

2. 教育用計算機環境の事例

7. SOI (School of Internet) での事例



インターネットという新しい社会基盤の上で、教育活動に参加する学ぶ主体と教える主体はグローバルに広域分散してきた。SOI (School of Internet) プロジェクトでは、大学の授業を中心とした教育活動をこれらの分散された主体間で実現することで、学びたい個人のためのグローバルな学習環境を構築してきた。本稿ではSOIにおける学習環境構築の試みを紹介する。

SOI システム

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。WIDE Project¹⁾、School of Internet Working Group (SOI)²⁾ は、この社会基盤上で、世界中の学ぶ意欲を持つ人々に、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。SOIでは、グローバル空間に分散した、教育活動の主体である「教える個人」と「学ぶ個人」のコミュニケーションをどのように支えることができるか、という視点でこの環境構築を捉え、分散した主体に目的に応じたコミュニケーション手段を提供するという手法でそれを実現している。具体的には、大学で行われている「授業」を

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
大川 恵子
keiko@sfc.wide.ad.jp

中心とした教育・学習活動を分析し、そのコミュニケーションを広域分散した主体間でのデジタルコミュニケーションとして実現した。

SOIではその第1歩として「教室で行われる授業」の共有手法を提供し、教室を離れた授業活動として「レポートを中心とした学習」「学習者間コミュニケーション」「授業調査」をそれぞれインターネット上のシステムとして実現している。また、これらを通して個人が学習した成果を社会に証明していく仕組みとして「成績付け」と「成績証明」の仕組みがある。これらのコミュニケーション活動の基礎として「認証基盤」があり、デジタル資源流通の基盤として「著作権管理」がある。

SOIにおける授業は、「教員」と「受講者」とのコミュニケーションを「講義の共有」「講義資料の共有」「質疑応答の共有」という3つの要素に大別し、それらを、「教員」「受講者」の位置関係、受講者数、その間の通信基盤、教員と受講者間の主たるコミュニケーションの方向、などに応じていくつかの方法でデジタル化および共有する手法を準備することで、さまざまな環境でのさまざまなスタイルの「授業」を実現する。講義型であれば、主たる発信主体は教員であり、学生発表型であれば、主たる発信主体は学生となる。位置関係としては、主たる発信主体である教員が教室にいるモデルと教室外から参加しているモデル、主たる受信主体である受講者が教室にいるモデルと、教室外から各々端末を通してアクセスしているモデル、また、複数の教室で同時に進行する授業など、発信主体が多地点あるモデル、さらに、時間軸の要素を加えると、すべてのモデルでリアルタイムタイプとオンデマンドタイプに大別される。それぞれのモデルにおいて3つの要素のデジタル化と共有を環境に合わせて実現し、それらの組合せとして授業を構成する環境を提供する。これら全体をSOIシステムと総称している(図-1)。

本稿ではSOIシステムの中でも授業部分に焦点を絞り、典型的なSOI授業として、個人受講と教室間リアルタイム授業を紹介し、さらに、アジアに分散する教室間リアルタイムにおける事例を紹介する。

SOI System Framework

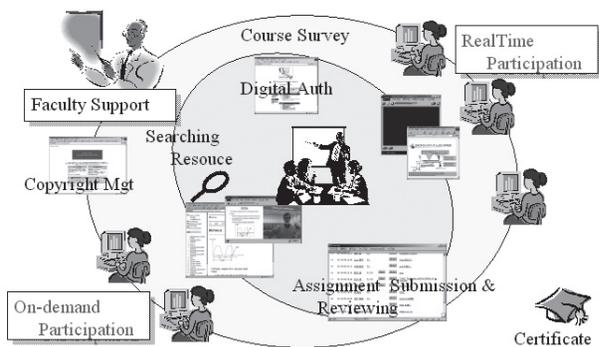


図-1 SOIシステム概観

個人受講者のための SOI 授業

主な受信主体である受講者が多数教室外にいるモデルの例である。自宅や職場など教室外の個人受講者のインターネット基盤として、ADSL・ケーブルなどによる接続を想定し、教室で実施されている通常の大学授業を、カメラとマイクで収録して 320 × 240 の画像サイズで 250 ~ 500kbps 程度のストリーム配信を行うことで、端末に向かう個人受講者に講義内容を届けている。講義資料はあらかじめ電子的に配布し、教員の指示によって参照しながら講義を受講する。講義中の質疑応答は、IRC などの文字ベースコミュニケーションを中心に実施している。映像・音声による質疑応答は技術的にも環境的にも可能になってきているが、受講者の数によっては遅延のない高品質な講義配信が困難な場合があることと、遠隔個人受講者の教室内への自然な融合が課題となり、試験的に行うにとどまっている。日常的にこのような授業配信を行うためには省力化が鍵であるが、SOI では、複数のカメラのカメラワーク、映像ソース切り替え、音声調整、映像音声のエンコードなど、すべての操作を、少人数がネットワークを介して集中的に実行可能な機材を教室に常駐することで実現している。受講者は、職場、自宅、海外の出張先などさまざまな場所から、配信サーバに接続して参加している。

このようにデジタル化された教室授業の映像と、授業時間中に教員がスライドを変えるタイミングを保存した情報を利用して、映像と講義資料を同期したストリーム配信しているのが SOI アーカイブの形式であり、上述のモデルに時間の違いを加えたモデルのための手法である。映像に加えて講義に関する情報を Web 配信しているため、文字列検索によってスライド単位でサーチし、目的の授業映像を視聴することが可能となっている。オンデマンド授業は授業実施の次の日にはインターネット上で受講可能となる。オンデマンドコンテンツ作成のためのツールを開発し⁷⁾、多くの授業を日常的にオンデマンド化する体制ができています。

SOI 受講者は、SOI サイトで「入学」「履修」手続きを経て、(a) オンデマンドを中心にゆるやかにキャンパスの授業進行と「同期」しながら学習する、(b) リアルタイムに参加し、キャンパス学生と「同期」して学習を進める、(c) その両方を併用する、のいずれかで大学授業に参加している。また、学期が終わると、アーカイブされた講義内容はすべて検索可能な「映像学習資料」として利用可能となっており、2004 年 1 月現在、1,500 時間程度のインターネットに関係する講義ビデオが蓄積されている。

SOI システムは、(a) 授業情報、学生情報、履修情報、レポート情報などを管理するデータベースサーバ (postgres)、(b) コンテンツ自体を保持するファイルサーバ、(c) これらを提示・操作する cgi 郡と HTTP サ

ービス (apache)、(d) 学生に電子証明書を発行する CA サーバ、(e) 映像配信のための RealVideo サーバ、(f) メールサーバ、(g) DNS サーバなどによって成り立っている。現在、このうち (a)、(c)、(e) は 1 台の Linux ベースの PC マシン (Pentium4) でサービスを行っており、1 日に平均してビデオは 2,000 アクセス (12,000 ヒット)、HTTP は 20 万ヒットのアクセスがある。2003 年の 1 年間で約 2,800 人がユーザ登録を行っており、2004 年 1 月現在の登録ユーザ数は 15,600 人を超えている (ユーザ登録がなくてもビデオ視聴は可能)。(b) は RAID5 構成の 300GB と 500GB の 2 台のファイルサーバを利用しており、約 13 講義を含む半年間の授業では 1 授業平均 7GB 程度のディスク容量が必要となっており、年間約 150GB 程度利用している。1997 年開始当初は 80kbps 程度をトップに 28.8kbps までをサポートする SureStream (数種類の帯域用のストリーム配信を行う形式) でエンコードしていたが、2003 年度では 250kbps 程度をトップに 64kbps までをサポートする SureStream に移行しており、必要なディスク容量は今後も増加傾向にある。(d)、(f)、(g) は別の FreeBSD ベースの PC サーバで運用している。これらのサーバ郡は、WIDE ネットワーク内慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス地区のサービスセグメントに位置し、運用には学生ボランティア数名があたり、ソフトウェアの機能拡張は随時、ハードウェアの構成見直しは毎年 1 回程度のサイクルで行っている。

アンケートとアクセス数の傾向から、ユーザ層は国内外の高校生、大学生、社会人、リタイアした方まで幅広く、大学生以外が 7 割を占める。授業内容は、インターネットの仕組みを技術面社会面から捉える大学 1 年生向けの「インターネット概論」、ネットワーク構築のできる技術者を育てる「ネットワーク構成法」などといった大学の授業から、業界が毎年主催する、専門家向けのインターネット技術のチュートリアルまで幅広い。合計 1,500 時間程度の講義内容の内訳は、インターネットの基礎、インターネット社会などを扱う大学授業と特別講義が 2/3、セキュリティ、Web サービス構築、DNS、メールといった各要素を 3 時間で学ぶためのチュートリアルが 1/3 といった割合である。これらの講義やチュートリアルはすべて大学や主催者の好意で SOI サイトに提供していただいているものである。アクセスの傾向としては、教科書や販売されている教材では学習しにくい、進歩の激しい分野における、最新情報を盛りこんだ体系的なチュートリアル系と、希少価値のある講義への利用度が高い。また、プログラミングなど実習の伴う講義は、昨今の個人計算機環境の充実から、多くの実習は個人環境で自習することが可能となっており、ある程度リテラシーのある学習者に対しては、授業中の講義に加えて、受講者全員のメーリングリストベースなどで細かい指導を行うことで、効果的に進められている。むしろ個人の



進み方の異なるプログラミングなどでは、コンピュータルームでの集合学習ではできない指導を、オンデマンド型授業と共有型のコミュニケーションメディアにより実現できているといえる。大学では専門性が高くなると指導できる教員や研究仲間が少なくなり、おのずとスペースに分散された中で高度なディスカッションを行うような授業へのニーズがでてくる。今後はこうした授業での個人参加も視野に入れて実験を進める予定である。

教室間共有授業

主発信サイトが複数あるような教室間での共有授業では、一人一人がコンピュータ画面に向かって受講している環境と異なり、リモートにいる教員とローカルにいる学生との臨場感のあるコミュニケーションが、授業に集中できる重要な要素となってくる。また教員にとっては、リモートの学生との自然な対話や、リモートサイトにおける受講状態の提示などによって、より安心した状態で授業に集中できる環境作りが重要なポイントである。このように、可能な限り高品質な映像、多種類の情報提供が重要であるため、「講義」と「質疑応答」については、サイト間の通信条件に従って、いくつかのアプリケーションを選択して利用している。30Mbps以上の帯域が双方向で確保できる場合には、低遅延高品質という特徴のある DVTS（デジタルビデオを双方向で送受信するシステム）を利用している。複数サイトの場合は、DVTS マルチキャストを全サイトから行いフルメッシュの環境で授業を進める場合もある。サイト数が増加してフルメッシュの環境が困難であったり、DVTSのストリームを複数本通すのが困難な環境の場合では、メインサイトだけを切り替えながらマルチキャストするといった手法も実験的に行っている。DVTS が利用できない帯域の場合では、H.323 ベースのアプリケーションや Polycom などの会議機器を利用する場合もある。また、DVTS と Polycom を併用して、複数アングルでの情報共有、また、さらにネットワークカメラでの情報補完を行うなど、可能な限り多くの情報提供を限られたネットワーク資源を利用して行う。講義資料については、同期情報を IRC プロトコルで共有するシステム (RPT)⁷⁾ を利用し、PowerPoint や HTML ページを同時に複数地点で表示する方法をとっている。DVTS 程度の高画質で転送可能な場合には、講義資料を映像としてコンバートして配信する場合もあるが、コンバータの性能が十分でない場合も多いため、補助的に利用している。DVTS を利用した授業共有の例としては、1999 年秋学期、米国 Wisconsin 大学、慶應義塾大学、奈良先端科学技術大学院大学 (NAIST) の 3 大学間で半年間実施された「Introduction to Network」⁴⁾ の講義を始め、慶應義塾大学・NAIST 間での「インターネット時代のネットワー

クセキュリティ管理」、慶應義塾大学・京都大学間での経団連スポンサーによる「21 世紀時代企業の挑戦」などは数年に渡り定期的に行われている。教室受講の場合には、参加意識やモチベーションを維持するためのさらなる工夫が必要であることが分かっており、遠隔にいる学生や教員が感じる「参加のしにくさ」が、教室では暗黙に共有できる情報の欠如からくと仮定し、そのギャップを埋めることでより自然に授業に参加できるような研究も進めている⁶⁾。

こうした共有授業では、各大学がお互いに補完するようなかたちで授業を進めることが多い。たとえば、インターネット時代のセキュリティ管理では、技術的な授業の多い NAIST と、社会的な授業の多い慶應藤沢の両方の学生が、普段とは違う角度でインターネットのセキュリティについて議論することで教室で行われた授業をアーカイブ化し、時間差をつけて別の教室で受講する形式として JAD (Japan Associate Degree Program) での例が挙げられる。JAD は、マレーシアと日本政府が進めるプロジェクトで、日本への留学生の事前教育と 1 年次教育を行うプログラムであり、1 年次教育の正規授業として、慶應義塾大学の IT 関連授業、東京電機大学の生物関連授業などを利用している。アーカイブ化したものに日本語字幕をつけ、教室でチューターが補足説明を行うなどすることで、日本の大学の実際の授業を教材として、リアルタイムではできない付加価値とともに利用している。また、学生は日本の学生と同じ空間で学ぶことで、日本の授業にも慣れ親しむという効果もあった。

こういった授業のために現在利用している教室では、5 台のネットワークカメラ（ズーム、パン、オートフォーカス機能のあるパナソニック製）、オーディオミキサー、映像ミキサーもそれぞれ PC で制御できるタイプの製品を利用し、ビデオエンコーダ、DVTS マシンも含めて、すべてを遠隔操作して、少人数での運用を可能にしている。現在は各サイト 1～2 名の学生が受講をかねて運用している。教室にある遠隔授業用ラックには、これら AV 機材とモニタ数台、AV 機材制御用 PC2 台、ストリーム配信用のエンコードを行う Windows ベースの Pentium3 程度の PC を 1 台、デジタルビデオ伝送用システム用に FreeBSD ベースの Pentium3～4 程度の PC を数台、Polycom1 台などを収容する。外から講義を行うための、ラップトップを利用したコンパクトなセットも開発している。

このような教室間共有授業の形式の可能性は、大学にとって幅の広いカリキュラムを可能にし、学ぶ主体である受講者にとって、他大学の教員や学生との意見交換、世界で活躍する最先端の外部講師との出会いなど、得るものが多いが、端末の計算機器、ネットワーク、教室の音響装置、スタッフの確保など、さまざまなレベルでの安定運用が求められるため、規模によっては、日常的な運用に大学の組織的なサポートが必要な場合もある。

アジアでの授業共有

2001年夏より、SOIシステムをアジアの大学と授業共有を行っていくための枠組みとして利用する、SOI Asiaプロジェクト³⁾を開始した。講義型のSOI授業のコミュニケーションパターンを見ると、発信主体から多数の受信主体への安定した通信基盤を提供することができれば、講義型授業を実施することができる。SOI Asiaプロジェクトでは、このことに着目し、UDLR技術を利用して、片方向衛星通信を用いたインターネット基盤をアジアのパートナー組織に構築することで、安価で、かつ短期間に授業共有に最低限必要な通信基盤を実現した⁵⁾。この通信基盤は、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス(SFC)にあるCバンド衛星通信地上局から全対地へ9Mbps(共有)の安定した衛星通信回線を提供し、このパスを利用して高品質で安定した講義映像が届けられる。質疑応答には、対地から日本への従来のインターネット通信を利用するが、対地の接続状況に応じて、メール、Web、音声、映像などのメディアを選択的に利用しながら進められる。さらに、この環境では、トンネリング技術を利用して全サイトが仮想的に同一セグメントに存在するため、あらゆる接続形態のサイトにもサイト間のマルチキャスト通信基盤を確保することができる。このため全サイトが参加する多対多のコミュニケーション基盤も同時に提供されている。この環境を利用して、日本からの授業配信だけでなく、米国など高速通信基盤の整った場所からの授業や、また、アジアのパートナー大学から発信する講義を、日本を経由して各地に届けるなど、マルチナショナルな学習環境が構築されている(図-2)。

講義を実施する講師サイトは、広帯域の場合DVTS双方向を行うための最低限の設備を想定し設計し、低帯域の場合はViaVideo/Polycomなどの会議機器を想定しているため、最小構成ではラップトップ1台でも講義ができる。SFCに設置されているゲートウェイサイトは、地上局に近いセグメントに位置し、スイッチなどの通信機器のほかに、講師サイトと双方向で映像をやりとりするためのDVTS用PC1台とPolycom、講師映像をマルチキャストストリーム配信用にWMT(Windows Media Technology)形式にエンコードするPCを1台、アジアの対置と双方向映像会議を行うためのVIC/RATを実行するPCを1台にAV機器などが設備されている。スイッチの種類や設定によって長時間のマルチキャスト通信で問題が生じるものもあり機種選択と事前テストが重要である。対置のサイトは、衛星受信アンテナ、受信チューナ1台、UDLRを実現するPCルータ1台、リアルタイム授業受講用PC2台(うち1台はビデオキャプチャ付き)、アーカイブサーバ用PC1台を標準構成として、/29のセグメントで構築されている。授業実施時は、講師サイト、ゲートウェイサイトに各1名、ネットワーク

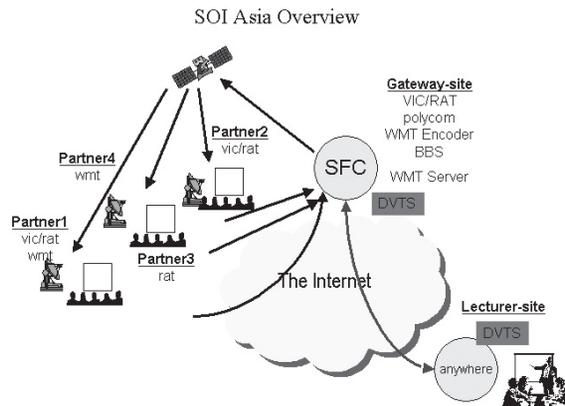


図-2 SOI-ASIA 構成

モニタに1名、アジアのサイトには各1~2名のサポートスタッフで授業が運営される。

2004年1月現在、アジア7カ国(11大学)との協調関係を確立・維持し、これまでに、日本の大学や、世界の各地より、50以上の講義を配信している。講義内容はIT分野を中心として、アジア各地で需要の高い漁業関係の講義も実施している。これら講義シリーズを通して、グローバルな問題を協力して解決していくために欠かせないグローバルな教育環境の重要性が再認識された。2003年度には、各大学の代表で構成される運営委員会、カリキュラム委員会が結成され、2004年度では、IT、バイオ、漁業を3つの柱としての、本格的な単位化授業運営に向けた、さまざまな準備が進められている。

まとめ

SOIシステムは、広域に分散する学ぶ主体と教える主体の間のデジタルコミュニケーションを支えることで、多様な環境での多様なスタイルの学習・教育活動を実現している。この教育・学習のためのコミュニケーション基盤をより充実させていくことで、人が人生のどの時点でも「学ぶ」時間をプランでき、どこからでも世界で最高の教育を受けられるような、本当に学びたい人のための場としての大学を構築していくことに貢献していきたいと考えている。

参考文献

- 1) <http://www.wide.ad.jp/>
- 2) <http://www.soi.wide.ad.jp/>
- 3) <http://www.soi.wide.ad.jp/soi-asia/>
- 4) Okawa, K., Kato, A., Gast, J., Atarashi, R., Toyabe, Y., Landweber, L. H. and Murai, J.: Global Collaboration for the Joint University Course on the Next Generation Internet, INET2000.
- 5) Mikawa, S. and Takei, J.: A New and Effective Distance Learning Environment for Internet Developing Area Utilizing the Satellite Link, Online Journal of Space Communication, Issue No.5: Satellites Address the Digital Divide (2003).
- 6) 工藤紀篤, 村上陽子, 小川浩司, 大川恵子, 村井 純: インターネット遠隔授業中継における参加者間 interaction 支援システムの構築, インターネットコンファレンス 2003 論文集, pp.97-104 (Oct. 2000).
- 7) 小川浩司, 櫻井智明, 大川恵子, 村井 純: インターネットを利用したリアルタイム中継における資料共有システムの設計と実装, 情報処理学会第61回全国大会 (Oct. 2000).

(平成16年2月2日受付)