

Title	学習者の要求に応じた電子教材の設計と実現
Author(s)	岸, 三樹夫
Citation	
Issue Date	2002-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1557
Rights	
Description	Supervisor:落水 浩一郎, 情報科学研究科, 修士

修士論文

学習者の要求に応じた電子教材の設計と実現

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

岸 三樹夫

平成十四年三月

修士論文

学習者の要求に応じた電子教材の設計と実現

指導教官 落水 浩一郎 教授

審査委員主査 落水 浩一郎 教授

審査委員 篠田 陽一 教授

審査委員 片山 卓也 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

学生番号: 910040

岸 三樹夫

平成十四年三月

要旨

本研究では、従来のコースウェアベースの学習形態の問題点を改善するために、本研究室で掲げているオンデマンド学習支援システムの一形態として、学習者の要求に応じて、電子教材を柔軟に選択できるシステムの設計、実現を行う。

具体的には、一般的なコースウェアシステムで実証実験した結果、学習者の要求、状況に応じて教材を取得するために不足している要件、機能を洗いだし、その要件を満たすためのシステムの設計、実現を行なう。また、その構築したシステムを実際の講義内に適用することにより、システムの有効性を示す。さらに、その実験結果から、さらなるシステムの改善点、方法を示す。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	2
1.3	本論文の構成	3
第2章	既存のコースウェア学習システムについて	5
2.1	コースウェア学習システムとは	5
2.2	コースウェア学習システムの開発事例	6
2.2.1	ストリーミングビデオ中心のコースウェアシステム	6
2.2.2	オーサリングツール中心のコースウェアシステム	7
2.3	コースウェア学習システムの作成行程と必要なコスト	7
2.3.1	講義の撮影方法	7
2.3.2	動画，静止画，テキスト，アニメーションコンテンツの作成	8
2.3.3	オーサリングツール	9
2.3.4	システム構成	10
2.3.5	システムの動作例	10
2.3.6	作成に必要なコスト	13
2.4	コースウェア学習システムの利点と問題点	16
2.4.1	コースウェア学習システムの授業への適用	16
2.4.2	利点と問題点	16
第3章	本システムの設計と実現	18
3.1	システムの概要	18
3.1.1	システムの設計方針	18
3.1.2	システムの機能	19
3.2	システム設計	21

3.2.1	全体像	21
3.2.2	マルチメディアコンテンツサーバ (RealServer) 部	23
3.2.3	データベース部	23
3.2.4	www サーバ部	28
3.3	システムの使用例	30
3.3.1	システムの使用環境と立ち上げ方	30
3.3.2	目次機能	31
3.3.3	ブックマーク機能	31
3.3.4	検索機能	35
3.3.5	メディア選択機能	36
第4章	本システムを用いた実証実験	37
4.1	AHP を用いた評価実験プロセス	37
4.1.1	評価法の概要	37
4.1.2	AHP とは	38
4.1.3	プロセスの詳細	40
4.2	実証実験 (評価プロセスの適用 (1))	42
4.2.1	実験の概要	43
4.2.2	AHP 階層図とアンケートの設計	44
4.2.3	被験者によるシステムの利用とアンケート回答	46
4.3	評価結果 (評価プロセスの適用 (2))	47
4.3.1	分析手法	48
4.3.2	実験結果の詳細	49
4.4	システムの機能に着目したアンケートの結果	52
4.4.1	アンケート内容	52
4.4.2	アンケート結果	54
4.4.3	自由記述による回答	56
第5章	本システムの改善点にむけて	58
5.1	検索機能の改善	58
5.2	学習者固有データ活用の改善	58

第6章	おわりに	60
6.1	まとめ	60
6.2	今後の課題	60
6.2.1	本システムの改善	60
6.2.2	他のコースウェアコンテンツを用いた実証実験	61
	謝辞	62

目次

2.1	撮影風景	8
2.2	本学遠隔教育システム構成図	11
2.3	Web ベースシステムの画面例	12
2.4	VOD ベースシステムの映像例	13
2.5	挿入されたスライド映像例	13
3.1	提案するシステム構成図	22
3.2	WWW サーバと学習者間のインタラクション	29
3.3	ユーザ認証画面	31
3.4	メイン画面	32
3.5	目次画面	33
3.6	ブックマーク登録画面	34
3.7	検索実行画面	35
3.8	メディア選択チェックボックス	36
3.9	メディア選択例 1 (ビデオ+テキスト)	36
3.10	メディア選択例 2 (スライド+テキスト)	36
3.11	メディア選択例 3 (テキストのみ)	36
4.1	遊園地の乗り物選択問題における AHP 階層	39
4.2	AHP を用いた評価プロセス	41
4.3	既存のコースウェアと本システムとを比較する AHP 階層図	45
4.4	被験者の学習風景	47
4.5	「Web DE AHP」の画面例	48
4.6	評価基準ごとのウェイト割合	50

表目次

2.1	人工知能特論電子教材の作成コスト	14
2.2	ソフトウェア設計論電子教材の作成コスト	15
3.1	VIDEO データベーステーブル	24
3.2	IMAGE データベーステーブル	25
3.3	TEXT データベーステーブル	25
3.4	RELATION データベーステーブル	25
3.5	AUTHENTICATION データベーステーブル	26
3.6	BOOKMARK データベーステーブル	26
3.7	SEARCH データベーステーブル	26
3.8	ACCESS_LOG データベーステーブル	27
3.9	データ型の詳細	27
3.10	本システムで使用される主な CGI プログラムリスト	30
4.1	評価基準を得点と有意差ごとに分類 (特性表)	43
4.2	コースウェアシステムと本システムの得点比較 (t 検定)	51
4.3	コースウェアシステムと本システムの得点比較 (カテゴリ分類)	51
4.4	7 段階評価基準	53
4.5	「各メディアの選択機能」について	53
4.6	「学習教材へのアクセス容易性」について	54
4.7	「各メディアの選択機能」についての結果	55
4.8	「学習教材へのアクセス容易性」についての結果	56

第 1 章

はじめに

1.1 本研究の背景

技術革新の急速な進展により，知識・技術の陳腐化する速度は激しく，技術系・事務系を問わず生涯にわたって学習を継続する必要性が高まっている．このため，時間的・空間的な制約にとらわれずに自由に学習することができる場として，ネットワークを介した遠隔教育システムの開発・利用の取り組みが盛んになるつつある．

従来の CD-ROM を用いた電子教材と比較し，ネットワークを介することにより，常に最新の学習コンテンツを取得することが可能となり，コンテンツが更新されるごとに，新たに CD-ROM を配布する必要性がなくなる．また，コンテンツ容量という面においても，CD-ROM の場合，一枚に格納することができるコンテンツ容量には限度があるが，ネットワークを介することによりそのような制限を回避することができる．特に今日，ADSL や Cable LAN などの普及により，一般の人々にも高速高帯域なネットワークを使用することができるようになったため，コンテンツに関する制限がかなり軽減されている．

また，WWW(World Wide Web) 関連の技術の進歩により，多くのことを WWW ブラウザを介して行なうことができるようになった．そのため，学習時に WWW ブラウザの直感的に使用しやすいユーザインターフェースを用いることが可能となり，また，さまざまなマルチメディアコンテンツ（動画，静止画，テキスト，アニメーション）など扱うことも可能となる．

このような利点を生かすことにより，従来の教室講義という枠を越えて，より広範囲な人を対象に，あらゆる年齢層の人達に対して日常的に学習する機会を与えることが可能となっている [1][2]．

遠隔教育システムの最も一般的な形態として，コースウェア学習システムの存在が挙げ

られる．この学習形態は，教授者自身の学習ポリシーの一貫性を維持しながら作成された電子教材を順番に学習していくものである．このようなシステムは，本学バーチャルユニバーシティプロジェクト（人工知能特論，ソフトウェア設計論）[3] や WebCT[4]，また，SOI(WIDE University,School of Internet))[5] など多数コースウェア電子教材が公開されており，Internet を介し，実際に学習し，単位を取得することも可能となっている．

しかし，教材というものは，さまざまな状況，用途で使用されることが考えられる．たとえば，初めてある講義に関して学習する場合（予習など）には，上述したようなコースウェアベースの学習システムを用いて，初めから，最後まで順を追って受講していくのがベストかもしれない．しかしながら，ある事柄に関する復習，または API マニュアルなどのような，的確に特定な情報のみを必要とする場合には，最短距離で必要な教材にアクセスすることができることが望まれる．学習者は，教授者のポリシーに関係なく，関心のある内容のみを，または，自分自身が見たい眺め方で電子教材を操り学習していくのが，学習形態の理想であると思われる [6][7]．

1.2 本研究の目的

本研究では，本研究室が掲げている，“つまみぐいの的に自分自身に必要な知識を獲得する学習システム”であるオンデマンド学習システム [8] への一形態として，学習者が要求に応じて教材にアクセスすることができるシステムの実現を目指す．まず，既存のコースウェアベースの学習システムに注目し，そのシステムにおける問題点を洗い出し，必要となる要件，機能を指摘する．次に，それらを満たすシステムを設計し，実現する．本研究では，その中から特に，以下の3つの機能に焦点を当てた．

- 電子教材内のマルチメディアコンテンツに着目した検索機構

膨大なマルチメディアコンテンツから，一意に自分が学習したい個所を取得するためには目次だけでは不十分である．そのため，学習したと思う個所のみを検索できる機能が必要となる．しかし，その際，マルチメディアコンテンツ（特に，動画，静止画）において，画像認識技術や音声認識技術を利用して信頼性の高い検索を生成することはまだ容易ではない．そこで，マルチメディアコンテンツ内に存在するテキストデータを用いてキーワード検索を行うことができる機構を提案する．具体的には，電子教材内には，テキスト情報として，教授者の音声テキスト，スライド内に存在するテキスト情報，また，そのタイトル情報などが存在する．これら個々のテキスト情報は，量，重要度，キーワードの存在頻度などに差異がある．そのため，

これらを入力条件で指定することで，学習したい情報を比較的容易に検索することが可能となる．またさらに，キーワード文字列の他に，知識単位ごとの指定（章の指定）などを行うことでさらに有益な絞りこみを行うことが可能となる．

- 電子教材におけるブックマーク機構

上記のような教材内にのみ存在するデータのみだけでなく，学習者独自の個人情報を登録させ，利用させることで，さらに学習効率が促進すると思われる．たとえば，学習者は，一度身につけた重要な知識でも往々にして忘れてしまうことはよくあることである．そのような問題を回避するために，一度学習をして重要であると思っただ箇所にはブックマークを付加させ，それを個人情報をして保存させておき，必要な時に取り出すことにより学習を効果的にフラッシュバックさせることが可能となる．

- 状況に応じたマルチメディアコンテンツの選択機構

検索を行い得られた教材を再生し，学習するわけだが，デフォルトでは，ビデオ映像，スライド，テキストがすべて再生される．しかし，すべての学習者が，学習時に，そのようなマルチメディアコンテンツすべてを欲するとは限らない．たとえば，ネットワークの帯域問題などで，ビデオ映像のような広帯域を要求するコンテンツよりも，音声コンテンツを要求する場合があるかもしれない．また，復習，情報の整理などで，実際のコンテンツをプリントアウトしたい場合もある．そのような場合には，静止画とテキストの対応のとれたコンテンツを生成できれば，非常に有効であると考えられる．

そして，この構築した本システムを用いて実証実験を行なう．具体的には，本学の基幹講義である「ソフトウェア設計論」の受講者に使用してもらい，また，その際の評価手法は，本研究室が提案している AHP を用いた評価手法を用いる．その結果を分析し，本システムの有効性を示す．さらに，その実験結果からシステムの問題点，改善点を見つけ出し，さらなるシステム改善の指針を示す．

1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである．

- 第2章では，一般的なコースウェア学習システムについて解説し，その利点と問題点について述べる．

- 第3章では、本研究で提案するシステムの設計、実現手法に関して解説し、またその利用方法について述べる。
- 第4章では、第3章で構築したシステムを利用し、実証実験を行なう。その中で用いる実験方法、評価手法について述べ、最後にその実験結果について議論する。
- 第5章では、第4章で行なった実証実験から得られた結果を分析し、システムの問題点、また、改良点に関しても述べる。
- 第6章では、本研究のまとめと今後の課題について述べる。

第 2 章

既存のコースウェア学習システムについて

本章では，一般的なコースウェア学習システムについて述べる．特に，実際に電子教材を作成する場合の作成行程とその際に必要なコストに焦点を当てて説明する．また，学習者が学習する際に生じるコースウェア学習システムに関する利点と問題点についても指摘する．

2.1 コースウェア学習システムとは

コースウェアとは，学習ソフトウェアの中で学習の内容と順序が組み込まれており，学習者が必要とするコースを学習できるようにあらかじめデザインされたプログラムである．コースウェアとはもともと CAI 教材ソフトウェアに対して使われた用語であったが，最近では，それに加えて，教師および生徒が行なうプレゼンテーションのためのソフトウェアやメニュー形式で行なわれる調べ学習用のソフトウェアなどもコースウェアと呼ばれることがある．インターネットで利用されるホームページの集まったものも広い意味では含まれる [9]．

つまり，コースウェア学習システムとは，教授者自身の学習ポリシー（学習の進め方，教科書，資料）を忠実に再現し，作成された学習システムであり，学習者はそれを必要に応じて順番に学習していくものであると言える．そのため，後で述べているが，電子教材自体は一般的に多くの作成コストを必要とするが，教授者にとっては比較的スムーズに作成して行くことができるだろうと言える．

現在，このような多数のコースウェア学習システムが開発，また，運用されている．次に，その代表的な事例を挙げる．

2.2 コースウェア学習システムの開発事例

近年、遠隔教育システムに関する取り組みが多数なされており、その中で、WWW を用いた蓄積型コースウェア電子教材も多数開発、運用されている。以下では、それらのシステムの現状について述べる。

2.2.1 ストリーミングビデオ中心のコースウェアシステム

まず、遠隔教育の分野で古くから活発に活動を行なっているところとして、スタンフォード大学が挙げられる。スタンフォード大学では、メディアを通じて提供する教育内容の開発に大きな力が注がれている。その中の一つに、VOD(Video On Demand) による授業配信がある。この大学では、企業と連携して企業内学生の専門的な能力を開発するため、1970年代からテレビ放送を中心に遠隔教育を行なっていた。しかし、それでは授業配信に限界があるため、1995年にそのテレビ授業をインターネットを介して閲覧することができるオンデマンド授業を開始した。

このオンデマンドコースを提供しているのは Stanford Online というセクション [10] であり、そこでは、学内9個所の Tele Class から送られてくる授業の映像をリアルタイムで高速処理し、サーバに蓄積される。その際、併せて授業中に使われるスライド画像も授業の進行に合わせて表示されるように処理される。この VOD 授業は、現在では、学内で行なわれる授業の3時間後には、インターネットを介して世界中のどこからでも閲覧できるようになっている。

また、学内でも WIDE Project により運営されているプロジェクトとして、WIDE School of Internet(SOI) が存在する [5]。この SOI プロジェクトでは、既存の大学教育環境を利用し、講義配信はもちろん、履修登録、質疑応答、レポート提出、授業調査などの様々な機能を利用することができる。現在では、多数の学習コンテンツが存在し、インターネットを介して、誰もが学習することが可能となっている。

さらに、ビデオではなく、オーディオではあるが、インターネットを介してコースウェアを配信する、オープンソースシステム MAINIC[11] なども存在する。

また、本学バーチャルユニバーシティプロジェクトにおいても、人工知能特論と、ソフトウェア設計論の2つの Web ベースコースウェアシステムを作成し、また、講義を通じて実証実験なども行なっている [12]。これらのコースウェアシステムの詳細については次節にて説明する。

2.2.2 オーサリングツール中心のコースウェアシステム

オーサリングツール中心のシステムとしては、まず、WebCT[4]が挙げられる。WebCTは、カナダのブリティッシュコロンビア大学で開発された、WWWを用いたコースウェアの設計、開発、管理を容易に実現する統合コース管理ソフトウェアである。同大学の講師のMurray W.Goldbergにより1995年から作成され、広がり始めた。

WebCTを用いることにより、技術的なことに精通していない教官でもWEBベースのコースウェアを簡単に作成することができる。また、すでに作成されている教材もWebCTを通じて学生に閲覧させることができる。現在、このWebCTの日本語化に関しても、名古屋大学により進められている。

また、その他にも、BlackBoard[13]、eCollege、FirstClassなどのオーサリングツールもコースウェア開発に広く使用されている。

2.3 コースウェア学習システムの作成行程と必要なコスト

本節では、本学で作成したコースウェア学習システムを例にして、その作成行程と必要なコストについて述べる。講義内容としては、人工知能特論とソフトウェア設計論を採用した。また、システム形態として、WebベースシステムとVODベースシステムの2種類を開発した。

2.3.1 講義の撮影方法

まず、システムを構築するためにはコンテンツが必要となる。そのコンテンツの素材となる講義は、通常の講義とせず、電子教材用の講義を行なってもらい、それを電子教材の素材とした。撮影時には、図2.1で見られるような部屋を使用し、撮影を行なった。

映像の記憶には、教授者中心の映像と、教授者がプレゼンテーションをする場合の手の動作などを記録するためのスライド映像を記録するために、2台のビデオカメラを使用した。さらにコンテンツ化するために必要となるタイムコードを記録するために、デジタルビデオに記録されるタイムコードの他に、各知識単位間の開始と終点を示すためのマーキング映像の挿入を行なっている。また、教授者は、液晶モニタから写し出されるスライド映像を利用して講義を進めていくだけでなく、背後に設置された電子ホワイトボードも利用できるように、文字や絵などを書き込み可能なプロジェクションモニタを設置した。



図 2.1: 撮影風景

2.3.2 動画，静止画，テキスト，アニメーションコンテンツの作成

前節での講義を撮影した後，各コンテンツ部品を作成した．個々のコンテンツの作成方法，使用技術などは次に述べる．

動画

動画コンテンツに関しては，Web ベースと VOD ベース用の 2 種類のコンテンツを作成した．前者は，スライドコンテンツが別にあるため，主に教授者中心の映像にした．また，動画形式は，RealNetworks 社が独自に開発した RealVideo 形式を採用した．この RealVideo 形式は，ストリーミングに適しており，また，比較的低帯域でも動画を閲覧することを可能とする [14]．一方，後者は，教授者中心の映像の要所要所にスライド映像を挿入した構成になっている．動画形式は，MPEG1 を採用した．

スライド

スライドコンテンツは、教授者の作成した PowerPoint 資料（静止画）を加工し、時系列にアニメーション化したものである。このコンテンツの中には、教授者の指し示すポイントを矢印や、現在の説明している話題を示す括弧なども含まれている。これにより、学習者は教授者が説明している個所をすばやく判断することができる。このアニメーション化には、Macromedia の Flash を採用した。Flash とは、ベクトルグラフィックやアニメーション作成のためのスタンダードアプリケーションであり、Web との親和性にも優れている [15]。

テキスト

教授者が説明した内容のテキストも行なった。教授者の発言そのままをテキストコンテンツ化するのではなく、言い淀みなどを削除し、比較的読みやすいテキストを作成した。

2.3.3 オーサリングツール

前節で作成したマルチメディアコンテンツ部品を学習者に提供するためには、さらにこれらのコンテンツ部品を組み合わせなければならない。そのためには、必要最小限のオーサリングツールが必要となる。これらのオーサリングツールを使用すると、マシン、OS、ファイルシステムに追従して、電子教材を再構築することが可能となる。以下に今回作成したオーサリングシステムを示す。

- テキストを分割し、電子教材として使用可能な形式にする (slide_text.pl)。
- コンフィギュレーションファイルから SMIL、HTML ファイルを生成する。(mksmil.pl)
- 用語 HTML ファイルを生成する。(insrt.pl)

今回、マルチメディアコンテンツ部品間の接着、同期には、SMIL(Synchronized Multimedia Intefration Language)[16]を用いた。SMILとは、W3Cで勧告されたXMLベースの言語であり、動画、音声、静止画、などの複数のマルチメディアコンテンツを組み合わせ、表示を時系列に制御することができる。また、同期をとりながら個々のマルチメディアコンテンツを再生することにより、より現実的で、効果的なストリーミング配信を実現することが可能となる。

SMIL は、HTML ファイルにほぼ準じたマークアップ言語を利用しているため、SMIL ファイルの中身はテキストファイルである。そのため、計算機を利用し、容易に加工、修正することが可能である。

2.3.4 システム構成

これまで作成したコースウェアコンテンツを学習者へ配信するためには、それを行なうシステム（ハードウェアとソフトウェア）の整備、構築が必要となる。本学では、図 2.2 のような構成とした。

このシステムは、大きく Web ベースシステムと VOD システムの 2 つにわかれている。Web ベースシステムのクライアント（学習者側）には、www ブラウザが使用される。また、サーバ部は、Real サーバと www サーバから構成されている。学習者にできる限り高品質で、高信頼のコンテンツを提供するために、マルチメディアコンテンツを提供するサーバと、CGI などのプログラムを実行するサーバとを分離させた構成となっている。個々のサーバは以下の特徴を持つ。

- Real サーバ部

Real サーバは、電子教材に必要な動画、静止画、アニメーション、テキストコンテンツなどを管理し、また、リクエストを受けたコンテンツを柔軟に配送する役割を果たす。

- WWW サーバ部

WWW サーバは、主に CGI プログラムを管理し、実行する役割を果たす。

一方、VOD ベースシステムのクライアントには、Microsoft Directshow、または、Media Player を使用する。サーバ部は、SGI 社の MediaBase を使用している。MediaBase を使用することにより、MPEG1 を用いた高品質なストリーミングビデオ映像を配信することができる [17]。

2.3.5 システムの動作例

まず、Web ベースシステムの動作例を図 2.3 に示す。このシステムは、教授者映像、スライド映像、テキスト表示、知識単位目次機能、インタラクション機能などで構成されている。学習者は、目次から学習したい項目をクリックすると、ビデオ、スライド、テキス

JAIST学内実験システム

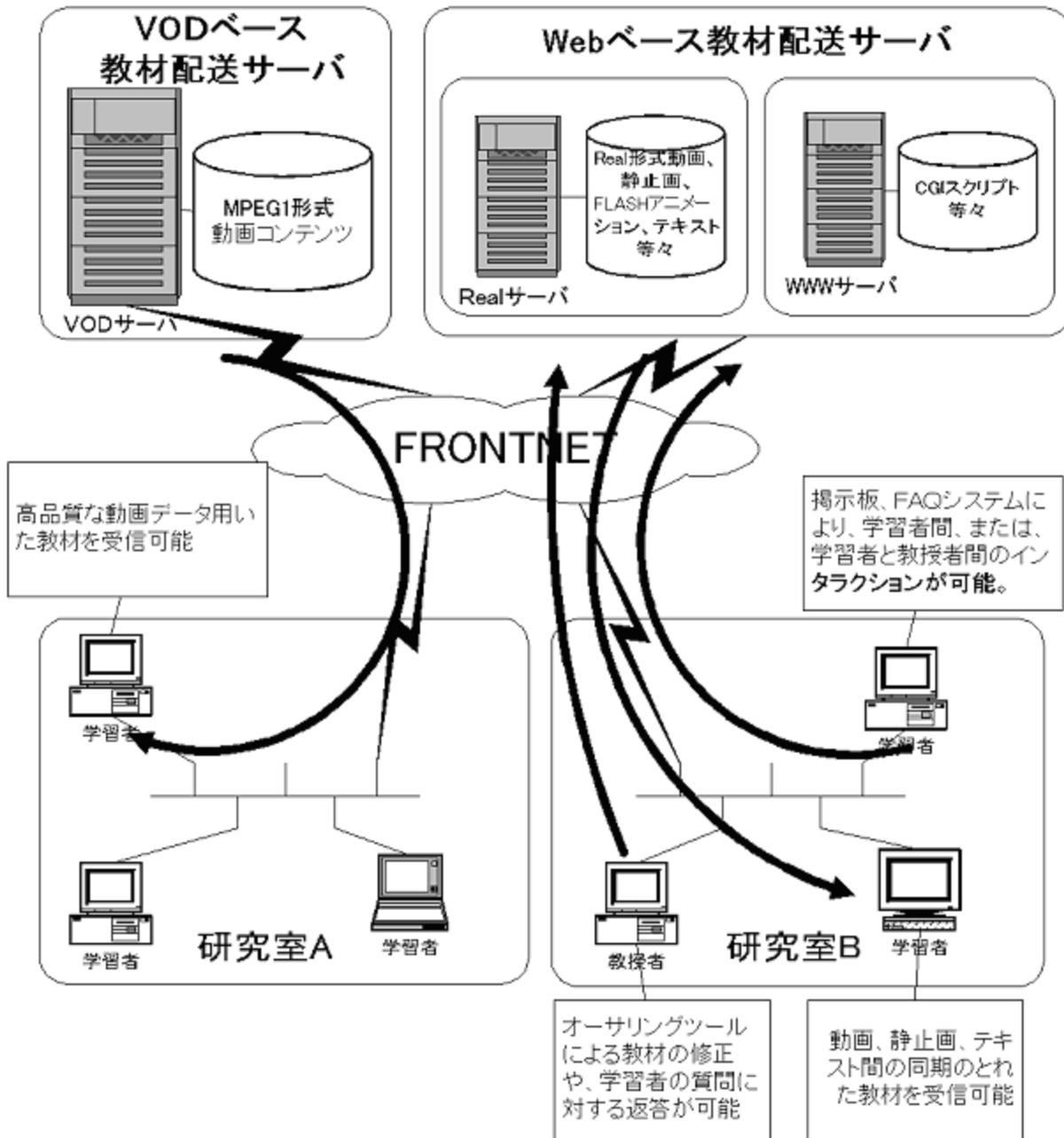


図 2.2: 本学遠隔教育システム構成図

トから構成される学習コンテンツを使用することができる。また、その際、知識単位に分割されたサブセクションや、図 2.3 の下方に表示されているシステムのスライダーバーを使用して、特定の場所から学習することが可能である。

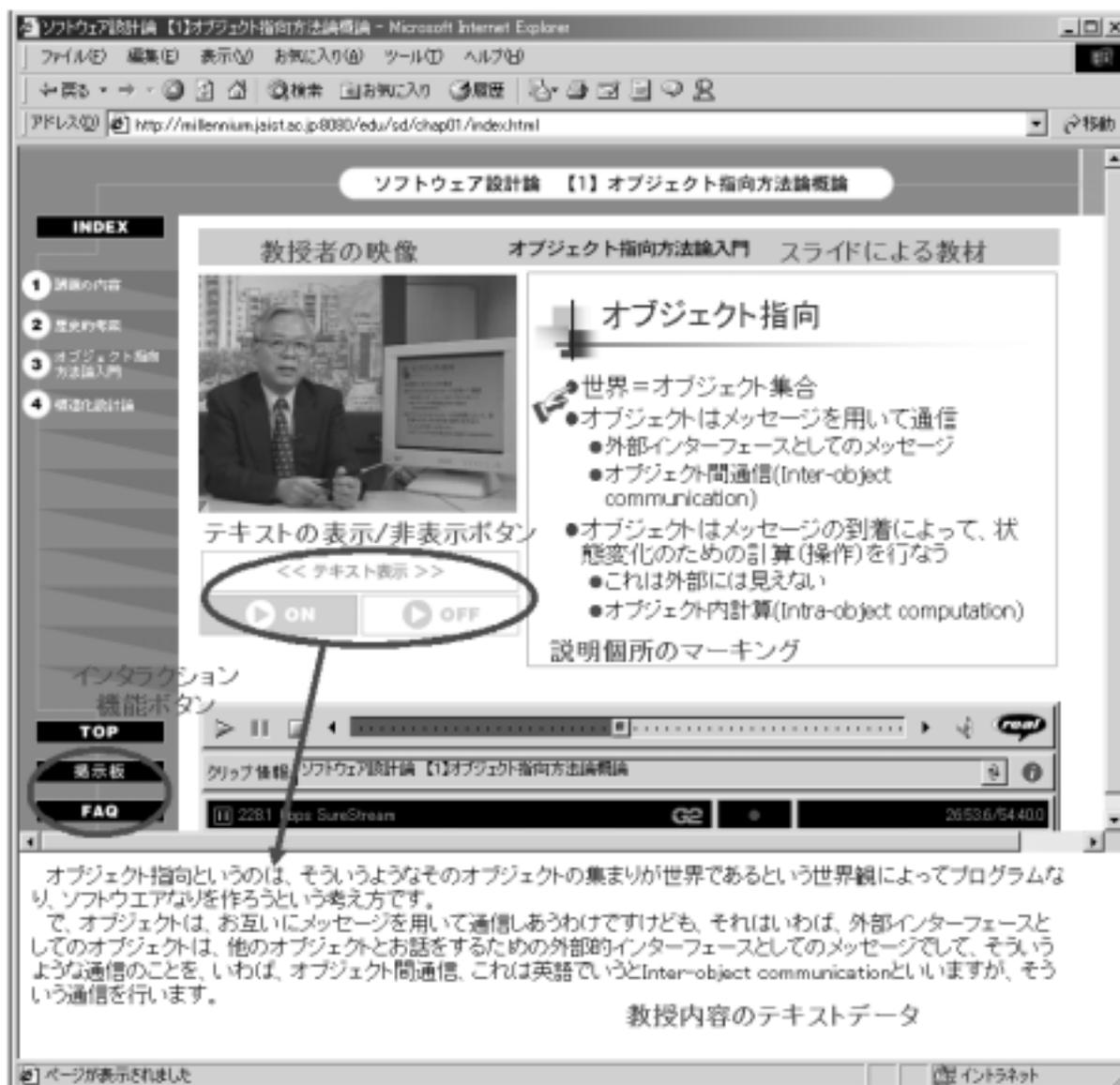


図 2.3: Web ベースシステムの画面例

次の図 2.4 では、VOD ベースシステムの動作例を示す。VOD ベースシステムは学習コンテンツとして、MPEG ビデオ映像のみの構成となっている。そのビデオ映像の中に、教授者中心の映像と、スライド映像が混在しており、それ単体で十分な知識を得ることができるようになっている。学習者は、図中下にあるスライダーバーを利用して、必要な場所

を学習することができる。



図 2.4: VOD ベースシステムの映像例

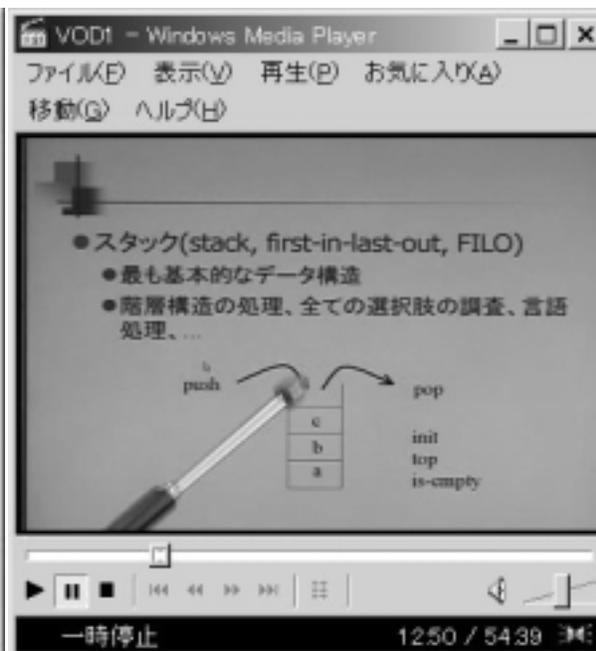


図 2.5: 挿入されたスライド映像例

2.3.6 作成に必要なコスト

表 2.1, 2.2 では、本学で作成した人工知能特論, ソフトウェア設計論の電子教材の作成コストを示している。これ以外に、人工知能特論では、従来の教室講義に利用する教材の準備に 30 日かかり、知識単位毎に整理し、電子教材化するにあたり、加えて 15 日かかっている。一方、ソフトウェア設計論では、従来の教室講義で準備する教材に 60 日かかり、知識単位毎に整理し、電子教材化するにあたり、加えて 30 日かかっている。また、Web ベース電子教材における用語集の作成に 5 日、教授内容のテキストデータのチェックに 30 日程度の時間が必要であった。これらの数値を総合的に判断すると、コースウェアの電子教材を作成するだけでも非常に多くのコストを必要とすることがわかる。そのため、これらのコンテンツをできる限り有効利用する必要があるのではないかとと思われる。

作業	詳細	コスト
撮影	カメラ2台収録	撮影実数7日
編集	コピー作業(カムからVHS)	
	プリ編集(VHSテープ編集)	20H x 15本
	本編集(タイトル,テロップ入れ, カムからデジタルベータカム)	5H x 15本
	ダビング(納入品,デジタルベータカムからDVCAM)	
VOD版作成	映像作成(DVCAMからMPEG1へのエンコーディング)	300,000円 x 15本
Web版作成	映像作成(MPEG1からRealVideoへのエンコーディング)	250,000円 x 15本
	テキストおこし(VHSテープより逐語訳 および逐語訳の編集,完プロ化)	2人日 x 15本
	図表のデータ作成(FLASHの利用)	4人日 x 15本
	フレーム作成	4人日
	テキスト/用語解説リンクツール作成	7人日
	掲示板システム,FAQシステム作成等	20人日
	SMILファイル作成	1.5人日 x 15本
	同期作業	1人日 x 15本

表 2.1: 人工知能特論電子教材の作成コスト

作業	詳細	コスト
撮影	カメラ2台収録, DVCAMデータ利用	撮影実数8日
編集	コピー作業 (DVCAMからVHS)	
	プリ編集 (ノンリニア編集, DVCAM使用)	20H x 15本
	本編集 (タイトル, テロップ入れDVCAMで完プロ)	5H x 15本
	ダビング (DVCAMからデジタルベータカム)	
VOD版作成	映像作成 (デジタルベータカムからMPEG1へのエンコーディング)	300,000円 x 15本
Web版作成	映像作成 (デジタルベータカムからRealVideoへのエンコーディング)	250,000円 x 15本
	テキストおこし (VHSテープより逐語訳および逐語訳の編集, 完プロ化)	2人日 x 15本
	図表のデータ作成 (FLASHコンテンツの作成, タイムコード表作成)	4人日 x 15本
	フレーム作成	4人日
	テキスト/用語解説リンクツール作成	7人日
	掲示板システム, FAQシステム作成等	20人日
	SMILファイル作成	1.5人日 x 15本
	同期作業	1人日 x 15本

表 2.2: ソフトウェア設計論電子教材の作成コスト

2.4 コースウェア学習システムの利点と問題点

2.4.1 コースウェア学習システムの授業への適用

これまでに説明してきた2つのコースウェア学習システムを、実際に本学の基幹講義である人工知能特論，ソフトウェア設計論の講義の一部として受講者に使用してもらい，アンケートを用いて，その反応を調査した．その結果を次に述べる．

2.4.2 利点と問題点

まず，利点としては以下のものが挙げられる．

- 電子教材作成自体は非常に作成コストを必要とするが，教授者は，自分自身のポリシー（講義の進め方，資料）に沿って作成していけばよいため，教授者にとっては比較的作成しやすいのではないかとと思われる．
- 学習者が電子教材を用いて予習等を行なう場合，例えば，第1章から一通り，ひとつひとつ学習していく場合には，コースウェア学習システムを用いた学習は有効であると思われる．

しかし一方，問題点として以下のものが挙げられる．アンケートから得られた問題点としては，

- 学習者毎に学習ニーズや知識などが異なるため，学習者間で学習効果の差異が生まれる．
- 学習者が必要としている情報を即座に得ることができない（ピンポイントに必要な情報のみを取得することができない）
- 自分自身がどのような学習を行ってきたのかをフラッシュバックすることができない（Bookmark，学習履歴等を利用して，自分自身の行ってきたことをもう一度行うなど．）
- 時系列に電子教材が進んでいくため，印刷，または，ファイル等へ出力させ，後で，再学習することが困難であった（必要なマルチメディアコンテンツのみを取得してくる．）

である。また、システムログ情報から得られた問題点は、

- 学習コンテンツを検索する手段としては、基本的に目次とスライダバーしか存在していないため、学習者が場所を学習しようとした場合、そのたびごとにスライダバーを用いて直感的に場所を指定する必要がでてくる。そのため、何十回もスライダバーを用いて、戻ったり進めたりしていた傾向が見られた（動画のようなマルチメディアデータが存在する場合、シーク+再生にかなり時間を要してしまい、学習者の意欲を損なう場合がある。）
- 特定の位置をピンポイントに指定できないために、5～10秒前後のところを何回も指定しなおしているという傾向があった（特定の箇所を、性格に指定しにくい）

これらの問題点から考察すると、コースウェアベースの学習では、電子教材のもつ特性を最大限に生かしきれておらず、改善または、発展すべき点が多々存在すると思われる。

これらの問題点の主な共通点は、あらかじめ決められた教材のみしかみることができず、学習者の要求に応じて教材を変化させることができないために起因しているものであると思われる。そのため、これらの問題点を解決するためにシステムを改善する必要があると思われる。

第3章

本システムの設計と実現

本章では，前章で述べたコースウェア学習システムの問題点を軽減することができるシステムの構築について述べる．まず，システムに必要とされる機能について列挙し，そして，それを実現するための手法を示す．また，最後にその実現したシステムの利用方法についても述べる．

3.1 システムの概要

3.1.1 システムの設計方針

まず，システムを構築するために，前提条件として，以下の設計方針を掲げる．

- 方針1. 既存のコースウェアマルチメディアコンテンツをそのまま利用
提案するシステム用に新たにマルチメディアコンテンツを作成するのではなく，コースウェアシステムのコンテンツをそのまま使用する．その理由は，前章でも示したように，マルチメディアコンテンツをスクラッチから作成し直すには多くのコストを必要とするからである．また，一般的なコースウェアコンテンツで使用可能なシステムが望ましいであろう．そのため，これらのコースウェアコンテンツ内に内在する情報を上手く抽出して活用する必要があると思われる．
- 方針2. 教授者，学習者に必要以上の負荷は与えない
システムを構築，使用するために，教授者，学習者に必要以上に負荷を与えるべきではない．出来る限り，計算機で自動化させる必要があると思われる．

- 方針 3. 学習者の要求に応じて必要な学習コンテンツを提供させる

前章で得られた問題点をふまえ，コースウェア学習システムのように，教授者があらかじめ指定した場所，メディアを用いて閲覧，学習するのではなく，学習者が必要している個所，メディアを動的に選択し，学習することができるシステムを目指す．そのためには，“必要なもの”を探索するための機能が必要となる．それらの機能に関しては次に示す．

- 方針 4. システムに必要な機能を変更容易にする

電子教材システムは，実際の講義の中で使用していきつつ，かつ，学習者からのフィードバックを取り得れながらインクリメンタルに修正，変更する必要があると思われる．そのため，1 機能を改善するために，システム全体の再構築が必要となってしまうと，その度ごとに非常に大きなコストを必要としてしまうことになる．この改善コストを最小限に押さえるために，システムの核の部分は修正せずに，変更の必要のある機能の部分のみを修正するだけで再構築できるシステムを目指す必要がある．

3.1.2 システムの機能

学習者の要求に応じて，必要なコンテンツのみを取得するために，今回は，以下の機能を提案し，実現する．個々の特徴，詳細は以下のとおりである．

- 電子教材内のマルチメディアコンテンツに着目した検索機構

膨大なマルチメディアコンテンツから，一意に自分が学習したい個所を取得するためには目次だけでは不十分である．そのため，学習したと思う個所のみを検索できる機能が必要となる．しかし，その際，マルチメディアコンテンツ（特に，動画，静止画）において，画像認識技術や音声認識技術を利用して信頼性の高い検索を生成することはまだ容易ではない．

そこで，マルチメディアコンテンツに内在するさまざまなテキストデータを用いてキーワード検索を行うことができる機構を提案する．具体的には，コンテンツ内には，テキスト情報として，教授者の音声テキスト，スライド内に存在するテキスト情報，また，そのタイトル情報などが存在する．これら個々のテキスト情報は，量，重要度，キーワードの存在頻度などに差異がある．そのため，これらを入力条件で指定することで，学習したい情報を比較的容易に検索することが可能となる．また

さらに、キーワード文字列の他に、知識単位ごとの指定（章の指定）などを行うことでさらに有益な絞りこみを行うことが可能となる。同様なアプローチは、遠隔教育システム「VIEW Classroom」でも行なわれている [18]。しかし、本アプローチでは、教授者の発話テキストも検索対象としているところや、キーワード文字列以外にもさまざまな選択肢があるところなどが異なる。さらに、本システムでは、コンテンツの検索だけでなく、次に示す他の機能も保持している。

ここで、検索の単位、すなわち、コンテンツのグレインサイズ（粒度サイズ）が重要となってくる。検索を行なう場合、その対象となるコンテンツの最小単位を決めておかないと、抽出する区切りが決定できないためである。今回は、教授者が用いるスライド一枚をそのグレインサイズとする。これにより、検索時に最小、スライド一枚単位でマルチメディアコンテンツを取得することが可能となる。

- 電子教材におけるブックマーク機構

上記のようなコンテンツ内にのみ存在するデータを頼りにコンテンツを探索するには限界がある。そのため、学習者独自の個人情報を登録させ、その情報を利用させることで、さらに学習効率が促進すると思われる。

学習者は、一度身につけた重要な知識でも往々にして忘れてしまうことはよくあることである。その際、もう一度その知識を取得しようとして学習しようとしても、そのコンテンツがどの場所にあったのかを再認識できない場合がある。そのような問題を回避するために、一度学習をして重要であると思った箇所にブックマークを付加させ、それを個人情報をして保存させておき、必要な時に取り出すことに学習をより効果的にフラッシュバックさせることが可能となる。

ブックマークとは、日本語で“しおり”を意味し、あらかじめ登録しておけば、必要な時にリストアップされて、特定の位置へ飛ぶことができる仕掛けを表す。Webブラウザなどでも便利な機能の一つとして頻繁に使用されている。このブックマーク機能を学習システムへ組み込むことにより、検索だけでは補うことができない要求に応じた学習を行なうことができると予想される。

- 状況に応じたマルチメディアコンテンツの選択機構

システムから学習コンテンツを取得する場合、標準では、ビデオ映像、スライド、テキストがすべて再生されるようになっている。しかし、すべての学習者が、学習時に、そのようなマルチメディアコンテンツすべてを欲するとは限らない。

たとえば，ネットワークの帯域問題などで，ビデオ映像のような広帯域を要求するコンテンツよりも，音声コンテンツを要求する場合があるかもしれない．また，復習，情報の整理などで，実際のコンテンツをプリントアウトしたい場合もあるだろう．そのような場合には，静止画とテキストの一覧をコンテンツとして生成できれば，非常に有効であると考えられる．

このように，検索，ブックマークなどから取得したコンテンツを学習者の閲覧したい眺め方で閲覧することも，学習効率を上げる上で非常に重要なことであると思われる．

今回は，これら3つのアプローチに焦点を当てたシステムを実現する．これらの機能を実現するためには，存在するマルチメディアコンテンツから必要なもののみを動的に学習者へ提供することができる仕掛けが必要となる．その実現手法に関しては，次節以降で述べる．

3.2 システム設計

前節の設計方針，必要とされる機能をふまえ，システムを設計する．まず，システムの全体像について述べ，その後，個々のモジュールに関して説明していく．

3.2.1 全体像

図3.1では，本システムの全体像である，システム構成図を示している．コンテンツを提供するサーバ群は，マルチメディアコンテンツサーバ，データベースサーバ，WWWサーバから構成されている．マルチメディアコンテンツ自体を管理するマルチメディアコンテンツサーバだけでなく，動的に電子教材を学習者に提供するためには，その他の付加情報（コンテンツ内に内在するさまざまな情報）も管理し，利用する必要がある．そのため，そのような情報を管理するものとしてデータベースサーバを用いる．そして，wwwサーバは，実際に学習者を通信を行ない，2つのサーバから必要なデータを取得し，教材を動的に生成する役割を果たす．これにより，WWWブラウザを介して，学習者へ要求に応じて動的に教材を提供することが可能になる．

以下では，個々のサーバの特徴，役割に関して述べる．

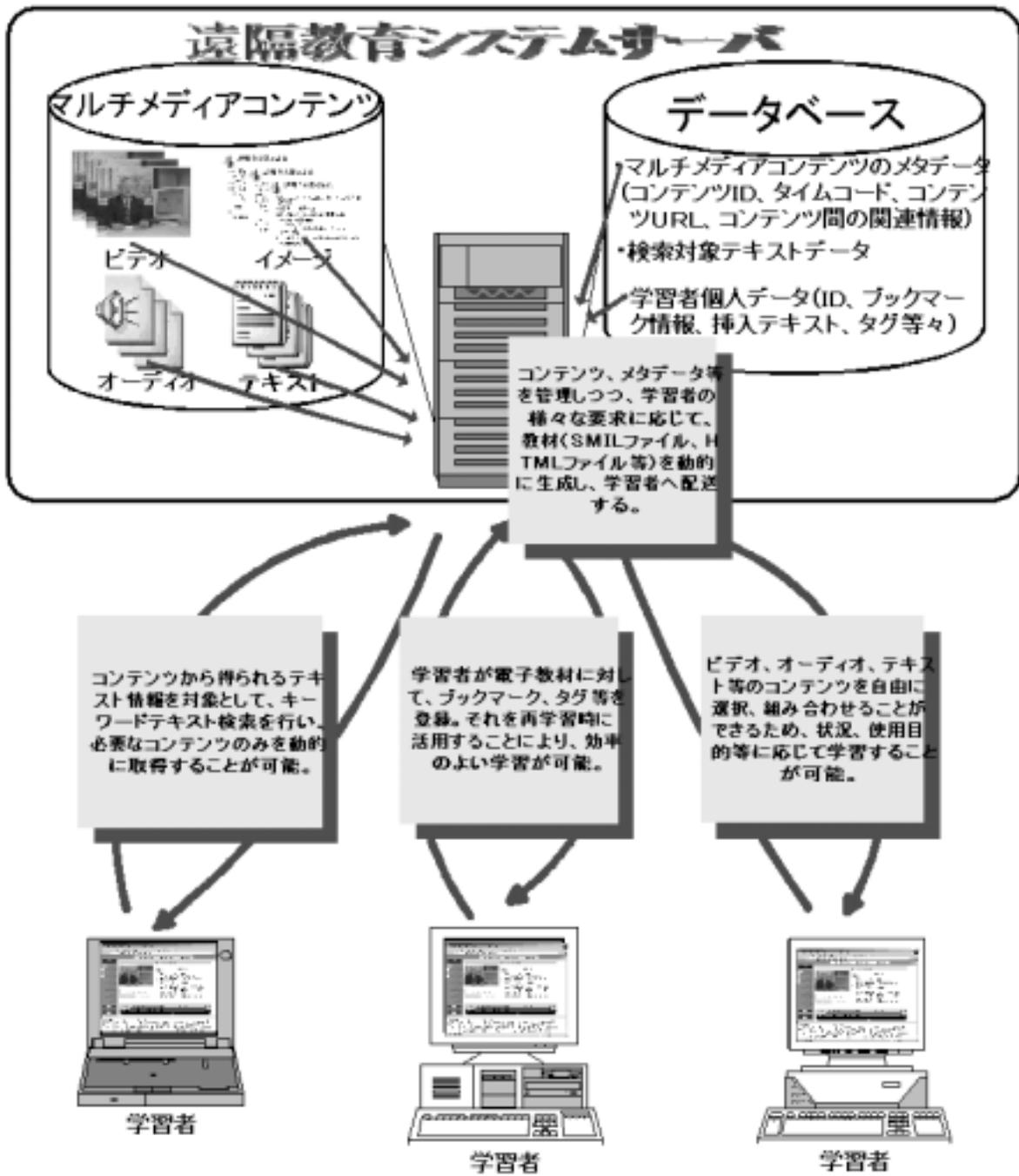


図 3.1: 提案するシステム構成図

3.2.2 マルチメディアコンテンツサーバ(RealServer)部

マルチメディアコンテンツサーバ部の概要

マルチメディアコンテンツサーバ(RealServer)は、電子教材をして利用されるマルチメディアコンテンツ群を管理、提供するサーバである。ここで管理されているコンテンツは、既存のコースウェアコンテンツである。ここで管理されるコンテンツから、wwwサーバは必要なものだけを指定して学習者へ提供する。

本システムで格納したマルチメディアコンテンツは、人工知能特論、および、ソフトウェア設計論のコースウェアコンテンツ全15回分である。その中には、動画(RealVideo形式)、静止画(gif形式)、アニメーション(Flash形式)、テキスト(Realテキスト形式、または、HTML形式)等が存在する。

ストリーミングを使用したコンテンツ制御

本システムでは、マルチメディアコンテンツサーバとして、RealServer8.0[14]を使用した。RealServerは、RTSP(RealTime Streaming Protocol)というプロトコルを用いて、さまざまなネットワーク条件の場合でも、比較的安定したストリーミングコンテンツを提供することができる。そのため、マルチメディアコンテンツ配信をRealServerに委託することにより、学習者に信頼性の高い電子教材を提供することができるのである。

3.2.3 データベース部

データベース部の概要

データベースサーバでは、学習者の要求に応じて電子教材を提供するために、マルチメディアコンテンツ以外にシステムに必要となる情報を管理、提供する。そのような情報は、大きく、マルチメディアコンテンツに関するメタ情報と学習者による個人情報の2つに分類される。前者は、コンテンツに付随する情報、たとえば、タイムコード、格納場所、コンテンツ間の関連情報などである。一方、後者は、電子教材を利用する上で必要となる、ユーザ名、パスワード、ブックマーク情報、学習履歴情報などがそれにあたる。これらの情報は、コースウェアコンテンツから抽出し、データベースへ格納させる。

リレーショナルデータベースの利用

上記の情報を管理するデータベースとして、リレーショナルデータベースを用いた。リレーショナルデータベースとは、データを2次元のテーブルに格納するデータ管理方式の一つであり、また、その方式に基づいて設計されたデータベースを意味する。1970年に、IBM社のEdgar F.Codd氏によって提唱されたリレーショナルデータモデルの理論に従っている。1件のデータを複数の項目（フィールド）の集合として表現し、データの集合をテーブルと呼ばれる表で表現する方式である。このリレーショナルデータベースを用いることにより、上記に示すさまざまなデータを形式的に管理することが可能であり、また、個々のデータの結合や抽出の容易に行なうこともできる。

本システムでは、リレーショナルデータベースとしてOracle 8.1.5[19]を使用した。次に、実際に定義したデータベーステーブルを示す。

定義したデータベーステーブル

本システムを構築するにあたり、定義したデータベーステーブルを示す。これらは、前述したように、マルチメディアコンテンツのメタ情報を管理するデータベーステーブル群と、学習者の個人情報を管理するデータベーステーブル群の大きく2つにわかれている。まず、マルチメディアコンテンツ情報に関するデータベーステーブルを示す。

表 3.1 で示すテーブル VIDEO には、動画コンテンツに関する情報を格納する。

名前	データ型	詳細
video_id	varchar2(10)	ビデオデータ ID, primary key
video_path	varchar2(50)	ビデオデータの格納場所
video_time	number	ビデオデータ長 (秒)

表 3.1: VIDEO データベーステーブル

表 3.2 で示すテーブル IMAGE には、静止画スライドコンテンツに関する情報を格納する。

表 3.3 で示すテーブル TEXT には、教授者の発話テキストコンテンツに関する情報を格納する。

表 3.4 で示すテーブル RELATION には、個々のマルチメディアコンテンツ間の関連情報を格納する。

名前	データ型	詳細
image_id	varchar2(10)	スライドデータ ID , primary key
image_title_time	varchar2(100)	スライド内のタイトルテキストデータ内容
image_contents_data	varchar2(300)	スライド内のテキストデータ内容
image_path	varchar2(50)	スライドデータの格納場所

表 3.2: IMAGE データベーステーブル

名前	データ型	詳細
text_id	varchar2(10)	テキストデータ ID , primary key
text_data	clob	テキストデータ内容
text_path	varchar2(50)	テキストデータの格納場所

表 3.3: TEXT データベーステーブル

名前	データ型	詳細
relation_id	number	リレーション ID , primary key
video_id	varchar2(10)	ビデオデータ ID
image_id	varchar2(10)	スライドデータ ID
text_id	varchar2(10)	テキストデータ ID
start_time	nmuber	コンテンツの開始時間 (秒)
end_time	number	コンテンツの終了時間 (秒)

表 3.4: RELATION データベーステーブル

次に学習者の個人情報に関するデータベーステーブルを示す．表 3.5 で示すテーブル AUTHENTICATION には，個々のユーザの ID とパスワードを格納する．しかし，今回はこのテーブルは実際には作成せず，本学 JAIST 内の NIS passwd 情報をそのまま使用した．

名前	データ型	詳細
user_id	varchar2(10)	ユーザ名，primary key
user_passwd	varchar2(10)	ユーザパスワード

表 3.5: AUTHENTICATION データベーステーブル

表 3.6 で示すテーブル BOOKMARK には，学習者のブックマーク情報を格納する．

名前	データ型	詳細
user_id	varchar2(10)	ユーザ名
video_id	varchar2(10)	ビデオデータ ID
bookmark_date	date	ブックマークの登録日時
bookmark_title	varchar(200)	ブックマークの表題
bookmark_contents	varchar(4000)	ブックマークのコメント情報

表 3.6: BOOKMARK データベーステーブル

表 3.7 で示すテーブル SEARCH には，学習者が検索を行なった履歴を格納する．

名前	データ型	詳細
user_id	varchar2(10)	ユーザ名
search_date	date	検索日時
search_query	varchar2(500)	検索時に使用したクエリー情報

表 3.7: SEARCH データベーステーブル

表 3.8 で示すテーブル ACCESS_LOG には，学習者が電子教材にアクセスした履歴を格納する．

上記データベーステーブル上で使用したデータ型に関する詳細を表 3.9 に示す．

名前	データ型	詳細
user_id	varchar2(10)	ユーザ名
video_id	varchar2(10)	ビデオデータ ID
access_time	number	アクセスした個所
access_date	date	アクセス日時
access_media	varchar2(10)	使用するメディア
access_method	varchar2(10)	アクセス方法

表 3.8: ACCESS_LOG データベーステーブル

データ型	意味
varchar2	可変長文字列
number	数値
date	日付
clob	大容量文字列データ

表 3.9: データ型の詳細

3.2.4 www サーバ部

www サーバ部の概要

www サーバは、実際に学習者と直接やり取りを行なう役割を担っている。まず、学習者が送信したさまざまなリクエスト（目次、検索、ブックマーク）を受取る。そして、そのリクエストを基に、マルチメディアコンテンツサーバとデータベースサーバから必要なコンテンツリソースを取得し、動的に学習コンテンツを生成し、学習者へ送信するのである。

図3.2では、この学習者とWWWサーバとのインタラクションを示している。まず学習者は、WWWサーバに対して検索や目次、またブックマーク登録などで必要な学習コンテンツのリストを取得する。それから、そのリストの中の一つを選択すると、WWWサーバはそれに相当する学習コンテンツを生成して学習者送信することになる。その際、WWWサーバは、マルチメディアコンテンツに関してはメディアサーバから、また、メタ情報に関してはデータベースサーバから取得し、それらをもとにHTML、SMIL ファイルを動的に生成する。HTML、SMIL ファイルには、「どのコンテンツを使用するのか」、「どの辺りを使用するのか」また、「どれくらいの時間使用するのか」などが記述されている。

CGI を用いた制御

本システムでは、www サーバとして、Apache-1.3.20[20] を使用した。また、学習者とのやり取りを制御するために CGI を用いた。Perl を用いて実現し、データベースとの通信に DBI/DBD、また、日本語まわりに関する Jcode などの各種モジュールも多用した。さらに、ユーザ認証を本学 JAIST NIS passwd 情報をそのまま利用するために、Apache モジュールの1つである mod_auth_pam も使用した。表 3.10 では、作成した CGI プログラムとその機能を示している。

なお、本実装では、この中心部に CGI-Perl をという組み合わせを使用した。システムのさらなるパフォーマンス、または、再利用性を追求する場合は、この中心部を、Apache+Tomcat[21] による Java Servlet、JSP を用いた構成にするのが最善であると思われる。具体的には、学習者に提供するユーザインタフェース部には JSP、また、学習者とのやりとりをする部分には Java Servlet を、さらに、その実際のロジック部（学習コンテンツ生成、データベースアクセス部、検索部、ブックマーク部など）を Java Beans で構築することにより、実現することが可能であると思われる [22]。

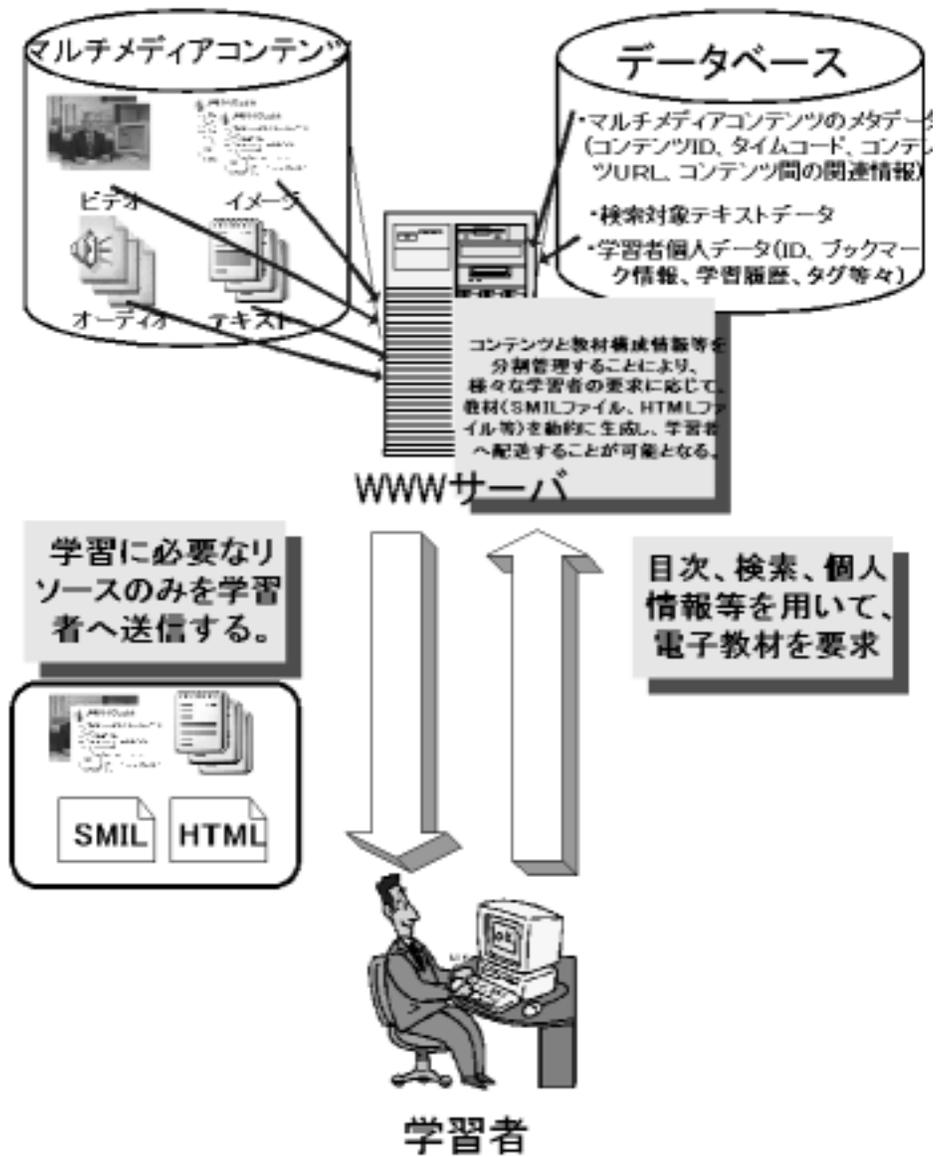


図 3.2: WWW サーバと学習者間のインタラクション

プログラム名	詳細
create_bookmark_form.cgi	ブックマーク登録フォーム表示
regist_bookmark.cgi	ブックマーク登録
modify_bookmark.cgi	ブックマーク変更
show_bookmark_list.cgi	ブックマークリスト表示
show_content.cgi	目次リスト表示
show_search_list.cgi	検索結果表示
create_contents.cgi	学習者のリクエストから電子教材を生成
create_contents2.cgi	同上
Millennium/Chapter.pm	章に関する情報
Millennium/Config.pm	システムのパラメータ
Millennium/Converter.pm	日本語の統一化
Millennium/DBaccess.pm	データベースへのアクセス

表 3.10: 本システムで使用される主な CGI プログラムリスト

3.3 システムの使用例

本節では、実現したシステムの使用方法について述べる。学習者が利用する際の学習手順や、個々の機能の活用方法に焦点を当てて説明する。

3.3.1 システムの使用環境と立ち上げ方

本システムを用いて学習する前に、まず必要となるソフトウェアがインストールされているかチェックする必要がある。必須環境は以下のとおりである。

- OS Window 98/Me/2000/XP
- WWW ブラウザ InternetExplorer 5.5 以上 (JavaScript を使用可にする)
- RealPlayer Version 8 以上

本システムは、Netscape には対応してはいない。しかし、InternetExplorer のシェアが 90% を越えている現在では、さほど問題にすることではないと思われる [23]。

システムの立ち上げ方は、まず、InternetExplorer を起動し、指定された URL を入力する。すると、図 3.3 のようなユーザ認証画面が表示され、ユーザ名とパスワードを要求してくる。誤ったパスワードを入力した場合は、学習することができないため注意が必要である。



図 3.3: ユーザ認証画面

認証に成功すると図 3.4 で見られる画面が表示される。大きく、メインパネルとメニューパネルから構成されており、メニューパネルでは、機能を選択し、メインパネルでは、表示されている電子教材へのリンクが表示される。そのリンクをクリックすると、必要な電子教材が生成され、学習を行なうことができる。

3.3.2 目次機能

目次機能は、図 3.5 で示すように、一つの講義がカテゴリ、サブカテゴリに分類されており、また、その学習コンテンツへのリンクを提供する。個々のカテゴリをクリックすると、それに関する学習コンテンツを取得することができる。

3.3.3 ブックマーク機能

ブックマークの登録は、図 3.6 で示すように、学習中に表示されるブックマーク登録ボタンを用いて行なう。この登録ボタンをクリックすると、ブックマーク登録フォームが現れる。その登録フォームに記入し、登録ボタンをクリックすると登録完了である。



図 3.4: メイン画面



図 3.5: 目次画面



図 3.6: ブックマーク登録画面

ブックマークの閲覧，変更，削除などに関しては，メニューパネルの「ブックマーク」をクリックすれば辿ることができる。

3.3.4 検索機能

検索機能は，メニューパネルの「検索」をクリックすると辿ることができる。図 3.7 では，検索の実行例を示している。検索を行なうために必要となる，文字列，方法，対象箇所，対象範囲を指定して，検索ボタンをクリックすると，そのリクエストに対してマッチングした検索結果が章順でメインパネルに出力される。



図 3.7: 検索実行画面

3.3.5 メディア選択機能

電子教材を閲覧する前に、図3.8に示すメディア選択チェックボックスを使用すると、必要なメディアのみを選択することができる。その選択例も以下に示す。

メディアの選択		
<input checked="" type="checkbox"/> ビデオ	<input checked="" type="checkbox"/> スライド	<input checked="" type="checkbox"/> テキスト

図 3.8: メディア選択チェックボックス



図 3.9: メディア選択例1(ビデオ+テキスト)



図 3.10: メディア選択例2(スライド+テキスト)



図 3.11: メディア選択例3(テキストのみ)

第4章

本システムを用いた実証実験

本章では、前章で構築した「本システム」を利用し、「既存コースウェアシステムとの比較実験」を行なうことにより、本システムの有効性について考察、議論する。

本システムの評価には、2つの方法を用いる。まず、4.1, 4.2, 4.3 節で、本研究室で設計、開発されている AHP を用いた評価手法を用いて、既存のコースウェアシステムと本システムについての直感的、または、感覚的な2システムの比較評価を行なう。またその次の4.4 節では、システム内の個々に機能における、AHP 評価法では評価しきることのできないシステムの機能に着目した詳細な事項に関して、独自のアンケートを用いて評価を行なう。

4.1 AHP を用いた評価実験プロセス

評価実験の詳細に入る前に、まず、本実験における評価実験プロセスについて述べる。ここで述べる評価実験プロセスに沿って実験を進めていき、構築したシステムの有効性について議論する。

4.1.1 評価法の概要

本評価実験では、本学、落水研究室で開発、設計された評価法 [2][24] に沿って進めて進めていく。本評価手法は、AHP (Analytic Hierarchical Process) 階層化意思決定法を利用した電子教材の評価法である。この評価法を用いて、従来のコースウェア学習システムと、提案、構築したシステムシステムとを比較、議論する。本節では、まず、本評価法の核と

なる AHP に関して説明し，次にその評価プロセスの各フェーズに関して詳細に述べる．

4.1.2 AHP とは

AHP (Analytic Hierarchy Process) 階層化意思決定法とは，いくつかの候補案の中から 1 つを選ぶという意思決定問題に対し，人間の主観的な価値判断をとりいれつつ，合理的な決定を下すための手法である [25][26]．この AHP は，1970 年代に米国ピッツバーグ大学 T.L.Satty 教授によって開発された意思決定問題 (評価問題) に対するシステムズアプローチであり，人間の主観判断を手軽に取り扱うことが可能である．AHP は「首都機能移転候補地選定」や「ペルー人質事件」などの国家規模の政策決定から「人事評価」などの企業経営上の意思決定まで幅広く利用されている [27]．

意思決定プロセスにおいては，はじめに問題を明確にし，その問題を解決するための解決策や計画案などの代替案を生成する．そして，いくつか代替案が存在する場合に，どの代替案を選択するかといったことが次の段階の問題となる．この時，代替案に対して客観的に比較評価が可能である場合と主観的な評価に頼らざるを得ない場合がある．このような状況での選択問題に，AHP は威力を発揮する手法である．

AHP 階層の例

AHP では，はじめに意思決定の問題を分解し，問題 (Problem) または目的 (Goal) ，評価基準 (Criteria) または目標 (Objectives) ，代替案 (Alternatives) の関係で捉えて，階層構造を構築する．例として，遊園地において乗り物を決定する場合での，AHP を利用した意思決定問題について以下に説明する．遊園地での乗り物選択問題における AHP 階層構造を図 4.1 に示す．

- 問題または目的
総合的な目標を総括した対象．図 4.1 では「遊園地での乗り物選択」となる．
- 評価基準または目標
目的は目標を満たすことによって達成される．評価基準は，どの代替案がどれくらい目標を満たしているかを評価するために使用される．評価基準と目標とは，語彙的には類義語ではないが，AHP による解析においては類義語として扱われる．図 4.1 では「好奇心」「値段」「待ち時間」となる．

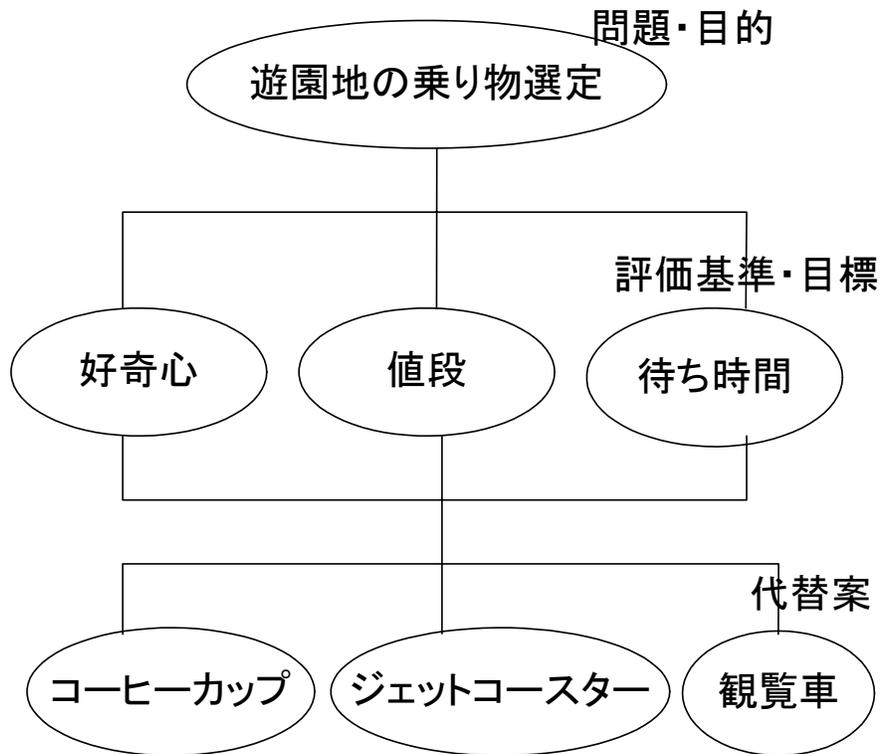


図 4.1: 遊園地の乗り物選択問題における AHP 階層

- 代替案

最終的な目的を達成するための選択肢である。図 4.1 では、「コーヒーカップ」「ジェットコースター」「観覧車」となる。

AHP では、階層構造のあるレベルの要素を一つ上のレベルの要素を評価基準として一対比較を行い、その相対的なウェイトを決定する。図 4.1 では、「遊園地での乗り物選択」を評価基準として、「好奇心」「値段」「待ち時間」に関して一対比較を行い、ウェイトを決定する。同様に代替案についても、「好奇心」「値段」「待ち時間」をそれぞれ評価基準としてウェイトを決定する。

一対比較

一対比較とは、ある評価基準を基にして 2 つの要素を比較することである。これには、要素 i は要素 j と比較して、「どのくらい好ましいですか？」や「どのくらい重要ですか？」などの問いに答える形式で行う。2 つの要素のみに関して比較を行うため、数多くの要素の順序付けをする必要がなく、利用者の負担を減らし、かつ的確な判断を得ることが可能

となる。

注意点

AHP 評価法では，厳密な規定は存在してはいないが，いくつかの注意点がある．この注意点について以下にまとめる．

- 階層構造における同一レベルに取り入れる要素(項目)は互いに独立性の高いものを採用すること
- 一対比較の対象となる要素数は7個まで，多くても13個以下にする
- 総合的なウェイトは，通常選好度を示しており，この値の大きい順に好ましいことを表すが，この値の差にはあまり意味が無いとされている

4.1.3 プロセスの詳細

図4.2では，前節で詳細に説明したAHPを用いた評価手法のプロセスを，UML[28]のアクティビティ図を用いて示している．アクティビティ図は，本質的にフローチャートであり，アクティビティからアクティビティへの制御のフローを表現するものである．ここでは，評価プロセスの全体像を表現する．

図4.2からもわかるように，本評価プロセスでは，被験者，実験実施者，AHP階層図設計者，分析者の4つのスイムレーンが登場する．図中の楕円(circled box)はアクティビティを示し，破線矢印は，そのアクティビティのフローを表す．また，長方形(rectangular box)は，オブジェクトを示し，直線矢印は，あるアクティビティから別のアクティビティへのオブジェクトのパスを表す．以下に，個々のスイムレーンごとのプロセスについて説明している．

1. 被験者

被験者(受講者)は，教授者から提供された評価対象となる電子教材による講義を受講する．その講義の受講後に，実験実施者から渡されたAHPアンケート用紙に回答する．

2. 実験実施者

実験実施者は，AHP階層図設計者が設計した完成版のAHP階層図を受け取り，それを基にAHPアンケート回答用紙を作成する．被験者が受講した後に，そのAHPア

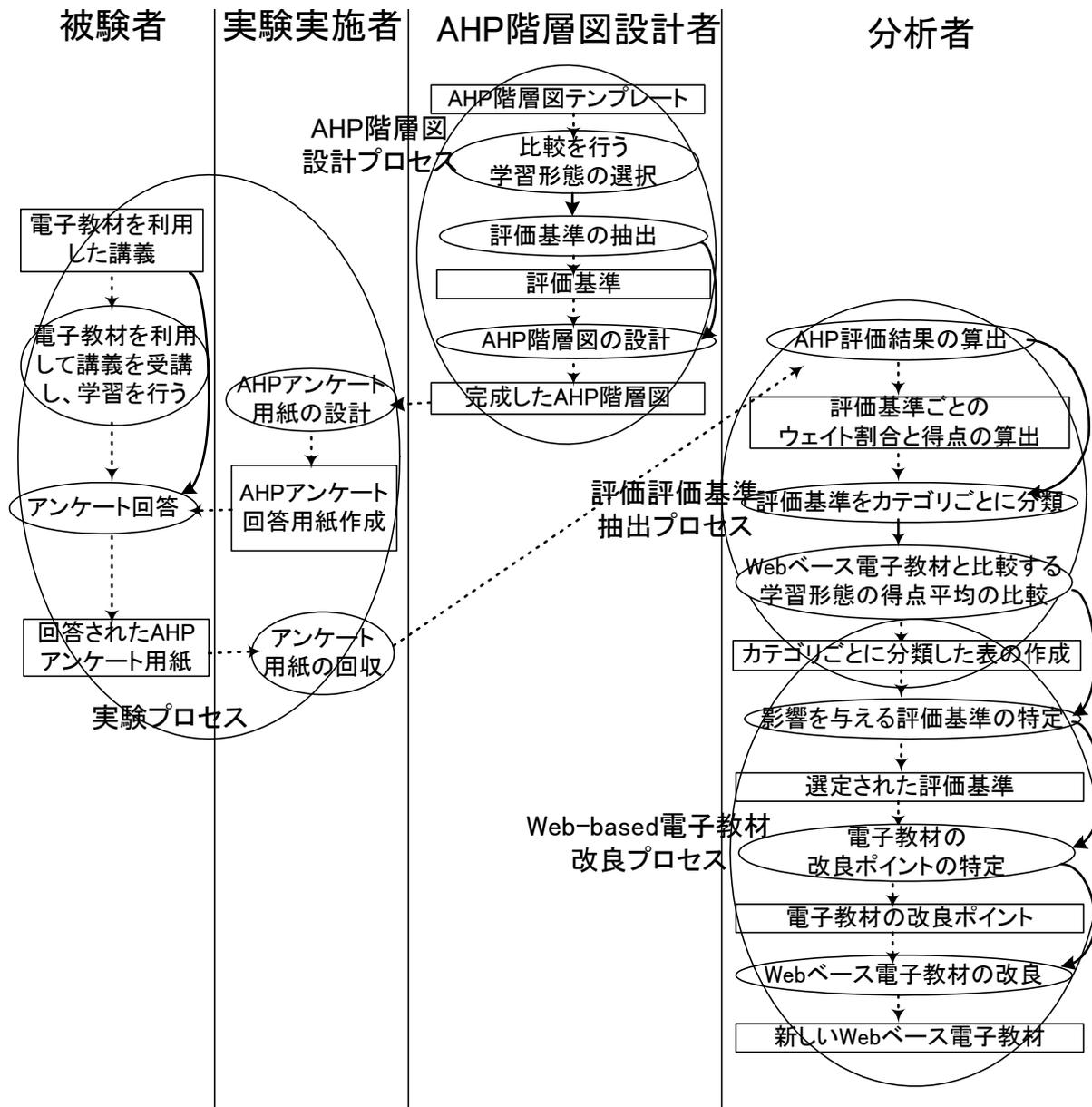


図 4.2: AHP を用いた評価プロセス

ンケート回答用紙を被験者に渡す。被験者が AHP アンケート用紙を記入後に回収し、それを分析者へと渡す。

3. AHP 階層図設計者

AHP 階層図設計者は、AHP テンプレートを用意する。AHP テンプレートとは、AHP 階層図を電子教材評価用に設計するための基本テンプレートである。この AHP テンプレートには、目的となる質問、代替案となる「評価対象の電子教材」と「他の学習形態」から構成される。

また、AHP 階層図設計者は「評価対象の電子教材」と比較する「他の学習形態」を選択し、その双方に共通の機能や内容などを抽出し、その中から評価基準として適切なものを決定する。決定した評価基準を基に、AHP 階層図の設計を行う。

4. 分析者

分析者は、実験実施者が被験者から回収した AHP アンケート回答用紙の結果を集計する。この集計過程において、各評価基準のウェイト値と得点を算出する。算出方法については、前節述べた行列式の計算にて行う。評価対象の電子教材と比較する他の学習形態の得点間の比較には、T 検定、または、分散分析等を行い、その得点間の比較の有意差を調べる。その詳細に関しては、後節にて説明する。

次に得点と検定の結果から、各評価基準をカテゴリごとにそれぞれ分類する。このカテゴリを表 4.1 に示す。表 4.1 から、被験者(受講者)が実際に利用した上で、評価対象とする電子教材に影響を与えていると考えられるパラメータを判断し、この得られたパラメータを基に電子教材の改良を行う。以下、電子教材の特性を示した特性表について述べる。

次節では、本節で説明したこの評価プロセスを適用し、行なった実証実験に関して詳細に述べる。

4.2 実証実験(評価プロセスの適用(1))

本節では、前節で述べた評価プロセスを用いて、実施した本システムの評価実験に関して述べる。まず、評価実験の概要について述べ、次に、評価プロセスに従い、AHP 階層図設計者と実験者、そして被験者の振る舞いに関して述べる。

	統計的に有意差あり	有意差なし
高い 得点 (100点/評価基準 の項目数以上)	効果的な学習をする 際に影響を与え、 評価対象とする電子教材と比較する 学習形態間の差を特徴付ける重要な パラメータとみなす	効果的な学習をする 際に影響を与える パラメータとみなす
低い 得点 (100点/評価基準 の項目数以下)	評価対象とする 電子教材と比較する 学習形態の差を特徴付ける パラメータとみなす	評価対象とする 電子教材に影響を与える ような重要なパラメータ であるとはみなさない

表 4.1: 評価基準を得点と有意差ごとに分類 (特性表)

4.2.1 実験の概要

本研究では、まず、一般的なコースウェア学習システムの問題点を指摘し、学習者の学習効果をさらに改善するために、いくつかの機能を提案し、実現した。本実験では、従来のコースウェア学習システムと作成した本システムとを比較することにより優位性、有効性を評価する。

今回、本実験の舞台となる講義は、本学で開講されている片山卓也教授によるソフトウェア設計論である。この講義内では、講義期間中に、第2章で説明したコースウェアシステム使用されていたため、講義の受講者は、全員、コースウェア学習システムを使用した経験を有している。そのため、その受講者に本システムを利用してもらうことにより、双方のシステムを用いて学習したことになるため、比較、検討をすることが可能となる。また、本実験は、講義期間の終盤に行なったため、本システムは主に復習としての使用用途として用いられた。

本実験の被験者は、ソフトウェア設計論の受講者の中の内、自発的に本システムを活用したいと願い出て頂いた12名の方々に協力してもらった。AHP階層図設計者と実験者、また、分析者は筆者が担当した。

また、実験は以下のスケジュールのもとで行なった。個々のスイムレーンの詳細な活動に関しては後で述べる。

- 2001年10月 ソフトウェア設計論開講．コースウェアシステムは，講義期間中，随時使用可能．
- 2001年11月 AHP 階層図設計者，実験者による実験準備
- 2001年11月20日 実験者による実験の主旨説明
- 2001年11月20日～30日 被験者による本システムの使用期間
- 2001年11月30日 ソフトウェア設計論 期末試験
- 2001年12月 分析者によるアンケート回収．分析．

4.2.2 AHP 階層図とアンケートの設計

AHPを用いた評価を行なうためには，まず第一に，AHP 階層図を設計しなければならない．そのためには，コースウェアシステムと本システムの機能を効果的に比較，評価することができる評価基準を選定する必要がある．しかし，現状では双方のシステムを比較して，これらの評価基準を十分に洗い出すまでには至らなかった．そこで今回は，本研究室で開発されている AHP 階層図設計法 [29] を用いて，図 4.3 で示す階層図を作成した．

以前に，この設計手法を用いて，以下に示す4つの評価基準の基となる因子が抽出されていた．

- 第1因子「教授者のプレゼンテーション」
- 第2因子「システムが提供する機能」
- 第3因子「学習空間の快適さ」
- 第4因子「満足感」

その内，「教授者のプレゼンテーション」に関しては，コースウェア学習システムと本システムでは同一のマルチメディアコンテンツを使用しているため，プレゼンテーションには双方に差異はないと見做し，評価基準から省いた．それ以外の3つの因子をもとに，評価基準の洗いだしを行ない，AHP 階層図を設計した．

問題を「効果的な学習をするために，あなたはどちらの学習形態を選択しますか？」とし，この問題に対する代替案として，コースウェア学習システムである「Web ベース電子教材」と本システムである「改良した Web ベース電子教材」を選択した．

第2階層の評価基準としては、「学習教材の使いやすさ」、「学習空間の心地よさ」、「学習全体の満足感」の3つを選択した。以下に、各評価記述の詳細について説明する。

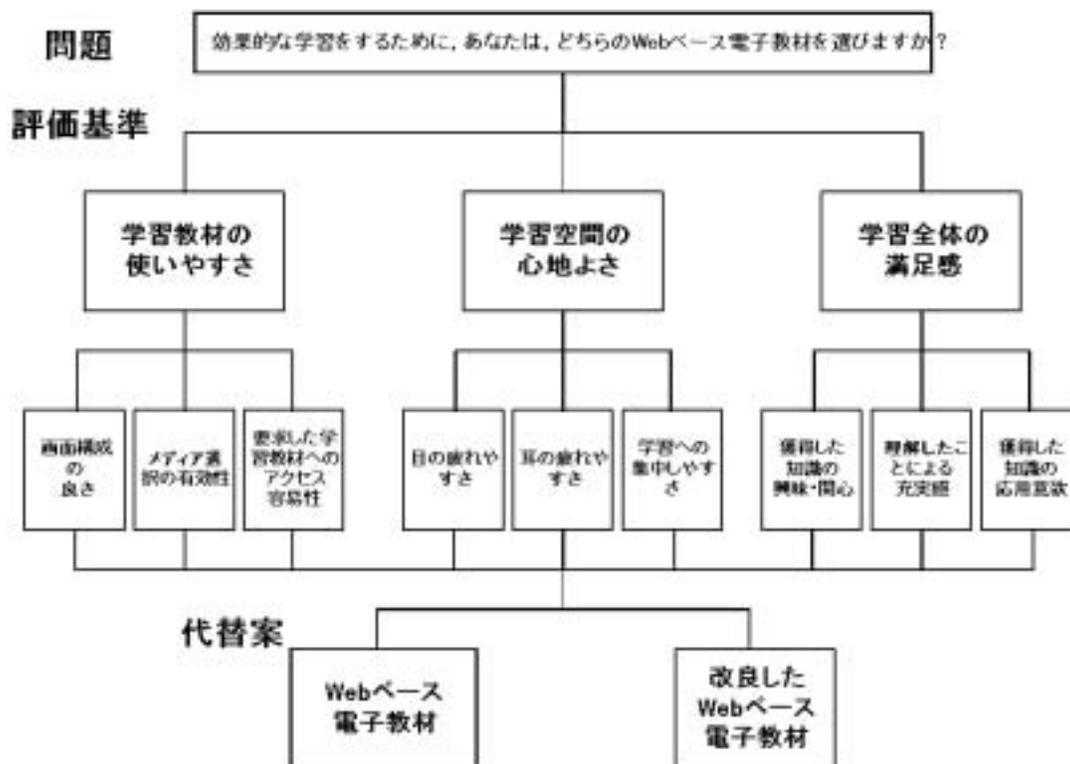


図 4.3: 既存のコースウェアと本システムとを比較する AHP 階層図

学習教材の使いやすさ

学習者は、電子教材を用いて学習するにあたり、その電子教材が提供している機能、能力に着目した3つの質問項目を評価基準として選択した。

- 画面構成のよさ
学習者が電子教材を使用する際の、電子教材の画面構成によさ
- メディア選択の有効性
電子教材内に存在する、各メディア（動画、静止画、テキスト）などが有効利用されているかどうか
- 要求した学習教材へのアクセス容易性
学習者が必要としている、または、学習したい学習コンテンツへのアクセスのしやすさ

すさ

学習空間の心地よさ

学習者は、講義を受けるにあたり、電子講義が提供されている環境、かつ学習するための環境に敏感であることに注目し、学習者の取り巻く学習環境に着目した3つの質問項目を評価基準として選択した。

- 目の疲れやすさ
目（視覚的）が疲れずに学習が行なえる
- 耳の疲れやすさ
耳（聴覚的）が疲れずに学習が行なえる
- 学習への集中しやすさ
学習者は、周囲を意識せずに、集中して学習が行なえる。

学習全体の満足感

学習者自身の満足感に注目し、受講者に提供されている電子講義全体に対する満足感に着目した3つの質問項目を評価基準として選択した。

- 獲得した知識の興味・関心
学習者自身で獲得した知識や興味などによる満足感
- 理解したことによる充実感
学習者自身で獲得した知識を完全に理解できたことによる充実感
- 獲得した知識の応用意欲
受講者自身で獲得した知識を、すでに保持している知識との融合、あるいは獲得した知識を他の知識概念への応用する意欲

4.2.3 被験者によるシステムの利用とアンケート回答

本実験では、ソフトウェア設計論の講義を受講しており、本システムを使用してみたいと願い出て頂いた12名の方々に、被験者として協力してもらった。2001年11月30日に

行なう期末試験に向けて，10日間の自由な時間，場所で本システムとコースウェアシステムを使用して学習もらい，期末テスト終了後に，作成したアンケートを手渡し，適時回答してもらった．



図 4.4: 被験者の学習風景

4.3 評価結果(評価プロセスの適用(2))

前節までは，AHP 階層設計者，または，実験者による実験のセッティングと実施，また，被験者による本システムの利用とアンケートの回答というフェーズまでを説明した．本節では，その後のフェーズである，分析者によるアンケート結果の分析フェーズについて説明する．まず，本分析で用いる分析手法について説明し，次に，その分析手法を用いた分析結果について述べる．

4.3.1 分析手法

AHP アンケートの集計

まず、被験者から回収した AHP のアンケート結果を集計する必要がある。今回はその作業を軽減するために、富山大学の白石氏と、大分大学の小畑氏による共同研究によって作成された AHP システム「Web DE AHP」を使用した [30]。「Web DE AHP」は、AHP の階層構造の作成から総合得点の計算まで、AHP に必要なステップをすべて実行することができる。今回は、そのお二方のご厚意により、「Web DE AHP」のソースを提供して頂いたため、それを利用して本研究室で AHP サーバを構築し、そのサーバ上でアンケート集計を行なった。図 4.5 では、「Web DE AHP」システムの使用例を示している。

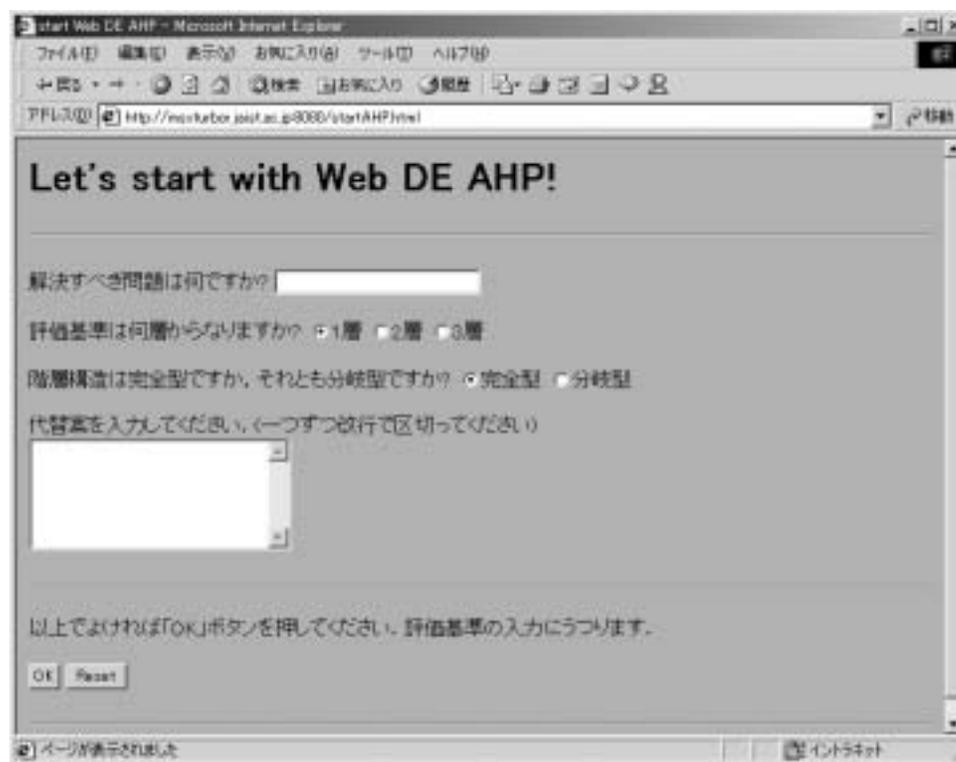


図 4.5: 「Web DE AHP」の画面例

t 検定を用いた統計的仮説検定

アンケートから得られたコースウェアシステムと本システムに関するデータの優位性を判断するには、上記のアンケート結果から得られた 2 システムの評価点数の平均をただ比

較するだけでは不十分である。偶然，平均値が高かったり，また，その中には誤差の含まれてる可能性もあるからである。そのため，統計的な検定手法を用いて値の有効性を検証する必要があると思われる。

本分析では，その検定手法に t 検定を利用する。t 検定とは，2 群の平均値の差の検定である。たとえば，ある標本の平均が x ，分散が s^2 であるとき，母集団の平均 μ が 0 であるとする仮説 $H_0: \mu = 0$ は，次式 t 値が t 分布に従うことを用いて検定することができる。t の導出には，母集団の分散を必要とせず，これによって μ の区間推定ができる。

$$t = \frac{(x-\mu)}{s/\sqrt{n-1}}$$

この考え方を用いて，2 つの母集団平均（今回の場合はコースウェア学習システムと本システムの AHP による評価点数平均）に差があるどうかを検定することができる。t 検定の計算には，Microsoft Excel の分散ツールを用いた。その計算結果については次節にて述べる。

4.3.2 実験結果の詳細

本実験では，12 名のソフトウェア受講者からアンケートの回答を受けたが，そのうち，2 名の回答が AHP 整合度 (C.I) を超えていたため，集計から除外した。評価結果として，まず，評価基準全体におけるウェイト割合を算出した。その評価基準ごとの割合をレーダーチャートで表したものを図 4.6 で示す。なお，図中の値は，評価基準全体を 1 とした時の値である。

このレーダーチャートを見ると，「獲得した知識の応用意欲」，「学習への集中のしやすさ」等の評価基準が大きなウェイトを占めているのがわかる。つまり，学習者は集中して学習できる環境を比較的重要視していると言える。しかし，最もウェイトの割合を占めていたのが「要求した学習教材へのアクセス容易性」である。この結果から，学習者は，学習システムに対して，要求や状況に応じた学習コンテンツの取得を一番に欲しているということがわかる。

次にコースウェアシステムと本システムの評価基準ごとの得点を算出し，比較，検定結果を示したものを表 4.2 示す。比較の有意差の調査には t 検定を用い，棄却域の確率を 0.05 としている。

この表では，まず被験者により採点された既存のコースウェアシステムと本システムにおける評価基準ごとの得点の平均を示し，また，その平均の差である t 検定における

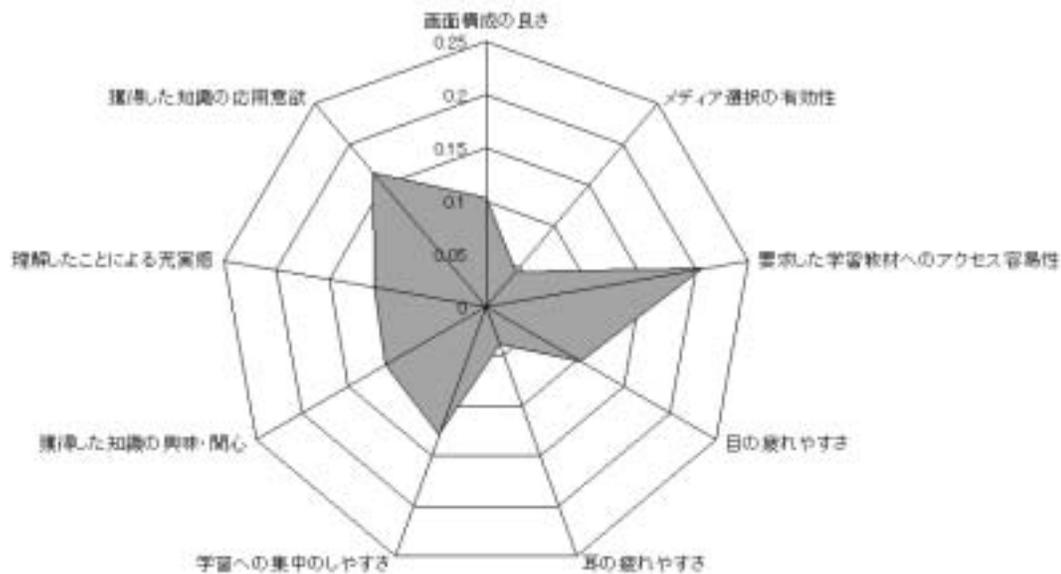


図 4.6: 評価基準ごとのウェイト割合

P($T \leq t$) 値を示している。表内は、図 4.6 で示しているウェイト値が高い順にリストアップされている。

また、表 4.1 で定義されている特性表を用いてカテゴリごとに分類したものを表 4.3 に示す。なお、それぞれ評価基準を示す番号は、表 4.2 で示す番号と同一である。

表 4.2, 4.3 から考察すると、「メディア選択の有効性」や「要求した学習教材へのアクセス容易性」において、本システムの有意性が示されていることがわかる。特に、「要求した学習教材へのアクセス容易性」に関しては、高得点を弾き出しており、学習者が要求や状況に応じて、従来のコースウェアシステムと比較して、容易に学習コンテンツを取得することができたことを意味している。

また、本実験は、ソフトウェア設計論の後半（期末テスト前の 10 日間）に実施したため、その時期には学習者は通常の教室講義にて、一通りの講義内容を受講していた。そのため、学習者にとって本システムは、主に、期末テストに向けての、ある個所の再確認や、再学習など、復習等の使用目的で必要とされていたと思われる。そのような背景も重なり、学習者の要求に応じて見たい場所を、好きな眺め方で学習することができた本システムは、特に有効であったため、このような点数差になったものと思われる。

評価基準	コースウェア		本システム	P(T<=t)	得点
3:要求した学習教材へのアクセス容易性	6.789	<	15.744	0.0180	22.53
9:獲得した知識の応用意欲	4.396	<	8.330	0.0428	12.73
6:学習への集中のしやすさ	2.603	<	9.910	0.0218	12.51
1:画面構成の良さ	3.129		8.653	0.0638	11.7
4:目の疲れやすさ	3.941		7.741	0.0897	11.68
8:理解したことによる充実感	3.670	<	6.811	0.0443	10.48
7:獲得した知識の興味, 関心	3.808	<	5.772	0.0365	9.58
2:メディア選択の有効性	1.287	<	3.283	0.0037	4.57
5:耳の疲れやすさ	1.533		2.607	0.130	4.14
合計	31.155	<<	68.849	2.29E-05	100

表 4.2: コースウェアシステムと本システムの得点比較 (t 検定)

	統計的に 有意差あり	統計的に 有意差なし
高い 得点	2,3,6,7,8,9	1,4,5
低い 得点		

表 4.3: コースウェアシステムと本システムの得点比較 (カテゴリ分類)

その他に、「学習への集中のしやすさ」について有効であったことも注目できる点であろう。本システムで提供する機能を用いて学習することにより、上述した「学習教材の使いやすさ」という直接的なカテゴリだけではなく、「学習空間の心地よさ」という感覚的なカテゴリに関しても向上していることは非常に面白い点であると思われる。また同様に、「学習全体の満足感」の3基準である「獲得した知識の興味・関心」「理解したことによる充実感」「獲得した知識の応用意欲」についても本システムの有効性が数値化されて表れている。このことから「学習者の要求に応じた」機能を学習者に提供することにより、その機能面だけでなく、直感的、感覚的な面でも学習者の学習を支援しうるものがあつたのではないかと思われる。

このAHPを用いた評価実験により、「既存のコースウェア学習システム」と「本システム」とを比較した結果、直感的、または感覚的に「本システム」に有意性があることが確認できた。しかし、今回用いたAHP階層図、つまり、電子教材の評価基準では、具体的にどの程度使用できたのかや、何が足りないのかを知ることができない。そのため、次節で述べるアンケートを用いてその足りない点に関しての評価を行なった。

4.4 システムの機能に着目したアンケートの結果

今回は、被験者の方に、AHPアンケートの他に、本学習システムの機能に着目した質問アンケートと自由回答も記述してもらった。上述したAHP評価法では、2者の有意差のみしか評価できないため、それ以外の詳細な内容を評価するためにこのアンケート調査を行なった。

そのアンケート内容と結果を次に述べる。

4.4.1 アンケート内容

アンケート方法は、次に示す質問項目を7段階評価で回答してもらおうというものである。7段階評価については、表4.4にて示している。

質問内容は、「各メディアの選択機能」と「学習教材へのアクセス容易性」の2つのカテゴリに関するものである。次の表4.5, 4.6では、その詳細な質問内容について示している。

これらの質問を行なうことにより、今回のAHP評価基準では得られない各機能に関する詳細な評価データを取得することがこのアンケートの狙いである。

点数	内容
7	かなりあてはまる
6	あてはまる
5	ややあてはまる
4	中間
3	あまりあてはまらない
2	あてはまらない
1	まったくあてはまらない

表 4.4: 7段階評価基準

質問番号	質問内容
1	画面の全体構成は良かった
2	ビデオとテキストの組み合わせを頻繁に利用した
3	(上記2において、5以上の回答をした人のみ) ビデオとテキストの組み合わせは良かった
4	ビデオとスライドの組み合わせを頻繁に利用した
5	(上記4において、5以上の回答をした人のみ) ビデオとスライドの組み合わせは良かった
6	テキストとスライドの組み合わせを頻繁に利用した
7	(上記6において、5以上の回答をした人のみ) テキストとスライドの組み合わせは良かった
8	ビデオのみを頻繁に利用した
9	(上記8において、5以上の回答をした人のみ) ビデオのみでも学習効果があった
10	テキストのみを頻繁に利用した
11	スライドのみを頻繁に利用した

表 4.5: 「各メディアの選択機能」について

質問番号	質問内容
1	ブックマーク機能を頻繁に利用した
2	ブックマーク機能は便利であった
3	検索機能は頻繁に利用した
4	検索機能は便利であった
5	目次を頻繁に利用した
6	目次は便利であった

表 4.6: 「学習教材へのアクセス容易性」について

4.4.2 アンケート結果

上記のアンケート項目に関する集計結果を表 4.7, 4.8 にて示す。この表 4.7 におけるアンケートは、「各メディアの選択機能」を用いて、どのメディアの組み合わせを用いて学習したのかを目的としたものである。

この結果から考察すると、標準で使用されるビデオとスライド、そしてテキストの組み合わせが一番点数が高いことがわかる。一方、ビデオのみ、テキストのみという組み合わせは全体的に点数が低く、学習効果が低い、または、使用しなかったという結果になった。この理由は、いくつかの理由が考えられる。

まず1つ目として、状況の変化があまりなかったことが挙げられる。本実験は、本学講義「ソフトウェア設計論」の期末テスト前10日間という比較的短期間なものであったため、学習者にとっては、標準のメディア構成で十分という状況しか訪れなかったのではないと思われる。次の実証実験では、様々な状況のもとでの比較実験なども行なう必要がある。

また、2つ目の理由としては次のことが言えるのではないかと思う。そもそも、コースウェアの個々のマルチメディアコンテンツは一緒に使用されることを前提に作成されているため、個々のコンテンツのみで使用されることを想定されていない。そのため、個々のコンテンツのみを使用した場合に、学習時に必要な知識を得ることができない場所も存在してしまい、このような結果になったのではないと思われる。

この問題を改善するためには、ビデオ、スライド、テキスト個々で使用した場合でも十分に学習に耐えることができるコンテンツを作成し、状況に応じて提供仕分けするという作業が必要になるとと思われる。

その他の情報に関しては、現時点で云々言えることができず、他のコンテンツを使用し

質問番号	質問内容	平均点
1	画面の全体構成は良かった	5.67
2	ビデオとテキストの組み合わせを頻繁に利用した	4.92
3	(上記2において、5以上の回答をした人のみ) ビデオとテキストの組み合わせは良かった	5.44
4	ビデオとスライドの組み合わせを頻繁に利用した	5.67
5	(上記4において、5以上の回答をした人のみ) ビデオとスライドの組み合わせは良かった	6.22
6	テキストとスライドの組み合わせを頻繁に利用した	4.42
7	(上記6において、5以上の回答をした人のみ) テキストとスライドの組み合わせは良かった	5.67
8	ビデオのみを頻繁に利用した	2.75
9	(上記8において、5以上の回答をした人のみ) ビデオのみでも学習効果があった	6.00
10	テキストのみを頻繁に利用した	3.33
11	スライドのみを頻繁に利用した	3.33

表 4.7: 「各メディアの選択機能」についての結果

て、比較、検討が必要があると思われる。

一方、表 4.8 におけるアンケート結果は、「学習教材へのアクセス容易性」に関するものである。この評価は、学習者が学習コンテンツにアクセスするための手段として、主にどの機能を使用し、またそれが便利であったかを評価するためのものである。

質問番号	質問内容	平均点
1	ブックマーク機能を頻繁に利用した	4.33
2	ブックマーク機能は便利であった	5.08
3	検索機能は頻繁に利用した	5.17
4	検索機能は便利であった	5.25
5	目次を頻繁に利用した	5.75
6	目次は便利であった	5.92

表 4.8: 「学習教材へのアクセス容易性」についての結果

今回の実験では、主に、復習用途で本システムが用いられたため、目次機能とほぼ同等に、ブックマーク機能や検索機能が使用されていることがわかり、またさらに、全体的にもよい点数がついていた。

しかし一方、その中でも目次に関する点数が一番高いことがわかった。これはつまり、ブックマーク機能や検索機能は思った以上に上手く使用できなかったことを意味する。AHPを用いた直感的な評価の方では、これらの機能は有効であることを確認することができたが、さらなる機能の改善が必要であると思われる。

次節では、システムの機能に関する自由記述による回答を列挙しており、この機能における問題点の一部を知ることができた。

4.4.3 自由記述による回答

上述したアンケートとともに、自由記述による回答をしてもらった。主な回答例として、以下のようなものがあった。

検索機能について

- 文字列から見たいポイントを検索できるのは便利である

- 学習の継続性がよくなった
- 今勉強している部分と関連する概念を調べるとき，検索機能が大変役にたつ
- キーワードが思い浮かばない場合が多く，目次を多用した
- 検索機能は複雑なので，もう少しシンプルにしてほしい

ブックマーク機能について

- ブックマークはその地点ではなく，少し前（数秒前）にセットされたほうがよい
- ブックマークは，何度も見たい場所がある時には大変役立つ
- ブックマークを登録しても，背景知識を忘れてしまった場合，引用しなければなら
ないため，テキスト等に印をつけることができればよいのではないか

メディア選択機能について

- テキストの利用価値がそれほどないと思った．テキストのかわりにスライド内にで
てきた単語をさらに解説してくれるようなスライドが追加されたらいいと思う

これらの意見，問題点を考慮して，システムを改善する必要がある．

第5章

本システムの改善点にむけて

前章では、既存のコースウェアシステムと本研究で提案するシステムとを比較し、ある程度の有意性を示すことができた。しかし、同時にいくつかの問題、改善点も発見された。

本章では、それらのシステムの改善点を指摘し、実現への指針を示す。

5.1 検索機能の改善

第3章で提案、実現している検索機能では、学習者に要求を十分に満たしているとは言えない。さらなる改良が必要であると言える。実験から得た問題点を洗いだし、検索精度を上げる必要がある。

5.2 学習者固有データ活用の改善

第3章で提案、実現した本システムでは、学習者固有のデータ活用として、ブックマークのみしか使用していなかった。ある地点を再学習する場合、ブックマークだけでは不十分な点が多々あったと思われる。そこで、以下に示す学習者個人データを活用することにより、より学習効率が上がることが期待できると思われる。

- 学習履歴データの活用

学習者が個人データを活用して学習する場合、ブックマークだけでは必要としている場所を再学習し損ねる場合がある。学習履歴情報を利用すれば、一度学習したが忘れてしまった場所を再学習する手助けをすることができると思われる。

- 学習コンテンツ内へのマーキング

スライドコンテンツ内に説明箇所に関するマーキングがなされていることにより、ビデオコンテンツとともに学習することで、非常に効果的な学習を行なうことが可能となっている。このようなマーキングを学習者が個人で登録し、それを再学習時に活用することができればさらに学習効果があげることができると思われる。

これらの本システムの改善は、システムの中核の部分

- データベースサーバから必要な情報を取得するモジュール
- 受け取った情報から動的に学習コンテンツを生成するモジュール
- マルチメディアサーバへアクセスする部分

を変更することなく、再利用することができるため、これら個々の機能のみを改善するだけで実現することができると期待できる。

第 6 章

おわりに

6.1 まとめ

本研究では，学習者の要求に応じた学習教材を提案し，その実現を行なった．

本学内の講義である人工知能特論やソフトウェア設計論で，一般的なコースウェアシステムを受講者に講義の一部として使用してもらうことにより，その問題点を分析し，必要とされるシステムの構成，機能の洗い出しを行なった．また，そのシステムを実現し，本学ソフトウェア設計論の受講者に使用してもらい，既存のコースウェアシステムとの比較実験も行なった．その際，本研究室で設計，開発されている AHP を用いた評価と，それを補完するアンケート調査を行なうことによりシステムの有効性を確認することができた．さらに，そのシステムの改善点を指摘し，システムの中核の部分を変更せずに，改善することが可能であるという指針を示した．

6.2 今後の課題

6.2.1 本システムの改善

第 6 章で示したシステムの改善点を実現し，その有効性を評価する必要がある．学習システムは，その都度学習者の意見を取り入れつつ，インクリメンタルな改善を行なうことが理想であるため，そのシステム改善のコストに関しても注意を払う必要があると思われる．

6.2.2 他のコースウェアコンテンツを用いた実証実験

本研究における実験では、ソフトウェア設計論のコースウェアコンテンツのみを本システムに適応し、実証実験を行なった。しかし、その他にも人工知能特論や自然言語処理論などのコンテンツでも試す価値があると思われる。またさらに、本学材料科学研究科の講義である「極低温生成の科学と技術」のコンテンツも作成段階にあり、情報科学研究科以外の学生との比較等も行なうことができればさらに有益な知見が得られると考えられる。

謝辞

終始変わらぬ御指導を賜りました落水浩一郎教授に心から深く感謝申し上げます。

村越広享助手には，本研究を進めるにあたり，随所で貴重なご意見を賜りました。深く感謝の意を表します。

また，研究の節目節目において，適切な助言を下さいました片山卓也教授，篠田陽一助教授に深く感謝致します。

最後に，落水篠田研究室所属諸氏の日頃の討論と助言，励ましに感謝致します。

参考文献

- [1] 河原崎剛, 村越広享, 落水浩一郎. AHP を利用した教室講義とウェブサイト方式の学習効果の比較分析. 信学技報 ET2000-3, Vol. 100, No. 11, pp. 17–24, Apr. 2000. 教育工学.
- [2] Hiroyuki Murakoshi, Tsuyoshi Kawarasaki, and Koichiro Ochimizu. Comparison using AHP of Web-base Learning with Classroom Learning. In *First International Workshop on Internet-Supported Education(WISE2001)*, pp. 67–73. IEEE Computer Society Press, Jan. 2001.
- [3] 村越広享, 丹康雄, 東条敏, 片山卓也, 落水浩一郎. Web/vod 電子教材とその評価法の開発.
- [4] WebCT. <http://www.webct.com/>.
- [5] WIDE University,School of Internet. <http://www soi.wide.ad.jp/>.
- [6] 岸三樹夫, 村越広享, 落水浩一郎. 学習者の要求に応じた学習教材の生成法. 平成 12 年度電気関係学会北陸支部連合大会, Sep. 2000.
- [7] 岸三樹夫, 村越広享, 落水浩一郎. 学習者の要求に応じた学習教材の設計・開発. 教育システム情報学会 若手研究者フォーラム, Feb. 2001.
- [8] 猪俣敦夫, 落水浩一郎. オンデマンド学習に適した電子教材の編成法. 情報処理学会コンピュータと教育研究会, 1999.
- [9] 坂本昂他. 教育工学辞典 日本教育工学編. 実教出版, 2000.
- [10] Stanford Online. <http://scpd.stanford.edu/scpd/students/onlineclass.htm>.
- [11] A.Schaperla, K.De Vries, and C.Pedregal-Martin. MANIC: An Open-Source System to Create and Deliver Courses over the Internet. *WISE2001*, pp. 21–26, Jan. 2001.

- [12] 村越広享, 猪俣敦夫, 岸三樹夫, 落水浩一郎. バーチャルユニバーシティ推進事業における Web/VOD ベース電子教材の開発事例. 教育システム情報学会 JSiSE2001 第 26 回全国大会, Aug. 2001.
- [13] BlackBoard. <http://www.blackboard.com/>.
- [14] RealNetworks. <http://www.realnetworks.com/products/rbn/index.html>.
- [15] macromedia. <http://www.macromedia.com/>.
- [16] Smil(synchronized multimedia integration language). <http://www.w3.org/AudioVideo/>.
- [17] MediaBase. <http://www.sgi.com/software/kasenna/>.
- [18] 片山薫, 香川修見, 神谷泰宏, 對馬秀樹, 吉廣卓哉, 上林彌彦. 遠隔教育のための柔軟な講義検索手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 10, pp. 2837–2845, Oct. 1998.
- [19] ORACLE. <http://www.oracle.com/>.
- [20] Apache Software Foundation. <http://www.apache.org/>.
- [21] The Jakarta Project. <http://jakarta.apache.org/>.
- [22] Jason Hunter. Java サブレットプログラミング第 2 版. オライリー, 2002.
- [23] CSJ WWW 利用者調査結果. <http://www.csj.co.jp/www15/>.
- [24] A.Inomata, M.Kishi, H.Murakosi, and K.Ochimizu. Evaluation method of Web-based Learning System by AHP. *ITHET2001*, July 2001.
- [25] T.L.Satty. *Analytic Hierarchy Process*. McGrawHill, 1980.
- [26] 刀根薫. AHP 事例集. 日科技連出版社, 1990.
- [27] 静岡大学システム工学科 daisam 関谷研究室 “daisam について”. <http://facet.sys.eng.shizuoka.ac.jp/>.
- [28] Grady Booch, James Rumbaugh, and Ivar Jacobson. *The Unified Modeling Language User Guide*. Pearson Education Japan, 1999.

[29] 猪俣敦夫, 村越広享, 落水浩一郎. 電子教材の評価パラメータ抽出法. 電子情報通信学会 教育工学研究会, pp. 5-12, Nov. 2001.

[30] AHP システム「Web DE AHP」. <http://groucho.eco.toyama-u.ac.jp/AHP/>.