

## 第III部

# インターネットを用いた高等教育 環境



## 第3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

---

##### 1.1 SOI WG とは

SOI(School Of Internet) ワーキンググループは、「世界中の学ぶ意欲を持つ人々に、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た。同年10月にはWIDE University School Of Internet<sup>1</sup>を実際の運用基盤として開講し、慶應義塾大学を初めとしていくつかの大学を中心にデジタルテクノロジーとインターネット基盤を利用した大学環境を模索し、様々な挑戦を続けている。

社会基盤としてのインターネットは、デジタル化された情報を地球上のあらゆる場所から自由に共有、交換することのできるグローバルな空間である。SOIでは、大学におけるあらゆる教育資源をデジタル化し、このグローバルなデジタル情報基盤上に載せることで、いままでの教室やキャンパスといった枠をこえて自由な共有を行うことができ、それによって、学習意欲を持つ個人に、いつでも、どこでも、自由で多様な学習環境を提供することを目的として実証実験を続けている。

SOIサイトでは、大学の授業を中心とした教育活動をインターネット上で実現すべく、実際の授業をオンデマンドでいつでも受講できるようにデジタル化し、それをとりまく資料提示、課題提出、課題レビュー、授業調査、成績評価、それら进行处理する教員サポートなどをすべてインターネット上で実現している。

授業は、毎週授業実施後1~2日を目安にインターネット受講が可能となり、講師の姿とスライドが同期するメディアで、28.8kbps~150kbps程度の帯域で利用可能な形で配信される。SOI履修者は、キャン

パス内履修者とほぼ同時進行で授業を受講し、課題などを提出しながら学習を進める。終了した授業は、自習教材として公開されており、検索機能などを活用して、便利なマルチメディアライブラリとして利用されるなど、大学が持つ資源の新たな価値が生まれている。2002年度春学期には、慶應義塾大学、東京大学、東京商船大学などから合計10授業がオンデマンド公開されており、2002年5月現在、インターネットやデジタルテクノロジーに関するオンデマンド授業は1,000時間分を越え、日々多くの学習者に利用されている。

##### 1.2 本報告書の構成

2章では、インターネット環境の整備が遅れている地域に対する効果的な高等教育協力の手法に関する提案を行い、東南アジア地域において遠隔教育環境を実際に構築し、日本・アメリカからの32講義を通して実証実験・評価を行った本WGの試みに関して述べる。

3章では、2章で述べられるSOI-ASIAプロジェクトの遠隔受講環境における講師映像と講義資料間におけるメディア間同期の実現に関する取り組みについて述べる。

また、4章では、今年度の遠隔講義実験のまとめとして、2002年4月以降から現在におけるDVTSを利用したリアルタイム講義中継実験の例、SOIで提供している機能を授業システムとして利用した例について述べる。

最後に、付録として、本WGでアーカイブを行っている現在までの講義リストを添付する。

---

#### 第2章 SOI-ASIA プロジェクト

---

##### 2.1 概要

本研究では、インターネット環境の整備が遅れて

<sup>1</sup> WIDE University, School of Internet, <http://www.soi.wide.ad.jp/>

いる地域におけるインターネットを利用した遠隔高等教育手法の提案を行い、これらの地域への講義配信という教育協力を実現した。現在、これらの地域における遠隔教育プログラムでは、1) 現地の状況に合った環境構築がなされていない 2) 遠隔高等教育環境を導入するための必要最小限の環境定義が行われておらず、複数の国や地域に対する遠隔高等教育の導入が行えない 3) 持続的な遠隔高等教育環境を実現するための配慮がなされていない、という問題がある。これらを考慮し、遠隔高等教育環境の要素をネットワーク基盤設計・アプリケーション設計・人材育成プログラム作成に分類し、要素ごとにモデルの設計・構築、及び評価を行った。本研究により、提案するインターネット環境の整備が遅れている地域における効果的な教育協力手法が機能することが実証され、これらの地域における効果的な教育協力が可能となった。

### 2.2 はじめに

表 2.1 に、世界のインターネット普及率トップ5位までと、NUA International 社の統計 [69] から、インターネット環境の整備が遅れている地域を抽出し、これらのサイトにおけるインターネット普及率と高等教育への進学率をインターネット白書 [172]、世界銀行の Edstat[29] をそれぞれ参照して示す。

上記の表を用いて各地域の比較をすると、高等教育へのニーズは、インターネット環境の普及が進んでいる地域よりも、インターネット環境の普及が遅

表 2.1. 各国のインターネット普及率・高等教育進学率

国名	インターネット普及率 (2001 年)	高等教育進学率 (1999 年)
スウェーデン	64.9%	66.3%
アイスランド	61.8%	46.3%
デンマーク	59.9%	68.4%
ノルウェイ	59.1%	68.4%
イギリス	58.2%	57.8%
ハイチ	0.42%	1.2%
パラグアイ	0.36%	10.1%
イエメン	0.09%	10.8%
イラク	0.05%	13.6%
エチオピア	0.02%	1.3%
リベリア	0.01%	14.9%

れている地域に存在すると考える。しかし、現行のインターネットを利用した遠隔高等教育プログラムでは、それらの地域に対する効果的な手法を提案できていない。

このような地域における現行の遠隔高等教育は、衛星回線を利用した遠隔教育が主に行われているが、これには以下のような問題点があげられる。

- 双方向の衛星地球局を利用している場合、維持・運用が高コストである、設置費用が高い、ライセンスの取得が困難である等、現地の状況に合った環境構築がなされていない
- 遠隔高等教育を導入するための必要最小限の環境定義が行われておらず、複数の国や地域に対して柔軟に導入できる遠隔高等教育環境の提案がなされていない
- 持続的な遠隔高等教育環境を実現するためには、各サイトの現地スタッフによる遠隔教育環境の管理・運用が必要不可欠だが、これに対する考慮がなされていない

また、プレ実験として、マレーシアの JAD[20] に現行のインターネットを利用した遠隔高等教育をリアルタイム・アーカイブの形として適用した。この結果、インターネット基盤の整備が遅れている場所に現行のインターネットを利用した遠隔高等教育の単純に当てはめるだけでは機能せず、なんらかの工夫を行う必要があることが明らかになった。本研究では、上記の問題を解決するような、インターネット基盤の開発途上地域において、現地の状況に合った、複数の国や地域に適用可能な、持続的な遠隔高等教育手法の提案を行う。

### 2.3 設計

本研究ではまず、インターネット基盤の選定を行った。要求事項としては、1) 短期間で地理的な場所に依存せず回線構築が可能、2) 広範囲をカバー可能、3) 貴重な講義を様々な場所で共有するための同報性がある、4) 最小環境の定義が容易、5) 低コストで実現可能、があげられる。本研究ではこれらを考慮し、衛星回線を利用したインターネット基盤の構築を行うこととした。衛星回線には以下のような利点がある。

- 短期間で、地理的な場所に依存せず基盤構築が可能
- 理論的には3機で全世界をカバーでき、広範囲

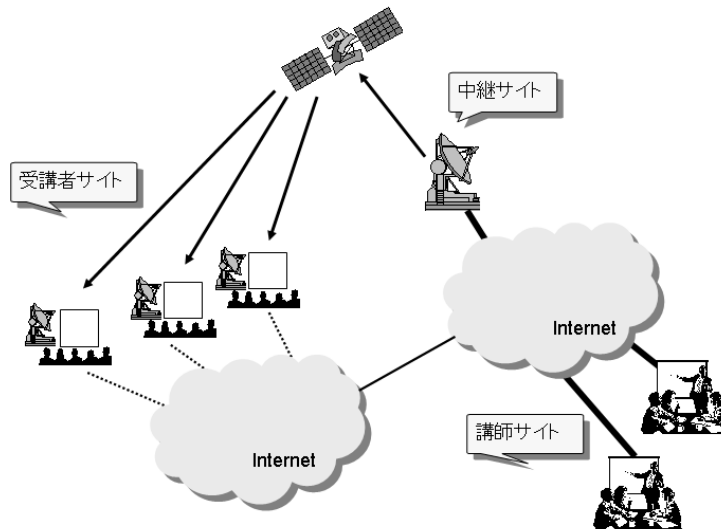


図 2.1. 遠隔高等教育環境概念図

の場所に基盤構築が可能

- 同報性のあるメディア
- スポット的な基盤が構成でき、複数個所において同じ構成の基盤構築が可能

ただし、双方向通信の可能な地球局は設置コストが高く、維持や運用のコストも高い。また、ライセンスの取得も困難であることから、片方向通信のみが可能な衛星地球局と、各地に既存のインターネット環境を組み合わせるインターネット基盤として採用した。

環境設計にあたり、本研究では図 2.1 のように受講者サイト・講師サイト・中継サイトに分類してモデル化を行った。学生の存在する受講者サイト、講師が存在する講師サイトの他に中継サイトを構築することによって、講師サイトがなるべく多く実現されると同時に、必要最小限の構成で構築可能とした。

このようなインターネット基盤を利用することを踏まえた上で、遠隔高等教育に必要な要素を 1) ネットワーク基盤設計 2) アプリケーション設計 3) 人材育成プログラム作成、に分類し、それぞれの要素に関してモデル構築を行った。

## 2.4 ネットワーク基盤設計

### 2.4.1 受講者サイト

インターネットプロトコルは双方向コミュニケーションを前提としており、片方向が衛星回線、片方向が既存のネットワーク基盤という本研究で提案する

非対称のリンクを実現するためには工夫が必要となる。本研究では、インターネットの標準化組織である IETF(Internet Engineering Task Force) で標準化されている UDL(UniDirectional Link) 技術 [53] を採用した。受講者サイトには 1) 衛星受信アンテナ 2) UDL 受信機 3) 衛星受信ルータ、の 3 点をネットワーク設計の最小構成とした。

### 2.4.2 講師サイト

講師サイトは講師が存在し、中継サイトまで高品質の映像・音声を送信できる安定したネットワーク帯域が確保できるサイトとする。ネットワークに関しては、これまでの遠隔講義実験から、最低 128kbps 以上の帯域が確保される必要がある。講師サイトはインターネット環境が既に整備されている場所であればどこでも構築可能とする。

### 2.4.3 中継サイト

中継サイトは、講師サイトから高品質の映像・音声を送信できる安定した帯域を確保できる必要があるため、既にインターネット環境が整備された地域に構築する。また、ネットワークのバックボーンに近い場所に構築することにより、より多くの講師サイトからの講義を中継できるようにする。

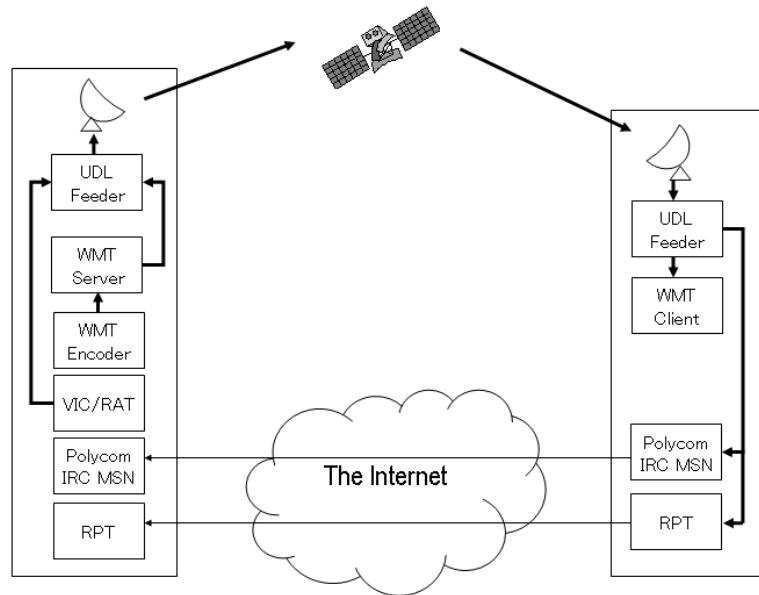


図 2.2. アプリケーション構成

## 2.5 アプリケーション設計

### 2.5.1 講義用アプリケーションの選択

講義を行うためのアプリケーションへの要求は、  
 1) 複数のサイトに同時に安定して講義が配信可能  
 2) 各サイトのインターネット環境に合わせた方法での質疑応答が可能、の2点である。

本研究では、図 2.2 に示すように講義の配信にはビデオストリーミングアプリケーションである WMT、ビデオ会議アプリケーションの VIC/RAT を採用する。これらのアプリケーションはどちらもマルチキャスト機能を有しており、複数のサイトに高品質の映像・音声を配信する。各サイトからの質疑応答は、各地域のネットワーク基盤に合わせて行われるように、Polycom や、ビデオ会議ソフトウェアの Netmeeting、BBS(インターネット上の掲示板)、IRC(Internet Relay Chat)、MSN Messenger、Yahoo Messenger 等のソフトウェアを各サイトの状況に合わせて、組み合わせる。

教員が利用する Power Point 資料は、あらかじめ各受講者サイトに配布し、インターネットを介してスライドの同期を行うソフトウェアである RPT[176] を利用して各地点で共有する。

### 2.5.2 受講者サイト

受講者サイトは、以下の 4 種類に分けて設計した。

1. 完全双方向サイト

128 kbps 程度の安定した戻りのネットワークを有し、質疑応答が映像・音声を利用して行える

2. セミ双方向サイト

戻りのネットワークがあるが、不安定で質疑応答が映像・音声を利用して行えない場合があり、文字コミュニケーションと組み合わせた質疑応答を行う

3. セミ片方向サイト

本手法で提案する遠隔高等教育環境とは独立したダイヤルアップのみで授業中接続可能なサイトであり、文字コミュニケーションのみでの質疑応答を行う

4. 完全片方向サイト

ネットワーク接続があるが、電子メールしか使えないサイト

### 2.5.3 講師サイト

講師サイトは、1) 中継サイトまで 100 Mbps 程度の安定したネットワーク接続があるサイト、2) 中継サイトまで 1 Mbps 程度の安定したネットワーク接続があるサイト、3) 中継サイトまで 128 kbps 程度の安定したネットワーク接続があるサイト、4) 中継サイトが講師サイトになる場合、の 4 種類に分けて設計した。

### 2.5.4 中継サイト

中継サイトは、前節で示した 4 つの講師サイトが

全て実現可能であり、中継サイトから配信する映像・音声を再度受信し、モニタを行える設計とした。

## 2.6 人材育成プログラム案

人材育成プログラムでは、2002年2月と3月に行った“IT Special Lectures”の講義シリーズの講義結果 [122] を参考に、人材育成プログラム作成にあたって必要となる要求事項を整理した。本研究で構築する受講者サイトは、インターネット基盤の整備が遅れている場所に構築するため、各受講者サイトのスタッフは UNIX オペレーションに慣れていない。また、UNIX オペレーション学習のための環境が整っておらず、これについて教えられる先生が近くにいないと言える。このような理由により、各受講者サイトスタッフが自主的な学習によって受講者サイトのネットワーク基盤の定常運用・講義アプリケーション運用のための技術習得を行うことは困難である。このため、人材育成プログラムは、各受講者サイトのスタッフを一同に介し、集中的に講義を行うワークショップの形で設計する。また、本研究で整理した要求事項は以下の通りである。

### ● 参加者

参加者は技術スタッフのみではなく、受講者サイトを今後運営していく管理者の立場にある人材を募ることによって、今後の受講者サイトの運営を行い易くできるよう工夫する。具体的には、各受講者サイトから技術スタッフ2名、管理者の立場にある人材1名の構成で行う。

### ● 言語

各地域の言語に合わせてそれぞれの講義を行うのは大変困難であるため、英語で講義を行う。

### ● 取得すべき知識・技術

- FreeBSD のインストール
- UNIX 上でのファイル編集のため、vi が使えること
- 簡単なネットワークの構築が行えること
- TCP/IP の基本の理解
- 基本的な UNIX コマンドの修得
- UNIX システム・Windows システムにおけるセキュリティ知識の修得
- サーバ・クライアントモデルの理解

### ● 講義方法

各受講者サイトスタッフが実践経験を積み、ワークショップが終ってから各所に設置してある

ルータ・PC で機器の設定や運用を行い易くするため、実際に UNIX システムを各参加者の台数分用意して、機器に触れながら講義を行う。

### ● 宿題

UNIX の知識を全く持たない受講者サイトスタッフがワークショップに参加し、急に知識の詰め込みをするのは効率的ではない。より効果的に知識を身につけるため、事前に教科書を読む等の宿題を出し、ワークショップで学ぶ内容を事前からある程度理解しておく。

### ● クイズ

講義を行うだけでは、各スタッフがワークショップの間どの程度本ワークショップで教える内容を理解できたのかを確認することはできない。このため、各スタッフの内容に関する理解度を調査するため、ワークショップの最初と最後に同一のクイズを行う。

具体的なカリキュラムやクイズ等は、慶應義塾大学政策・メディア研究科特別研究専任講師の土本康生氏と共同研究として選定した。

## 2.7 実証実験

実証実験にあたって、衛星を利用したインターネットの運用・研究を行っている AI3 (Asian Internet Interconnection Initiative) プロジェクト [28] の衛星回線を利用して受講者サイトの構築を行った。アジア地域の中でも、インターネット環境の整備が遅れている地域を受講者サイトとして選定し、各サイトに遠隔高等教育環境の受講者サイトの環境構築を行った。実際の受講者サイトとなったのは表 2.2 に示すアジア 7 ヶ国 11 箇所の組織である。

ただし、上記リストの ITB、AIT、IOIT、ASTI は AI3 プロジェクトのパートナーであり、これらのサイトは既にインターネット基盤の整備がなされていることから、インターネット環境の整備が進んでいるサイトとなるため、本研究のフォーカスではない。

各サイトの受講者サイトの分類、使用したアプリケーションを表 2.3 に示す。

中継サイトは慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの双方向衛星地球局を利用して構築した。講師サイトは、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス・三田キャンパス、札幌メディアパークスピカ、奈良先端科学技術大学院大学の日本国内 4 箇所と、SONY CSL アメリカ、SOI メリーランドスタジオのアメリカ国内

表 2.2. 受講者サイトリスト

組織名	地域	国
ブラビジャヤ大学	ジャワ島東部マラン	インドネシア共和国
ハサヌディン大学	スラウェシ島マカッサル	
サムラトランギ大学	スラウェシ島メナド	
ITB (Institute of Technology, Bandung)	ジャワ島西部バンドン	
ラオス国立大学	首都ヴィエンチャン	ラオス人民民主共和国
ヤンゴンコンピュータ大学	首都ヤンゴン	ミャンマー連邦
チュラロンコン大学	首都バンコク	タイ王国
AIT (Asian Institute of Technology)		
AYF (Asian Youth Fellowship)	首都クアラルンプール	マレーシア
IOIT (Institute of Information Technology)	首都ハノイ	ベトナム社会主義共和国
ASTI (Advanced Science and Technology Institute)	首都マニラ	フィリピン共和国

表 2.3. パートナー大学の分類・アプリケーション

大学名	受講者サイトの分類	使用したアプリケーション
ブラビジャヤ大学	セミ双方向サイト	VIC/RAT、BBS
ハサヌディン大学	セミ双方向サイト	BBS、IRC
サムラトランギ大学	完全双方向サイト	Polycom
ラオス国立大学	セミ片方向サイト	BBS
ヤンゴンコンピュータ大学	完全片方向サイト	BBS
	完全双方向サイト	VIC/RAT、BBS
チュラロンコン大学	セミ双方向サイト	Polycom、BBS
AYF/JAD	完全双方向サイト	Polycom、BBS

2 箇所に構築した。

本研究ではこの遠隔高等教育環境を利用して、2002年6月18日～7月18日に開催された8回シリーズの“IT and Social Science by Keio SFC”、2002年9月17日～18日に開催された5回シリーズの“Advanced Topics for Fisheries and Marine Science”、2002年11月11日～2003年1月23日に開催された16回シリーズの“Advanced Internet Technology”3回の講義シリーズを行った。また、その他にも3回の特別講義を行い、全部で32講義を実証実験として行った。

また、2002年8月30日から9月4日にかけて慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにてオペレーター

ワークショップを実施し、5ヶ国9組織から21名が参加した。

## 2.8 評価

ネットワーク基盤設計では、各地の状況に合わせた最小環境を定義することで、複数の国や地域において構築可能な環境の設計を目的とした。本研究では、衛星回線を受信のみ可能な片方向回線として利用し、これと既存のネットワークを組み合わせることで低コストで容易に実現可能な環境の構築を実現した。これにより、各地の状況に合わせた環境構築がなされたと評価する。また、本研究で提



表 2.4. “Advanced Topics for Fisheries and Marine Science” 講義結果

大学名	1	2	3	4	5
ブラビジャヤ大学					
ハサヌディン大学					
サムラトランギ大学					
ラオス国立大学					
ヤンゴンコンピュータ大学					
チュラロンコン大学					
AYF/JAD					

表 2.5. “Advanced Internet Technology” 講義結果

大学名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ブラビジャヤ大学										
サムラトランギ大学										
ラオス国立大学										
ヤンゴンコンピュータ大学										
チュラロンコン大学										
AYF/JAD										

案したネットワーク基盤は既存のネットワークへの付加環境であり、スポット的に構築可能であった。本研究では、このネットワーク基盤の最小構成の定義を行い、マニュアルの整備を行った。これを参照して、7ヶ国 11 箇所パートナーサイトがこれらを参照して環境構築を行ったことより、本研究で提案するネットワーク基盤の最小構成の定義はなされており、複数の国や地域に構築可能なネットワーク基盤の提案がなされたと評価する。

アプリケーション設計は、複数のサイトが同時に安定して講義を受けられること、各サイトがそれぞれのネットワーク状況に最適なアプリケーションを通して質疑応答が行えることを目的として設計された。表 2.4 に “Advanced Topics for Fisheries and Marine Science” の各地の講義受信状況を示す。

本講義シリーズにおいて、ブラビジャヤ大学とサムラトランギ大学では講義のリアルタイム性を確保するために VIC/RAT を利用して受講したが、VIC/RAT の映像・音声品質は WMT と比較すると劣るため、時々映像が乱れたり、音声途切れの問題があった。その他のサイトは WMT を利用して受講しており、問題はなかった。

また、表 2.5 に、“Advanced Internet Technology” 講義の各地の講義受信状況を示す。

3 回目の講義では、日本側の FEED 機器故障のため、全サイトにおいて途中で受講が不可能となった。しかし、その他の講義では VIC/RAT の音声聞き取りにくい場合があったという報告や、WMT アプリケーションが不安定になったため再インストールを行ったという報告があった以外は、どのサイトでも安定して講義を受けられた。また、講義受信を失敗したサイトが 10 回の講義中一度もなかった。これより、本手法で提案する遠隔高等教育環境を利用して、複数のサイトに同時に安定して講義が配信可能であると言える。

各受講者サイトでは、それぞれのネットワーク状況に合ったアプリケーションを利用して質疑応答を行った。図 2.3 に “Advanced Topics for Fisheries and Marine Science” 講義における各サイトの質疑応答数を示す。

図 2.3 から、本研究で提案する各地のネットワーク基盤の現状に合ったアプリケーションを選択し、各サイトから質疑応答のフィードバック行えることが実証された。

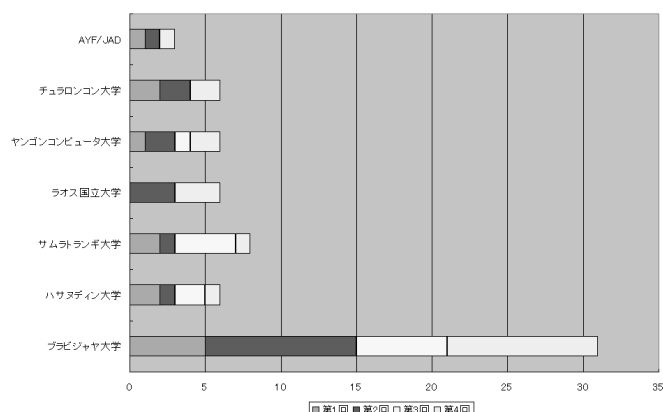


図 2.3. “Advanced Topics for Fisheries and Marine Science” 講義：各サイト質問数

本研究では、受講者サイトの現地スタッフに対する人材育成プログラムを提案し、受講者サイトの自律的なサイト管理を行うことで持続的な遠隔高等教育環境の構築を目指した。ワークショップの開始前と終了後に行ったクイズでは、参加者全体の平均点が約10点向上した。これにより、各参加者がUNIXオペレーションや管理における基礎知識の習得を達成できたと言える。また、事前実験として行った“IT Special Lectures”では、ネットワーク機器の故障や各機器設定の問題のため講義の内、約1/3程度受講できなかったサイトが存在した。しかし、ワークショップ後に行った“Advanced Topics for Fisheries and Marine Science”や“Advanced Internet Technology”の講義では、講義途中で地域ISPとの接続が切れる等小さい問題はあったものの、講義を全く受けられなかったサイトは存在しなかった。これにより、自律的なサイト管理に対して本ワークショップは有効であったといえる。

実証実験として行った講義シリーズの“IT and Social Science”、“Advanced Topics for Fisheries and Marine Science”では、毎回の講義で活発な質問がでており、30分用意した質疑応答時間では足りない程であった。また、“IT and Social Science”では講義に参加した各回約80名の学生に対して講義終了後にアンケートを行い、課題と一緒に提出させた。回答期間は1週間で、学生はWeb、電子メール、FAXのいずれかの方法で回答を提出した。この結果、各回約40名の回答があった。また、“Advanced Topics for Fisheries and Marine Science”講義でも、講義に参加した各回約60名の学生に対してアンケートを行い、2週間を回答期間として、こちらもWeb、

電子メール、FAXいずれかの方法で回答させた。こちらのアンケートも、各回約40名の学生が回答があった。この結果、“IT and Social Science”講義では全ての回を通じて50%以上の学生が、この講義を必ず受講したい、もしくはおそらく受講するだろうと答えている。また、“Advanced Topics for Fisheries and Marine Science”の講義では、全ての回を通じて70%以上の学生が同様の返答をしている。以上のことから、各受講者に本手法で提案する遠隔高等教育環境が受け入れられていると言える。

## 2.9 結論

本研究では、1) インターネット基盤の整備が遅れている地域では、低コストで容易に導入が可能である、現地の環境に合った環境がまだ構築されていない2) 遠隔高等教育の必要最小限の環境定義が行われておらず、複数の国・地域に対して遠隔高等教育の導入が行えない3) 持続的な遠隔高等教育環境を実現するための配慮がなされていない、という問題を解決する遠隔高等教育の手法を提案した。

本研究の成果として、インターネット基盤の整備が遅れている地域に対して本研究の提案するインターネットを利用した遠隔高等教育手法が機能することが実証された。この結果、これらの地域において効果的なインターネットを利用した効果的な遠隔高等教育が可能となり、本手法の提案する環境を通じた教育協力が可能となった。

## 2.10 今後の課題

### 2.10.1 映像・音声での質疑応答

質疑応答は各受講者サイトの既存ネットワークを

利用して行ったが、映像・音声を利用した質疑応答を行えるインターネット環境を有しているサイトは少ない。質疑応答を映像・音声を利用して行いたいと考えるサイトは多いため、今後受講者サイトにおいて、廉価で即時性のある安定したネットワーク接続を確保するための手法を検討する必要がある。

### 2.10.2 必要とされている授業の整理/配信

本研究では、研究グループ側で教えるべきと考えるトピックを選択して各受講者サイトに配信した。特にインターネット関連の講義を多く行ったが、受講者サイトによっては、別分野の講義を受けたいという要望もあった。このため、将来的には各受講者サイトの要望を踏まえこれらを整理し、本当に必要な講義を配信するよう検討する必要がある。

### 2.10.3 他地域への適用

本研究では、アジア地域の11箇所に本手法で提案する遠隔高等教育環境の構築が行われた。しかし、インターネット基盤の整備が遅れており、高等教育へのニーズが存在場所は他にも存在する。今後それらの地域にも本手法で提案する環境を導入し、将来的には全世界をカバーできる環境構築を目指す。理論的には3つの衛星を利用することができれば、世界の全地域との通信が可能である。中継サイトを増やし、世界の全地域をカバーできる環境構築を行い、より多くの地域に対して高等教育を提供する。

### 2.10.4 留学プログラムとのリンク

本研究の提案する遠隔高等環境は、講義の配信を行うものだが、本手法を留学プログラムとリンクさせることによって、より効果的な留学プログラムの作成が可能であると考えられる。学生は留学する前から自分が学びたいと考える講師の講義を受けることが可能となり、講師は優秀な学生に講義を通して出会い、自分の研究室にその学生を呼ぶことができる。本手法を留学プログラムとリンクし、講師と学生が効率良く出会える場所の提供を検討する。

SOI-ASIAの遠隔受講環境では、講師映像と講義資料の配信を行っている。しかし、現状ではWindows Media Videoを用いた講師映像と講義資料との間でメディア間同期(inter-media synchronization)がとられていないため、手作業によってメディア間同期処理を行っている。上記の問題を解決するために、実時間配信時におけるメディア間同期を実現する講義配信機構SMP(Synchronized Media Point)の開発を行った。

## 3.1 背景と目的

SOI-ASIAプロジェクトでは、日本からアジア諸国に向けて、講義の実時間配信を行っている。実時間配信では、講義情報として講師の映像と音声から構成される講師映像と講義資料の配信を行う。

講義資料にはPowerPointファイルを使用する。各受講サイトは事前にPowerPointファイルを取得し、RPT(Remote Presentation Tool) [176]を用いることで、講師によるPowerPointの操作情報を受信し、講義資料の表示を行う。

講師映像の形式・配信方法は受講サイトの環境に応じて異なり、現状では以下に挙げる3つのアプリケーションを用いている。

- Polycom
- VIC/RAT
- Windows Media Technology

また、SOIの遠隔教室環境ではDVTSとRPTを用いた配信を行っている。

講義資料は講師映像の内容に応じて表示される必要がある。DVTSやPolycom、VIC/RATを用いた配信では、動画の遅延が少ないため、講義資料は、講師映像とのメディア間同期について許容範囲内で表示される。

しかし、Windows Media Technologyを用いた配信では、Windows Media Videoの再生に必要な処理時間、特にバッファリング処理に多くの時間を要するため、PowerPointが講師映像に対して約30秒早く表示されてしまうという問題がある。講義資料は講義の内容にそって表示される必要があるため、現状ではPowerPointの操作を手作業で行うことによってメディア間同期処理を行っている。

本開発は、上記のSOI-ASIA遠隔受講環境における講師映像と講義資料のメディア間同期処理の問題を解決することを目的とする。

W I D E P R O J E C T 2 0 0 2

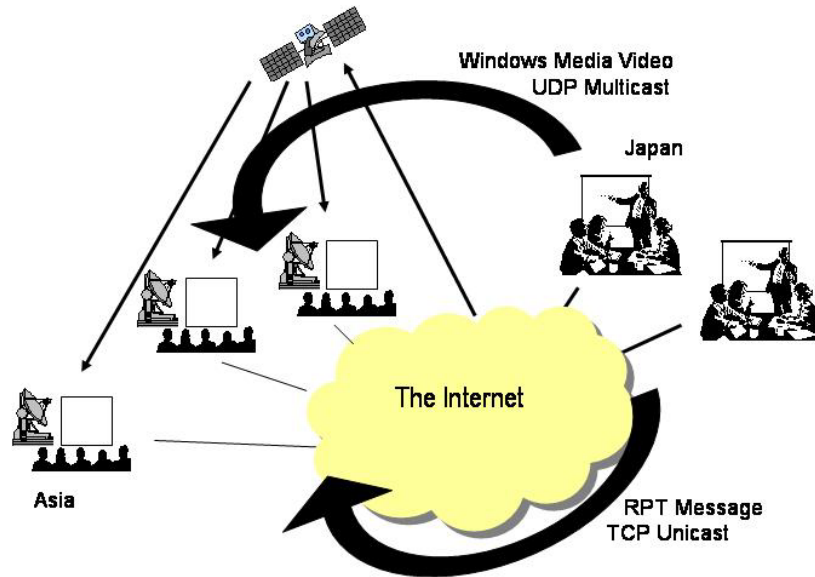


図 3.1. SOI-ASIA 環境における Windows Media Video を用いた講義配信

**3.2 要求事項**

以下に示す 3 項目を本開発の要求事項とした。

- 動的なメディア間の時間的関係の定義
- メディアの形式・配信方法に依存しないメディア間同期処理
- 講師による各受講者の試聴状況の確認

**3.2.1 動的なメディア間の時間的関係の定義**

3.1 節で述べたように、講師映像と講義資料間の時間的關係は、講師によって動的に決定される。よって、遠隔講義配信機構ではメディア間時間的關係の動的な生成を行う必要がある。また、定義された時間的關係にしたがってメディア間同期処理を行うため、生成・解析が容易な時間的關係の定義方法が必要である。

**3.2.2 メディアの形式・配信方法に依存しないメディア間同期処理**

SOI-ASIA 環境における Windows Media Video を用いた講義配信を図 3.1 に示す。Windows Media Video を用いた配信は地上線の帯域が低い受講サイトを対象としており、RPT による PowerPoint の操作情報は地上線を介して TCP Unicast で配信され、Windows Media Video は衛星回線を利用した UDP

Multicast で配信される。

上記のように講義を構成する個々のメディアは、その特性あるいは受講環境に応じた形式・配信方法で配信される。しかし、メディア間同期処理がメディアの形式や配信方法に依存する場合、利用できるメディアの形式・配信方法が制限されてしまい、柔軟な配信を実現できない。よって、メディアの形式・配信方法に依存しないメディア間同期処理が必要である。

また、メディアの形式・配信方法に依存しないメディア間同期処理を行うことによって、メディアの拡張が可能となる。例えば、講義資料として PowerPoint 以外のメディアが利用可能となる。

**3.2.3 講師による各受講者の試聴状況の確認**

遠隔講義では、講師は参加している受講サイト及び各受講サイトの試聴状況を把握する必要がある。各受講サイトの試聴状況の把握によって、試聴した情報の確認、試聴終了の待機などが可能となり、講師は動的な講義の構成を行える。

**3.3 自律メディア同期モデル**

本開発では、自律メディア同期モデルとしてメディア間同期手法の提案を行う。自律メディア同期モデルは、以下に挙げる 3 つの特徴を有する。

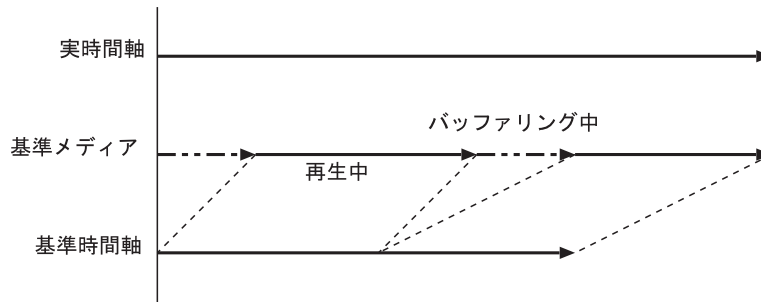


図 3.2. 基準メディアによる基準時間軸の管理

- 基準時間軸による時間的関係の定義
- メディアオブジェクトによるメディアの抽象化
- 容易な同期情報の記述

3.3.1 基準時間軸による時間的関係の定義

本モデルでは、時間軸を基にしたメディア間時間的関係の定義を行う。時間軸を基準とすることで、文献 [74] で提案されるメディアのインターバルを基にした相対関係を定義する方法と比較して、容易な時間的関係の定義を可能とする。

メディア間の時間的関係は、基準時間軸上の時刻情報とメディアの操作内容を指定することで定義する。しかし、時間軸を基にした定義では、障害あるいはユーザ操作によってメディアの再生が停止した場合に時間軸とメディアとの関係が維持されない問題がある。

本モデルでは、メディアの1つを基準メディアとして選択し、基準メディアの再生状況を基準時間に反映することによって、この問題を解決する。図 3.2 に基準時間軸の管理を示す。基準時間軸は基準メディアが再生中のみ進行することで、各ノードは自律的に時間軸の管理を行う。基準メディアはコンテンツの主となるメディアとし、講義の場合は、講師映像に応じて講義資料を表示するため、講師映像を基準メディアとする。

3.3.2 メディアオブジェクトによるメディアの抽象化

メディアの操作及び必要な処理は、メディアの種類・形式によって異なるため、メディア毎に操作を指定した場合、時間的関係の定義が複雑化すると考える。また、メディアの拡張性も乏しくなる。

本モデルでは、メディアをメディアオブジェクトとして抽象化を行うことで、メディア間同期処理におけるメディア操作を統一する。

表 3.1. メディアオブジェクトのインターフェース

操作	説明	完了通知
OPEN	メディアの表示準備を行う。	OPENED
PLAY	メディアの表示を行う。	PLAYED
STOP	メディア情報の表示を一時的に停止する。	STOPPED
CLOSE	メディア情報の表示を停止する。	CLOSED

メディアオブジェクトは表 3.1 に示す操作指示インターフェースと、指示された操作処理の完了通知機能を持つオブジェクトとする。

受信側では、メディアオブジェクトは OPEN 操作によって、データの受信及び復号化処理を行い、PLAY 操作によって表示を行う。送信側では PLAY 操作によってメディアの符号化・配信を行う。

3.3.3 容易な同期情報の記述

SOI の講義アーカイブでは、SMIL(Synchronized Multimedia Integration Language)[23] を用いることで、講義資料と講師映像の同期を実現している。SMIL を用いることで、柔軟なメディア操作が可能となる。しかし、実時間配信の場合は、その書式は複雑であり動的に生成するのは困難である。

本モデルでは以下に示す記述方法で、メディアの操作及び試聴状況のフィードバックの記述を行う。本手法では同期情報を 1 行で表すため、容易に生成・解析を行える。

<時刻情報> <同期情報識別子> <メディア識別子> <メディア表示位置情報>

メディア識別子はメディアを一意に識別する識別子で URI(Uniform Resource Identifier)[154] を用いる。同期情報識別子にはメディアオブジェクトの操作あるいは完了通知を指定する。メディア表示位置情報は、メディア毎に内容は異なり、メディア操作に必要な値を指定する。

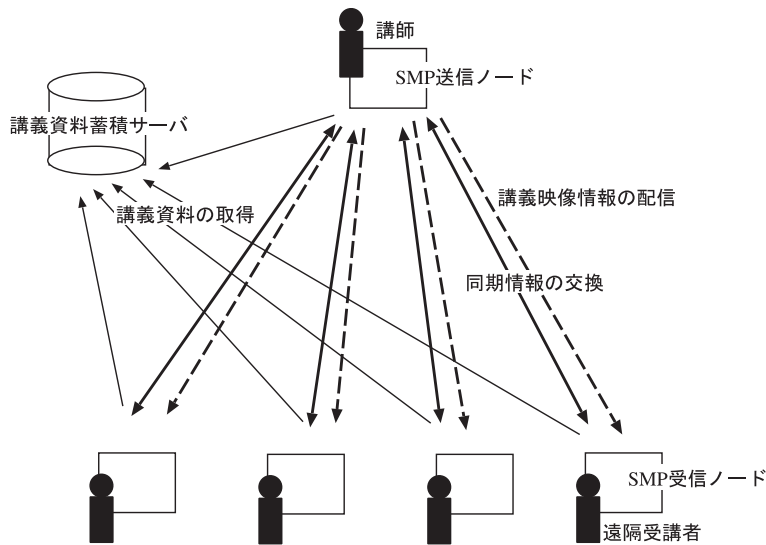


図 3.3. SMP の動作概要

### 3.4 SMP の設計

3.3 節で述べたメディア間同期モデルに基づいて、SMP の設計を行った。SMP は 3.2.2 項で述べた SOI-ASIA 遠隔講義環境を対象とした、1 対多の配信を行う講義配信機構であり、現状の配信方法を変更することなく、講師映像と講義資料のメディア間同期を実現する。

SMP の動作概要を図 3.3 に示す。講義資料は事前に取得を行い、同期情報によって操作を行う。講師映像は送信ノードから実時間配信される。

送信ノードのメディアオブジェクトの操作は講師によって行われる。講師の操作によって通知されるメディアオブジェクトの完了通知より、操作指示を行う同期情報を生成し、各受信ノードに配信する。受信ノードは受信した同期情報を基にメディア間同期処理を行い、完了通知を基にフィードバック情報を生成・配信することで、講師に試験状況のフィードバックを行う。

講義資料は講師映像の内容にしたがって表示される必要があるため、SMP における基準メディアは講師映像とした。講師映像の位置情報は講義の経過時間とし、送信ノードと受信ノードの講師映像メディアオブジェクト間で、動画ストリームと共に位置情報の伝送を行う。

### 3.5 SMP の実装

3.4 節で述べた設計に基づき、SMP の実装を行っ

た。Windows XP Professional オペレーティングシステム上で VisualC++ 7.0 を用いて Windows 上で動作するアプリケーションとして実装した。図 3.4 に動作画面を示す。

講師映像には Windows Media Video を使い、講義資料には PowerPoint を用いる。SMP では COM (Component Object Model) [44] を利用し、メディアオブジェクトに既存のアプリケーションを用いる。

Windows Media Video は、送信ノードでは Windows Media Encoder を用いて符号化・配信を行う。受信ノードは Windows Media Player ActiveX Control を用いて表示を行う。PowerPoint ファイルの操作・表示には PowerPoint を使用した。既存のアプリケーションを利用することによって、メディアオブジェクトの操作性の向上、メディアの拡張性を確保する。メディアの抽象化は C++ 言語の継承クラスを用いることで実装した。

同期情報の交換には 1 対多の双方向通信が必要となる。SMP では IRC (Internet Relay Chat) [33] を用いることで双方向通信基盤の構築を行う。サーバは既存の IRC サーバを利用し、SMP に IRC Client Protocol [34] を実装し同期情報の交換を行う。

基準時間軸はメディア間同期処理の基準となる時間軸で、精度の高い処理が必要となる。基準時間軸の管理には Windows Multimedia Timer を用いた。Windows Multimedia Timer を用いることで、ハードウェアによる高精度なタイマー処理を実現できる。



図 3.4. SMP の動作画面

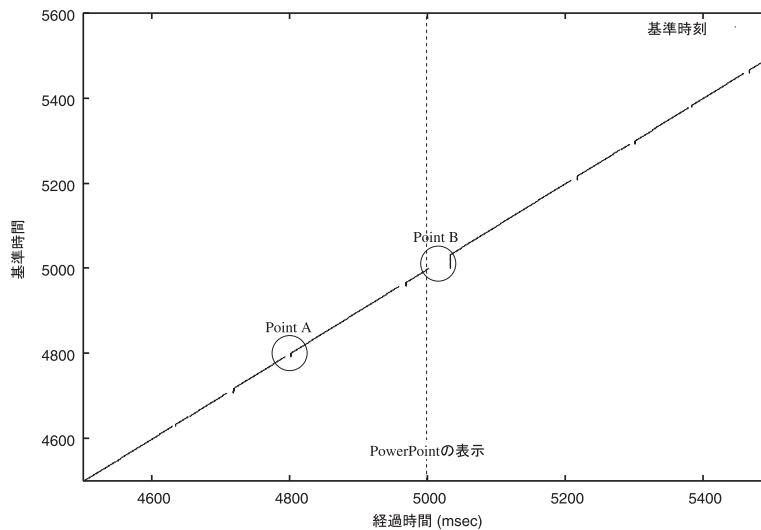


図 3.5. 基準時間と実時間の比較

### 3.6 SMP の同期精度

SMP のメディア間同期精度について評価を行った。自律メディア間同期精度に影響を与える要素である、以下に挙げる 2 項目について評価を行った。

- 基準時間軸の管理精度
- メディアオブジェクトの表示処理時間

#### 3.6.1 基準時間軸の管理精度に関する評価

基準時間軸の管理精度に関しては、実時間との比較、基準メディアの位置情報との比較を行った。

実時間との比較結果を図 3.5 に、基準メディア位置情報との比較結果を図 3.6 に示す。図 3.5 と図 3.6

はいずれも横軸に実時間をとり、縦軸にある実時間  $t$  におけるそれぞれの値を表す。

図 3.5 より、基準メディアは正確に進行していることがわかる。しかし、Point A や Point B に見られる約 10 ms の不連続が不定期に発生している。

図 3.6 では、1 度基準メディアである Windows Media Video の再生を停止し、再生を再開した時点から比較を行った。結果より、基準時間軸は基準メディアの再生状況を正確に反映していることがわかる。

よって、SMP では基準時間軸は約 10 ms の精度で管理できることがわかった。

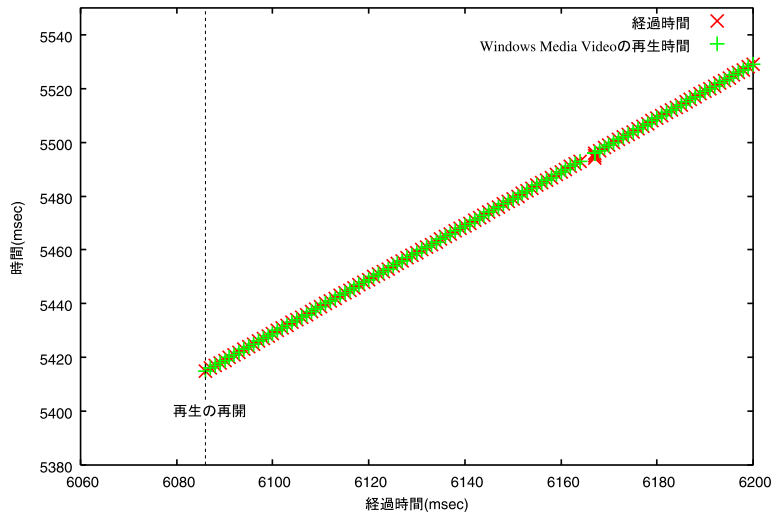


図 3.6. 基準時間と基準メディア位置情報の比較

3.6.2 メディアオブジェクトの表示処理時間に関する評価

任意の PowerPoint ファイルに対して、PLAY 操作に要する処理時間の計測を 100 回行った。結果を表 3.2 に示す。

表 3.2. PowerPoint の PLAY 操作処理時間

最小値	最大値	平均値	平均偏差
22	92	48.02	11.84

PowerPoint の表示処理時間はスライドに含まれる情報量に依存することがわかった。

2 項目の評価実験より、SMP は約 100 ms の精度で Windows Media Video と PowerPoint のメディア間同期を実現できることがわかった。

3.7 まとめ

今回開発を行った SMP は SOI-ASIA 遠隔受講環境における講師映像と講義資料のメディア間同期を実現する。SMP を使用することによって現状では 30 秒程度の遅延が発生していた Windows Meida Video と PowerPoint に対して約 100 ms 精度の同期を可能とする。

今後は実際に SOI-ASIA 環境で運用を行うことで、評価・改良を行う。

また、SMP が用いる自律メディア同期モデルはメディアの形式・配信方法を制限しないため、Real Video や HTML 等、今回実装を行わなかったメディアについて検討し、拡張を行う。

第4章 2002 年度授業実験

本章では、今年度、授業に関連して実施した DV 中継実験、授業サポートシステムとしての利用実験について述べる。

4.1 DV 中継実験

本年度 SOI では、以下に挙げる 8 サイト間で講義の実時間中継を行った。

- 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス (SFC)
  - インターネットの進化と可能性
  - インターネット時代のセキュリティ管理
  - 21 世紀に向けての企業の挑戦
  - Andy Hopper 氏講演「ユビキタスネットワークの将来展望」
- 慶應義塾大学 Global Security Research Center (GSEC)
  - インターネットの進化と可能性
  - インターネット時代のセキュリティ管理
- 慶應義塾大学矢上キャンパス (YAGAMI)
  - インターネットの進化と可能性
- 奈良先端科学技術大学院大学 (NAIST)
  - インターネットの進化と可能性
  - インターネット時代のセキュリティ管理
- 京都大学 (KYOTO-U)



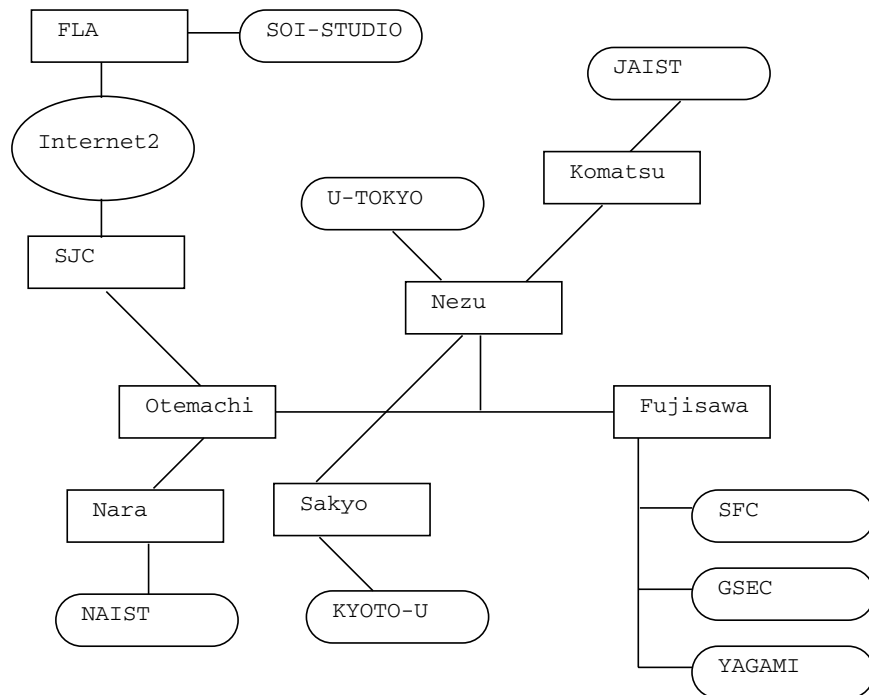


図 4.1. 各サイトの IPv6 ネットワークによる接続

- 21 世紀に向けての企業の挑戦
- 北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST)
  - インターネット時代のセキュリティ管理 第 4 回
- 東京大学 (U-TOKYO)
  - Andy Hopper 氏講演「ユビキタスネットワークの将来展望」
  - 知能情報学 2002/12/11 2002/12/18 の 2 回
- SOI Global Studio at FLA, College Park (FLA-STUDIO)
  - 知能情報学 2002/12/11 2002/12/18 の 2 回

#### 4.1.1 DV 転送基盤

各サイトの IPv6 ネットワーク接続構成の概要を図 4.1 に示す。

SOI は慶應義塾大学 Information Technology Center (ITC) と各キャンパスの協力を得て、SFC と GSEC、YAGAMI に SOI の授業中継を行うための機材の設置及びネットワークの構築を行っている。このネットワークは WIDE Project Fuisawa NOC にて WIDE 6Bone に接続している。

また、昨年度構築を行った SOI Global Studio at FLA, College Park はトンネル接続による IPv6 接続性の確保を行っていたが、今年度より Internet2 が

IPv6 ネットワークの運用を開始したため、トンネル接続を介さない IPv6 による通信が可能となった。

#### 4.1.2 アプリケーション構成

SOI の講義中継では、各サイトの映像と講義に使用される資料の配信を行う。

映像の配信には DVTS (Digital Video Transport System)[113] と Polycom View Station (以下 Polycom) を用いる。DVTS と Polycom の使用形態は主に以下に挙げる 2 通りである。

1. 全サイトにおいて DV 配信を行い、Polycom はバックアップとする
2. 話者の映像のみ DVTS で配信し、残りのサイトは Polycom で配信する

2) の形態は参加サイト数が多い場合に有効である。「インターネット時代のセキュリティ管理」の第 4 回では、SFC、NAIST、GSEC、JAIST の 4 箇所が参加サイトとなった。DVTS を用いて各サイト間で DV を配信する場合は、全サイトが相互に配信を行うため、帯域のみならず、4 箇所の送受信を可能とする機材が必要である。

本講義では、機材調整が困難であったため 2) の形態で配信を行った。Polycom には MCU (多地点

表 4.1. 授業サポートシステムの機能一覧

学生用機能	レポートの提出・閲覧・コメント 学生用資料の取得 掲示板の利用 履修者 ML 参考文献の閲覧
ファカルティ用機能	レポートの出題 履修者確認 学生からのコメント閲覧 課題提出状況確認・成績登録 学生用・スタッフ用資料の登録・取得 授業情報の変更 参考文献の登録 ファカルティ ML

表 4.2. 授業サポートシステム利用授業一覧

学期	授業名	講師	履修者	課題	学生用資料	スタッフ用資料
春	情報システム	土本康生	55 名	3 回	14 件	0 件
秋	インターネット概論	中村修	287 名	2 回	24 件	195 件
秋	ネットワークプログラミング	中村修	96 名	4 回	39 件	6 件
秋	インターネットオペレーション	中村修	155 名	1 回	11 件	15 件
秋	情報システム	土本康生	49 名	3 回	13 件	0 件
秋	ネットワーク設計論	土本康生	35 名	3 回	13 件	0 件

TV 会議機能) が実装されており、最大 4 地点の映像を 1 画面に合成して配信できる。MCU 機能を用いて参加サイトの映像をサイト間で共有し、話者の映像のみを DVTS を用いて配信した。

この際、DVTS の送信を切替える機能と受信した DVTS のパケットを複製・転送するアプリケーションを実装し、全サイトからの DV の送信と、送信拠点の円滑な切替を実現した。

講義資料については、2000 年に開発した RPT を用いた共有を主に行うが、SFC と KTOYO-U とで行われた「21 世紀に向けての企業の挑戦」では、スキャンコンバータを用いて PowerPoint の画面も DVTS を用いて共有した。

このように、SOI では参加サイトの環境や要求に応じた配信方法を組み合わせることで、講義中継を実現している。

#### 4.2 授業サポートシステムとしての利用実験

これまで、SOI で実施する授業は全てビデオアーカイブを基本としてきたが、レポートシステムや資料共有等、授業サポート機能のみの利用に対する要望が教員・TA/SA からあったため、今年度より授業サポートシステムとしての利用実験を実施した。

提供した機能は表 4.1 のとおりである。

本システムを利用した授業及び主な利用状況は表 4.2 のとおりである。

今後、同様の要求を持つより多くの授業に対応するため、授業登録などの容易なインターフェースを構築する必要がある。

## 第5章 講義一覧

SOI で受講可能な 2002 年度の講義、収録されている時間数、ディスク容量の一覧を表に示す。2002 年 1 月 30 日現在、16 の大学授業、39 の特別講義が受講可能となっている。

表 5.1. 2002 年度授業

授業名	講師	提供	時間	容量
インターネットの進化と可能性	村井 純	慶應義塾大学 SFC	19.5	5.2 GB
インターネット概論	橘 雅彦・村井 純	慶應義塾大学 SFC	19.5	5.2 GB
自律分散協調論	徳田 英幸・村井 純	慶應義塾大学 SFC	19.5	5.3 GB
インターネット工学	江崎 浩	東京大学大学院	19.5	3.9 GB
無線通信応用工学	森川 博之	東京大学	18	3.9 GB
ネットワーク工学概論	江崎 浩	東京大学	19.5	3.1 GB
ニューメディア論	斉藤 賢爾	東京商船大学	18	4.1 GB
ヒューマンインターフェース	斉藤 賢爾	東京商船大学	21	4.4 GB
プロジェクト総合講座 B	熊坂 賢次	慶應義塾大学 SFC	19.5	5.5 GB
プロジェクト総合講座 A	小島 朋之	慶應義塾大学 SFC	21	6.1 GB
IT & Social Science	梅垣 理郎ほか 8 名	慶應義塾大学 SFC	12	4.3 GB
ThinkQuest インターネット 次世代トレンドセミナー	高野 雅晴ほか 10 名	ThinkQuest 日本 プログラム推進委員会	15	7.3 GB
Advanced Topics for Fisheries and Marine Science	佐藤 要ほか 4 名	東京水産大学	7.5	4.8 GB
SOI Asia Operators Workshop	土本 康生ほか	SOI Asia	33	8.5 GB
インターネット時代のセキュリ ティ管理	村井 純・山口 英	慶應義塾大学 SFC、 奈良先端大	19.5	6.1 GB
インターネット構成法	村井 純	慶應義塾大学 SFC	19.5	6.5 GB
ネットワークアーキテクチャ	村井 純・橘 雅彦	慶應義塾大学 SFC	19.5	10.7 GB
E-learning on IT Economics	Lawrence Klein ほか 5 名	SOI, AIII	3	2.5 GB
21 世紀に向けての企業の挑戦	小澤 太郎・中村 素典	慶應義塾大学 SFC、 京都大学	19.5	4.7 GB
生物科学	栗山 昭	東京電機大学	22.5	6.3 GB
Advanced Internet Technology	村井 純ほか 7 名	SOI	30	7.9 GB
2002 年特別講義	荒俣 宏ほか 12 名		19.5	5.2 GB
合計 22 授業			415.5	121.5 GB

表 5.2. 2002 年度授業サポートシステム利用授業

授業名	講師	提供	時間
情報システム	土本 康生	千葉商科大学	19.5
グローバル化と日本の構造改革	榊原 英資	慶應義塾大学 GSEC	22.5
経済発展論序説	榊原 英資・Jeffrey Sachs	慶應義塾大学 GSEC	22.5
コーポレート・ファイナンス	榊原 英資	慶應義塾大学 GSEC	22.5
インターネット概論	中村 修	慶應義塾大学 SFC	19.5
ネットワークプログラミング	中村 修	慶應義塾大学 SFC	19.5
インターネットオペレーション	中村 修	慶應義塾大学 SFC	19.5
M & A の実務	榊原 英資	慶應義塾大学 GSEC、日吉、SFC	16.5
情報システム	土本 康生	千葉商科大学	19.5
ネットワーク設計論	土本 康生	千葉商科大学	19.5
合計 10 授業			201