

# オンデマンド学習に適した電子教材の編成法

猪俣 敦夫† 落水 浩一郎†

†北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科  
〒 923-1292 石川県能美郡辰口町旭台 1-1

Email: {a-ino,ochimizu}@jaist.ac.jp

## あらまし

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。

本報告では、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、新たな学習形態としてオンデマンド学習支援システムの要件を洗い出し、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。

## Organizing Electronic Teaching Materials for *On-Demand Learning*

Atsuo INOMATA† Koichiro OCHIMIZU†

†School of Information Science,  
Japan Advanced Institute of Science and Technology,  
1-1, Asahidai, Nomi-gun, Ishikawa, 923-1292 Japan

Email: {a-ino,ochimizu}@jaist.ac.jp

## Abstract

In this paper, we propose a learning style featured by learner-centered, condition-oriented, collaboration-based concept. We call such a learning style *On-Demand Learning*. We examine requirements to carry out On-Demand Learning and realize a prototype system. And we examine usefulness of the requirements to carry out On-Demand Learning from the results of the evaluation for our proposed system.

## 1 はじめに

本報告では、学習者指向、状況指向、コラボレーション指向に基づくオンデマンド学習支援システムの要件の洗い出し、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。

先端技術の製品化を担当する技術者が、先端的研究によって得られた成果を実践に応用するためには、知識の日常的強化・増幅をはかる必要がある。そのような人々が必要としている知識として、先端科学技術分野の研究組織に蓄積された、高等教育カリキュラム体系に基づく先端知識等が考えられる。技術者が日常の活動の中で、ネットワークを利用し、このような知識をタイムリーかつ体系的に獲得・活用できるシステムの必要性は高いと思われる。ところが知識獲得に十分な時間が取れないのが事実であり、遠隔学習システムが必要である。遠隔学習により、教授者と学習者が常に同じ場所に集まらずとも、自由な時間に、自由な場所で学習ができる場を提供できる。しかし従来の遠隔学習システムの多くは、学ぶ物の立場ではなく、教える立場において主に設計されているため、学習者の要求に応じた知識獲得が困難である。

本稿の構成は、以下のとおりである。第2節では、提案する学習者指向、状況指向、コラボレーション指向で特徴づけられる学習体系、オンデマンド学習の概要について説明する。次に第3節において、具体的にオンデマンド学習を遂行するために解決しなければならない要件を洗い出す。第4章で、その要件のいくつかを実現したプロトタイプシステムの設計・実装、洗い出した要件の有効性について評価・考察結果を報告する。最後に第5節にて、本稿のまとめと今後の課題について述べる。

## 2 オンデマンド学習

遠隔学習支援における基本的な考え方は以下の3つである。

- 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、状況に対応する知識の獲得支援を重視する

- 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
- オンデマンド学習では、学習者中心の学習形態が必要である(図1)。学習者中心という概念を以下のように定義する。

従来の教授者から学習者へ教材コンテンツが提供されるという立場とは異なり(一部、学習者からのフィードバックはある)、学習者が教授者へ欲しい教材コンテンツを獲得する。その手段として、提供されるコンテンツの即時性、最新性、連携性について考察する必要がある。

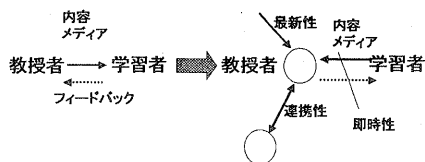


図1: 学習者中心のシステム

上記の基本コンセプトに基づいたオンデマンド学習システムを実現するためには、以下の条件が必要であると考えられる。

- 学習者が必要に応じた知識を即座に獲得できること(学習者指向)
- 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(状況指向)
- 学習者に提供する知識単位が最新であること(コラボレーション指向)
- 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(コラボレーション指向)

これらの関係を図示したものが、図2である。図2では、学習者は以下のような学習ステップを踏む。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、必要など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ことができる
2. 学習者は、自分の欲しい知識だけを、容易に検索できる

## オンデマンド学習の形態

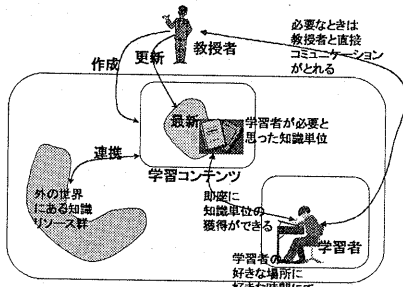


図 2: オンデマンド学習空間

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 つの側面を持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と連携がとれる
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、更新することができる

図 2 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。

### 3 オンデマンド学習に対する要件

前節で提案したオンデマンド学習の学習形態に基づき、実際にシステムを設計する上で必要となる機能や、解決する必要のある技術課題を洗い出す。

#### 3.1 マルチメディアデータのネットワーク転送

学習者が時間的、空間的制約を受けずに学習できる方法としては、遠隔教育サーバと学習者をネットワークによって接続することが考えられる。これにより、双方の非同期性が保持できる。

ところで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。オンデマンド学習で扱うべき教材はビデオ映像等のマルチメディアデータもあり、遠隔学習のようにネットワークを介した転送するには、高速広帯域のネットワークを利用したり、特殊なプロトコルを利用したネットワーク間転送を考える必要がある。

そこで、本システムのように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—光ファイバ等
  - マルチメディア情報にあった伝送方式—ATM (非同期通信モード)、ギガビットネットワーク等
  - 画像 (映像) 圧縮技術—MPEG 等
- がある。

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した。

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転送、再生するためには、クライアント側にそのビデオ映像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。そこで特殊なプロトコルによりクライアント側のネットワークやシステム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つつ、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。

#### 3.2 つまみぐい学習

学習者の必要に応じた知識だけを獲得できる必要がある。これを本稿では「つまみぐい学習」と呼ぶ。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。さらに、学習者の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。これにより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が非同期に学習できる。また、学習者が空間的制約を受けずに学習出来る必要もあり、これにより決められた場所で、決まったテキスト等を用いて学習する必要から解放される。

##### 3.2.1 先修条件のサポート

つまみぐい学習では、学習者の要求に応じた知識獲得をしていくが、それでは不十分である。それは、ある知識単位を習得するために、当然知っていなければならない知識単位があるからである。本システ

ムでは、これを先修条件と呼ぶ。つまみぐい学習には、先修条件のサポートの提供が必要となる。

### 3.2.2 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、断片的な手が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 [1]。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、「継承とはいったい何であろうか？」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、いく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出来れば、学習者の支援となると考える。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と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と同等の機構を利用する [3]。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、システムが判断し学習者の支援となりうる。

### 3.2.3 映像内リンク機構

遠隔教育では、ビデオ映像が教授者の状態を視覚化した唯一のメディアとなる。学習者は、その映像を見ていくわけだが、単に教授者だけを見ているのではなく、そのビデオ映像内に登場した様々なオブジェクト群 (例えば、OHP、黒板、教授者が手にとった教科書や資料等) に関心を引く場合もある。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わけではなく、黒板など様々なものに目を移すのと同様である。そこで本システムでは、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事で、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。

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した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、静止画像データ等のような静的なオブジェクトにおけるハイパーリンクとは異なり、動的なオブジェクト内にハイパーリンクをもたせるため、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至らず、ある程度許容の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 [4] 等により、自動的にアンカーをつけられる機構の研究が必要となる。

## 3.3 学習コンテンツの最新性

遠隔教育サーバが学習者に提供する教材コンテンツは、常に最新である必要がある。本システムでは、Netscape Communicator 等で採用されている技術であるスマートアップデート方式を利用する。これは本来の利用形態は、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、照合を行い、常に最新を保持する方式である。これを利用することにより、学習者に提供する情報が修正された場合には、この方式により遠隔教育サーバは学習者に提供する教材コンテンツの版情報を管理し、提供するコンテンツの最新性を保障する。このように教授者は、提供する教材コンテンツに最新の情報を追加するだけで、常に最新性が保障できる。

## 3.4 学習コンテンツの構成法

教材コンテンツには、自システム内だけの知識群だけではなく、他の知識リソースとのリンクをも持つ。そのため教材コンテンツ内に存在する様々な知識との関連であるリンク構造が複雑になる事も考えられる。また、教授者が新規に教材コンテンツを作成する際、既に作成された教材コンテンツを容易に再利用可能にする機構も必要である。本システムでは、コンテンツの構成法に以下で述べる教材シナリオファイルを用いて、オブジェクト指向で編成する。

### ● 教材シナリオファイル

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) 等に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。これを教材シナリオファイルと呼ぶ。ビデオ映像と教材シナリオファイルの関係を図 3 で示す。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

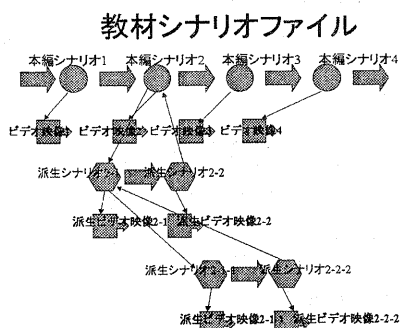


図 3: 教材シナリオファイル

イルはオブジェクト指向編成をしているため、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。また教材シナリオファイルは、教授者があらかじめ想定していた講義の流れを記述するだけでなく、学習者が講義を受講中に新たに関心をもったり、興味を引いた内容のシナリオへ容易に移る事も可能である。

なお、この教材シナリオファイルは XML で記述されており、教材シナリオファイル中のタグの拡張や、分割が容易であるため比較的自由的な記述が行える点が特徴である。

## 4 プロトタイプシステム

### 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く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、実装し、そのシステムを利用して評価することにある。

### 4.2 システム設計

プロトタイプシステムの全体構成を図 4 に示す。本

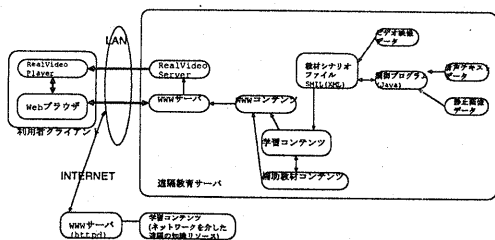


図 4: プロトタイプシステム全体像

プロトタイプシステムは、大きく分けると次の 3 構成をとる。

- 利用者クライアント
- 遠隔教育サーバ
- ネットワーク越しの他の知識リソ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 [6] で、構成される。なお WWW ブラウザとしては Netscape 社の NetscapeCommunicator や Microsoft 社の Internet Explorer が利用出来る

**遠隔教育サーバ:** 以下の 4 構成をとる

**WWW サーバ:** 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 ブラウザからの要求をこのサーバが獲得し、学習者の要求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各種イベント発生により、RealVideo サーバに指示をも出す

**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講座が蓄積されている。このコンテンツから、副教材となるコンテンツ等へのリンクをたどれ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、教授者の講義の流れを記述するだけではなく、学習コンテンツの要素となる様々なメディアの構成を管理している。具体的には、ビデオ映像データ、音声テキストデータ、静止画像データである。またそのデータ群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

他の知識リソース：同システム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。

### 4.3 学習コンテンツ

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(片山卓也教授)」の講義が1ターム蓄積されている。

#### 4.3.1 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

#### 4.3.2 ビデオ映像のデータ化

ビデオ映像を以下の条件でキャプチャーした。

- ビデオサイズ 320 x 240
- 圧縮方式 MotionJPEG
- MotionJPEG の圧縮率 約 1/10
- 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 コーデックした。

- Video Quality Normal Motion Video
- Target Audience 28.8Kbps,56Kbps,T1(3Type)
- File Type SureStream(TM)-RealServerG2 Compatible

#### 4.3.3 静止画映像のデータ化

- 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

#### 4.4 ユーザインタフェース

本システムのメイン画面は、図5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のように、4つのビューワと5つのコントロールリンクボタンで構成されている。本システムでは、左上のビューワをメインビューワ、左下のビューワを音声テキスト化ビューワ、右上のビューワを黒板・

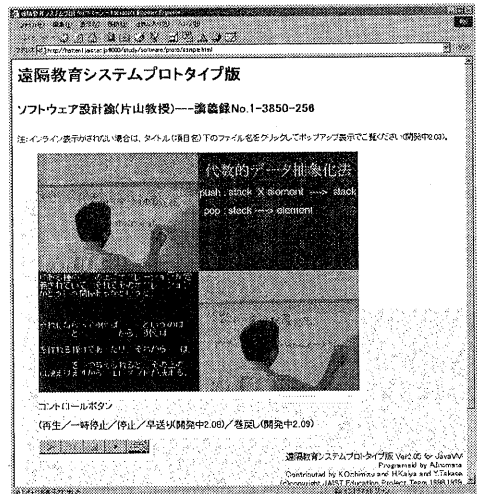


図 5: メイン画面

OHP 副教材ビューワ、右下のビューワをイベントビューワと呼ぶ。本システムを利用する学習者は、一般的な 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出来る。

#### 4.5 メインビューワ

学習コンテンツの中心となるのが上述したメインビューワとなる。メイン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ことで、仮想的な授業を受講するようになっている。

#### 4.6 イベントビューワ

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ことが出来る。このイベントビューワが図6である。学習者はこのビューワを利用する事により、メインビューワからでは読み取れなかった教科書等、あるいは感じとれなかった教授者の顔色や表情等を拡大して見る事が出来、講義内で強調している箇所を把握する手助けになると考えられる。

#### 4.7 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等を指さしたり、ページ送りをした際などには、教授者の行動と

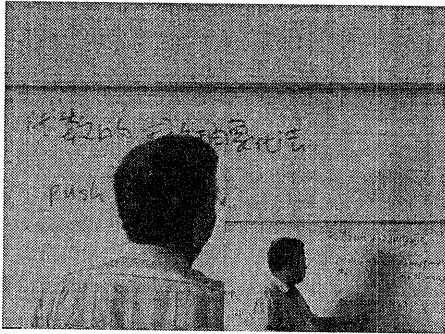


図 6: イベントビューワ

同期してビューワに板書された文字等が表示される。この黒板・OHP 副教材ビューワが図 7 である。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写したり、各自で再確認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も出来、そのクリックされた箇所に関するコンテンツを上述したイベントビューワ内でも表示できる。

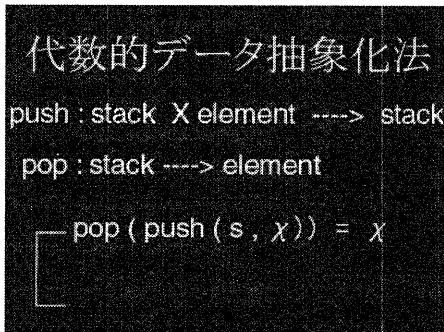


図 7: 黒板・OHP 副教材ビューワ

#### 4.8 音声テキスト化ビューワ

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 9 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、教授者と同期してテキストがスクロール表示される。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りうるキーワードとなる語が色分けされている。またその色分けされたキーワードにはハイパーリンクを持ち、それ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

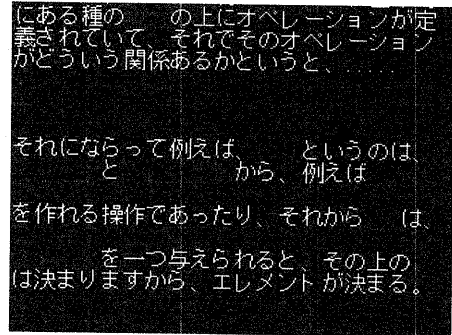


図 8: 音声テキスト化ビューワ

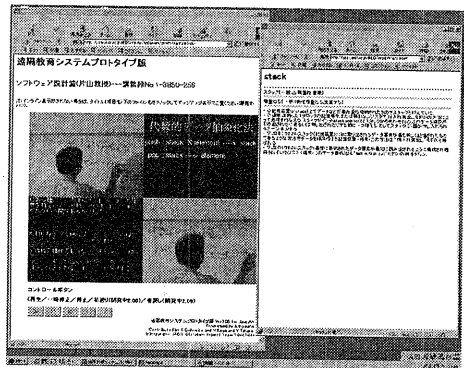


図 9: システム運用例

者はシナリオ通り学習する形態にはとらわれず、学習者がこのビューワを利用することで、講義内容の検索や、講義全体の見通しが把握できるようになる。

#### 4.9 評価

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本学の学生に利用してもらい、システムの評価を行った。

##### 4.9.1 評価目標

評価の目標は、以下の 3 点を確認することにあつた。

- オンデマンド学習として定義づけたい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?
- オンデマンド学習の考え方は別と、本プロトタイプシステムで実現したいいくつかの機能が有効であるか?
- 被験者にとって欲しい機能があれば、それは何か?

#### 4.9.2 全体的な評価

先修条件のサポートや音声のテキスト化機構については、ある程度の有効性が確認できた。しかし、音声非常に聞きとりづらかったという問題点があった。これはビデオを撮影する際か、コンピュータに取り込んで処理する際に原因があると考えられる。ビデオ映像については、元のデータの約1/10程度に圧縮したデータを利用したにも関わらず、実際のシステムではそれほど問題にはならない事も分かった。ユーザインタフェースまわりでは、4画面のビューワは見づらく、学習者に応じた学習形態をカスタマイズできた方が良いという意見もあった。さらに、学習者が講義内容を復習等できるための機構の必要性も分かった。

### 5 まとめと今後の課題

本研究では、オンデマンド学習の必要性、クリアしなければならない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った。

評価により、ある程度、洗い出した要件が有効である事を導いた。しかしシステム評価を十分には行えなかったために、さらに、新たに明らかになった問題点等を解決し、同時に今回実現できなかった他の要件を本システム上に実現し、その有効性を確認する必要がある。

今後の課題として、以下の点を発展させる事により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。

- マルチメディアデータのネットワーク間転送に関する研究  
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
- ネットワークの持つ有効性の一つの双方向性の利用  
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

### 謝辞

教材の作成にご協力いただいた本学、片山卓也教授、及び伊藤恵助手に心より感謝いたします。

### 参考文献

- [1] 水口 充、増井 俊介、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
- [2] 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)
- [3] Pointcast Network.  
<http://www.pointcast.com/>
- [4] 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)
- [5] 青柳滋己、佐藤孝治、高田敏弘、廣津 登志夫、尾内理紀夫. 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
- [6] Real Network Company, Inc.  
<http://www.real.com/>