

第4部

インターネットを用いた高等教育環境

第1章 はじめに

WIDE プロジェクト School on the Internet Working Group (SOI) は、新たな社会の共通基盤としてのインターネットの役割を踏まえ、世界中の学ばず意欲を持つ人々に、デジタルコミュニケーションを基盤とした、従来の制限や境界にとらわれない高度な教育と研究機会を提供することを目的に、1997年9月より活動を開始してきた。

同年10月には、WIDE University School of Internet (<http://www.soi.wide.ad.jp/>) を実際の運用基盤として開講し、インターネットを基盤とした教育、大学環境の構築技術の開発ならびに、新しい教育形態のあり方に関する研究を進めている。

1999年度、SOI Working Group では、School of Internet の運用を継続するとともに、新たに学生間コミュニケーションや成績通知を支援するシステム、授業アーカイブ作成に必要な作業を支援するツールの開発等を行った。さらに、新たな試みとして、IPv6 や DV over IP 等の技術を利用した米国ウィスコンシン大学 / 慶應大学 / 奈良先端大学による共同授業実験も実施した。

本報告書では、第2章でアクセスログやアンケート結果に基づく School of Internet の運用状況について報告を行い、第3章では新たに開発したシステムの実装及び設計について述べる。第4章では、三大学による共同授業実験の概要を説明し、実験結果について報告を行う。最後に第5章で2000年度の活動予定について簡単に述べる。

第2章 School of Internet の運用

本章では、実験を開始した1997年9月から今年度までの登録学生数や WWW 及びビデオへのアクセス数の推移、学生の分布などについて報告する。

2.1 登録学生数の推移

実験を開始した97年度末には約320人であった登録学生数は、98年度末には約1900人にまで増

加し、本年度末には約4000人に達した。

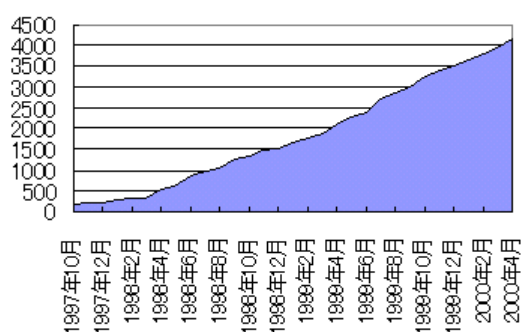


図 2.1 学生数の推移

2.2 登録学生の分布

School of Internet では、学生登録の手続きを行なう際に、アンケートを実施している。最近登録した1000人の回答結果によると、学生の職業分布としては、半数以上の58%が社会人であり、学生よりも多くなっている。また、年齢分布については、10代から50代以上にまたがっており、その年齢分布はかなり幅広いことが分かる。

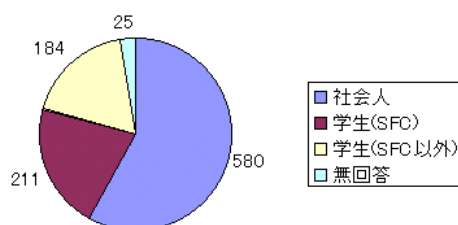


図 2.2 登録学生の職業分布

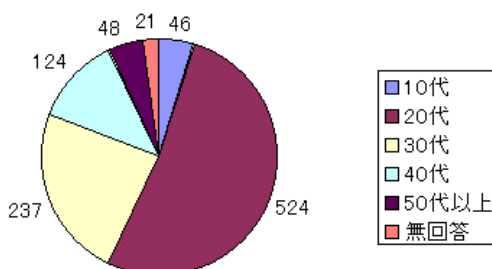


図 2.3 登録学生の年齢分布

2.3 アクセスの推移

School of Internet では、Real Video と WWW を用いて講義の配信を行なっている。登録学生数の伸びに従って、これら講義に対するアクセス数も年々増加していることが以下の図 2.4、2.5 から分かる。

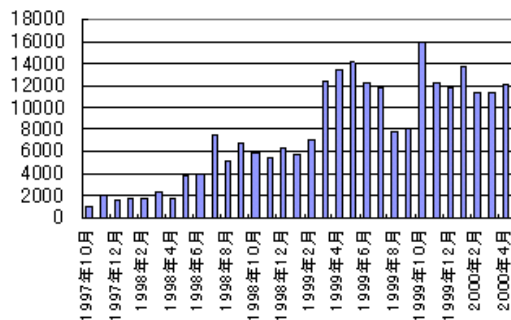


図 2.4 ビデオアクセスの推移

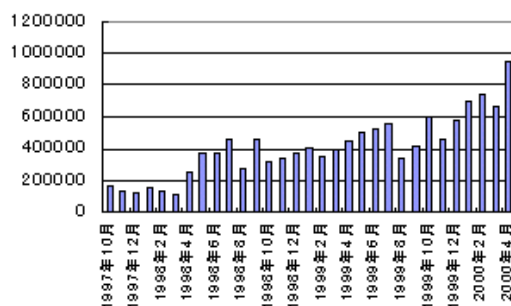


図 2.5 WWW アクセスの推移

第3章 新たな機能拡張

本章では、今年度、School of Internet に追加した新たな機能について述べる。新たな機能は、以下のとおりである。

- 電子証明書を用いた成績通知証明機能
- 生涯学習支援機能
- 授業アーカイブ作成支援機能
- リアルタイム中継におけるマテリアル同期機能

3.1 電子証明書を用いた成績通知証明システム

電子証明書を用いて、インターネットにおける信頼性・守秘性を確保した成績通知証明システムを構築した。システムは授業担当者、履修者、大学の3者を主体とし、登録・通知・証明機能から構成される。成績の信頼性及び守秘性を確保するため、認証、成績管理情報の共有、成績証明の発行には電子証明書を用い、さらに成績情報の保存にも暗号化技術を用いた。このインターネット成績通知証明システムの設計及び実装について述べる。

3.1.1 システムの構成要素

本システムは、(1) 登録機能、(2) 通知機能、(3) 証明発行機能の3つの機能に別れる。登録機能は、ファカルティや TA/SA に電子証明書を用いて成績登録を行わせる。通知機能は登録された成績を履修者に通知する。証明発行機能は、履修者が指定する第三者に対して成績証明を発行する。これらの機能は1または2個のサーバから構成される。

表 3.1 各機能を構成するサーバ

登録機能	成績登録サーバ
通知機能	成績通知サーバ 成績表示サーバ
成績証明発行機能	成績証明発行サーバ
証明書発行機能 (補助機能)	ファカルティ登録サーバ 証明書発行サーバ

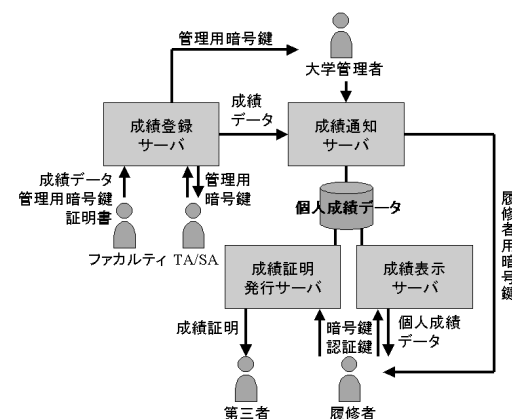


図 3.1 システム構成

成績登録サーバ

履修者の成績を登録する。電子証明書を用いてファカルティ及び TA/SA の認証を行う。新規登録の場合、ファカルティが入力した成績データと暗号化パスワード (1) をもとに、成績データを暗号化して保有する。また、そのパスワード (1) を TA/SA 及び大学に暗号化してメールで送る。これは、パスワードをサーバに残さないことにより、成績の改竄や捏造を防ぐためである。成績の追加登録・修正の場合、ファカルティが入力したパスワード (1) を用いて成績データを復号化して提示する。成績データが送り返されると、成績登録サーバは再びデータを暗号化して保有する。成績データの登録が完了すると、成績データを暗号化したまま通知用パスワード発行サーバに送る。登録や通知の重複を避けるため、一度通知が成されるとそれ以降の修正や通知要求を一切拒否する。

通知用パスワード発行サーバ

履修者に成績通知用パスワード (2) を発行する。電子証明書によるアクセスコントロールを行い、大学にのみアクセスを許可する。大学が暗号化パスワード (1) を送ると、成績登録サーバから送られてきた成績データを復号化し、履修者ごとの成績通知用パスワード (2) を生成して、履修者ごとに成績データを暗号化し直す。この成績データを成績通知サーバと成績証明発行サーバに渡し、生成したパスワード (2) を履修者に送付する。パスワード (2) はメールで送付され、サーバに残されることはない。これはサーバに不正侵入された場合でも、成績の改竄や捏造を防止するためである。

成績通知サーバ

履修者に成績を通知する。履修者があらかじめ登録していた Email アドレスとパスワード (3)、送られた暗号化パスワード (2) を入力すると、登録されている情報に基づいて認証を行い、認証が正しく行われれば、履修者が入力した暗号化パスワード (2) を用いて成績データを復号化して提示する。

成績証明発行サーバ

履修者が指定する第三者に対して成績証明の発行を行う。成績表示サーバと同様の方法で認証を行い、

履修者が入力した第三者の証明書と大学の証明書をを用いて、成績データを署名・暗号化したメールで第三者に送付する。

表 3.2 使用される鍵一覧

鍵	使用者	使用方法
管理用暗号鍵	ファカルティ、TA/SA、大学管理者	成績データの暗号化 / 復号化
履修者用暗号鍵	履修者	個人成績データの暗号化 / 復号化
履修者認証鍵	履修者	成績表示のための認証
ファカルティ認証鍵	ファカルティ、TA/SA	証明書取得のための認証
証明書取得用認証鍵	ファカルティ、TA/SA	証明書取得のための認証

3.1.2 運用結果

本システムは、School of Internet で開講された授業に適用・実験運用された。これに基づき、各履修者に対して行ったアンケート結果を以下に示す。実験は 1999 年度春学期に SOI で開講された自律分散協調論及び情報処理 Is において行った。この 2 講義は慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスで実際に行われた講義を利用したものである。

表 3.3 実験実施授業及び履修者数

	SOI 履修者	大学履修者
自律分散協調論	89 人	65 人
情報処理 Is	271 人	215 人

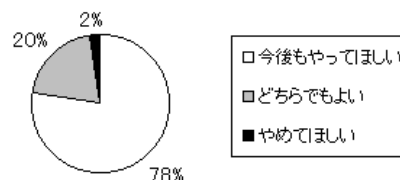


図 3.2 アンケート (1) 成績が通知されることについて

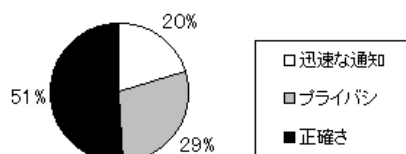


図 3.3 アンケート(2) 成績通知において最も重要と考えるもの

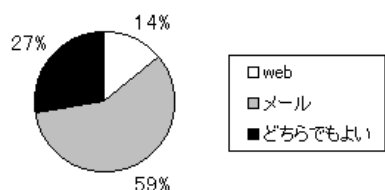


図 3.4 アンケート(3) 成績の通知方法について

3.2 大学授業を積極的に活用した生涯学習支援環境の構築

生涯学習において大学が提供する高度で体系的、継続的な教育を求める社会人の需要は拡大傾向にある。少子化もあいまって、大学は若者の大学から社会に開かれた大学への移行を目指し、様々な学習機会の提供を試みている。しかし、現在の教育サービスは学習者の要求をすべて満たしているとはいえない。学習者の多様化に対して、今後大学は適切かつ柔軟に対応していくことが求められる。本研究では、大学授業を生涯学習に積極的に活用するための生涯学習モデルを設計・構築し、生涯学習支援環境をインターネット上に実現した。本生涯学習モデルは、現在の school on the Internet (SOI) システムを拡張し、授業情報共有システム、学習状況参照システム、単位認定システムを構築することで生涯学習における3つの要求「Contents & Match Making」「Incentive」「Qualification」を満たしている。

3.2.1 生涯学習モデル

学習者は5段階の学習フェーズを持つ。1) 授業選択 2) 受講 3) 理解の確認 4) 授業評価 5) 受講証明の5つのフェーズである。学習フェーズごとにアンケートの分析結果から抽出した学習者の要求事項を分類し、これに基づき生涯学習モデルの主要素を以下の3点と定義した。

1. Contents & Match Making
2. Incentive
3. Qualification

Match Making は、学習者が自分の学習目的、内容に合う授業を幅広い選択肢の中から選択できるように情報を提供すること、Incentive は、学習を継続できるように分散環境にある学習者に激励・強制力を提供すること、Qualification は、受講した成果として授業ごとに単位を提供し、その単位の意味を明確に示し、その社会的な評価を実現することを意味する。

現在の SOI モデルは、大学授業を多様な学習者に提供することに成功した。しかし、これが生涯学習支援環境として活用されるためには、Match Making, Incentive, Qualification のための手法を確立していかなければならない。そこで、以下の3つのシステムを構築し、SOI システムの拡張を行った。

1. Match Making: 授業情報共有システム (授業情報の体系的な公開を支援する)
2. Incentive: 学習状況参照システム (時学習者の学習状況に関する情報をファカルティに提供する)
3. Qualification: 単位認定システム (授業ごとの証明の実現および、社会的な単位の流通を支援する)

これにより、生涯学習支援環境を提供することが可能となる。以下に、各システムの設計について説明する。

3.2.2 授業情報共有システム (Match Making)

本システムは、学習者が多様な選択肢の中から自分にあった授業を選択できるように必要情報を体系的に提供することを目的としている。学習者に授業情報を提供するために、授業情報の収集を行い、集めた授業情報を標準化し、授業情報を分類する。授業情報の収集は、ファカルティによって実現し、常に最新の情報が公開されるようにする。システムの要求事項を以下に示す。

- 登録・変更作業の簡便性
- データの正当性
- 即時の公開

- 情報の分類、参照の容易性

これらの要求事項に基づき、本システムは、授業情報収集機能としての認証サーバ、登録・変更サーバ、公開サーバおよび、授業情報分類機能としての分類サーバを持つ。

認証サーバ

認証サーバは、ファカルティの認証情報を保有し、ファカルティからの問い合わせに対し、認証結果を返す。認証されたファカルティは、登録・変更サーバより登録・変更フォームを渡される。

登録、変更サーバ

登録・変更サーバは、認証されたファカルティが授業情報を登録、変更するためのインターフェースを提供する。ファカルティがここで提示される登録・変更フォームに必要な授業情報を入力し、送付すると、授業 ID と共に、授業情報がデータベースに格納される。登録者本人だけが、登録内容の変更、削除を実施することができる。

公開サーバ

公開サーバは、データベースが保有する情報をもとに、標準化された授業情報を公開する。授業情報が定型化された形式を持つことにより、学習者は容易に授業情報を参照できる。

分類サーバ

分類サーバは、授業情報を授業レベル、学問分野、学習目的の組み合わせにより分類する。

3.2.3 学習状況参照システム (Incentive)

本システムは、ファカルティが、分散環境にある学生の学習状況を把握できるように、ファカルティに対して学生の学習履歴を体系的に提供することを目的とする。さらに、この情報をもとにファカルティから学生に対するコミュニケーションが促進されることを目指す。

システムの要求事項を以下に示す。

- 必要情報の抽出・参照
- 利便性

これらの要求事項に基づき、本システムは、参照

サーバ、コメントサーバ、学習状況通知サーバを持つ。

参照サーバ

参照サーバは、ファカルティから要求があると各データベース(課題 DB、出席情報 DB、成績 DB、コメント情報 DB、学生 DB)に問い合わせをし、ファカルティに対して履修者一覧ごとの学習状況(レポート提出状況・分布、出席状況・分布、コメント数・内容、成績)を表示する。

コメントサーバ

ファカルティは、コメントサーバが保有するコメント入力フォームを要求し、学生に対する感想、意見、助言等を記入した後、返送する。コメントサーバは、受領したコメントを蓄積し、学生に対してコメントを送付する。ファカルティは、コメント内容を参照することが可能である。

学習状況通知サーバ

ファカルティは、学習状況通知ポリシーを学習状況通知サーバに送付すると、このポリシーをもとに、学習状況通知サーバは、定期的に学生の学習状況を調べ、ファカルティ宛に通知する。

3.2.4 単位認定システム (Qualification)

本システムは、大学授業ごとに単位を提供し、社会的に通用する資格として流通させることを目的とする。社会的に流通させるために、従来の成績に重きをおくのではなく、単位の意味を明確に定義する。そのために、単位に関連する詳細な情報を単位認定書に掲載することにする。具体的な証明内容は、従来の成績情報だけでなく、授業情報(大学名、授業名、教員名、開催年度、単位数、授業形態、授業期間、授業時間数、授業概要-修得したこと、授業シラバス、教育プロフィール、課題数・課題内容、試験内容、成績分布、授業評価結果)と個人情報(総合成績、提出レポート内容・成績)・試験結果、出席状況)からなる。システムの要求事項を以下に示す。

- データの正当性
- 単位の信頼性
- 有効活用性

これらの要求事項に基づき、本システムは、単位

申請サーバ、認定書交付サーバ、単位認定書リーダーからなる。

単位申請サーバ

学生（申請者）が本人確認および、権利確認のために認証情報を記入し、送付すると、単位申請サーバは、認証情報の正当性を確認し、申請者の履修（聴講）授業一覧を表示する。申請者は、単位認定を必要とする授業を選択し、送付先を指定し、証明内容を決定する。

認定書交付サーバ

単位申請サーバから送られてきた申請内容をもとに、各データベースに問い合わせ、必要な情報を収集、集計し、学生または会社宛に単位認定書を交付する。

単位認定書リーダー

単位認定書リーダーは、送付されてきた暗号化単位認定書を参照して、単位認定書の一覧を表示する。一覧の中から必要な単位認定書を選択し、暗号鍵を入力すると単位認定書の内容が復号化されて表示される。この内容は統一されたフォーマットを利用しているため、内容の参照も簡単である。

3.2.5 評価

各システムにより、授業情報の開示、ファカルティに対する体系的な学習状況の提供、授業ごとの修了証明の提供を実現することができた。これは SOI 基盤において学生、ファカルティに対するアンケート、インタビュー、アクセス状況等の定性評価および、定量評価を行うことによって明らかになった。さらに、本モデルに基づいた生涯学習支援環境を他の大学教育サービス（通学教育、通信教育、放送大学、Stanford Online）と比較した結果、本生涯学習支援環境が既存の大学教育サービスが実現できなかった3つの要素を十分に満たす環境を提供したと判断する。

3.3 授業アーカイブ支援ツール

SOI では授業を SMIL と HTML の2つの形式でアーカイブを行っている。HTML 形式では授業で使用された資料（以下、マテリアル、今回は主に使用される PowerPoint（以下、PPT）とする）を WWW

から参照できるようにしている。また、SMIL 形式では授業の様子を収録したビデオと授業で使用された資料が同期を取られた形で配信されている。「同期がとられた形」とは話者がマテリアルを進めたり戻したりする時間情報（以下、タイミング）にあわせて自動的に資料が変わることをさす。

講義アーカイブの作成には、以下の作業が必要となる。

- HTML 形式

- － マテリアルの HTML への変換

- SMIL 形式

- － 授業ビデオの RealVideo 形式へのエンコード

- － マテリアルの PNG 形式への変換

- － タイミングに基づいた SMIL の記述

今回 SOI では、この授業アーカイブ作成を支援するために、TRecoder、RPT、P2H という3つのツールを作成した。以下ではこの3つのツールの特徴や機能について述べる。

3.3.1 TRecoder

- タイミングの記録

記録者が話者にあわせて操作を行なうことでタイミングの記録を行なう。（図 3.5）

- タイミングの編集

記録されたタイミングをそのまま使用すると、ビデオのエンコードによるずれなどの理由により、うまく同期がとれないことがある。タイミング情報を編集することでビデオとマテリアルの同期の調整を行なう。（図 3.6）

- SMIL ファイルの生成

TRecoder はタイミングの記録、保存・編集と SMIL ファイルの生成を行うツールである。タイミングの記録は話者にあわせて記録者が操作を行う。SMIL の生成ではサーバーの名前など、必要なパラメーターを指定することで記録・編集したタイミングを基にした SMIL ファイルを生成する。（図 3.7）

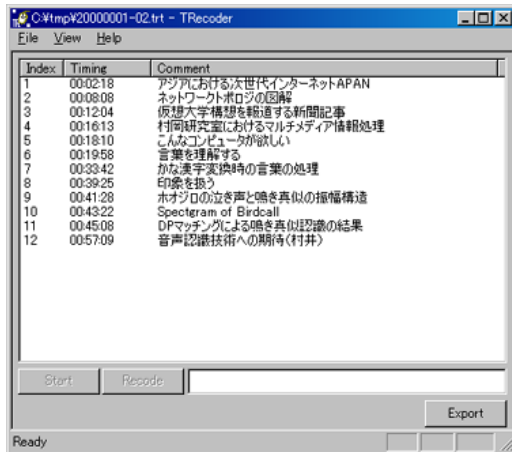


図 3.5 記録

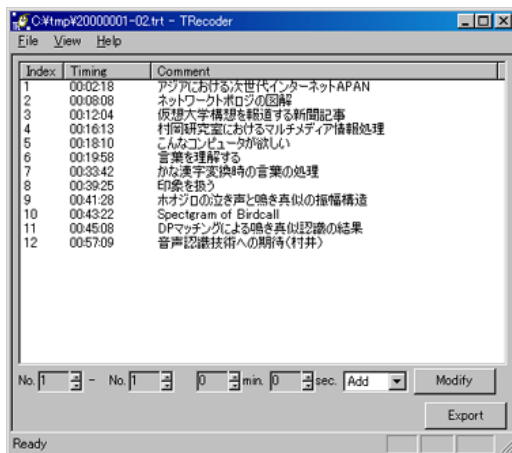


図 3.6 編集

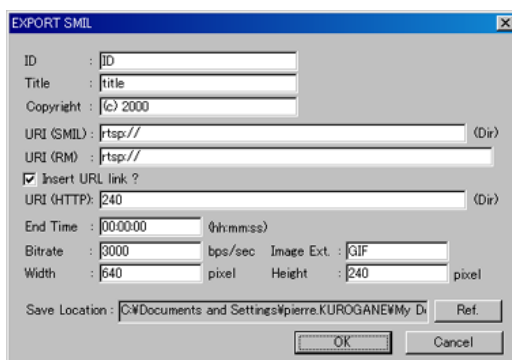


図 3.7 SMIL の生成

3.3.2 RPT

● タイミングの記録

TRecorder とは異なり、話者のマシンで直接起動することで記録を行なう。記録者の操作が無い分、より正確なタイミングを記録すること

が可能であるが、事前に話者のマシンにインストールを行なう必要がある。

● タイミングの配信

この機能に関しては後述する。



図 3.8 RPT

3.3.3 P2H

● PPT ファイルを HTML に変換

PPT にも HTML に変換する機能がついているが、この機能で生成された HTML は Microsoft の Internet Explorer が必要であったり、リンクの挿入などのカスタマイズがしにくいといった問題がある。P2H ではテンプレートファイル (図 3.10) を使用することで、ヘッダや背景などのカスタマイズを可能とした。

3.3.4 授業アーカイブの流れ

これら 3 つのツールを用いることで授業のアーカイブは以下のような流れになる。

3.4 リアルタイム中継におけるマテリアルの同期

授業のリアルタイム配信では、話者のビデオだけではなくマテリアルの表示も行なっている。以前までは現地と遠隔地に同じ PPT ファイルを用意し、人

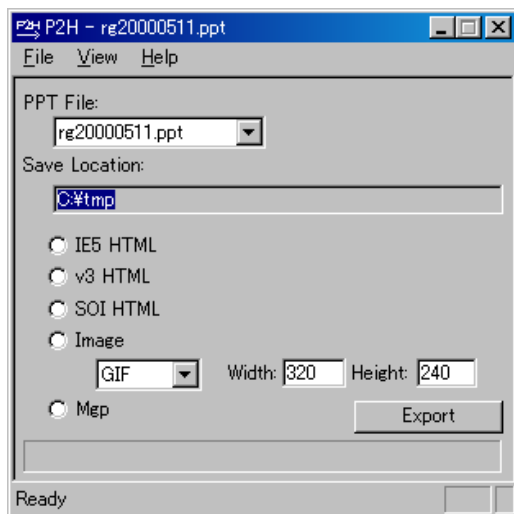


図 3.9 P2H

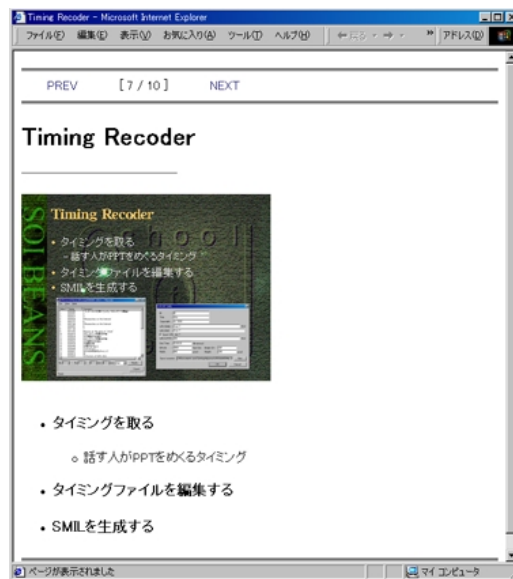


図 3.11 変換された HTML

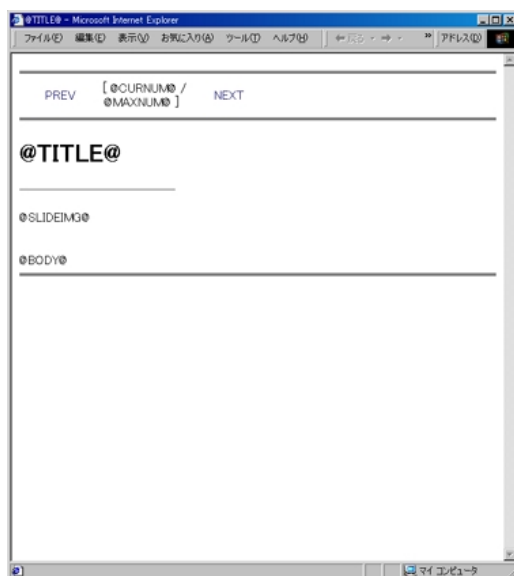


図 3.10 テンプレートの例

の操作によって表示を行なってきた。現在のスライドなどの確認は IRC などのツールによって行なっていた。

しかし、この方法では連絡のミスによって正しく操作が行なわれない、あるいは PPT のアニメーション機能がスムーズに行なわれないといった問題があった。特にアニメーションは話者の話と密接に関係することが多いので、正しいタイミングで表示されないと話自体がわかりにくいといった状況も生じてしまう。

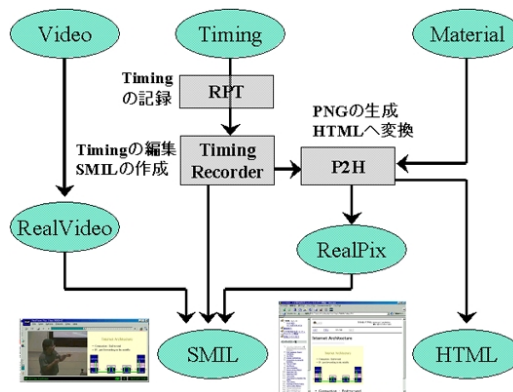


図 3.12 授業アーカイブの流れ

今回、作成した RPT ではタイミングの情報を配信することで、現地と同じタイミングでマテリアルを進めることを可能とした。

3.4.1 RPT

RPT の実装は Microsoft Window2000 上で行なった。PPT に送られる Windows からの Message を hook することで、スライドショーにおける操作を検出し、得られた情報を IRC を用いて配信する。受側の RPT は送られてくるタイミング情報に基いて PPT を操作する。PPT の操作には COM+ を用いた。

3.4.2 IRC による配信

RPT ではタイミング情報の配信の際に、IRC を用いる。

これによって複数遠隔地のクライアントに対して同じように情報を配信することが可能となり、疑似的な 1 対多のモデルを作ることができる。

同様のモデルを実現するには、他に送側の RPT がすべてのクライアントに対してメッセージを配信する方法とマルチキャストを用いる方法が考えられるが、前者では送側のマシンの負担が大きくなることが予想できる。また、後者は送側の負担は変わらないが、まだ十分に普及していないという状況にある。よって、今回は IRC を用いることとした。

3.4.3 配信される情報

現地の RPT は PPT のスライドが変わると、以下の情報を IRC を用いて配信する。

- スライドショーの開始情報
- スライドショーの停止情報
- 現在のスライドの番号
- アニメーションの進行情報

遠隔地の RPT はこの情報を受け取ることで、自動的に PPT を操作する。

3.4.4 運用

SOI のリアルタイム授業中継において実際に RPT を使用した。

両方にファイルが事前に用意されていなくてもはならないが、RPT を使用することでスライドの操作、特にアニメーションについても話者のタイミングに合わせて表示することが可能となった。

また、IRC を利用しているので厳密には多少の遅延が発生するが、受講するにあたり特に問題となる遅延ではなかった。

業が実施された。授業は米国ウィスコンシン州立大学 Lawrence H. Landweber 教授、慶應義塾大学からは村井純教授が行った。米国側の学生は村井教授の講義が Landweber 教授の CS640 Introduction to Computer Science の授業の一部となり、日本側では Landweber 教授の講義が慶應義塾大学では大学院特設科目:コンピュータネットワーク概論の授業の一部、奈良先端科学技術大学院大学ではプロジェクト科目となった [3]。

4.1 システム構成

授業中継は DV over IP のソフトウェアである DVTS を用いて行われた。ウィスコンシンの教室から送信された映像・音声は慶應で表示されながら奈良へ送信される。奈良の映像・音声は慶應へ送信され、慶應の映像・音声とビデオスイッチャーを通じてウィスコンシンへと送信される。これにより、学生は遠隔地にいる講師へ少ない遅延で質問等ができた。また、講師も随時遠隔地にいる学生へ質問を投げかけることができ、ある程度の双方向授業としての形態を実現できた。

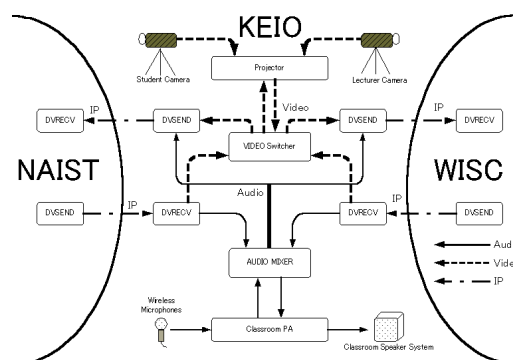


図 4.1 システム構成

4.2 ネットワーク構成

ここでは Wisconsin プロジェクトで用いたネットワーク構成をレイヤー別に述べる。

物理的には、慶應義塾大学、奈良先端科学技術大学院大学、ウィスコンシン大学、3 大学は OC-3 以上の高速ネットワークで接続されている。慶應義塾大学と奈良先端科学技術大学院大学の間は NTT 大手町経由の OC-3

第 4 章 Wisconsin 大学 / 慶應大学 / 奈良先端科学技術大学院大学による遠隔授業実験

1999 年 9 月 28 日より 2000 年 1 月 11 日までの間、合計 14 回に渡り 3 校を相互に結んだ双方向授

回線を使用した。また、日本（慶應義塾大学、奈良先端科学技術大学）からウィスコンシン大学へは、KDD大手町からシカゴのStartup 間は APAN/TransPac による海外線を利用した。

リンクレベルでは、ATM リンクを使用し、効率の良い配送をおこなうため、Point To Multipoint (ptmp) 技術を用いた。これは、たとえば慶應義塾大学がウィスコンシン大学、奈良先端科学技術大学の2組織に映像を配送する場合、図4.2のトポロジー図にあるようにNTT大手町のATMスイッチでATM cellをコピーして、奈良先端科学技術大学へのポート、ウィスコンシン大学へのポートにそれぞれ同じATM cellを伝送する。Point To Multipoint 技術は、慶應義塾大学から、奈良先端科学技術大学、ウィスコンシン大学へ送信し、ウィスコンシン大学から慶應義塾大学、奈良先端科学技術大学へ送信を行い効率的な配送が可能となった。

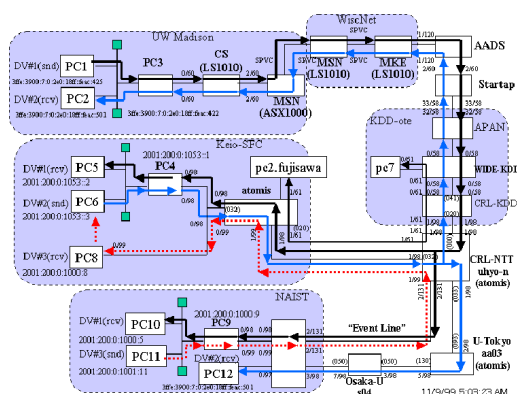


図 4.2 ネットワーク構成

IP レベルでは、IPv6 を利用し、RIPng を用いた動的な経路制御を行った。また、Startup にある IPv6 専用 IX6tap を経由しての DV 伝送も平行して実施したが、6tap の Cisco ルータがパケットをソフトウェアで処理していることが原因で十分なパフォーマンスを得ることができなかった。

4.3 今後の課題

今回の実験では 35Mbps というデジタルビデオ信号を日本からアメリカへ送受信した。その際、安定した帯域を確保するためにリンクレベルでは ATM を用いた。そのため、実験当初、ネットワークの架

設に多大なる時間とコストがかかった。今後はこのプロセスを簡略化し、より手軽にこうした実験ができるような環境整備をしていかなければならない。

また、遠隔地にいるスタッフの意思疎通に混乱が生じた。ウィスコンシン側では遠隔授業用に用意した回線しかなく、その v4 ルータとしての機能は DV 送信用のマシンが担っていた。そのため、なんらかのトラブルでこのマシンがダウンすると日本側と通信する手段がなく、トラブルシューティングのための意志疎通が不可能であった。解決策としては、DV 送受信とは分離された回線を用意し、連絡担当者を明確にしておく必要がある。

さらに、ウィスコンシンでは、他の授業との関係から、毎回機材を撤収しなければならないという状況であったため、トラブルの発生が頻発し、授業開始が遅れることも多かった。原因の半分は機材の障害であったが、残りの半分はケーブルのさし忘れ、電源の入れ忘れなどのオペレーションミスであった。このようなミスを極力減らすためには、今後マニュアルを整備すること不可欠である。また、機材の障害などを回避するためには、教室に機材を常駐できるように環境を改善することが望ましい。

第5章 今後の活動

2000 年度は、各章で述べた今後の課題に取り組むとともに、さらに複数の大学間で講義を行なうための実証実験や、個人遠隔受講者に対するリアルタイム配信の実験を行なう予定である。これらの実験には、DV over IP、IPv6、Multicast といった技術を用いる。

また、遠隔からのリアルタイム受講者をサポートするための新たなアプリケーションの開発や学生証（電子証明書）の発行も行なっていく予定である。

第 6 章 付録 1：講義一覧

表 6.1 1999 年度授業

授業名	講師	提供	時間	容量
社会学系特殊演習 1	安田雪	立教大学	25.5	1.5GB
コンピュータネットワーク概論	村井純 / Lawrence Landweber	慶應大学	19.5	1.5GB
コミュニケーションネットワーク論	村井純	慶應大学	19.5	970MB
情報処理 IIIn	村井純	慶應大学	19.5	720MB
自律分散協調論	徳田英幸 / 村井純	慶應大学	18	1.3GB
情報処理 Is	村井純	慶應大学	18	920MB
CS640 : Introduction to Computer Networks	村井純 / Lawrence Landweber	慶應大学 / Wisconsin 大学	35	2.2GB
合計 7 授業			155	9.1GB

表 6.2 1999 年度特別講義

テーマ	講師	提供	時間
我がデジタル人生	相磯秀夫	慶應大学	1.5
The Tao of IETF	Fred Baker	慶應大学	1.5
The Future of Internet	Vinton Cerf	慶應大学	1.5
次世代インターネットとビジネスの可能性	Vinton Cerf / 村井純 / 田坂広司 / 伊藤穰一 / 野中ともよ	MCI ワールドコム・ジャパン	2
爆発するインターネットショッピングモール楽 天市場	本城慎之介	慶應大学	1.5
21 世紀のメディア像	古川享	慶應大学	1.5
コンピュータとともに：これまで、そしてこれ から	所真理雄	慶應大学	1.5
3 時間でわかるドメイン名と IP アドレス	箱田雅彦 / ChongFong 芳子	Internet Week '99, JPNIC	3
インターネットの基礎知識- 各種プロトコルか ら Web 関連技術まで -	森下泰宏	Internet Week '99, JPNIC	3
セキュリティ入門	熊谷誠治	Internet Week '99, JPNIC	3
IPv6 入門	宇井隆晴	Internet Week '99, JPNIC	3
経路制御入門- ネットワーク設計の基本-	山田二郎	Internet Week '99, JPNIC	3
IP 高速バックボーン技術	坂本仁明 / 重松光浩	Internet Week '99, JPNIC	3
暗号化/認証技術とその応用	稲村雄	Internet Week '99, JPNIC	3
TCP 詳説	西田佳史	Internet Week '99, JPNIC	3
Linux サーバ構築とセキュリティ	荒木靖宏	Internet Week '99, JPNIC	3
インターネット・ガバナンス	大橋由美 / 村井純	Internet Week '99, JPNIC	3
高速ネットワーク技術とネットワーク構築	山口英	Internet Week '99, JPNIC	3
ファイアウォール	白崎博生	Internet Week '99, JPNIC	3
インターネットにおける QoS 制御技術 / DiffServ	長健二朗	Internet Week '99, JPNIC	3
モバイル・インターネット (プロトコル概要と 動向)	村田嘉利 / 井上淳	Internet Week '99, JPNIC	3
ネットワーク管理と監視フリーソフトの利用法	佐藤友治 / 矢萩茂樹	Internet Week '99, JPNIC	3
IP マルチキャスト技術	藤井直人	Internet Week '99, JPNIC	3
電子メール最新技術動向	渡部直明	Internet Week '99, JPNIC	3
IPv6 - プロトコルと実装・運用現状	江崎浩	Internet Week '99, JPNIC	3
DNS&Mail	安藤一憲	Internet Week '99, JPNIC	3
ストリーミング技術	櫻井智明 / 山本文治	Internet Week '99, JPNIC	3
IPv6 への移行	村井純	Internet Week '99, JPNIC	3
セキュリティプロトコル講座	松本直人	Internet Week '99, JPNIC	3
大規模ネットワークにおける経路制御設計	友近剛史 / 前村昌紀	Internet Week '99, JPNIC	3
キャッシュサーバの運用技術	鍋島公章	Internet Week '99, JPNIC	3
XML を採用した分散コンピューティングプロ トコルの構築	村田真 / 奥井康弘	Internet Week '99, JPNIC	3
セキュリティを考えたネットワーク・プログラ ミング	佐野晋	Internet Week '99, JPNIC	3
セキュアネットワーク構築術	白橋明弘	Internet Week '99, JPNIC	3
ネットワーク構築運用管理 (トラブルシューテ ィング)	岡本久典 / 近藤邦昭	Internet Week '99, JPNIC	3
規模に応じたインターネットサーバ構築運用 ノウハウ	民田雅人	Internet Week '99, JPNIC	3
ネットワークプログラミング講座- UNIX, Win- dows & Java 環境における -	石井秀治 / 日比野洋克	Internet Week '99, JPNIC	3
合計 30 講義			101

第7章 付録2 : Global collaboration for the joint University course on the next generation Internet

Keiko Okawa (keiko@sfc.wide.ad.jp)
KEIO University, Japan

Akira Kato (kato@wide.ad.jp)
Tokyo University, Japan

Jim Gast (jgast@cs.wisc.edu)
University of Wisconsin, Madison, USA

Ray Atarashi (ray@dl.aist-nara.ac.jp)
NARA Institute of Science and Technology, Japan

Yasuharu Toyabe (toyabe@sfc.wide.ad.jp)
KEIO University, Japan

Lawrence H. Landweber (lhl@cs.wisc.edu)
University of Wisconsin, Madison, USA

Jun Murai (jun@wide.ad.jp)
KEIO University, Japan

Abstract

In the fall semester 1999, University of Wisconsin, U.S., KEIO University, Japan and NARA Institute of Science and Technology (NAIST), Japan jointly developed a graduate school course "Introduction to Computer Networks" using the next generation Internet technology and class archiving technology. This paper describes how this has been achieved, what kind of technology was used to support this activities, evaluation by all the participants including professors, students, staffs and faculties. Then this paper discusses how the digital infrastructure will affect to the University's role.

Table of Contents

- Course design

- System design
- Classroom design and operation
- Evaluation
- Conclusion
- Acknowledgement
- References

7.1 Course design

The basic requirements for the course design are as follows;

1. Provide the "CS640 Introduction to Computer Networks" course by Professor Lawrence H. Landweber giving at the University of Wisconsin(WISC), to students at both of KEIO University(KEIO) and NARA Institute of Science and Technology both in Japan(NAIST).
2. Give opportunity for students in University of Wisconsin to take lectures from Professor Jun Murai on the area where the professor is deeply involved.
3. Give credits to students in both universities in Japan by taking this course

To achieve the 3) above. Professor Jun Muari at KEIO and Professor Hideki Sunahara at NAIST created the new accredit courses with their own exam at both universities independently to accommodate lectures from WISC.

There are some challenges to achieve this such as a) timezone difference, b) school term schedule difference and c) course policy difference.

There are 15 hours time difference between Wisconsin and Japan, 14 hours in the summer time period. And school term starts at the beginning of September for 10 weeks at WISC, where the schools at KEIO starts from the end of September for 15 weeks and the term at NAIST starts

at the beginning of October for 10 weeks. Therefore, there is no possibility for three universities to have a single class scheduled at the same time.

As a result, three courses setup as follows;

University of Wisconsin : "CS640 Introduction to Computer Networks"

- Term : 9/3/99 - 12/6/99
- Time : Monday, Wednesday, Friday 8:25am - 11:40am
- Students: graduate school students and 4th grade of under grad

KEIO University : "Introduction to Computer Networks"

- Term : 9/28/99 - 1/25/2000
- Time : Tuesday 9:30am - 11:00am
- Students : graduate school students only

NARA Institute of Science and Technology : "Introduction to Computer Networks"

- Term : 10/7/99 - 11/25/99
- Time : Thursday 9:20am - 12:30pm
- Students: graduate school students only

In order to solve the time and schedule differences, we recorded all the WISC lectures and archived online so that Japanese students can take all the lectures of WISC/CS640.

In order to achieve 2) requirement, Prof. Murai scheduled 5 lectures to students at the regular WISC class on the topics of a) wireless, b) multicast, c) DNS, d) IPv6 and e) technical overview of this distance learning project.

WISC/CS640 is consists of 6 major topics which are a) Overview, b) Link Layer, c) Network Layer, d) Transport Layer, e) IP layer, f) Congestion control. In order to give opportunity to students in Japan to have interactive session, Prof. Landweber scheduled 6 lectures on each topics to the students in both KEIO and NAIST at KEIO's regular

class schedule.

As a result, KEIO students take this course by taking 6 interactive lectures from Prof. Landweber remotely on 6 topics and 7 lectures from Prof. Murai locally which explain a little more details on the topics, and archived lectures for still missing part as their homework. In addition, all the lectures at KEIO class by Prof. Murai and Prof. Landweber are archived online so that all other sites students have opportunity to take those lectures anytime. NAIST students take this course by taking all the archived lectures at the class time, and 6 optional interactive lectures from Prof. Landweber remotely. WISC students take this course by taking 24 Prof. Landweber lectures locally and 5 Prof. Murai's lectures remotely. All students are also welcomed to any of the special interactive sessions.

7.2 System design

Based on the course design, we have 6 remote lectures involves 3 points, 5 remote lectures involves 2 points (WISC and KEIO) and about 45 archived lectures. The requirements for the systems are;

1. Interactive lectures over the Internet
 - (a) Students can see audio and video of lecturer with good enough audio quality for 1.5 hour length lectures
 - (b) Lecturer can see audio and video of students in both sites during the lecture and interacts with students for questions and answers.
 - (c) Students can see the materials which lectures are using About 30Mbps is available for international link
2. Archived lectures on the Internet
 - (a) Consisting of video, audio and materials
 - (b) Accessible from home
 - (c) Video, Audio and materials

7.2.1 Video/Audio transmitting system

For the interactive lectures, DVTS[4] is selected because of the following reasons:

1. high quality
2. Small delay
3. Low cost
4. Internet friendly

DVTS developed by WIDE project and KEIO University, is PC based Digital Video data transport system. 2 pairs of regular PCs (OS: FreeBSD) gives bi-directional DV quality conferencing (Fig7.1). As it transmits the Digital Video data over the IP without any compression, not only the quality is very good, but also it creates very small delay, which is very important for interactivity. Also it can adjust the bandwidth usage based on the network condition from 40M bps down to 10Mbps, which is important for all applications running on the Internet where we can not guarantee the fixed bandwidth. When it reduces the transmitting data, it only reduces the video packets, audio quality can be preserved which is also very important for lengthy lecture.

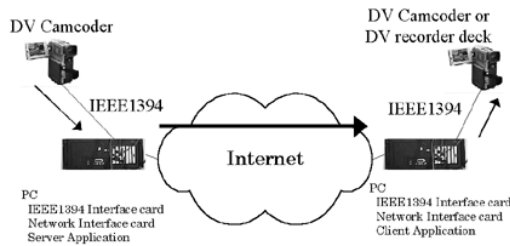


図 7.1 DVTS system overview

7.2.2 System and network configuration

In order to minimize the International data transmission, the following system configuration is proposed (Fig7.2). Video/audio from NAIST will be transmit to KEIO then it is transmitted to WISC analogically (such as side by side, picture in picture, or just switched) mixed with KEIO classroom video/audio. This way, only 1 stream runs on the international link. In Fig2, stream

"a" includes both KEIO and NAIST.

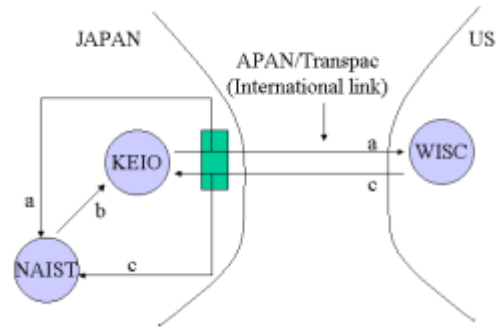


図 7.2 Communication among 3 points

We have 2 choices here on how to transfer "b" and "c" to both sites. One way is to use IP multicast, another way is to use cell copy feature of ATM switch. In this project, we started with the cell copy solution then planned to transit to the multicast for future flexibility. But actually only cell copy was used for lectures and multicast was used only for testing purpose. Fig7.3 is the network configuration among 3 points using cell copy solution.

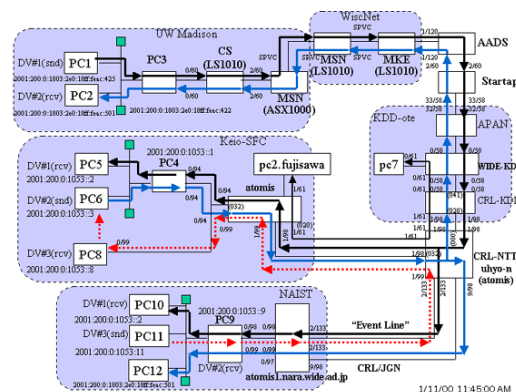


図 7.3 Network Configuration

Interactive lectures are carried out by using IPv6 over the very high speed Internet test bed developed and operated by the joint effort among US-Internet2, APAN(Asian Pacific Advanced Network Association), JGN(Japan GIGA-BIT Network) , JB(Japan Research and development Network association) and WIDE project was used. For IPv6, KAME[5] implementation developed by WIDE project is used.

7.2.3 Sharing the materials

In order for 2 sites students to see the same page of materials with the lecturer sees, we developed an application to synchronize the multipoint PowerPoint page over the Internet. This application works as follows;

1. All sites should obtain the PPT file in advance.
2. Lecturer starts RPT as "lecturer"
3. Listener starts RPT as "listener".
4. Lecturer starts presentation using PowerPoint file on RPT.

Then, the page will be displayed on the listeners' screen and changed when the lecturer changes the page. Mouse events and page change events are transferred from the lecture system to the multipoint listener systems by using IRC protocol. RTP system runs on Windows98 and publically available.

7.2.4 Communication among staffs

During the lectures and preparation, all the staffs are communicated by IRC (Internet Relay Chat) over IPv4. IPv4 tunnel over IPv6 is prepared for serve IPv4 connectivity the WISC classroom. KEIO and NAIST has separate IPv4 connectivity than IPv6 connectivity for DVTS.

7.2.5 Archived lectures

For archiving 45 lectures, SOI lecture archive system is used[6]. This system was developed by WIDE project SOI (School of Internet) working group, and has been used since 1997. This give audio, video synchronized with materials using RealVideo and SMIL feature (Fig7.4). In order to support home users, video and audio is encoded under 64Kbps. Archived lectures are stored at SOI site[7] and viewed by wide range of users.

7.3 Classroom design and operation

All three class rooms are regular rooms which are not specially equipped for distance learning.

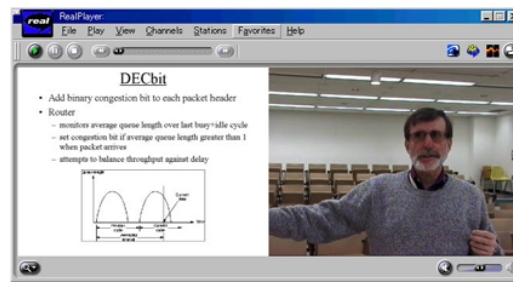


図 7.4 Archived Lecture

Screens, projectors, cameras are placed to meet the following requirements;

1. Local lecturer can face both to local students and remote students.
2. Students feels the remote lecture sees them. (eye-contact)

Fig7.5 is the classroom layout at KEIO site. Other 2 sites are equipped similarly. In addition to the main screen (screen1) which displays remote lecturer and screen2 for material pages, 2 screens are placed for lecture to see the both site's students behind the local students. And camera to take lecture's face is place next to the screen3 and 4 to meet the eye-contact requirement. Another camera is place to take students for questions and answers session.

Fig7.6 is the equipments and staff layout. Blue line represents the video, green line is audio, orange is audio and video, black is PC and network facility and red is DV streams. A to G are the staffs and table7.1 explains their tasks.

Audio and Video at the classroom, the video to send to WISC, and the video to record for archive are selected properly depend on the situation. Table7.2 explains the selection.

Staffs are trained to achieve this tasks before the lecture term started.

7.4 Evaluation

We carried out 7 interactive sessions among 3 points for lecture by Prof. Landweber fro WISC, 5 interactive sessions among 2 points for lectures

表 7.1 Staff and task

Position	Tasks	What to do
A.	PC	PC, DVTS, network operation
B.	A/V to WISC ;	Mix and select the video and audio to send Wisc consin
C.	A/V at classroom	Select the video and audio to display the main screen and speaker for the classroom
D.	Camera for students	Take video of students.
E.	Camera for lecturer	Take video of local lecturur.
F.	Lecture recording material	Recording the video/audio for lecture archive.
G.		display materials on the screen2 using RPT

表 7.2 Audio and Video selection

Situation	Send from KEIO		KEIO Classroom		Recording for Archive	
	a.Video	b.Audio	c.Video	d.Audio	e.Video	f.Audio
Lecture from WISC	KEIO (Camera2) / NARA	-	WISC	WISC	WISC	WISC
Lecture from KEIO	KEIO (Camera1)	KEIO	WISC	KEIO	KEIO (Camera1)	KEIO
QA between WISC studetns and KEIO Prof.	KEIO(Camera1)	KEIO	WISC	KEIO + WISC	KEIO (Classroom-Camera)	KEIO + WISC
QA between WISC lecturer and KEIO Students	KEIO(Camera2)	KEIO	WISC	KEIO + WISC	KEIO (Classroom-Camera)	KEIO + WISC
QA from NAIST	NARA	NARA	NARA	NARA + WISC	KEIO (Classroom-Camera)	NARA + WISC

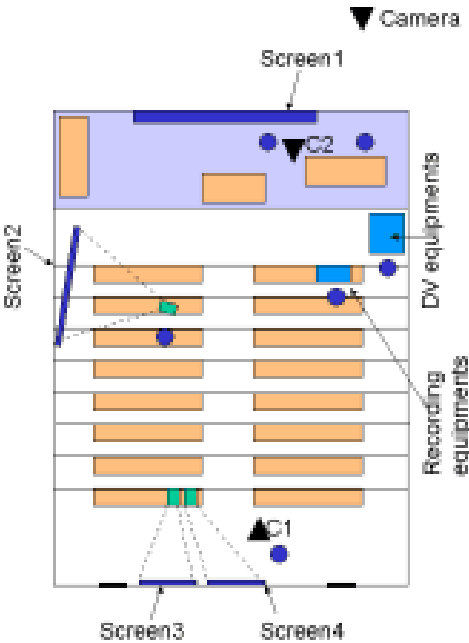


図 7.5 Classroom Layout at KEIO

by Prof. Murai from KEIO. At the interactive sessions, about 20 students are attended at KEIO, 50 students are attended at WISC and 10 students are attend at NAIST for each sessions. Questions are actively raised by WISC students to Prof. Mu-

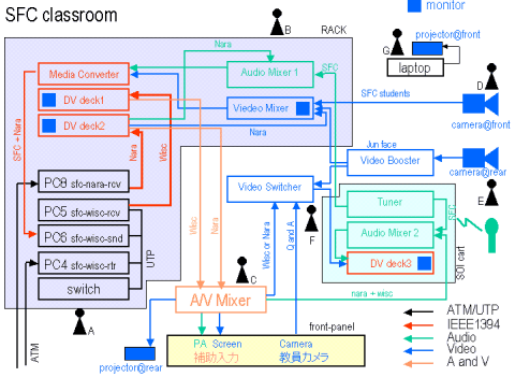


図 7.6 System configuration and Staff layout

rai and one or two questions raised by Japanese students to Prof. Landweber every time. We concluded that the system achieved enough interactivities among three points. DVTS system did not work for one lecture due to IEEE1394 board unstability. On that day, Prof. Murai gave a local lecture instead. Stability is the future issue. About 6 staffs are required for each lecture to operate the equipments. In order to increase this type of classes, we need further effort to find out a way to automate and minimize the human resources. About 45 lectures are archived online and

accessed by students inside and outside of those three universities (Fig7.7).

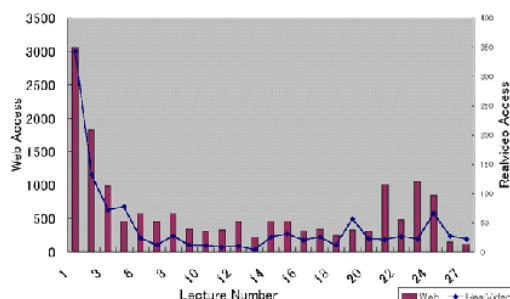


図 7.7 Access to the archived lectures

The evaluation by students, staff and faculty is currently carried out by using online survey system[6] on SOI site[7]. Including the result from the survey, more complete evaluation can be put together by mid February.

7.4.1 Conclusion

The success of this course proves that the next generation Internet technologies are already in the practical use level. Through the experiment of this course, we concluded that the students can get the best lectures on the specific topics from all over the world and the University professors can construct their courses with those lectures and give the best opportunity for their own students, by using technology and some efforts in each class.

7.5 Acknowledgement

This project is supported by WIDE Project, University of Wisconsin, KEIO university and NARA institute of science and technology. Special thanks to Sam Etler, Bill Jensen for the great help at the University of Wisconsin, Kengo Nagahasi and Akimichi Ogawa of KEIO and Masafumi Oe and Naoto Morishima of NAIST for the quality of technical support for this project. Thanks to Yuri Akita, Takeru Nomura, Yoko Murakami, , Koji Ogawa, Koshiro Mitsuya, Syoichi Yokoyama, for the lecture operation. Special thanks to Kazunori Sugiura, Hideki Sunahara Osamu Nakamura and

Hiroshi Esaki of WIDE project, the WISC Computer Science Lab helped us in many ways to make this happen. Finally special thanks to APAN and JGN for very high speed network support.