JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	オンデマンド学習に適した電子教材の編成法
Author(s)	猪俣，敦夫
Citation	
Issue Date	1999-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1216
Rights	
Description	Supervisor:落水 浩一郎，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

オンデマンド学習に適した
電子教材の編成法

指導教官　落水浩一郎 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

猪俣敦夫

1999 年 2 月 15 日

Copyright © 1999 by Inomata Atsuo

要 旨

遠隔学習と呼ばれる学習システムの多くは、学ぶ者の立場ではなく、教える立場において主に設計されている。
本論文では、学習者指向、状況指向、コラボレーション指向に基づく学習体系をオンデマンド学習と呼ぶことにし、新たな学習形態を提案していく。またオンデマンド学習を遂行するためにクリアしなければならない要件を洗い出し、問題解決に向かう。
その要件をいくつか実現したプロトタイプシステムを実装し、洗い出した要件の有効性について評価、検証する。

目 次

1 はじめに **1**
1.1 本研究の背景と目的 1
1.2 本論文の構成 3

2 オンデマンド学習とは **4**
2.1 定義 4
2.2 学習システムの研究動向 6
2.3 現状のシステムとオンデマンド学習との比較 7

3 オンデマンド学習に対する要件 **11**
3.1 マルチメディアデータのネットワーク転送 12
3.1.1 ATM ネットワークを用いたシステム 12
3.1.2 ストリーミング技術 13
3.2 学習コンテンツの最新性の保持 14
3.3 提示型インタフェース 15
3.4 先修条件を考慮した学習形態 15
3.5 つまみぐい学習の必要性 15
3.6 学習コンテンツの構成法 16

4 プロトタイプシステムの設計 **17**
4.1 設計目標 17
4.2 プロトタイプで扱う学習コンテンツ 17
4.3 ビデオ映像 18
4.4 OHP・黒板副教材コンテンツの設計 18
4.5 音声のテキスト化 19
4.5.1 音声データの役割 19

4.5.2 音声データのテキスト化の役割 . . . 19
4.5.3 音声データテキストのハイパーリンク機構 . . . 20
4.5.4 音声データのテキスト化の問題点 . . . 20
4.6 講義内容の検索機構 . . . 20
4.6.1 検索機構の役割 . . . 20
4.6.2 検索機構の実現 . . . 20
4.7 先修条件の機構 . . . 21
4.7.1 先修条件とは . . . 21
4.7.2 先修条件機構の実現 . . . 21
4.8 教材シナリオファイル機構 . . . 22
4.8.1 教材シナリオファイルとは . . . 22
4.8.2 教材シナリオファイルの設計 . . . 22
4.8.3 教材シナリオファイルの記述 . . . 23
4.8.4 教材シナリオファイルの記述例 . . . 24
4.9 映像内リンク機構 . . . 26
4.9.1 映像内リンク機構とは . . . 26
4.9.2 映像内リンク機構の役割 . . . 26
4.9.3 映像内リンク機構の実現 . . . 26

5 プロトタイプシステムの実現 29
5.1 全体構成 . . . 29
5.2 評価システムの構成 . . . 31
5.3 ビデオ映像素材について . . . 32
5.3.1 ビデオ映像 . . . 32
5.3.2 静止画映像 . . . 33
5.4 ユーザインタフェース . . . 33
5.4.1 システム全体画面 . . . 33
5.4.2 メインビューワ . . . 34
5.4.3 黒板・OHP 副教材ビューワ . . . 34
5.4.4 音声テキストビューワ . . . 35
5.4.5 イベントビューワ . . . 36
5.4.6 コントロールリンク . . . 36
5.5 運用例 . . . 37

6 評価と考察 **40**
6.1 目的 . . . 40
6.2 評価内容 . . . 40
6.2.1 システム評価の設定 . . . 40
6.2.2 システム評価の手順 . . . 41
6.3 システム全体の評価 . . . 41
6.3.1 先修条件について . . . 41
6.3.2 ビデオ映像の評価 . . . 41
6.3.3 音声データの評価 . . . 42
6.3.4 ビューワ全体の評価 . . . 42
6.3.5 OHP・黒板ビューワの評価 . . . 42
6.3.6 音声テキストビューワの評価 . . . 42
6.3.7 イベントビューワの評価 . . . 43
6.3.8 その他の評価 . . . 43
6.4 考察 . . . 43
6.4.1 システム的な考察 . . . 43
6.4.2 全体的な考察 . . . 43

7 おわりに **44**
7.1 まとめ . . . 44
7.2 今後の課題 . . . 45

A ATM とギガビット イーサネット **48**
A.1 ギガビット イーサネット . . . 48
A.2 技術比較 . . . 48
A.3 ATM とギガビット イーサネットの適用領域 . . . 49
A.4 ATM とギガビット イーサネットの比較表 . . . 50

図 目 次

2.1 オンデマンド学習全体像 5

3.1 ATM を利用した VOD システム 13

4.1 教材シナリオファイル 23

5.1 システム構成 29
5.2 プロトタイプシステム構成図 31
5.3 システム全体画面 34
5.4 メインビューワ 35
5.5 黒板・OHP 副教材ビューワ 36
5.6 音声テキストビューワ 37
5.7 イベントビューワ 38
5.8 コントロールリンク 38
5.9 学習システムの運用例 39

第 1 章

はじめに

1.1 本研究の背景と目的

インターネットは、現在多くの教育機関や企業等で利用可能になっており、Netscape Communicator や Internet Exploler に代表される、様々な環境で利用可能である WWW に対応するブラウザが広く普及している。この種のブラウザのハイパーメディア的、インタラクティブな特徴は強化されつつあり、インタラクティブでインクリメンタルな、新しいオーサリングウェア環境を提供するものと期待されている。

ネットワーク技術の発展及び情報メディアの技術革新は、学習の形態を多様化させつつあり、多くの新たな教育システムの可能性を生み出して来た。しかし、それらの新たなメディア技術は、それぞれ長所と短所を併せ持っており、個々のメディアがどのような影響や学習効果を及ぼすかについて検討しつつ、最適なメディア活用のあり方を模索することが要請されてきている。

上述してきたシステムを整備するための新たなメディアの特徴として、「映像」と「双方向性」という 2 つのポイントの内、特に「映像」を本研究では取り上げ、学習する過程とシステムとの関連性を検討し、効果的な学習をするための有効なメディア活用システムの基礎としていくことにしている。

「映像情報」は、新たなメディアの中心的役割を果たすはずであるが、学習によって獲得された知識や理解に関する評価は、未だに文字を主体とした継時直列的な情報に基づいており、必ずしも映像情報によって獲得されるものの評価には適していない [2]。

そこで映像を活用したテスト手法の開発と併せて、映像情報が学習のどのような側面に対して効果をもっているのかを明らかにし、調査するための学習システムを開発しその評価を行う。

ところで、分散型学習とは、電子メディアネットワークを利用して、既存の枠組を超えて様々な学習の資源 (時間、場所、情報、人、施設等) を環境に見合ったように統合していく事で、多様化していく学習ニーズの実現を支援していくことを表わしている [3]。
また、上記のようなシステム形態上での学習の特徴となる分散型学習に関連した用語として、遠隔学習とか遠隔教育などが用いられるが、これらの考え方は教育や学習に電子メディアによる通信技術を利用するという点では、分散型学習と似ている。
分散型学習のひとつともいえる通信教育は、教師と学習者は離れた所に存在し、郵便や電子メディアによる通信を利用してインタラクションを行うわけであるが、ネットワークを介して実現する場合には、以下の点を新たに考慮する必要がある。
すなわち、分散型学習は教材の配信など、いわゆる通信教育の延長線上に位置付けるのではなく、学習者中心の新しい学習形態として位置づけるべきである。

上記のような遠隔学習が普及するにつれて、在職学習のような形態が実現された時、実際の職務と学習と研究とが統合されていくと予想される。すなわち、職場において様々な学習環境が整備されるならば、「技術伝達者としての企業人」から「研究者としての企業人」へと転換していくはずである。
これを実践するためには、企業における先端技術の製品化を担当する技術者は、知識の日常的強化・増幅をはかる必要がある。しかし、知識獲得のために十分な時間がとれない事もまた事実であり、さらに基礎的研究によって得られた成果を実践に応用するという枠組みでは、たえず変動し問題が複雑になりつつあろうとしている状況下では、十分に対応可能ではないと思われる。
ネットワークを介した遠隔学習を推進する事により、各大学内で蓄積されてきた知識群を、企業の日常的技術開発活動の中でタイムリーかつ体系的に獲得・活用できるシステムを整備する必要性は高いと思われる [1]。

上述してきた事柄を基に、本研究で対象とする学習形態をオンデマンド学習と呼ぶ事にし、オンデマンド学習とは何かを定義する。次に、オンデマンド学習を満たす学習システムを設計するために、現状にあるシステムとオンデマンド学習との比較をし、不足している点を新たな要件として明らかにして、プロトタイプシステムとして実現する。
なお実現するプロトタイプシステムでは、インターネット環境を利用した仮想大学環境を構築するために、下記の 2 点を研究の目的としている。

- インターネットを使った新しい教育メディア・環境の指針を探り、オンデマンド学

習支援システムを設計する

- JAIST で実際に行われているソフトウェア設計論の講義をインターネット上で学ぶための環境を構築する

プロトタイプシステムの基盤として本学 (JAIST) で行われているソフトウェア設計論 (片山卓也教授) の講義を扱った。本講義は、企業内の研究開発等で必要となる OMT に関するものであり、本システムの評価には、最適であると考えられる。

1.2 本論文の構成

第 2 章では、オンデマンド学習が目指す目標を示す。次に、オンデマンド学習を定義し、それに関連する要素をもつ最近の学習システムに関する研究動向を紹介する。さらに、(1) オンデマンド学習に取り込める箇所、(2) 欠けていると思われる箇所を洗いだし、(3) 本システムで追加される新たな要素を考察する。
第 3 章では、第 2 章で定義づけたオンデマンド学習を実現するために、クリアしなければならない技術課題等の要件を洗い出す。
第 4 章では、第 3 章で洗い出した要件を実現するためのシステムの設計について述べる。
第 5 章では、第 4 章で設計したシステムを実現した実装についての説明を行う。また、プロトタイプシステムの解説を併せて行う。
第 6 章では、プロトタイプシステムの評価を行い、本研究で提案したいくつかの機構の有効性や問題点の洗い出しを行う。
第 7 章では、本研究のまとめを行い、今後の課題について述べる。

第 2 章

オンデマンド学習とは

前節で述べたような遠隔学習・遠隔教育を特徴づける考えには以下のようなものがある。

- 学習者指向：教える立場ではなく、あくまで学ぶ者の立場で、個別的な学習ニーズを中心に学習システムを考える
- 状況指向：教室中心の教科書的な知識ではなく、様々な時間や場所、状況に根付いた知識の獲得ということを重視する
- コラボレーション指向：ネットワークを通じて、同じ関心を持つ人々が互いに教え学びあうような協調的な学習の在り方を模索する

本研究では、以上述べた 3 点に基づいた学習支援システム体系をオンデマンド学習の原点と考える。

2.1 定義

第 1 章で述べたが、学習者の状況に応じて学習が出来るための具体的な学習システムとして、オンデマンド学習の必要性が高まって来ている。まず、本研究におけるオンデマンド学習に対する考え方を以下に記す。

- 学習者が必要に応じた知識を獲得できること
- 時間、空間的制約にとらわれない学習体系を学習者に提供できること
- 学習者に提供する知識単位が最新であること

- 閉空間にある知識単位だけではなく、他の知識単位との連結性が保障されること

これらの関係を図示すると、図 2.1のようになる。

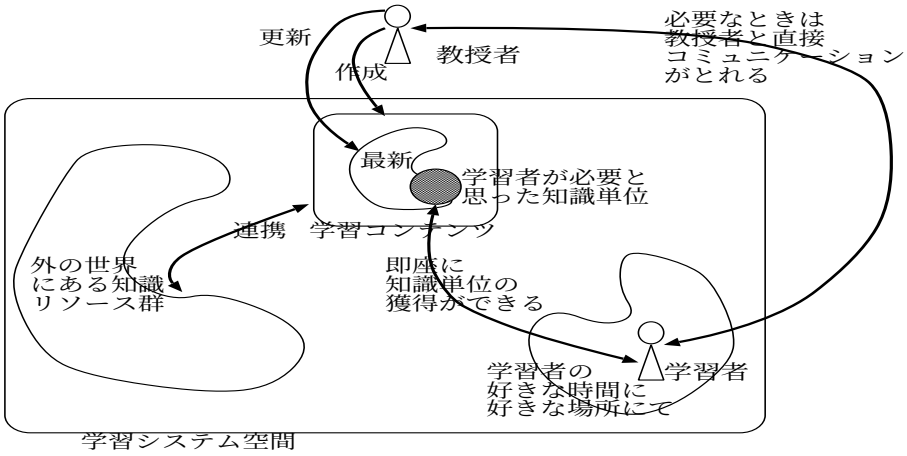

図 2.1: オンデマンド学習全体像

図 2.1において、学習者は以下のようなステップで学習する。なお、このオンデマンド学習空間には学習者だけではなく、教授者も介在する。教授者は、学習コンテンツを作成する立場にいるが、必要なときには学習者とコミュニケーションをとることもできる。

1. 学習者は、好きな時間に好きな場所でシステムを利用する事ができる
2. 学習者は、自分の欲しい知識だけを、容易に検索できる
3. 学習者は、要求した情報を即座に獲得できる
4. 教授者と学習者という 2 つの側面をもつユーザにより構成される
5. 知識単位となる教材コンテンツを常に最新の物に維持できる
6. 外の世界にある知識リソースと連携がとれる
7. 教授者は、容易にコンテンツを作成、更新する事ができる

図 2.1に示す学習形態は、章の始めに記した 3 つの指針、学習者指向、状況指向、コラボレーション指向を満たしている。

2.2 学習システムの研究動向

オンデマンド学習をシステムを設計するにあたり、現状にある学習システムの例を挙げる。

SOI(School of Internet)

社会基盤の一部となりつつあるインターネットに関する事柄を学ぼうとする人は、急増しているが、インターネットについて教える大学は少なく、日本にはまだインターネット学科は存在しない。そこで、WIDE 大学 School of Internet は、WIDE プロジェクトに所属する大学教員による授業やメンバーによるインターネットとコンピュータに関する講義や講演などを対象にビデオ映像に収録し、オンデマンド型配信の実験を行っている。
SOI のねらいは、一方向的な知識伝授ではなく、参加する個人同士が教授者／学習者の区別なく協調して学習できる教育環境を提供しようとするところにある。SOI のシステムでは、知的協調学習の実現のため、作者以外の授業履修者には隠されていたレポートを積極的に公開し、公開されたレポートに対して履修者同士がレポートを読みあって感想を記入できるようになっている。これにより、レポートの作者は自分のレポートに対するフィードバックを得られ、また感想記入者は他人のレポートを読む機会を得る。これにより双方の学習効果向上をめざしている。[4]。

View Classroom

遠隔講義システムにおいて、記録された講義の検索をサポートすることは重要である。それによって学生が講義の必要な部分だけを復習したり、教師が過去の講義をより簡単に再利用したりすることができるからである。VIEW Classroom では、テキストデータに対する文字列検索や動作履歴の検索、ビデオの早送りや巻き戻しなど、これら多様なデータのそれぞれに検索機能を提供しそれを組み合わせることによって、より柔軟な検索機能を実現している。また講義中の雑談部分を検索したり、教材をスライドより詳細なブロック (教材の意味的単位) の単位で検索できるようにするためのユーザインタフェースも提供している [5]。

インターネットを利用した NMR 解析演習 CAI

WWW を利用して、インターネット環境で機能する NMR 解析演習のための CAI システムである。このシステムの構成は、NMR 解析に必要な事項を簡単に復習するリンク先と問題部分からなっている。リンク画面数は約 60 枚あり、順次、次ページボタンによりたどることでもできるし、メニューからそれぞれの項目に移ることもできる。さらにどこの画面からも、ボタンにより必要な項目の画面に移動できるので問題回答時などにもヒントとして活用できる [6]。

CSCW

遠隔教育システムにおける講義そのものは、CSCW(Computer Supported Cooperative Work) を用いた協調作業の特殊な場合と考えられる [5]。CSCW システムの一つである電子会議システムは、記録された会議等で、会議の参加者らが OHP 等を指さしたり、ペンで書き込みしたりポインタの動きなどを容易に記録することが出来るシステムである。
この電子会議システムの形態は、学習システムへ比較的容易にマッピングできるものと考えられる。すなわち、講義内で教授者が、OHP を指さしたり、黒板に文字を書き込みした動きを容易に記録するシステムが十分に考えられる。このように、記録して蓄積された講義データは、教師の映像や音声が、教材 (OHP 等) や、指さしなどの動きと同期された特殊な構造を持つデータとなる。このような特殊なデータの検索については、画像認識技術 [7] や音声認識技術 [11] に基づく多くの研究が行われている [8]。

上記の関連研究とは別に、学習システムに関する研究は多数行われているが、特にオンデマンド学習を考える上で、研究の一例として以上 3 点を示した。次節で、この関連研究の成果とオンデマンド学習の要件との関係を詳細に検討する。

2.3 現状のシステムとオンデマンド学習との比較

前節で示した関連研究のうち図 2.1の枠組みにマッピングできる箇所を、以下に示す。

SOI のシステムでは、基本的に講義を撮影したビデオ映像を時系列に再生していき、それに同期して OHP のスライドが変更されていくシステムである。また、ビデオ映像内にて分からない箇所を、電子掲示板やメールで教授者

側とコミュニケーションがとれるようになっている。
このシステムは、学習者の好きな時間に好きな場所で学習できる点において、オンデマンド学習の一要素である状況指向の考え方にあてはまる。SOI のシステムの特徴は、本システムで開発する形態と同様に一般的な WWW ブラウザを利用している点で学習者に特殊な環境を提供しているわけではなく、かつインターネットが接続されていれ環境ならばいつでも学習できるように、時間的制約を受けないで学習できる点にある。

View Classsroom システムでは、学習者が講義内容を検索するための、ビデオ映像の早送りや巻き戻しの機能があり、講義コンテンツを検索するための機構が設けてある。これは、オンデマンド学習の要素となりうる学習者指向の考え方に一致し、必要と思った知識を容易に検索することができ学習者本位の知識獲得が可能であると考えられる。

NMR 解析 CAI システムでは、学習者が容易に復習できるように、講義内容を復習するためのリンクや問題部分へのリンクなどが、多数用意されている。このシステムには、閉空間内にある知識単位だけのリンク構造を持つだけでなく、外のシステムにある学習コンテンツや、同じ学習者のための共有コンテンツ等へのリンク構造を持っているために、オンデマンド学習の考え方であるコラボレーション指向の一部にあてはまると考えられる。

CSCW システムの一つである電子会議システムは、学習システムを設計する際にはオンデマンド学習の目指すシステムとマッピングさせやすいと考えられる。会議を記録するのと同様に、講義内容を記録したビデオ映像に、教授者の様々な行動 (OHP のページ送りや、板書等) が共に記録できるからである。これを利用することで、学習者が現実に教授者の前で講義を受講しなくても、仮想的な教室の中で学習ができると考えられるからである。

本研究で開発するシステムには、上記で示したように図 2.1にマッピングできる箇所は取り込んでいる。次に、上記で示した関連研究の成果でオンデマンド学習支援にとって不十分である点を議論する。

SOI のシステムのように、ビデオ映像を時系列に流していくシステムでは、教授者側からの一方的な学習形態になりやすい。このようなシステムでは、学

習者側の要求に応じた学習体系を提供しづらいと考える。同様に、学習者にとって必要となる知識だけの獲得は困難であると思われる。この点がオンデマンド学習における学習者指向で欠けている部分だと考えられる。
View Classroom システムでは、学習者が講義内容を検索できるための機構として、ビデオ映像の早送りや巻き戻しの機能がある。しかし、学習者はビデオ映像の早送りや巻き戻しだけでは、講義内容から欲しい知識だけを検索したり、講義全体の見渡しをすることができず、オンデマンド学習にとって不足点であると考えられる。それは、学習者指向の立場の考え方からすると、ビデオ映像からの検索機構について早送りや巻き戻しだけでなく、さらに別の機構を開発する必要があると思われる

NMR 解析 CAI システムでは、講義内容の復習をするための様々なリンク機構が設けてあるが、学習者の復習を支援するための機構が欠けていると思われる。このシステムでは、様々な外のシステムにある学習コンテンツへのリンク構造が作られているが、学習者がどの学習コンテンツが復習する際に最適なのかを判断する指針を提示する機構が無いために、やはりオンデマンド学習の学習者指向の目指す考え方には不足している点があると思われる。

次に、本研究で開発するシステムとして図 2.1の枠組みを構成するために、新たに取り入れるべき点を以下に示す。

上述してきたように、ビデオ映像メディアだけでは学習者にとってのオンデマンド学習を満たすには不十分である。そこで講義内容の検索や講義全体の見渡しなどを支援するための機構として、教授者が発話した音声もテキスト化することにより、音声データのテキスト検索機能をとりいれる。音声データがテキスト化される事により、講義内容の全般的な見渡しが容易になると思われ、欲しい知識だけの検索には有効であると思われる。
また学習者が仮想的な教室で講義を受ける際、ビデオ映像を時系列に再生していくだけでは不十分である。そこで、常に学習者が「参加する」という学習者指向の立場から、ビデオ映像自身に登場する様々なオブジェクト群へハイパーリンクを埋め込む必要があると思われる。これを可能にすることで、学習者が自分から関心のある箇所を掴みとる学習形態になり「参加する」感覚で講義を受ける事ができると思われる。

また本システムでは、教授者が学習コンテンツを作成する際の支援する機構についても検討している。
これは、学習コンテンツ間のリンク構造が大変複雑になる可能性のあるシステムでは、学習コンテンツ間のリンク構造を教授者が把握しながら、コンテンツの新規作成や更新などを容易に行う事は困難である。
そこで新たに、学習コンテンツの構成する機構の設計をする必要がある。本研究では、学習コンテンツ間のリンク構造等を記述した教材シナリオファイルと呼ぶものを定義する。教材シナリオファイルは、オブジェクト指向で編成し、学習者に最良の学習コンテンツを提供できるだけでなく、教授者が学習コンテンツを作成する際の支援にもなる。

第 3 章

オンデマンド学習に対する要件

本章では、上述してきたオンデマンド学習システムを設計するために、クリアすべき技術課題等について説明する。

- オンデマンド学習を満たすべき必要性

  まず学習者の必要に応じた知識を獲得できる必要がある。これは学習者が、ある一定の決められたシナリオ通りに学習するシステムでは、適当ではないと考える。つまり固定されたシナリオでは、その中に含まれる学習者にとって不必要な知識単位が多数存在するからである。オンデマンド学習システムには、学習者の要求に即した知識を容易に獲得できるための機構が必要となる。
  次に、学習者が時間的制約を受けないで学習できる必要がある。これは学習者が、決められた時間に学習する必要から解放され、時間的拘束により縛られずに済む。
  また一般的な授業のように、教授者と学習者が同じ時間に集まる必要がなくユーザ間 (学習者と教授者、あるいは学習者間) が非同期に学習ができる。
  次に、学習者が空間的制約を受けないで学習できる必要がある。これは学習者が、決められた場所で、決まったテキストを用いて学習する必要から解放される。
  すなわち、インターネットに接続したコンピュータであれば、一般的な環境で利用できる WWW ブラウザがある。例えば、WWW ブラウザの代表格である Internet Explorer や Netscape Communicator がこれにあたる。
  次に、ネットワークの持つ即時性を利用する事で、学習者に提供する知識単位の最新性を保障する。

そのため提供する学習コンテンツ等の更新が容易に対応出来る点が挙げられる。
また、ネットワークの持つ双方向性を利用する事で、学習者に提供する知識単位が、閉じられた空間にある知識単位だけでなく、別の知識単位を保有する他の情報リソース群とも容易に連携がとれる。

3.1 マルチメディアデータのネットワーク転送

近年のネットワーク環境は、トラフィック量の著しい増加や、マルチメディアデータと呼ばれる膨大なデータを転送する、などの要求により高速広帯域のマルチメディアネットワークが必要とされている。
本システムのようなビデオ映像データ等を含むマルチメディアデータの通信を行うための基礎技術として、

- 高速伝送のための媒体—-光ファイバ
- マルチメディア情報にあった伝送方式—-ATM(非同期転送モード)
- 画像 (映像) 圧縮技術—-MPEG

等が挙げられる。つまり、膨大なデータをいかに効率的に伝送するかが問題となっている。

3.1.1 ATM ネットワークを用いたシステム

ATM ネットワーク上でのリアルタイムな画像転送が可能なシステムを構築するために、

- ビデオ映像等の動画像をデジタルデータとして高画質・高品質に変換する機構
- 講義中の画像データを処理し、ATM ネットワークへのデジタル送出するための機構
- WWW 上で高品位な映像データのオンデマンド配信可能な VOD システム

が必要となる。利用した VOD システムの構想を図 3.1に示す。
上記のシステムを構築することで、リアルタイムに学習者に講義映像を配信する事も可能となる。
特に ATM ネットワークの伝送方式は、上述した様々な要求を実現可能にする技術であるが、最近標準化が進んでいるギガビットイーサネットも、高速伝送だけではなく、サービス品目制御などの機能が実現され注目されるようになってきている。なお、詳細は本研究

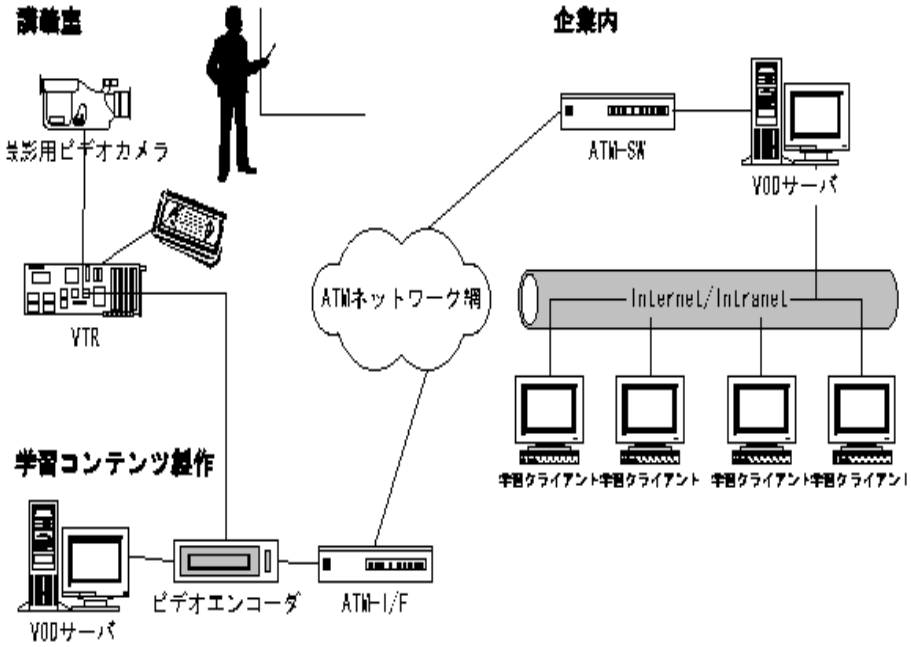

図 3.1: ATM を利用した VOD システム

の内容から離れるので省略するが、ATM と Gigabit Ethernet との比較を付録 A にて紹介する。

3.1.2 ストリーミング技術

本研究でのプロトタイプシステムでは、上述した ATM ネットワークを利用したシステムではなく、以下に述べるストリーミング技術を利用する。

従来ビデオ映像等のマルチメディアデータを、ネットワークを介して再生するには、クライアント側にそのデータを一度、全てダウンロードしてからアプリケーションで再生する必要があった。ところが上述した ATM ネットワークのように、高速広帯域のネットワークがどの環境でも利用可能であるとは限らない。
ネットワークは限られた世界であるため、むやみに膨大なデータを流せるわけではない。そこで、一般的なネットワーク環境下で、データ転送速度や通信帯域等を考慮してやりとりをするシステムが必要となる。
現状の技術には、特殊なプロトコルによりクライアント側の環境に考慮しながら、ビデオ

映像データをダウンロードしながら、逐次再生することが可能になる技術があり、それを総称してストリーミング技術と呼ばれている。本研究のプロトタイプシステムでは、ストリーミング技術の代表格である RealNetworks 社の RealVideoSystemG2 を利用する。

- RealVideoServer は、インターネット上でオーディオとビデオ映像のライブ／オン・デマンド配信を可能にするソフトウェアである。

  RealVideo コーデックは、動画像データを極限まで小容量化する現状では最高水準の圧縮技術である。また、データ転送中のパケットロスの発生を検知し、修復しながらなめらかなオーディオ／ビデオ再生を可能にする「Robust Transmission」、ビデオ映像の品質劣化を最小限に押さえる「FEC 機能」など、高品質で安定したオーディオ・ビデオ配信のための様々な技術が採用されている。

3.2 学習コンテンツの最新性の保持

教授者が提供する教材コンテンツは、常に最新である必要がある。そこで、本システムではスマートアップデート方式を提案する。これは、Netscape Communicator 等で採用されている技術であり、本来の利用形態は、システムが持つバージョン情報を、バージョン情報を管理するサーバと交信し、照合を行う。もし、古いバージョンであればシステムを新しくするためのデータを、自動的にコンバインドする方法である。
スマートアップデート方式を採用すれば、常に学習者が参照する学習コンテンツの最新性が保持できるだけでなく、提供する学習コンテンツを修正したい場合、修正した箇所だけを送るだけで良いため、全ての学習コンテンツ群をネットワークを介して転送する必要がなくなる。
これを利用すれば、学習者に学習コンテンツの最小ベースとなるメディアをあらかじめ配布しておけば、学習者に配布済みのメディアに最新になった箇所だけを追加するだけで、最新性が保持できる。
このように、学習者に提供する学習コンテンツの最新性を保持するために、スマートアップデート方式の機構を提案する。

3.3　提示型インタフェース

学習者の欲しい情報が明確であれば、断片的な手掛かりからでも様々な検索手法を組み合わせることで効率的に検索できる [13]。ところが、学習者は漠然と何か知識を得ようとする場合もある。
例えば「継承とは一体なんであろうか?」というように漠然とした要求しか持っていない場合、学習者が検索のための手掛かりを明らかにするのは難しい。そこで、幾つかの候補を自動的に学習者に提示して選ばせることができれば、学習者の支援になると考える。
本研究で開発するシステムには、ユーザが自ら情報を探さなくても欲しい情報を得る手法として Pointcast 社によるプッシュ型情報配信 [14] の機構を提案する。
これは、学習者がシステムを利用して講義を受講する際に、どの講義を受講すべきなのか判断が付きにくい状況でも、システムが判断をし学習者の支援となる。この機構により、学習者の側にたつ機能を追加できる

3.4　先修条件を考慮した学習形態

オンデマンド学習の基本となる学習者本位の知識獲得は、不必要なストーリーを省き、学習者が欲しい知識だけを獲得できるのが目標ある。
ところが、学習者の要求だけに応じていくだけでは、不十分になることもある。それは、ある知識単位を習得するために、当然知っていければならない知識単位があるからである。
本研究ではこれを先修条件と呼ぶ。このように、本システムの学習形態には先修条件のサポートの提供が必要となる。

3.5　つまみぐい学習の必要性

学習者は講義を受講する際、講義の大まかな内容を把握してから受講する。あるいは、学習ビデオでは講義全体を早送り再生などをし、学習者にとって関心のある箇所だけを受講する形態も考えられるだろう。
ビデオ映像をただ時系列的に再生していくシステムでは、ストーリーの最後までを掴みにくい。このため学習者がビデオ映像内から、必要である情報を探しだすのは困難を要してしまう。
また、ビデオ映像を早送り再生するだけでは、映像内に登場する教授者が、学習者に伝え

ようとする重要な箇所を聞き逃してしまう怒れもある。さらに教授者の表情などもつかみずらく、講義全体のストーリーの肝となる箇所を見つけ出しにくいと考えられる。
そこで、それぞれの講義単位に存在するキーポイントとなる要素を抽出して、学習者に提供する機構が必要となる。この機構により、学習者は重要な箇所だけを参照して学習できる。

3.6　学習コンテンツの構成法

　オンデマンド学習の基本目標とは少し異なるかもしれないが、教授者が学習者に提供する学習コンテンツを作成する支援となる機構が必要となる。
すなわち、教授者が学習コンテンツの作成や更新を行う際に、その学習コンテンツ内に埋め込まれている様々な他の情報リソース群との連携により、構成が複雑になってしまう。また、教授者が新規に学習コンテンツを作る際、既に作成された学習コンテンツを容易に再利用可能にする機構が必要である。なお本システムでは、コンテンツの構成法には、オブジェクト指向で編成する。

　次章では、上述した要件を満たすためのシステム設計について記す。

第 4 章

プロトタイプシステムの設計

本章では、前章でシステムに必要となる要件の一部を実現するシステム設計について記す。
まずシステム設計に必要な方針を打ち出すために、前述した問題点等に考慮して述べる。

4.1 設計目標

本プロトタイプシステムの設計目標は、

- オンデマンド学習を満たすべき提示してきた要件を実現したプロトタイプシステムを設計し、そのシステムを利用して評価する

ことにある。

4.2 プロトタイプで扱う学習コンテンツ

遠隔教育で行われる講義と実際の講義は違いがある。その大きな違いとは、遠隔教育は講義そのものがビデオ映像である。
すなわち講義そのものが現実の教室で行われるのではなく、仮想教室で行われる。そのため、遠隔教育では学習者が仮想教室の中で、実際の授業と同じように講義を受講できるように学習コンテンツを用意している。
本システムで提供する学習コンテンツには、本学で開講されているソフトウェア設計論の講義を 1 ターム期間、片山卓也教授、伊藤恵助手のご厚意により撮影させて頂いたビデオ映像を使用している。

4.3 ビデオ映像

本システムで提供する学習コンテンツのビデオ映像は以下の構成をとる。

- メインとなる教授者中心の映像

  教授者を中心に撮影したビデオ映像である。このビデオ映像は教授者を常に追従した形で撮影されている。このため学習者が現実の授業にて教授者を目で追う作業を、このビデオ映像を利用することで代用している。

- 副教材となる、OHP や黒板の映像

  実際の授業では、学習者はただ教授者を目で追っているだけではなく、教授者が指さした OHP や、黒板に板書した内容を見たり、ノートに書きとったりする。
  本システムでも教授者だけの映像を見れるだけではなく、OHP や黒板等も参照できる映像を用意している。

- 講義内で特に重要となる箇所をフィードバックした映像

  ビデオ映像では画質等の問題を抜きにしても、実際の授業とは大きく異なる。例えば、教授者の顔色などを判断しずらく、強調している箇所を発見しずらい場合が多いと考えられる。
  そこで、教授者が講義内で強調している箇所やキーポイントとなる映像をズームアップして表示したり、あるいは静止させた映像を表示する。

4.4 OHP・黒板副教材コンテンツの設計

本節では、教授者中心のメインとなるビデオ映像ではなく、教授者がページ送りした OHP や黒板を表示する副教材コンテンツの作成法について示す。
はじめに、ビデオ映像メディアは、複数の静止画フレームを高速にページ送りしている。このようにビデオ映像が複数の静止画フレームを利用しているおかげで、映像内に登場する副教材となる素材を容易に抽出しやすい。
学習コンテンツを作成する際、教授者が必要となるレームを容易に取り出す事ができるので、ビデオ映像を見ながら学習コンテンツに利用できる場面を抜き取り、素材加工を行う事が出来る。

4.5　音声のテキスト化

前節ではビデオ映像について示したが、本節ではそれに伴う音声について述べる。
ビデオ映像に含まれるのは画像だけではなく、教授者が発話した音声も含まれている。しかし、音声をそのまま提供する従来の方法では、重要な箇所等の聞きのがしなどがおこりうる。
ビデオ映像の一部分からでは、講義内容の全体的な見渡しが容易には出来ないとも考えられる。そこで、本システムではこれを解決する方法として、音声データのテキスト化機構を取り入れた。

4.5.1　音声データの役割

学習者は、ビデオ映像に伴う音声データを、映像を見ながら聞き取り、教授者が伝えている内容を受け取る。
また音声データが持つ役割は、教授者が発話した音声だけではなく、講義内で強調して説明している箇所等を暗黙にも伝えていたりもする。一般的に学習者は、教授者が強調して話している箇所や、口調などから察知してその箇所の重要性を把握する。

4.5.2　音声データのテキスト化の役割

音声データはビデオ映像データだけでは不足しているのを補うための重要なメディアである。
特に視覚化されたビデオ映像とは違い、音声データは視覚化されてはいない。そのため学習者が、自分自身にとって必要だと感じた箇所をフィードバックしたり、自分が受講している講義内容をざっと見渡したりすることが容易ではない。
これを解決する方法として、教授者自身が発話した音声をそのままテキスト化して、音声を視覚することのできる機構を取り入れている。これを実現する事により、学習者はテキスト化された音声を「見る」ことが出来る。
この機構により、教授者が学習者に強調すべき箇所を意図した発話内容であっても、音声データそのものが視覚化されてているおかげで、例えば、テキスト化されたその箇所を色分け等を行う事で、学習者に暗黙に強調している点を提示する事が可能になる。

4.5.3 音声データテキストのハイパーリンク機構

従来、音声データ自身そのものにハイパーリンクをつける事は出来なかった。しかし、音声がテキスト化された事により、教授者の発話内容にもハイパーリンクをつける事が出来るようになっている。

4.5.4 音声データのテキスト化の問題点

この音声データテキスト化機構が十分満足のいくものであるためには、本システムのプロトタイプを実装する際に行ったように、人手で音声をテキストに変換するという作業を行わなければならない。このため、実際に音声データをテキスト化するのは、大きなコストがかかってしまうのが現状の問題でもある。
この機構を自動化するには、音声認識処理 [8] を利用する必要があるが、これからの課題でもある。

4.6 講義内容の検索機構

オンデマンド学習の基本的な考え方の一つである学習者指向は、学習者の要求に応じた知識のみの提供である。言い替えれば、学習者は必ずしも決められた講義計画で学習するわけではないし、講義全てを受講する必要もない。そうした状況下で必要な知識だけを獲得しようという前提がある。

4.6.1 検索機構の役割

オンデマンド学習の基本的な考え方の一つである状況指向においても、学習者が時間等の制約にとらわれず、自由にシステムを利用して学習できるところにある。
例えば、一般的な教育ビデオを利用した事例を想定すると、学習者はビデオを全て始めから時系列的に再生しないで、とりあえず早送りしながら、自分の要求した箇所を見つけ出して学習するといった事は多々あるだろう。
この例を考えてみても、講義内容の検索機構は必要であると考えられる。

4.6.2 検索機構の実現

実際の教育ビデオで検索を行う場合は、ビデオ機器等の早送り再生や、巻戻し再生機能を利用して、検索機構を実現している。そこで、同様の機構を本システムにも取り込む。

ところで、本システムで扱うビデオ映像は、一般的なビデオ機器等で再生する機構とは異なっており、容易に映像の早送り再生や、巻戻し再生は出来ない。これは、ビデオ映像をコンピュータ上で再生するためにデジタル化しているからであり、そのビデオ映像データをネットワークを介して転送するためのストリーミング技術を利用しているためでもある。これは、ビデオ映像を時系列的に、膨大な動画フレームのストリームを逐次ダウンロードしているため、先読みしたビデオ映像の再生が容易ではない。
このため一般的なビデオ機器のように、早送り再生や、巻戻し再生を行いながら検索する事はできず、ある程度、教授者側から提示された講義内容のリストを見ながら検索する必要がある。

4.7 先修条件の機構

オンデマンド学習の基本的な考え方の一つである学習者指向には、学習者が自分の要求した知識の獲得を、学習者の判断においてのみ獲得する方法には問題があると考えられる。

4.7.1 先修条件とは

学習者が必要としている知識の獲得には、その知識を獲得するための条件をクリアしている必要がある。すなわち、ある知識単位を習得するには、この知識単位を学んでおかなければならない事がある。これが先修条件である。
例えば、学習者が、「オブジェクトとは何か」を知らない状態で、「クラスとは何か」を学習しようとしたとする。当然、「クラスとは何か」を理解するためには、「オブジェクトは何か」を理解している事が望ましい。

先修条件の機構を本システムで実現する方法を以下に示す。

4.7.2 先修条件機構の実現

本システムに先修条件をサポートする機構を取り入れている。この機構を実現するためには、知識単位間の先修条件を関連づけるためのリンク構造が必要となる。
上述の例でいえば、「クラス」という知識単位と、「オブジェクト」という知識単位をリンク付けて関連を持たせる。また、知識単位を関連づけるリンク構造は、本システム内の知識単位間だけに因われず、ネットワークを介した遠隔にある知識単位群ともリンク構造を

付ける事もできる。
教授者は、提供する学習コンテンツ群において、関連性をもつコンテンツ間にリンク構造を付ける必要がある。なお、現状のシステムでは、ある知識単位と結び付くようなキーワードを選択できるようにしてあり、そのキーワードの先修条件に基づいて学習できるシステムになっている。
なお、先修条件を本システムに取り入れる事で、学習者にとって最短かつ最良の学習方法を支援することができるようになる。

4.8 教材シナリオファイル機構

前節で、本システムでは先修条件をサポートしていく機構を説明した。本節では、この機構を実現するために必要となる方策を示す。

4.8.1 教材シナリオファイルとは

本システムでは、ビデオ映像や音声データ、そして副教材 (黒板や OHP、教科書) 等となりうる素材との関連を記述するための、教材間同期定義情報ファイルを設置する。このファイルには、先修条件に基づいたリンク構造の情報も格納できる。これを本システムでは、教材シナリオファイルと呼ぶ。
教材シナリオファイルは、複数のビデオ映像とそれに付随する音声テキストデータとそれに関連したシステム内に存在する何かしらの知識単位や、ネットワークを介した遠隔にある知識単位等をリンクで結合し、全体を論理的な一つのまとまりとして構造化したノードのようなものである。

4.8.2 教材シナリオファイルの設計

教材シナリオファイルは、参照しているビデオ映像に付随した関連情報等、及び教材シナリオファイル間の関係を示すリンク情報を定義する。
また、教材シナリオファイルは別の教材シナリオファイルを派生シナリオとして参照することも出来る。これにより、階層的に教材シナリオを構成することが可能となっている。
さらに教材シナリオファイルはオブジェクト指向編成をしているために、教材シナリオファイルの内部の詳細を外部に対して隠蔽するため、シナリオの共有や再利用が容易に行うことができる。

ビデオ映像と教材シナリオファイルの関係を図 4.1に示す。

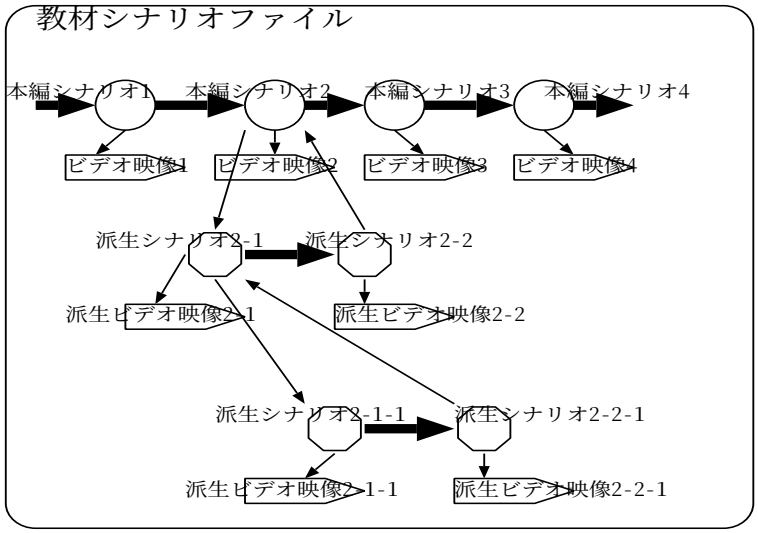

図 4.1: 教材シナリオファイル

この図 4.1では、教材シナリオファイルは、本編シナリオファイル、派生シナリオファイル、さらにその派生シナリオファイルの 3 階層で構成されている。この図では、本編シナリオファイル 1 が、ビデオ映像 2 と派生シナリオ 2-1 を参照している。さらに、その派生シナリオ 2-1 は、その派生シナリオの派生シナリオである 2-1-1 を参照している。また、教材シナリオファイルの内部において、ビデオ映像や派生シナリオファイルはリンクによって結びつけられている。
派生シナリオファイル内部の詳細については、その派生シナリオの親となる元のシナリオファイルからは見えてはいないのが、オブジェクト指向で編成した教材ファイルの特徴でもある [17]。

4.8.3 教材シナリオファイルの記述

本節では、前節で述べたビデオ映像とそれに関連したリンク情報を構成するための同期情報定義ファイルである教材シナリオファイルの記述法について示す。
教材シナリオファイルには、XML[18] を採用している。

XML

XML は、人が読む文書とアプリケーションが解釈するデータの両方の記述を目的とする WWW 上の汎用的なデータ記述言語として最初から開発されたのではなく、ISO が制定した文書記述言語である SGML(Standard Generalized Markup Language) を Web 上で使用できるようにすることであった。
この SGML は自由度が高く、インターネット上で電子化文書を交換、配布したりするのに向いている。しかし、SGML は処理するパフォーマンスが悪かったり、規格書に定義されている文法定義が複雑かつ困難であったのを理由に、XML(Extensible Markup Language) が開発された。
XML では、SGML をスリムにして不要な機能を削除し、WWW 上で使用するのに必要な機能が追加されている。また、XML の言語定義は、言語仕様の定義で一般的に使用されているバッカス記法 (BNF; Backus Naur form) に改められ、分りやすく記述できるようになってきている [19]。

本システムで教材シナリオファイルとして XML を採用した理由を以下に示す。

- 文書をいくつかのファイルに分割して、文書を構成する事ができる
- 文書等のテキストデータだけではなく、グラフィックデータ等も取り込むこともできる
- WWW を利用して、文書交換が容易に行う事ができる

特に、ネットワークを介した遠隔教育のシステムにて教材シナリオファイルに XML を採用したのは有効であると考える。

4.8.4 教材シナリオファイルの記述例

次に、本システムで開発中の、教材シナリオファイルの一例をあげる

```
<xml>
 <head>
  <meta name="title" content="Software1-3850-256"/>
  <meta name="author" content="Takuya.Katayama"/>
  <meta name="copyright" content="1998 JAIST Education Team"/>
```

```
   <layout>
    <root-layout width="640" height="480" background-color="#000000"/>
    <region id="board" left="0" top="0" z-index="0" width="320" height="480"/>
    <region id="video1" left="320" top="0" z-index="1" width="320"
height="240"/>
    <region id="text1" left="320" top="240" z-index="5" width="40"
height="30"/>
   </layout>
 </head>
 <body>
  <seq>
   <par>
    <seq>
     <img src="http://jizai.jaist.ac.jp/proto/data/view0040.jpeg"
region="board" fill="freeze"/>
     <text src="http://ochimizu-www.jaist.ac.jp/cgi-bin/samp/001014.cgi"
region="text1" fill="freeze"/>
     <video
src="rtsp://jizai.jaist.ac.jp/edu/http/work/software1-01-128.rm"
region="video1" fill="remove"/>
    </seq>
   <img src="http://jizai.jaist.ac.jp/proto/data/view0042.jpeg"
region="board" fill="freeze"/>
     <text src="http://ochimizu-www.jaist.ac.jp/cgi-bin/samp/001016.cgi"
region="text1" fill="freeze"/>
     <video
src="rtsp://jizai.jaist.ac.jp/edu/http/work/software1-02-128.rm"
region="video1" fill="remove"/>
   </par>
  </seq>
 </body>
</xml>
```

このように、教材シナリオファイルの記述にはXMLを利用しているが、XMLの記述法はHTMLと似たように、タグを用いて一つのユニットを構成させる記述をする。
この教材シナリオファイルから、さらに、その派生した教材シナリオファイルを呼び出す事が出来るような記述もできる。

4.9 映像内リンク機構

4.9.1 映像内リンク機構とは

遠隔教育では、ビデオ映像が教授者の状態が視覚化された唯一のメディアとなる。学習者は、その映像を見て勉強していくわけだが、単に映像を見ているだけではない。学習者は、そのビデオ映像内に登場する様々なオブジェクト群(たとえば、教授者、OHP、黒板など)に関心を持ったりする場合があるかもしれない。それは、実際の授業でも、学習者は教授者をずっと見ている訳ではなく、OHPや黒板などに目を移したりしている。
そこで、本システムには、ビデオ映像内に登場した様々なオブジェクト群にアンカーを付けることで、ビデオ映像内のオブジェクト群にもハイパーリンク機構を持たせている。

4.9.2 映像内リンク機構の役割

この機構により、単に学習者が映像を見るだけでなく、ビデオ映像内に登場する様々なオブジェクト群からも、関連のあるコンテンツ等を参照する事が出来るため、学習者の支援になると考えられる。ただし、このようなハイパーリンク機構は、一般的なテキストデータや、静止画像等のような静的なオブジェクトのハイパーリンクとは異なり、動的なオブジェクト内のハイパーリンクのために、厳密にアンカーを付ける事は難しい。
今回のシステムでは、厳密にアンカーを付けるまでにはいたらず、許容できる程度のハイパーリンク機構を設けてある。
このように、ビデオ映像のような動的なメディア等にアンカーを付けるにはまだ大きなコストがかかってしまうのが現状である。画像認識処理[7]などにより、自動的にアンカーをつけられる機構の研究が必要となっている。

4.9.3 映像内リンク機構の実現

- ビデオ映像から学習コンテンツへのリンク

ビデオ映像同期リンク

本システムでは、映像の進行に応じて WWW ブラウザに表示する学習コンテンツを自動的に切り替える事ができる。これを「ビデオ映像同期リンク」と呼ぶ機構が設けてある。これは、ビデオ映像内に埋め込まれたアンカーから、それに関連した学習コンテンツや、アプリケーションへのリンク (すなわち、ビデオ映像によるハイパーリンク) を持っている。

この機構により、ビデオ映像が再生されるにつれて、教材シナリオファイルに含まれる、関連のある学習コンテンツ間のリンク等の記述により、各ビューワが自動的に切り替わる。

実際の運用例は後述するが、本システムでは、教授者が撮影されているビデオで、教授者が OHP のページ送りをしたり、黒板への板書等を行うと、ビデオ映像からの「教材シナリオファイル」により、学習コンテンツやそれに関連したコンテンツに自動的に切り替わったり、あるいはアプリケーションが、起動されたりする。

このように、「教材シナリオファイル」を用いる事で、学習者が、自分から全てを操作しなくてもビデオ映像と学習コンテンツが連動する学習コンテンツを提供できる。

- WWW ページから映像へのリンク

本システムの学習コンテンツを表示している WWW ブラウザ画面には、ビデオ映像とその他に、特定のソフトウェア設計論のビデオ映像へジャンプできる目次や、ビデオ映像の再生、一時停止、停止、巻き戻し、早送りボタンが表示されている。これらのボタンを本システムでは、「コントロールリンク」と呼ぶ。

コントロールリンク

学習コンテンツに埋め込まれているハイパーリンク機構を、ビデオ映像をコントロールできるように拡張したものが、言い替えればビデオ映像へのハイパーリンクという概念である。

頭出しリンク

特に、ビデオ映像内にある特定の箇所へ、直接ジャンプする機構 (すなわち、頭だし機能) を実現するコントロールリンクを「頭だしリンク」と呼ぶ。

制御リンク

ビデオ映像の再生、停止などの再生状態の制御を実現する、コントロールリンクを「制御リンク」と呼ぶ。またコントロールリンクは、教材シナリオファイルに記述されたシナリオの進行をコントロールする。

実際に本システムを運用する際、学習者がWWWブラウザ画面の再生あるいは、停止ボタンを押すことで、ビデオ映像の再生、あるいは停止状態にすることができ、またビデオ映像目次のボタンを押す事で映像を希望するソフトウェア設計論の授業に映像に切り替えることができる。
このように、コントロールリンクを用いることで、学習者が端末を操作し、リンクを次々とたどって行き、希望のビデオ映像やWWWページを見ることができるようなコンテンツを提供できる。

第 5 章

プロトタイプシステムの実現

5.1 全体構成

現在、開発中の本システムのプロトタイプ版の全体構成を図 5.1に示す。

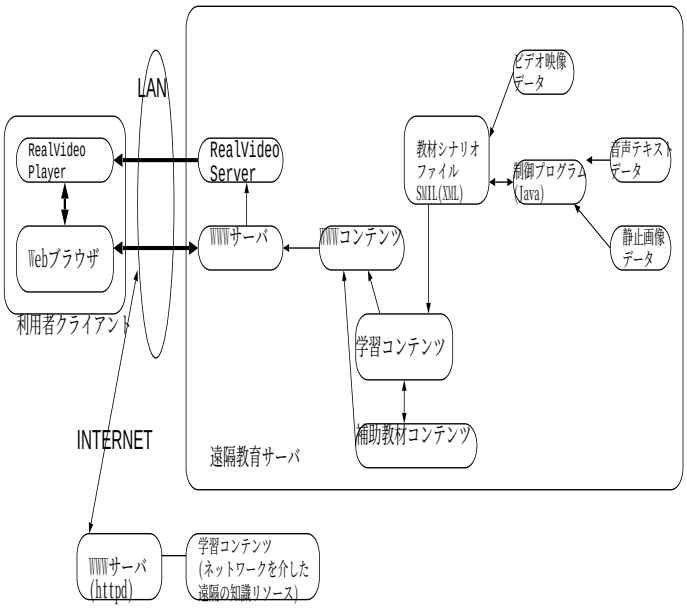

図 5.1: システム構成

この図 5.1が示すとおり、本システムは大きく分けると 3 つから構成されている。以下にその 3 構成を示す。

- 学習者端末

- 遠隔教育サーバ
- ネットワーク越しの他の知識ベースとなる教材コンテンツ群

この 3 構成を LAN、インターネットを介して接続する。上記で示した 3 構成の詳細を以下に示す。

利用者クライアント

学習者は、この利用者クライアントを利用することが出来る。利用者クライアントは、WWW ブラウザとそのプラグインである RealVideo システム [20] で、構成される。なお、WWW ブラウザとしては Netscape 社の Netscape Communicator、あるいは Microsoft 社の Internet Explorer を利用する。

遠隔教育サーバ

WWW サーバ

本 WWW サーバは、利用者クライアントの WWW ブラウザとのインタラクションに利用している。なお、学習者側の WWW ブラウザの要求を、WWW サーバを介することで、学習者が要求した命令をフィードバックするシステムになっている。また WWW サーバは、学習コンテンツからのイベント発生により、RealVideoServer に指示を出している

学習コンテンツ

学習コンテンツには、本システムで受講できる項目のリストが表示されているコンテンツである。今回、本学で行われているソフトウェア設計論の講義の第 1 回から第 5 回までが収録されている。このコンテンツから、講義内の具体的な学習コンテンツや、副教材となるコンテンツへのリンクをたどっていけるようになっている

RealVideo サーバ

RealVideo サーバは、WWW サーバからの指示を受けて、利用者クライアントの RealVideo プラグインと接続し、マルチメディアデータ等のストリーミングデータ転送のネゴシエーションの役割をしている

教材シナリオファイル

教材シナリオファイルには、学習コンテンツの要素となる様々なメディアを管理している。具体的に、ビデオ映像データや、音声テキストデータ、静止画像データである。なお、音声テキストデータや、静止画像データを、ビデオ

映像データと同期をとるための制御プログラムの呼び出しも、このファイルに記述してある。

ネットワーク越しの他の知識ベースとなる学習コンテンツ群

ある閉空間内にある学習コンテンツだけではなく、ネットワークを介した遠隔にあるサーバとのインタラクションも行う事が出来る。これは、上記で述べた構成を、他のネットワーク上にも同様のシステムを構成する。

5.2 評価システムの構成

本プロトタイプシステムでは、前述したとおり Real Networks 社の RealVideoSystem が導入されている。

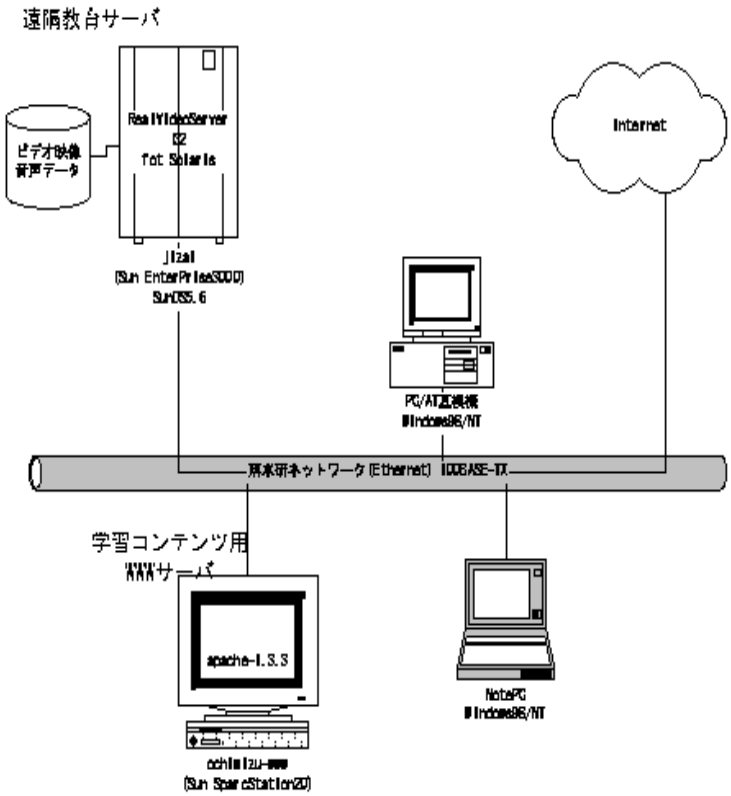

図 5.2: プロトタイプシステム構成図

図 5.2の詳細を以下に記す。

遠隔教育サーバ

遠隔教育サーバには、SunEnterprise3000(Solaris2.6) を利用している。ビデオストリーミングには、RealVideoSystemG2-Server for Solaris を利用。なお、本サーバにはビデオ映像データ格納用に 8GBytes の HDD を増設してある。

学習コンテンツサーバ

学習コンテンツサーバには、SunSparcstation20(SunOS4.1.4) を利用している。WEB サーバとして、apache-1.3.3 を利用。本サーバは、学習コンテンツのみを格納している

利用者クライアント

利用者クライアントマシンとして、デスクトップ、ノート双方共にPC/AT互換機(Windows98/NT) を利用している。ビデオストリーミングには、WWWブラウザのプラグインとして利用できる RealPlayerG2 がインストールされている。WWW ブラウザは、NetscapeCommunicator あるいは、InternetExplorer で Java とプラグインの起動を許可してある状態にしてある

落水研ネットワーク

インフラとして、落水研究室で構築したネットワーク(Ethernet 100BASE-TX) を利用している。落水研究室ゲートウェイから frontnet に接続されており、他の知識リソースとのコネクションも確立できる

5.3 ビデオ映像素材について

5.3.1 ビデオ映像

- Hi8 ビデオカメラ 2 台と、デジタルビデオカメラ 1 台にて撮影

  - 教授者中心に撮影
  - OHP 中心に撮影
  - 黒板中心に撮影

- ビデオキャプチャー
  - ビデオサイズ 320 x 240
  - 圧縮方式 MotionJPEG
  - MotionJPEG の圧縮率 約 1/10
  - 圧縮率の換算 YUV 方式
  - オーディオフォーマット 22KHz,16bit,Stereo
  - フレームレート 30.000
- キャプチャー後の RealVideo コーデック
  - Video Quality Normal Motion Video
  - Target Audience 28.8Kbps,56Kbps,T1(3 タイプ作成)
  - File Type SureStream(TM)-RealServerG2 Compatible

5.3.2 静止画映像

- ビデオキャプチャーした映像から抽出した画像
- デジタルカメラにより撮影した画像
- 画像サイズ 320 x 240
- 画像フォーマット JPEG

5.4 ユーザインタフェース

5.4.1 システム全体画面

本システムのメイン画面は、図 5.3のような WWW ブラウザ画面に、学習コンテンツとしてビデオ映像や副教材となるメディアと、WWW コンテンツを同時に表示するユーザインタフェースを採用している。

図 5.3のように、4 つのビューワと 3 つのコントロールリンクボタンで構成されている。学習者は、一般的に WWW ブラウザを利用するのと同様の操作体系で学習することができるようになっている。

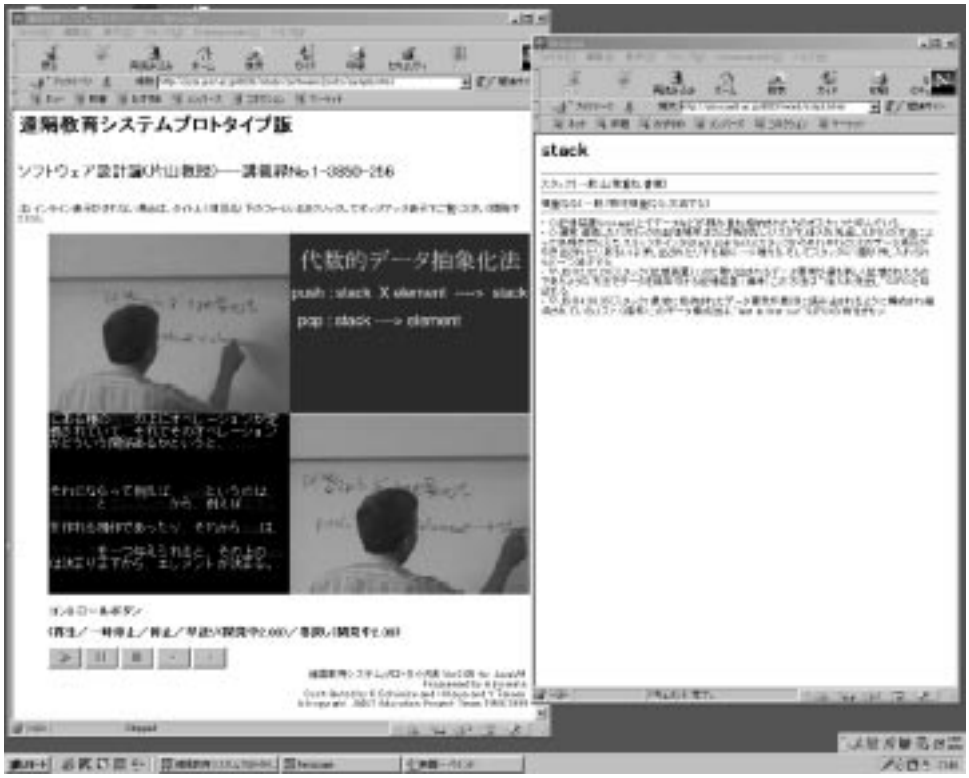

図 5.3: システム全体画面

5.4.2 メインビューワ

学習コンテンツの中心となるメインビューワが、図 5.4である。

このビューワで再生されるビデオ映像がメインとなり、講義を受講する形態をとる。本ビューワでは、ある知識単位で区切られた講義ビデオが再生される仕組みになっており、学習者はこのメインビューワを見る事で、仮想的な授業を受講するようになっている。また学習者は、このビューワ内で関心のある箇所をクリックする事が出来、そのクリックされた箇所に関するコンテンツをイベントビューワにて表示する事が出来る。

5.4.3 黒板・OHP 副教材ビューワ

黒板・OHP 副教材ビューワは、メインビューワ内で教授者が黒板に板書したり、OHP を指さしたり、ページ送りをした際などには、教授者の行動と同期して黒板に板書されていくのが表示される。

この黒板・OHP 副教材ビューワが図 5.5である。

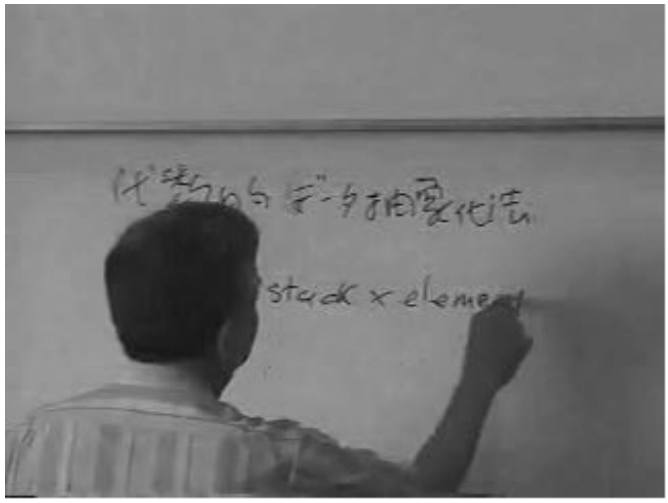

図 5.4: メインビューワ

このビューワは、メインビューワ内で教授者が黒板に板書したり、OHP を指さしたり、ページ送りなどをした行動に同期して、黒板と板書内容を拡大して表示する。
学習者は、このビューワを見ることにより実際の授業と同様に板書された内容を自分自身のノートに書き込んだり、確認といった作業を行う事ができるようになる。
また学習者は、このビューワ内で関心のある箇所をクリックする事が出来、そのクリックされた箇所に関するコンテンツをイベントビューワにて表示する事ができる。

5.4.4 音声テキストビューワ

教授者が発話した音声をテキスト化して表示するビューワが、図 5.6である。

このビューワは、メインビューワ内で教授者の発話をそのままテキスト化して, 教授者が発話したのと同期してスクロール表示する。
なお、音声がテキスト化されたデータには、教授者の発話だけではなく、学習する際の手助けとなるようなキーワードとなる語は色分けされている。またその色づけされたキーワードにはハイパーリンク構造を持ち、そのキーワードに関する学習コンテンツを即座に参照することが出来るようになっている。
また、学習者はシナリオ通り学習する形態にとらわれず、学習者がこのビューワを利用する事で、講義内容の検索や、講義全体の見通しを把握したりできるようになる。

図 5.5: 黒板・OHP 副教材ビューワ

5.4.5 イベントビューワ

前述してきたように、学習者がシステム内で関心のあった箇所をクリックすることにより、その箇所を拡大して表示するビューワが、図 5.9である。

このビューワは上述してきた 3 つのビューワとは異なり、学習者のシステムに対するアクションイベントを受け表示をする。

学習者このビューワを利用することにより、メインビューワからでは読みとる、あるいは感じとれなかった教授者の顔色や表情等を見る事などが出来、講義内で強調している箇所を把握する手助けをする事も出来る。

また、このビューワでは講義内では触れなかったが、教授者がこの学習コンテンツを作る際に取り込んだ副教材の提示も行えるようにする予定である。

5.4.6 コントロールリンク

上述してきた各ビューワをコントロールする機構が、図 5.8で表されているコントロールリンクのボタンである。

左から順に、講義開始ボタン、講義映像一時停止ボタン、講義終了ボタン、頭だしリンクボタン、巻き戻しリンクボタンである。

学習者は、このボタンを操作し学習するようになっている。

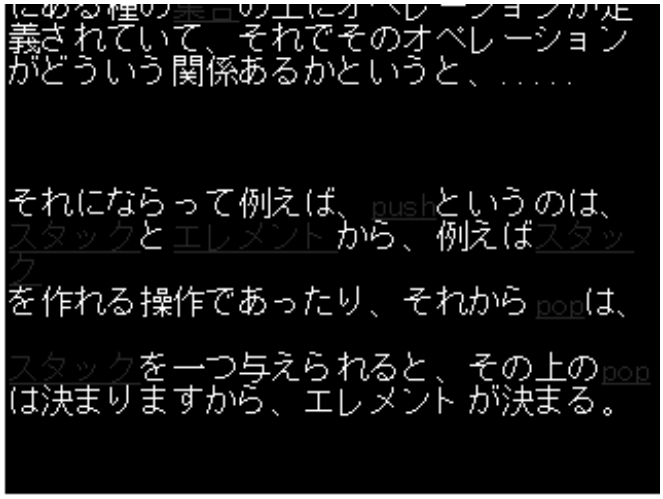

図 5.6: 音声テキストビューワ

5.5 運用例

実際に学習システムを利用しているのが、図 5.9である。

写真で表されているように、学習者は一般的な WWW ブラウザを利用するのと同様に本システムを操作し、学習する事ができるようになっている。

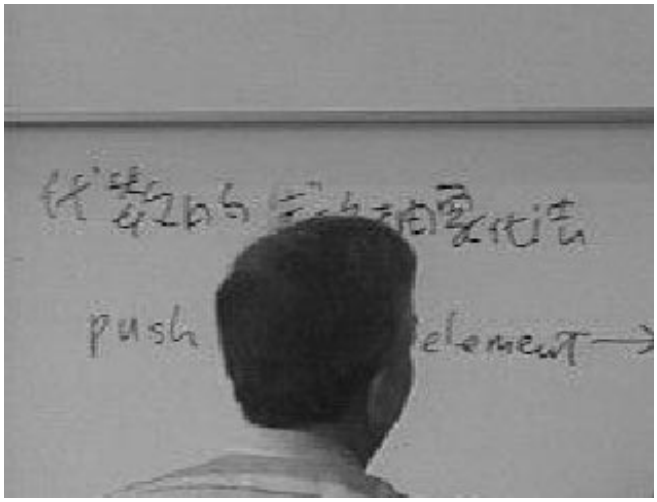

図 5.7: イベントビューワ

コントロールボタン

図 5.8: コントロールリンク

図 5.9: 学習システムの運用例

第 6 章

評価と考察

6.1 目的

本研究で提案するオンデマンド学習システムの有効性を確認するために、プロトタイプシステムを用いてシステム評価を行った。評価の目標は、以下の 3 点を確認することにあった。

- **評価目標 1**： オンデマンド学習として定義づけたいくつかの機能を組み込んだ学習システムが、どの程度有効なのか?
- **評価目標 2**： オンデマンド学習の考え方とは別に、本プロトタイプシステムで実現したいくつかの機能が有効であるか?
- **評価目標 3** :被験者にとって欲しい機能があれば、それは何か?

6.2 評価内容

6.2.1 システム評価の設定

システム評価者は、本大学院の学生 2 名である。今回、特に先修条件の機構の有効性の確認を兼ねて敢えて第 1 回目の講義の始まりからではなく、講義の中盤に登場した「代数的データ抽象化法」という講義録の学習コンテンツを利用した。本講義録は約 10 分程度で構成されている。

6.2.2 システム評価の手順

システム評価の流れを以下に示す。

1. あらかじめシステム評価者に、オンデマンド学習の定義等について、本システム製作者から説明を受けている。その際、システムの利用法についてもある程度の説明がシステム設計者からなされている

2. システム評価者は、それぞれ別々の場所でシステムを利用する。ただし、評価する学習コンテンツは、上述したとおり「代数的データ抽象化法」という双方共に同じ講義録である

3. 本システム製作者は、システム評価者からそれぞれ別に評価内容を聞く

4. 本システム製作者は、システム評価者を集めて、一緒に評価内容を聞く

6.3 システム全体の評価

6.3.1 先修条件について

双方の意見であるが、やはり前の話しと繋がっていないと、内容を理解するのは困難であるとの評価を受けた。
また、今回の評価の方法にも難があり、評価者があらかじめ「代数的データ抽象化法」に関心があった場合には、理解できたのではないかという意見もあった。
さらにシステム内に、各内容の「小まとめ」のようなコンテンツがあったほうがよいという意見もあった。

6.3.2 ビデオ映像の評価

システム製作者の一番の懸念であったビデオ映像であるが、驚いた事に双方ともに評価は高かった。システム評価で扱ったビデオ映像は、オリジナルのビデオ映像を約 1/10 にまで高圧縮した関係で、画質はよくないと思われたが、システム上ではそれほど気にはならないとの評価を受けた。

6.3.3 音声データの評価

システム評価者双方ともの意見で特に目だったのが、音声が聞き取りづらいことにあった。本システムでは、音量調整の機能をつけているにもかかわらず、聞き取りにくいという結果に至った。
どのように聞き取りにくいかというと、

- 語尾が聞き取れない
- 未知のキーワードをいきなり出されても聞き取れない

ということであった。

6.3.4 ビューワ全体の評価

これに関しては双方ともに意見が分かれたが、一人は教授者中心に撮影されているメインビューワは小さくて、OHP・黒板副教材ビューワが大きいほうがいいという意見を聞いた。
もう一人は、メインビューワが大きくあるべきで、その他のビューワは無くても、あるいは、あったとしてもなるべく小さい方が良いだろうという意見を聞いた。
双方から一緒に出してもらった意見の中には、ビューワを 4 分割にするのはあまり適当ではないとの評価を受けた。

6.3.5 OHP・黒板ビューワの評価

メインビューワでは、OHP や黒板等の読みとりづらい文字を確認するためには最適であるという意見もあった。
また、OHP や黒板の表示がされても、実際にそのビューワ内のどの箇所に関することなのかが分からなかったという意見もあった。

6.3.6 音声テキストビューワの評価

これに関しても双方ともに意見が分かれたが、一人は教授者の発話内容が目で確認できるという点でこの機構の有効性を評価した。
もう一人からは、実際に教授者が中心に撮影されているメインビューワと音声テキストビューワを一緒に見れない、あるいは読みながらでは講義についていけなくなるとの評価

を受けた。
またテキスト内に表示されているリンクが見づらいという意見もあった。

6.3.7　イベントビューワの評価

各ビューワに表示されている映像を拡大して表示するビューワであるが、画質等の問題で拡大を行っても良く見えた箇所と見えなかった箇所の双方があることが判明した。

6.3.8　その他の評価

やはり、人手で行っている関係で実際の教授者の音声と音声テキストビューワで表示されるテキストがうまく同期していないとの評価を受けた。
また、各ビューワは常に表示しているのではなく、学習者の見たい時にだけ大きく見る事ができた方がよいとの意見もあった。

6.4　考察

6.4.1　システム的な考察

とくに、音声が聞き取りづらかったというシステムには欠かせない要素の評価がいまいちであった。これは、今回とくにビデオ撮影専用の教室で撮影したわけではなかったために、このような結果になってしまったと考えられる。本システムを実際に運用する場合には、ビデオ撮影専用のスタジオ等で撮影する必要があると思われる。
また各ビューワは、常時表示されているのではなく、学習者が必要と思った時にだけ表示できるようにする必要もあると思われる。
黒板・OHP 副教材ビューワにて、教授者がビデオ内で話している箇所をポインタで表示するなどといった機構を取り込む必要がある。

6.4.2　全体的な考察

今回のシステム評価により、先修条件のサポートの有効性が分かった。また、一般的に授業を受ける際と同様に、各々の講義録の概要を最初に見れるようにしたシステムの方が良い事も分かった。
また、講義の最後に復習ができるような機構も検討の余地があると考えられる。

第 7 章

おわりに

7.1 まとめ

本研究では、遠隔学習・遠隔教育を特徴づけるための基本的な考え方を以下のように考えた。

- **学習者指向**：教える立場ではなく、あくまで学ぶ者の立ち場で、個別的な学習ニーズを中心に学習システムを考える
- **状況指向**：教室中心の教科書的な知識ではなく、様々な時間や場所、状況に根付いた知識の獲得ということを重視する
- **コラボレーション指向**：ネットワークを通じて、同じ関心を持つ人々が互いに教え学びあうような協調的な学習の在り方を模索する

上記の考え方を常に原点におき、オンデマンド学習の必要性、クリアしなければ技術課題等を要件としてまとめ、その一部を実現したプロトタイプシステムの実装を行い、システム評価を行った。
本研究の成果を以下にまとめる。

- オンデマンド学習を以下のように定義づけた
  - 学習者は、好きな時間に好きな場所でシステムを利用する事ができる
  - 学習者は、自分の欲しい知識だけを、容易に検索できる
  - 学習者は、要求した情報を即座に獲得できる
  - 教授者と学習者という 2 つの側面をもつユーザにより構成される

  - 知識単位となる教材コンテンツを常に最新の物に維持できる
  - 外の世界にある知識リソースと連携がとれる
  - 教授者は、容易にコンテンツを作成、更新する事ができる

- オンデマンド学習に対する要件を以下のようにまとめた
  - マルチメディアデータのネットワーク転送技術
  - 学習コンテンツの最新性の保持
  - 提示型インタフェースとしてプッシュ型情報配信技術
  - 先修条件を考慮した学習形態
  - つまみぐい学習のサポート
  - 学習コンテンツの構成法
- 上記述べた要件をいくつか実現するシステムを設計し、プロトタイプシステムを実装した
- システム評価を以下にまとめた
  - 本研究で提案したシステムにより、いくつかの機構が有効である事を確認した
  - 一方、システムの設計を見直すべき機構や問題点が明かになった

7.2 今後の課題

システム評価によって明らかになった問題点に対処し、以下の点を考慮していくことで、オンデマンド学習の形態がより一層確実なものになると考えられる。

1. マルチメディアデータのネットワーク転送に関する研究
   - プロトタイプシステムでは、現状にあるネットワーク環境下での実験しか行えなかった。これを ATM ネットワークやギガビットネットワーク下でのシステム構築を行いたい
2. 双方向性

- ネットワークが持つ有効性として、即時性と双方向性が挙げられるが、本研究では双方向に関する研究ができなかった。
  コラボレーション指向の考え方である、ネットワークを通じて同じ関心を持つ人々が互いに教え学びあうような協調的な学習形態の提供をするための機構を考えて行く必要がある

謝辞

最後に、本研究を行なうにあたり、終始御指導頂きました北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科の落水浩一郎教授に心より感謝申し上げます。また、論文審査にあたって適切な御助言、御意見を賜わりました北陸先端科学技術大学院大学の篠田陽一助教授、片山卓也教授に深く感謝申し上げます。

そして、本研究に関して多くの有意義な助言を頂きました海谷治彦助手、村越広亨氏、ならびに落水研究室の皆様方に感謝申し上げます。

高瀬泰宏氏には、度々なる議論の場に参加して頂き、有意義な助言を頂きました。深く感謝致します。

電気通信大学情報システム学研究科 越田浩二氏には、実装に関する有用な助言を頂きました。深く感謝いたします。また、宇多仁氏、内田俊昭氏には、プロトタイプシステムに関して評価等、有用な助言を頂きました。深く感謝いたします。

付 録 A

ATM とギガビットイーサネット

A.1 ギガビットイーサネット

ギガビットイーサネットは 10M/100M イーサネットのバックボーンや高速サーバの直接収容を想定して開発された。基本的に従来のイーサネットと同じフレームを使用するので、イーサネットとの高い互換性が期待されている [26]。

A.2 技術比較

QoS

ATM ではレイヤ 2 で QoS を実現し、上位レイヤをマッピングすることにより End-to-End の QoS 保障を実現する。一方、ギガビットイーサネットは、イーサネット自体では QoS 保障をせず、十分な通信帯域を確保した上で RSVP 等の IP レイヤの機能により QoS 保障を実現する。

転送効率

半二重通信のギガビットイーサネットは最小フレーム長が 512byte であるためショートパケットでは ATM よりペイロード率は低下する。またコリジョンにより転送効率も低下する。ただし、最近の接続試験によると、全二重の peer to peer 構成では物理速度に近い速度を確認している装置もある。

耐障害性

ATM は標準化された PNNI により、複数回線を利用した通信や、障害時のネットワークレベルでの回線迂回を実現する。ギガビットイーサネットでは独自の回線分散制御やレイヤ 3 スイッチによる独自の迂回機能などによりサポートする装置が提供されつつある。

A.3 ATM とギガビットイーサネットの適用領域

ギガビットイーサネットはアプリケーションや上位レイヤとの連携で QoS 等の機能を実現しており、特に IP を主とした LAN ネットワークのバックボーンとしての選択肢の一つになりうる。しかし、輻輳時のネットワーク管理、ミッションクリティカルな通信の実現、マルチベンダ接続、WAN 回線上での細かな帯域管理などが必要なネットワークでは、ATM の導入が有効と考える。これらの技術は現在も機能拡充されつつあり、引続き検証することが必要である。さらに今後は、各技術を有効に結び付けて運用する技術も必要となってくるはずである。

A.4　ATM とギガビットイーサネットの比較表

	ATM	Gigabit Ethernet
インタフェース速度	25M〜2.4Gbps(9.6Gbps)	1Gbps
最大距離	シングルモード:15km〜40km マルチモード:2km	シングルモード:5km マルチモード:220m 〜 550m
複数リンクによる高速回線化	PNNI により複数回線を利用可能	各社独自仕様により実現.(IEEE802.3ad 標準化中)
転送効率コリジョン	CBR(Constant Bit Rate),VBR(Variab le Bit Rate):なし ABR(Available Bit Rate),UBR(Unspecified Bit Rate):あり	半二重:あり 全二重:なし. ほぼ物理速度まで可能. ただし Peer-to-peer 以外ではフロー制御でのロスあり. ベンダー毎の差あり.
ペイロード率	AAL5 レイヤで平均 4%程度のロス (フレーム長 1500byte). ATM レイヤで 10%のロス	MAC レイヤで 2%程度のロス (フレーム長 1500byte). 512byte 未満のパケットは極端に低下
VLAN	可能.LAN Emulation 出標準化済	IEEE802.1 Q(98 年度標準化予定) や独自仕様で可能
QoS	サービスクラス (CBR,VBR,UBR,ABR,) を利用し、メディアの特性に応じた制御が可能. リアルタイム系の音声, 映像, データを含むマルチメディアネットワークならびに大規模ネットワークに適している.	IEEE802.1P や RSVP である程度の制御は可能だが、厳密な帯域制御や保証および低遅延実現は不可. IP アプリケーション中心のバックボーン LAN に適する.IP アプリとして伝送される音声／映像はリアルタイム性の不足をアプリケーションでコントロール必要
耐障害性	・PNNI による迂回機能. ATM スイッチが複数設置されるようなキャンパスバックボーンで音声を含めたネットワークの信頼性の向上が可能.	・スパニングツリーによるリンクダウン検出は数十秒必要 ・ネットワークのリダンダンシーはレイヤ 3 スイッチ使用 データ系の高速 LAN における信頼性の向上が可能.
運用性	監視レベルは Ether と共用可.Plug&Play 可能.ATM 特有の管理は必要.	従来の Ether と同等の運用が可能
既存資産の継承	・アプリケーション側の変更は不必要. ・ATM アプリケーションを追加導入可能.	・アプリケーション側の変更は不要. 既存 LAN との境界部分に Gigabit 導入が必要.
標準化動向	基本機能は標準化済.	内容についてはほぼ決定.(IEEE802.3z)
実績	Interop SSD などで数多くの相互接続実施. 大学, 企業など多数導入済. マルチベンダ接続も普及.	'98 年琉球大学,Interop で接続を実施 先進的なユーザへの導入事例あり
適用領域	・構内バックボーン LAN/キャンパスバックボーン LAN ・アクセス LAN	・構内バックボーン LAN/キャンパスバックボーン LAN

参考文献

[1] 落水浩一郎 高等教育カリキュラム体系に基づく電子教材の整備についてJAIST 遠隔学習計画案資料,1998

[2] 大塚雄作, 三尾忠男,Project9 構成員 メディアを活用した学習方法の最適化に関する研究開発文部省メディア教育開発センター NIME letter,1998

[3] 細江哲志 Distributed Learning とは 慶応大学環境情報学部分散型学習研究チーム報告資料,1998

[4] WIDE Project SOI Team http://www.sfc.wide.ad.jp/soi/about.html WIDE Project SOI 研究会

[5] 片山馨, 香川修見, 神谷泰宏, 封馬英樹, 吉広卓哉, 上林禰彦 遠隔教育のための柔軟な講義検索法 情報処理学会論文誌,Vol.39,No.10,Oct.1998

[6] 杉山邦夫, 津野孝, 中島敬一 インターネット環境を利用した CAI の構築 化学ソフトウェア学会年会,'96 研究討論会,No.105

[7] Shahraray,B.and Gibbon,D.C. Automated authoring of hypermedia documents of video programs Proc.3rd ACM International Multimedia Conference(ACM MULTIMEDIA95),San Francisco,California,pp.401-409(1995)

[8] 金出武雄, 佐藤真一 CMU デジタルビデオライブラリプロジェクト 情報処理,Vol.37,No.9,pp.841-847(1996)

[9] Pamela B.Lawhead,Elizabeth Alpert,Constance G.Bland,Linda Carswell,Dawn Cizmar,Jean DeWitt,Mihaera Dumitru,Eva R.Fahraeus The Web and distance learning : what is appropriate and what in not Report of the ITiCSE'97 Working Group on the Web and Distance Learning

[10] Tamara Sumner,Josie Taylor New Media,New Practices : Experiences in Open Learning Course Design Proceedings of CHI 98Los Angeles CA USA,18-23,April,1998

[11] 有木康雄, 杉山善明, 石川則之, 寺西俊裕, 櫻井光康ニュース映像中の記事に対する音声・文字・映像を用いた索引付けと分類電子情報通信学会技術報告,PRMU96-97,pp.31-38(1996)

[12] 石井 裕著 CSCW とグループウェア-協創メディアとしてのコンピュータ- オーム社,1996

[13] 水口 充, 増井 俊之, ジョージボーデン, 柏木 宏一 なめらかなユーザインタフェースによる地図情報検索システム インタラクティブシステムとソフトウェア III(WISS'95),pp.231-240

[14] Pointcast Network http://www.pointcast.com

[15] Lemke,A.C.,Fischer A Cooperative Problem Solving System for User Interface Design Proceedings of AAAI-90,Eighth National Conference on Artificial Intelligence,,pp.479-484,1990

[16] 水口 充, 浦野 直樹 提示型インタフェースによる情報検索システム インタラクティブシステムとソフトウェア VI(WISS'98),pp159-164

[17] ティモシー・ライアン著分散オブジェクトテクノロジー「概念とアプリケーション」, PRENTICE HALL Publish,1996.

[18] http://www.w3c.org/

[19] XML/SGML サロン著 標準 XML 完全解説 技術評論社,1998.

[20] http://www.real.com Real Networks Company.inc

[21] Robertson,S.P,.Wharton,C.,Ashworth.C.,and Franzke,M.: "Dual Device User Interface Design:PDAs and Interactive Television",Proceedings of CHI 96:Human Factors in Computing Systems,pp.79-86(1996)

[22] 田中、矢側、柳 映像と WWW の連携技術を用いたインタラクティブ映像ナビゲーションシステム 情報処理学会インタラクション'97,pp.47-48(1997)

[23] 田中、鈴木VOD 映像-WWW ページ連携コンテント提供システム(株) 日立製作所 システム開発研究所 研究報告書 (3U-01)

[24] 青柳、佐藤、高田、広津、尾内音データへのリンク情報付加法の検討日本ソフトウェア科学会, 第 14 回大会,pp.189-192,Sep9.1997

[25] 佐藤、青柳、高田、広津、尾内WWW における映像データへのリンク情報付与のための枠組み日本ソフトウェア科学会 WISS'97,pp.23-30(1997)

[26] ATM 日本委員会 技術調査 SWG ATM メリットプロジェクトチームATM とギガビットイーサネットATM 日本委員会ニューズレター,Vol.5/No.3,1998