverse lecture conditions, which would be better suited for graduate education from the aspects of system interactivity, reliability, stability, ease of maintenance and so forth.

Keywords

Real-time Distance Lecture, Adult Graduate Education, Credit Transfer Distance Lecture, Satellite Campus, National University Union.