



免許法認定公開講座における同期型遠隔講義の実践

山口 真之介¹
 大西 淑雅²
 西野 和典³
 大橋 健⁴
 篠原 武⁵

1 はじめに

近年、多くの IT 技術が発達し、一般社会でも多くの場面で利用されるようになっていきます。これに伴い 2003 年度より高等教育に教科「情報」が加わりました。当然教科が新しく加えられた以上、それを教える為の教員が必要になります。この需要に対して、九州工業大学は 2001 年度から免許法認定公開講座「情報」を開講しました [1]。この講座を受講すれば、高等学校教諭一種免許状（情報）を取ることができます。さらに今年度より「数学」教科の免許法認定公開講座も開講しました。

この公開講座は大学のキャンパスで、集中講義の形をとって実施しています。講義数は全部で 11 科目、1 科目につき 15 コマです。実際には土日を利用しておよそ朝から晩まで 1 日 5 コマの講義を行っています。従ってキャンパスから離れた地に住む希望者が、大学まで通って受講するのは困難であり、受講したくても出来ないと言う問題があります。また、たとえキャンパス付近の希望者でも、講義を行う教室に入れる人数の上限により、必ずしも希望した人全員が講座を受講できるとは限りません。

そこで本学では、2005 年度よりこれらの問題を解決する為に e-ラーニング技術を導入しました。e-ラーニングとは IT 技術を利用した教育手法で、一般の対面授業での支援や、遠隔地との授業等に利用されています。本学は e-ラーニングを用いて、飯塚キャンパスと福岡市天神にあるサテライトキャンパスでの、同期型の遠隔講義を企画しました。これにより飯塚キャンパスと天神サテライトキャンパスの 2 会場で、受講ができるようになり、前年度よりも受講できる地域的範囲と人数を拡大しています。

e-ラーニングによる遠隔講義には、大きく分けて二つの方法があります、同期型と非同期型です。同期型の遠隔講義とは、教員が行う講義の内容を何らかの方法で、同じ時間に遠隔地にいる受講生に送り講義を行う方法を言います。つまり、通常の前で対面で行う講義の内容を、明確かつリアルタイムに遠隔地に送らなければなりません。これに対して、前もって動画や教材を計算機などに蓄積しておき、受講生がインターネットなどを介して別の時間帯に受講する方法を、非同期型の遠隔講義と言います。非同期

¹情報工学部 e-ラーニング担当助手

²e-ラーニング事業推進室 講師

³情報工学部 共通講座 助教授

⁴情報工学部 生命情報工学科 助教授

⁵情報工学部 知能情報工学科 教授

の遠隔講義は、環境さえ整っていれば、受講生が何時でも何度でも受講することができます。しかし、先生への質問や、受講生同士のやりとりでは、同じ時間を利用する同期型の遠隔講義の方が、非同期型に比べ早い返答を得ることができます。

同期型の遠隔講義は、リアルタイムに講義が進むため、非同期型の講義でできるような、動画の取り直しや見逃した動画の再生等のやり直しはできません。当然聞き取れなかった箇所を、先生がもう一度説明する事はできますが、それを繰り返さなければならない様では、講義がまともに進みません。ですので、講義内容を正確に伝える為には、安定した通信を維持し続ける必要があります。

本学の免許法認定公開講座では同期型の遠隔講義だけでなく、非同期型の手法も併用して、不安定になった場合の講義のフォローを行っています。本稿では、その中の同期型の遠隔講義について、キャンパスに設置したビデオ会議システムの概要と、実際に講義を行う過程で起こった問題点、その対策について記述していきます。

2 免許法認定公開講座の講義内容

まず初めに、九州工業大学で実施している免許法認定公開講座の概要について説明します。表1に実際に開講している講義の一覧を示します。

これらの講義は、全て一般的な対面式の講義になります。具体的には、次に示す方法で実施されています。

- 教員による解説
- ホワイトボードへの記述
- プロジェクタによるスライド、PC画面の表示
- 印刷された資料の配布
- 書画カメラによる資料の表示
- 端末を用いた演習
- 受講生による発表課題
- ビデオ教材の視聴

免許法認定公開講座を同期型の遠隔講義として実施する為には、まずこれらの方法を離れた2会場で実現するか、あるいは他の手段によって補わなければなりません。さらに教員と受講生は、自分に近い会場を選んで講義を開講、受講できる様にして欲しいとの要望もありました。これには教員がどちらの会場でも、講義を実施できるようにシステムを設計する必要があります。

表 1: 免許法認定公開講座開講科目一覧

情報	数学
データ構造とアルゴリズム	線形代数
計算機システム	代数学
オートマトン理論	幾何学 I
プログラム設計	幾何学 II
データベース	解析学 I
コンピュータグラフィックス	解析学 II
コンピュータ革命と現代社会	微分方程式
情報法学	確立・統計
情報職業論	論理数学
教科教育法 (情報) I	教科教育法 (数学) I
教科教育法 (情報) II	教科教育法 (数学) II

3 同期型遠隔講義システム

それでは次に前章で述べました、講義の方法を実現する為の遠隔講義システムの概要について説明します。図 1 にシステムの概要を示します。

ここで個々の講義方法に対応する為に、検討した内容について説明します。

- 教員による解説とホワイトボードへの記述

教員による解説はマイクで収録します。ホワイトボードに書いた文字はビデオカメラで撮影をします。この映像と音声を、ネットワークを使って別会場へリアルタイムに送信します。受信側の会場では、受信した映像をプロジェクタによりスクリーンに投影、音声はスピーカーに出力して、遠隔地の受講を実現します。

受信側では、受講生を映す天井カメラの映像を送信側に送ります。教員は手元のモニターで、受信側の受講生の様子を確認しながら講義を行います。受信側からの質問やコメントについては、Teaching Assistant を介して送信側の教員に伝えます。その後、学生と教員がマイクを使って、質問等のやり取りを行います。

このネットワークを介した映像、音声を送る為にビデオ会議システムを利用します。ビデオ会議システムとは、ネットワークを利用して遠隔での映像と音声のやり取りができるシステムで、遠隔地での会議に用いられています。

- プロジェクタによるスライド、PC 画面の表示

プロジェクタによるスライドの資料、PC の画面はホワイトボードと同じ様にプロジェクタを使って、スクリーンに表示したものをカメラで撮影してこれを送信します。

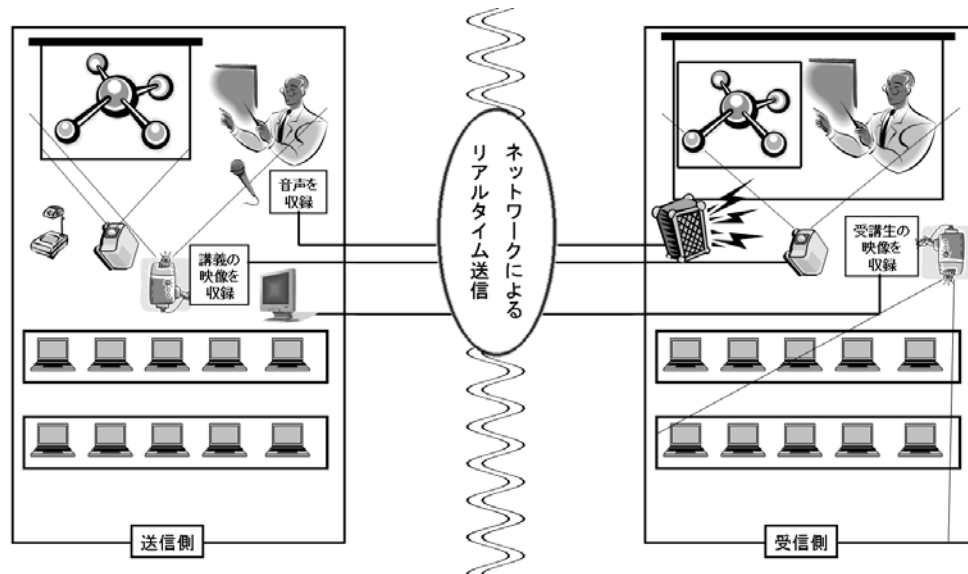


図 1: 同期型遠隔講義システムの概要図

- 印刷された資料の配布

紙の資料については 2 会場であらかじめ印刷をしておきます。計算機のファイルなど電子資料の場合は、フリーの Learning Management System の Moodle サーバを利用して、受講生がネットワークを使って取得する方法で対応します [2][3]。

- 書画カメラによる資料の表示

書画カメラの映像は、教員を映していたカメラの映像と切り替えて、この映像を直接ネットワークで送信します。

- 端末を用いた演習

情報工学部の飯塚キャンパスと、天神のサテライトキャンパスの 2 会場には既に演習用端末が設置されており、受講生は講義の演習にそれを利用できます。しかし、両会場での計算機やネットワークの環境は異なっており、さらに教員のいない方の会場では、教員が受講生の端末画面を見て操作することはできません。このような状況では、教員一人だけでは計算機のトラブルに対応するのが難しくなります。そこで各会場に Teaching Assistant を置くことで、個々の計算機のトラブルに対応します。

- 受講生による発表課題

教科教育法や、情報職業論の講義では、受講生が自身の学習内容について発表する課題があります。これは受講生が教員の位置に立ち、カメラに映りながらマイクを用いて発表をして貰うことで対応します。

- ビデオ教材の視聴

ビデオ教材は、2 会場それぞれに同じものを用意して、これを会場毎に視聴する方法を取ります。

これらの方法を実現するにあたり、一つの科目において、一つの方法のみで講義を行うことはまずないと思います。実際にはスライド資料で説明、ホワイトボードでさらに細かい説明、課題の解説など、複数の資料を状況に応じて利用する講義形式が多いのが一般的です。これらの送信側、受信側の画像の切り替えを行うために、システムの学生操作員を各会場に一名ずつ用意する必要があります。

そして、この同期型遠隔講義は教員がどちらにいても講義を実施できる必要があります。そのためには両会場がスイッチ等で簡単に、送信側、受信側へと切り替えられる様に機器を設置しなければなりません。これら上記の内容を考慮した上で、遠隔講義システムの構築を行います。

4 遠隔講義を実現する機器の構成

それではここで、同期型遠隔講義を実現する為に、実際に設置した遠隔講義システムの機器構成について記述します。

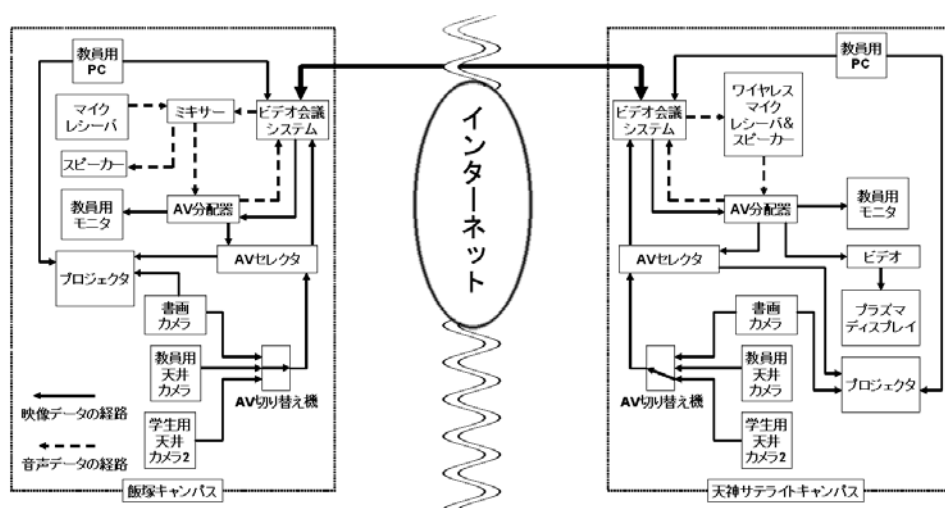


図 2: 同期型遠隔講義の機器構成図 Ver.1

まず、機器の構成と接続についてです。九州工業大学では以下の機器を設置しました。

- ビデオ会議システム (Polycom View Station SP) [4]
- AV セレクタ (日本ビクター JX-S555)
- 教員用 PC, モニタ
- オーディオミキサー
- 天井カメラ
- 書画カメラ
- 音声入力装置 (ワイヤレスマイク, レシーバ)
- 音声出力装置 (アンプ, スピーカー)

- 映像出力装置 (プロジェクタ, プラズマディスプレイ)
- 映像制御装置 (AV 分配器, AV 切り替え機)



図 3: 講義中の画像 (送信側)

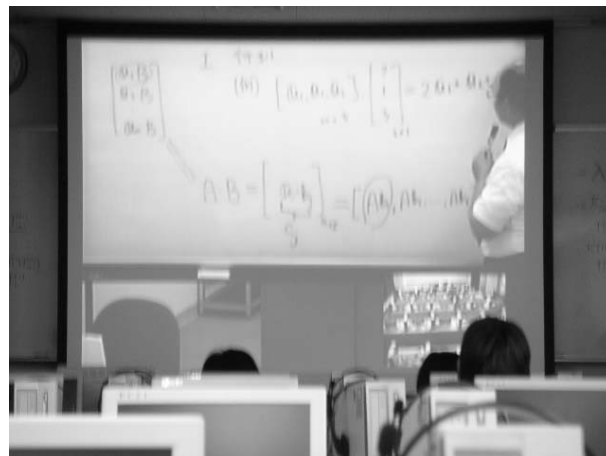


図 4: 講義中の画像 (受信側)

図 2 に遠隔講義開始時の 2 会場における機器の構成図を示します。図 6 は、実際に飯塚キャンパスに設置した機器類の写真です。基本的には機器は 2 会場で対称になるように設置していますが、既存の設備の利用によって図 2 の様な構成となっています。

送信側も受信側も、AV 切り替え機によって書画カメラ、教員用天井カメラ、受講生用天井カメラの 3 つから送信用の映像を一つ選択します。これにより簡単に講義の送信側、受信側の設定ができる様になっています。音声はスピーカーからの出力をビデオ会議システムに入力しています。映像と音声の送受信は、このビデオ会議システムの通信によって行われています。

PC によるスライドは、スクリーンをカメラに映す以外にも、ビデオ会議システムによる PC のデスクトップ表示機能を利用して、PC の画面を直接送信する方法も利用しました。

図 3 と図 4 が実際の講義場面になります。図 3 は送信側である天神サテライトキャンパスの写真で、教員が講義を行っています。図 4 は受信側での実際の講義場面になります、スクリーンに講義を行っている教員が映っており、受信側の受講生はこれを見て受講することになります。

これらの同期型遠隔講義の実現に、最も重要な要素は通信速度です。講義内容を理解する為には、教員がホワイトボードに書く文字や、スクリーンに表示するスライド等が鮮明に見えなければなりません、これは音声についても同様です。通信速度が遅ければ受信する画像や音声が乱れたり、動画と音声の同期が取れず、受講生は講義を理解する事が困難になります。ですので、高画質の画像を常にリアルタイムで送信できるだけの回線速度が必要になります。

九州工業大学では、この同期型遠隔講義の実施に対応できる通信環境を実現する為に、ビデオ会議システム専用 100Mbps の Fiber to the Home (FTTH) の回線を 2 会場に設置して、Virtual Private Network (VPN) で接続しています。これでビデオ会議システムの提供する最高画質 (768Kbps) での通信ができる様になっています。一般のインターネット回線を経由している為、ネットが混雑する時間によっては通信の遅延が生じてしまう事もあります。

5 システムの改善

図2で示したシステムを設置して、本学は5月より同期型遠隔講義を開始しました。しかし、講義を進める中で幾つかのトラブルが起こり、システムの改善をする必要がありました。図5に改善したシステムの機器構成図を示します、改善した点は太線で示しています。図2と比較すると、機器が増え、接続の方法も若干変化していることがわかれると思います。図6と図7は、実際に設置した機器の写真です。それでは、以下にその具体的な内容について説明いたします。

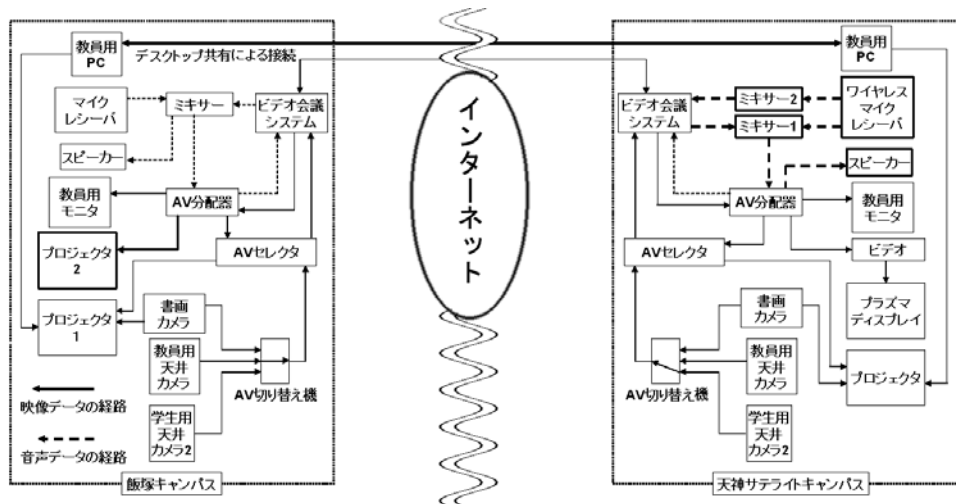


図 5: 同期型遠隔講義の機器構成図 Ver.2

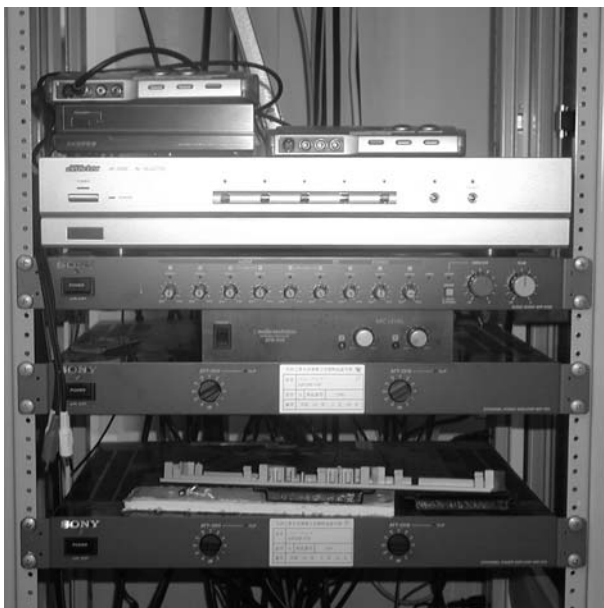


図 6: 飯塚キャンパス側に設置した機器



図 7: 天神サテライトキャンパス側に設置した機器

5.1 音声の改善

最初に起こったのは、音声のトラブルです。免許法認定公開講座を開講して早々、この遠隔講義システムで講義を行っている最中に、講義中に雑音が入る、音声の調整が難しくなる等のトラブルがありました。

雑音の原因の一つとして、天神側のスピーカーがマイクレシーバとアンプの一体型である事が考えられます。構成図 2 では、天神サテライトキャンパスが受信した音声は AV 分配器を通して、これがそのままビデオ会議システムへと入力されてループを描いています。両会場での講義を実現するには、双方の音声をビデオ会議システムに入力して、それを反対側のスピーカーに出力する必要がある為です。この様な配線でもビデオ会議システムのエコーキャンセラーによって、通常の音量では音声のエコーすることはありませんでしたが、音量によってはこのエコーキャンセラーから生ずる「サー」と言うノイズが拡大され、通信する音声が届かなくなる事がありました。

また、講義中にはマイクの持ち方や、教員個人の声量によってマイク音声の調整を行う必要があります。しかし先に述べたようにスピーカーが一体型の為、スピーカーの出力と飯塚キャンパスへ送る音量の細かい調整が難しくなっています。例えば片方のキャンパスでは音量が小さい為、音量を上げたら反対側のキャンパスでは必要以上に大きくなるというトラブルもありました。

そこでこの問題を改善する為に、ミキサー、マイクレシーバ、アンプとスピーカーを新たに追加して機器の構成を変更しました。図 5 に示す通り、マイクレシーバの出力を、二つのミキサーに出力、それぞれが天神サテライトキャンパスのスピーカーと、ビデオ会議システムへの送信出力に対応しています。これによって、音声経路のループが途切れ、天神サテライトキャンパス側のスピーカーの出力と飯塚キャンパスに送る音声出力の二つを個別に操作できるようになり、音声の問題について改善がなされました。

5.2 2画面による遠隔講義

次に教員と受講生から受けた意見は、受信した画像が鮮明でなくスライドや、ホワイトボードの細かい文字が見えないと言う問題です。

改善する前までは、スクリーンに投影したスライドをカメラで撮影する方法、ビデオ会議システムのデスクトップ表示の機能を使った方法を使っていましたが、どちらにも問題点があった為、新たに Net Meeting を用いた 2 画面構成の遠隔講義に変更しました。

Net Meeting は Microsoft Windows に提供されている、ネットワークを利用したコミュニケーションソフトウェアです。マイクによる音声チャット、カメラによる映像送信などの基本的な機能に加え、プログラムやデスクトップ画面をお互いの PC で共有することができます。これを利用すれば、教員側の PC のデスクトップ画面を受信側にある PC に送り、これをプロジェクタに出力して、画質の劣化を抑えたまま遠隔地に画像を送ることができます。

これらの方法の違いについて詳しく説明すると、まずスクリーンを直接カメラで撮影した場合、スクリーンと教員と一緒にカメラに映る為、教員が何を指しているのか良くわかるという利点があります。しかし、カメラで写したスクリーンの画像は、鮮明でないため受信側にとって見難く、内容の理解が困難になる可能性があります。次にビデオ会議システムの機能を用いた場合では、PC のデスクトップ画

面を受信側に送っている分、スクリーンを映すよりも鮮明な画像を送ることができます。しかし、それでも若干解像度が下がっている為、細かい文字は潰れてしまいます。またこのスクリーンには教員が映らない為、スライドを指す時に、指示棒やレーザーポインタを使っても遠隔地ではそれを見る事ができません、PCのマウスカースルなどで示す必要があります。

これらの問題点は Power Point 等スライドを用いる場合には、教員側が文字を見やすいスライドを作成しておけば、それほど問題にはなりません、プログラム設計やデータベース等の講義で、細かいプログラムのソースコードや受講生が行う課題の説明を、教員側の PC で表示しながら解説する場合に、スクリーンの文字が潰れて読めなくなってしまいます。

これに対し Net Meeting を用いたデスクトップ共有機能は、同じ解像度で画面を共有する事ができるので、受信側でも鮮明な PC 画像を表示できます。よって今までの方法では難しかった、PC を利用した操作説明等も問題なく行えます。ただしこれも教員自身は映らないので、スクリーンを指す為にマウスを使う必要があります。

そこで、九州工業大学では画質の改善と教員が講義を行いやしくする為に、飯塚キャンパスに新たにプロジェクタとスクリーンを追加しました。これで Net Meeting 用の画面とビデオ会議システム用の画面二つを表示します。図 8 と図 9 が 2 画面による、講義の受信側の写真になります。受信側のスクリーンが 2 つ配置され、それぞれにスライドの画面と、教員のカメラ映像が映っています。

受講生は鮮明なスライドの資料を見ながら、もう一つの画面で教員の説明も見ることができます。ただし、Net Meeting 用の PC と TV 会議システムはどちらも H.232 と呼ばれる手続きを用いているため、同じ IP アドレスで同時に利用することはできません。従ってこの方法を行うには TV 会議システムとは別に、Net Meeting 用の回線を設置する必要があります。本学では天神サテライトキャンパス側にある既設の VPN 回線を Net Meeting 用の回線として利用しています。

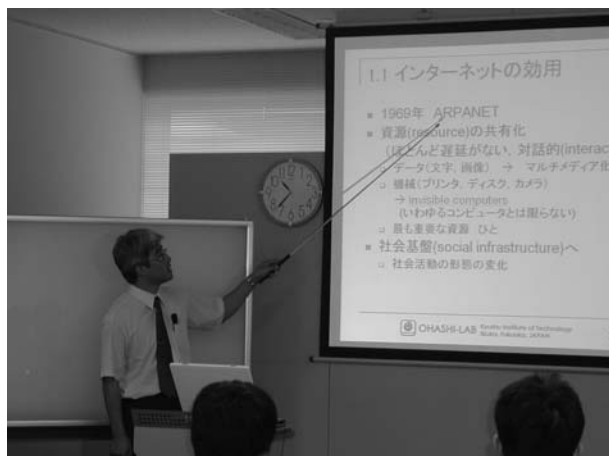


図 8: 2 画面による講義の画像 (送信側)

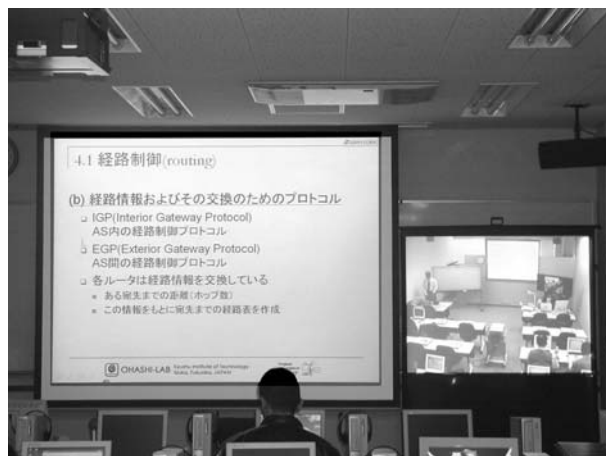


図 9: 2 画面による講義の画像 (受信側)

これによって、PC 画面の表示については改善されましたが、ホワイトボードの記述については現在も課題が残っています。ホワイトボードでの問題は次の 2 点です。

書ける範囲が狭い

受信側にも文字がわかる範囲でカメラを固定して撮影している為、ホワイトボードの全面を使うことができません

文字が鮮明でない

カメラで拡大していますが、それでも文字が鮮明にならず見難い時があります

これらの問題は、実習や演習が多い情報の科目よりも、教員による講義が中心になる数学の科目において頻繁に起こっています。数学の講義の方は Power Pointo によるスライドの使用率も低く、主にホワイトボードの記述が中心になっています。さらに数学の講義では数式の表現に小さい文字を使うことが多く、それを見て判断するのは受講生にとって、かなり難しい状況もありました。教員はできるだけ字を大きく、はっきり書くことで対応していましたが、範囲が狭い為これも限界があります。長い文や式を書く場合は、何度も消して書くなど教員への負担が大きくなってしまいます。

現時点でビデオ会議システムは最高画質で通信しており、これを上げることはできません。現在は天神サテライトキャンパス側にモニタを追加して、受講生の机の上で講義の画像を視聴できるようにしています。飯塚キャンパス側は改善されていませんが、同じ方法を取るには多くのモニタを設置しなければなりません。今後は他の方法で画質を上げる必要があるでしょう。

6 まとめ

本稿では九州工業大学で実施している 2 会場での同期型遠隔講義について、生じた問題点と環境改善に向けて実施した対策について説明しました。同期型遠隔講義は、リアルタイムに映像と音声を送り続けなければならない為、通信環境が大きく影響を及ぼします。当然音声や映像は、どちらが欠けても講義に支障が出る為、システムの安定性は非常に重要になります。特に集中講義形式である免許法認定公開講座では、ほぼ一日講義が行われる為、長時間安定した通信状態を保たなければなりません。

そして同期型の遠隔講義は、障害への対処が非常に困難です。その理由として、まずリアルタイムで講義が実施されているため、障害には迅速な対応が必要になること。そして 2 会場のどちらに原因があるのか突き止めなければならない事、さらに対応の際、現地に行かなければならない場合は距離が大きく影響することが上げられます。今回の免許法認定公開講座でも、プロジェクタ、カメラの故障、PC、ネットワークの不調等、細かい点で様々な障害が起こっています。システムの維持とサポートについては、今後も遠隔講義を続ける上で極めて重要な位置づけになると言えます。

今後は残された画質の問題を改善する為に、飯塚キャンパス、天神サテライトキャンパス間にギガビット通信が可能な回線を引く予定です。これによって、より鮮明な映像を送信することで、現在抱えているホワイトボードの文字が読み難いと言う問題が解決されると思われます。しかし、受講生と数式についてやり取りを行う為には、画質の改善だけでなく他の方法についても検討する必要があると思われます。

また、講義を実施する際、Learning Management System を利用したレポートや資料の提供、掲示板を用いた質問の受付等のサービスを実施していましたが、受講生のネット環境によってはこれを有効に利用できず、紙でレポートを提出する、質問は講義中に行うなど、どちらかに統一されなかった現状

があります。講義の管理の面から見れば、この点については今後どちらかに統一して、各受講生へのサポート体制を整える必要があると考えています。

来年度以降もこの同期型遠隔講義を続け、教育環境の改善と、また様々な演習や実験に対応できる遠隔講義の実現を目指して行きたいと思います。

参考文献

- [1] 大西淑雅, 山口真之介, 西野和典, 小林史典: “九州工業大学における e-Learning の実践”, メディア教育研究, vol.1, 45-58, 2004.
- [2] Moodle (Moduler Object Oriented Dynamic Learning Environment):
<http://moodle.com/>
- [3] 山口真之介, 浅羽 修丈, 大西淑雅, 西野和典: “公開講座を支援するブレンディット型教育の実践”, 教育システム情報学会 30 周年記念全国大会講演論文集, vol.1, pp71-72, 2005.
- [4] Polycom View Station SP :
http://www.polycom.co.jp/products/pdf/datasheet/ViewStation_SP.pdf