

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	学習者の逐次反応を活かした授業進行支援とマルチメディア教材開発手法
Title(English)	
著者(和文)	中山洋
Author(English)	
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第4602号, 授与年月日:2000年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松田 捻樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第4602号, Conferred date:2000/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

学習者の逐次反応を活かした
授業進行支援とマルチメディア教材開発手法

中山 洋

目次

第1章 緒論

1. 1 研究の背景	1
1. 1. 1 一斉指導の問題点	1
1. 1. 2 問題点の改善案	1
1. 2 目的	7
1. 3 論文の構成	8
参考文献	10

第2章 一斉指導の改善を目的としたテスト支援機能の開発と効果

2. 1 はじめに	12
2. 1. 1 一斉指導の問題と改善策	12
2. 1. 2 レスポンス・アナライザーとコンピュータ・テスト	12
2. 1. 3 目的	13
2. 2 テスト支援機能の構成と特徴	13
2. 3 テスト支援機能の各種機能説明	15
2. 3. 1 教師側の機能とシーケンス	15
2. 3. 2 学習者側の機能とシーケンス	19
2. 4 システムの評価実験	21
2. 5 実験結果と考察	23
2. 5. 1 事前・事後テスト	23
2. 5. 2 授業に対するアンケート結果	24
2. 6 まとめ	25
参考文献	26

第3章 意思決定支援機能の実現と評価

3. 1 背景と目的	28
3. 2 システムの設計	30
3. 2. 1 テスト支援機能利用時の教授活動	30
3. 2. 2 意思決定支援機能への拡張	31
3. 3 意思決定支援の実現方法	33
3. 3. 1 授業実態データ	33
3. 3. 2 観点に基づく授業実態データの加工	34

3. 3. 3	ルールに基づく判断・助言と教師の選択	35
3. 4	システムの評価実験	37
3. 4. 1	第1実験	37
3. 4. 2	第2実験	39
3. 5	まとめ	43
	参考文献	43

第4章 個別対応機能の実現と評価

4. 1	背景と目的	45
4. 2	システム設計	46
4. 2. 1	意思決定支援システムの概要	46
4. 2. 2	実現すべき個別対応機能の概要	47
4. 2. 3	個別対応機能の実現方法	50
4. 3	システムの評価実験	53
4. 3. 1	実験計画	53
4. 3. 2	実験経過	54
4. 3. 3	結果と考察	56
4. 4	まとめ	62
	参考文献	62

第5章 学習者の逐次反応を活かした教材開発手法

5. 1	はじめに	64
5. 2	マルチメディアと教育工学の手法の適用	64
5. 2. 1	背景と概要	64
5. 2. 2	予防・対処医療のための新しい口腔衛生教育用の教材の利用	65
5. 2. 3	口腔衛生教育プロジェクトの目的と意義と成果	67
5. 2. 4	教材の作成と動作画面例	69
5. 2. 5	口腔衛生教育実践とその評価	71
5. 3	教材開発手法	74
5. 3. 1	教材開発手法の問題点と改善案	74
5. 3. 2	システム設計	75
5. 3. 3	手法評価実験	82
5. 4	まとめ	87
	参考文献	88

第6章 まとめと今後の課題

6. 1 本研究の成果	90
6. 2 今後の課題	91
本研究に関連する研究報告	93
謝辞	95

第1章

緒論

1. 1 研究の背景

1. 1. 1 一斉指導の問題点

21世紀をまじかに控え、学校教育については、さまざまな改革の必要性が叫ばれている。その改革には、制度的改革、内容的改革などさまざまな観点があるが、授業を改善するには、教育方法の改革も重要である。このとき、学校は一人の教師が多数の学習者を指導する場であるということ を考慮すると、一斉指導で、基礎・基本の確実な定着を図る工夫が必要であると言える。

一斉指導は、情報伝達の観点で言えば、一斉同報が可能であり、教師の負担軽減という観点で効率的である。しかし、学習者の能力に応じた対応をすることは難しく、全ての学習者に理解させられるとは限らない。その点について Bloom (1973) は「教師なら誰でも、生徒の3分の1は自分の教えることを十分学習し得るだろうという期待をもって、新しい学期を始める。また教師は、生徒の3分の1は落伍するか、せいぜいどうにか問題にならずにすむ者だと考え、残りの3分の1は教師の教える多くのことを学習するが「良い学習者」と呼ぶには不十分であると考えている。〈中略〉こうした予期的な構えは、現在の教育システムにおける最も浪費的で、破壊的な側面である。」と述べている。

このような問題をのりこえて、一斉指導を改善するには、具体的に問題が起こり得る原因と関連付けて、以下のような場合に着目し対応する必要がある (Bloom 1956, 1964, 1966)。

- ・ 教材の難易度、抽象度などの特性や、分量などによって、一部または全部の学習者が学習内容を授業時間内に十分消化し切れない状況が起こる場合
- ・ 授業を進める速さや教材の提示法、発問・助言の仕方、机間巡視による個別対応など、教授方法の工夫不足によって授業内容を十分消化し切れない学習者が出る場合
- ・ 統性のある教科・領域において、本時の学習の基礎となる知識・技能が不足しているために学習者が理解困難におちいる場合

1. 1. 2 問題点の改善案

本来、授業では、全ての学習者に目標を達成させる必要があり、その方法を考えることが教育的課題である。それを教育工学的に解決する研究として、以下のようなものがある。

(1) 完全習得学習

全ての学習者に一定水準以上の「学力」をつける教授過程を編成する方法として、Bloomは「完全習得学習」という教授法を提唱している（金 1976）。この方法は、学習目標を明確にし、その目標への到達状況を学習者一人一人についてチェックして、学習の不十分な者には補習指導を行うという形式の教授法である。この理論の出発点はCarroll（1963）の、「時間が十分に与えられさえすれば、全ての学習者が学習課題を達成することができる」とした仮定に基づいている。

「完全習得学習」は、次のような授業の準備、実施、評価を行うことを前提とする。

- ① 項目ごとに目標を設定し、当該授業前に授業計画を立案する。
- ② 先行学習で達成が不十分な目標を診断するために、診断テストを作成し、実施する。
- ③ 小单元ごとの評価テストを作り、それを单元ごとに実施する。
- ④ テストの結果、未修得項目の多い学習者には補充学習の機会、それが少ない学習者には深化学習の機会を用意する。

この方法が、現実に十分実行されていれば、現在行われている一斉指導の多くの問題点はかなり改善されているはずである。しかし、現実には上の①～④を行いながら一斉指導を実現することは、必ずしも普及していない。なぜなら、①～④の一連の作業全てを、一人の教師が限られた時間の中で準備、実施することは容易でないと考えられるからである。

(2) 教授過程における評価

完全習得学習を目指す授業を展開していくためには、学習者が完全習得のレベルに達したかどうかを判断しなければならない。そのために、教授活動の目標に即し、学習者がその授業を修了した時にできなければならないものは何かをはっきりさせた上で、評価を行う必要がある。そこで、Bloom（1973）は、教授過程における評価活動を以下の3つに分類している。

- ・ 総括的評価 教授活動の実施後に、達成された学習成果の程度を評価するものである。
- ・ 診断的評価 教授活動の実施前に学習者の能力を適切に診断しておくことで、学習者が何につまづき易いかなどの、学習上の問題点を予測するものである。
- ・ 形成的評価 目標を達成しようとする教授活動の過程において、学習課題の習得の程度の判定、習得されていない課題はどこであるかを正確に指摘する評価である。頻繁に実施することで、適切な時に必要な努力をするよう学習者を動機付けることができる。この概念はアメリカのカリキュラム運動の中で、Scriven（1967）によって最初に用いられた。これは（1）で述べた③を具体化するために用いる。

(3) 個別指導

時間的な問題や、人的コストを考慮しなければ、学習者にあった個別指導を行うことが理想的な指導法であると考えられる。一般的には、両親や家庭教師による個人指導的な援助、または、一斉指導において教師の机間巡視による個別指導が行われることがある。しかし、学校教育では限られた時間内で全ての学習者に効果的な指導を行うことは困難である。したがって、これを具

体的に実現する方法としてはチームティーチングや、C A I などがある。

(4) ティームティーチング

チームティーチングは、1950年代にアメリカで「指導の個別化」のための方法として、複数の教師がチームを組んで協力指導する指導体制を前提に行われた（梶田ら 1997）。そして、日本でも近年広く取り入れられるようになった。チームティーチングは複数の教師の専門的知識を生かした組織編成の下で行うことを前提に、多面的な視点から子供を理解すること、指導方法を弾力化すること、教師相互の力量向上を促すなどの長所がある。ただし、教師側の人間関係作り、個々の学習者の理解と情報交換、打ち合わせ時間の確保などの課題がある（加藤 1996）。

(5) C A I ・ I T S (Intelligent Tutoring System)

1人の教師が、複数の学習者に対して対応するために、教師の役割の一部をコンピュータで代替させる方法が考えられる。そのため的手段として、伝統的なC A Iがあり、近年はI T Sの研究が行われている。I T SはA I（人工知能）技術を応用した教育支援システムであり、知的C A Iとも呼ぶ。対象領域知識や学習者モデルを持つことで、従来のC A Iの欠点を補うことができ、以下のような特徴がある（Wenger 1990）。

- ・ 対象領域知識によって与えられた問題を解くことで、設問に対する正誤判定や、質問の答えを提示できる。
- ・ 対象領域知識によって問題の答えを導くプロセスを提示することで、回答が得られる理由を学習者に説明できる。
- ・ 誤りの原因を推定するための学習者モデルを持たせることで、問題ごとの回答例を用意することなく、学習者の理解状況を知ることができる。
- ・ 学習者モデルを用いることで、学習者の誤りに応じた対応を行える。
- ・ 対象領域知識を持つことで、システムが教育対象を知識レベルで認識して、学習者の理解状況に応じた学習目標の設定を計画することを可能にする。

以上のように、教授システムが問題解決能力を持ち、学習者の理解状況を知ることによって、システムから一方的に問題を与えるのではなく、学習者からの質問にシステムが回答したり、質疑応答によって得られる情報から、学習者の理解度に応じて教育目標を設定することができる。これにより、従来のC A Iにはない学習者と教授システムの双方向による教育が実現できる。

(6) レスポンス・アナライザー

学習者側に設置されたボタンを押すことにより、学習者からの反応をリアルタイムで収集し学習状況を把握するための装置としてレスポンス・アナライザーがある。この装置を用いると、一人の教師が複数の学習者の達成状況を他の学習者に知られることなく収集でき、プライバシー保護の面からも有効であると言われている（堀部 1986）。

この装置を用いた測定法として、収集されたデータを基に、時間経過にそって回答率をグラフ（集団学習応答曲線）に描き、その軌跡から数理モデルを基に分析する研究（石川ら 1983）などがある。また、学習者集団に演習問題などを与え、課題終了までの時間、すなわち回答所要時間をアナライザーで測定し分析する方法も報告されている。（永岡；呉 1989）。

(7) コンピュータ・テスト

テストへのコンピュータの利用は、1960年代に米国において自動採点処理システムの採用に始まり、アメリカ大学入試委員会によるテスト作成の分析結果に関する報告がされている (Thorndike 1990)。また、日本においても、大学入試センター試験などに利用されている。

コンピュータ・テストの出題形式には、客観式と論述式がある。前者は、真偽式、並べ替え式、組み合わせ式、穴埋め式、多肢選択式などに分類される。長所として、目的に応じた適切なテストを編集・構成できるので、コンピュータによる自動採点に適している点が挙げられる。しかし、短所として、でたらめな回答をしても正解になることがあり、高度な学力測定には不向きである点が挙げられる。一方で、後者は、論文形式、論述形式（字数制限付き）などがあり、客観式と比較して、高度な学力測定が可能である。しかし、解答の分析に人工知能と同じ意味での困難が付きまとい、効果的に運用することは難しい (池田 1982)。

コンピュータ・テストに関連する研究としては、以下のものがある。

a) アイテムバンク (item bank)

これは、各種のテストや調査のために作成され実際に実施された多数の項目を集めたアイテムプールを中心としたシステムとして構成されている。テストの作成、実施に際して、テスト項目のプールから項目を取り出し、テストを構成、実施して、その結果をアイテムプールに反映させる。近年のアイテムバンクでは、項目応答理論によるテスト得点モデルが利用されている (Bunderson 1988, Weiss 1983)。

b) 項目応答理論

項目応答理論は、

- ・ 項目の困難度を受験者集団と独立して定義する。
- ・ 受験者の能力値を回答した項目群とは独立に定義する。
- ・ 項目の困難度と受験者の特性値を同一尺度上で表す。

という条件を満足する心理測定尺度を構成するために提案されたテスト理論である。

項目応答理論では、テストが含んでいる項目に対する被験者の正解や誤りなどの反応を、項目のさまざまな特徴を表す指標である項目母数と、被験者の能力を表す能力母数との組み合わせからなる統計的確率モデルより表現する。具体的な項目反応モデルとしては、2つの項目母数 (困難度 a と識別力 b) と、被験者の能力 (θ) との関係は、

$$P(\theta) = \frac{1}{1 + \exp\{-Da(\theta - b)\}}$$

という式で表した、2母数ロジスティック・モデルがよく使われる (藤森 1989)。なお、定数 D は、ロジスティック曲線が累積正規分布曲線と近い形をしていることから、それに近似させるためにとられる尺度変換因子で、通常 $D = 1.7$ を用いる。

項目応答理論に基づけば、テストの弁別力を特性曲線で表すことが可能となり、入試のような競争試験の際、合格ライン付近で最も弁別力のあるテストを構成したり、各学習者の進

度に応じた個別のテストを与えたりすることを可能とする。

c) 適応型テスト(Adaptive testing)

適応型テストは、「直前に実施した項目に対して受験者が正答した場合には、次にはよりむずかしい項目を実施し、逆に受験者が誤答した場合には、次にはよりやさしい項目を実施する」という手続きを繰り返す形式のテストである(Wainer 1990)。このように適応型テストでは、結果的に異なった受験者に異なった問題を出題する。それにもかかわらず、テスト結果が同一の特性尺度上の値で表示されるためには、「項目応答理論」を適用して測定尺度が構成されている必要がある。具体例として、アメリカではGRE (General Record Examination) などの大学院入学認定テストにすでに実用化されていることが報告されている。

適応型テストの長所を列挙すると以下ようになる。

- ・ 全ての受験者に対して高い精度の測定を実施できる。
- ・ 精度を落とすことなく、実施する項目数を減らしたり実施時間を短縮できる。
- ・ 難しすぎたり、簡単過ぎる項目が続いたりすることがない。
- ・ 同じレベルの問題をランダムに提示できる程度に大量に項目プールに用意しておく、いつでも受験者の都合に合わせて柔軟にテストを実施できる。

種類としては、項目プールの中から逐次最適な項目を選択・実施する方法（項目可変型逐次テスト）とあらかじめ項目のネットワークを組んでおいてネットワーク上の項目を順次実施する方法（項目固定型多段階テスト）がある。

(8) 診断型エキスパートシステム

エキスパートシステムは、問題領域におけるエキスパート（専門家）の知識を用いて推論を行い、複雑な現実の問題を、エキスパートと同等のレベルで解決できる知的プログラムである。また、エキスパートシステムは使用する目的によって、診断型、制御型、計画型に大別される。診断型は、与えられた情報（テスト結果、条件など）の組み合わせに対して、それに該当する仮説（原因、アドバイスなど）を選択して回答するシステムである。応用分野としては、意思決定、医療診断、審査などがある。これを実現するために、専門家の持つ診断知識を、判断の根拠と判断の結果の関係として、if-then 形式のルールに整理し、知識ベースとして蓄えて利用する。一方、制御用は、発電所や溶鉱炉などのダイナミックに変化する対象システムに対して、リアルタイムで制御することを特徴とし、計画型は、従業員割付計画、配車計画、生産計画などの分野で利用することを主な目的としている(Hart 1981, Ueno 1983, Feigenbaum 1984)。

エキスパートシステムの事例として、1970年代の中ごろスタンフォード大学において医療診断・治療支援用に開発されたMYCINがある。MYCINの役割は、患者の感染の原因を診断する医師を助けることと、患者のための最適の治療計画を助言することである。ルールは全て、IF~THEN型で表されており、約450のルールおよび主として脳膜炎に関する1000の医学的事実から知識ベースが構成されている。感染症に関するケーススタディーにおいては担当医師と同等であることが実証されたが、実用には至らなかった。その理由として、人間工学的な使いにくさや、処理速度の問題が指摘されている(Shortliffe 1976)。また、一般に、この種のエキス

パートシステムでは、単に結論を出すだけでなく、なぜこの結論に至ったのかを示すための説明機能が重要であると言われているが、MYCINはその部分が不十分であった(Buchanan 1985)。

(9) 教授活動モデル

教師が行っている教授活動を認知的側面から説明するモデルとして、教授活動モデル(図1-1)が研究されている。松田ら(1992)は、教授活動という用語を、授業の設計、実施、評価に関わる教師の活動の全体を指すものとして用いており、このモデルを、教授活動の支援に利用することを目的として研究することを提案している。その支援の第1は、教師や教育工学研究者が教授活動を対象化したり、教授活動に関するコミュニケーションを図ることを支援することである。第2は、モデルに基づいた授業設計・実施・評価のための手法を開発すること、あるいはその手法を指導するための教師教育カリキュラムを開発することである。第3は、提案したモデルを計算機上に実現し、データベース機能や意思決定支援機能を持つ訓練支援システムを開発することである。第4に、計算機による授業シミュレーション機能を授業研究に応用することである。

松田らのモデルは、吉崎のモデル(吉崎 1988)を発展させたもので、教師側の知識と、意思決定との関連をより詳細にモデル化したことを特徴としている。松田らのモデルでは、教師が持つべき知識は、“行動の系列に関する知識”、“モニタリングスキーマ”、“教材知識と学習者モデル”の3種類の要素で構成されている。まず、“行動の系列に関する知識”は、図1-1の中では授業計画と教授行動がこの分類にあたる。授業計画の情報は、{状況予測、教授意図、伝達内容、伝達方法、結果予測}の5つ組の系列で表わされ、教師が当該授業前に授業計画を立案していることを前提とする。さらに、教授行動は、教師のコミュニケーション行動を表す基本的な単位(説明、板書、演示、発問、喚起、統制、評価、KR)である。“モニタリングスキーマ”は、意思決定過程を司るものであり、その過程は、キューの認知、ズレの評価、方針の策定、代替案の生成、代替案の選択からなる。

最後に、“教材知識と学習者モデル”である。前者は教師の頭に入っている知識のみならず、印刷物などから引用できる知識も含んでいる。後者は、教師が持っている学習者観にあたる。

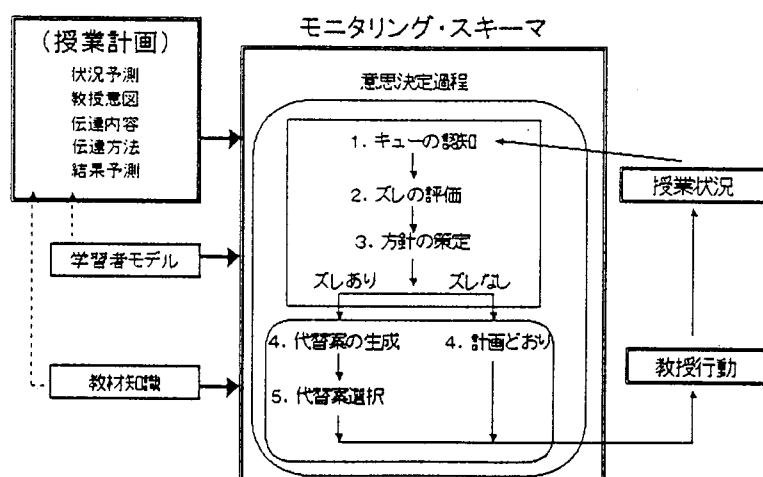


図1-1 松田らの教授活動モデルの概略

1. 2 目的

本研究では、1. 1. 1で述べた問題を解決するために、レスポンス・アナライザーとコンピュータ・テストの考え方を統合し、学習者からの反応をリアルタイムで実際の授業進行に活かすシステム（以後、授業進行支援システムと呼ぶ）を実現する。その際、一斉指導の問題を「完全習得学習」の実現という観点で解決することを想定し、授業進行における教師の負担軽減を図るために、CAIやエキスパートシステムの考え方と教授活動モデルを適用し、実用性を視野に入れたシステム開発を行う（図1-2）。さらに、そのシステムを応用した教材開発手法を提案する。

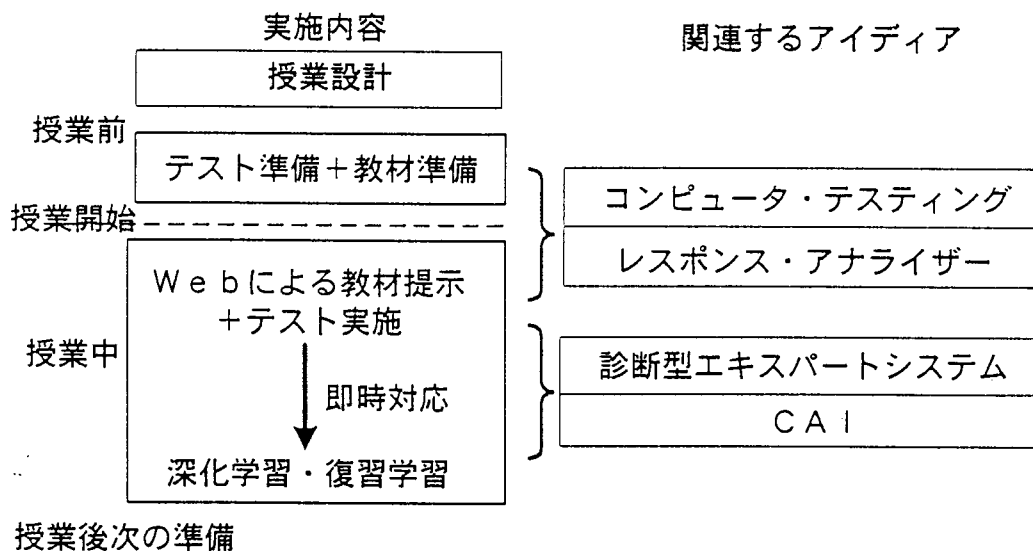


図1-2 システム環境

具体的には、以下のサブゴールを達成する。

- ① 授業進行支援システムを実現するために以下のことを行う。第1に、先行学習で達成が不十分な目標を診断することと、小単位ごとの形成的評価テストを実施してリアルタイムで理解度の確認を行うことを目的とした、テスト支援機能を実現する。第2に、テスト支援機能を発展させて、収集した情報を効果的に活用し、教師の授業進行における意思決定の負担を軽減することを目的とした、意思決定支援機能を実現する。第3に、意思決定支援機能における助言提示の判断に用いた情報を活用して、個々の学習者の理解度に応じた教材や補足説明の提示を可能することを目的とした、個別対応機能を実現する。
- ② 授業進行支援システムにおける学習者の逐次反応を収集する機能を応用して、マルチメディア教材の開発段階で、学習者の反応を教材設計に反映させることを目的とした、教材開発手法の実現をめざす。

また、各段階ごとに、開発した機能や手法の効果を検証し、問題点を明らかにする。

1. 3 論文の構成

本論文では、全体で6章から構成されており（図1-3）、第2章から第4章は授業進行支援システムの実現についてである。具体的には、「テスト支援機能」を土台として、「意思決定支援機能」及び「個別対応機能」を実現し、それらを実験授業で用いることにより教育効果の評価を行う。

第5章は、授業進行支援システムを応用することで、学習者の逐次反応を生かしたマルチメディア教材開発を行う手法について述べる。第6章は全体のまとめである。

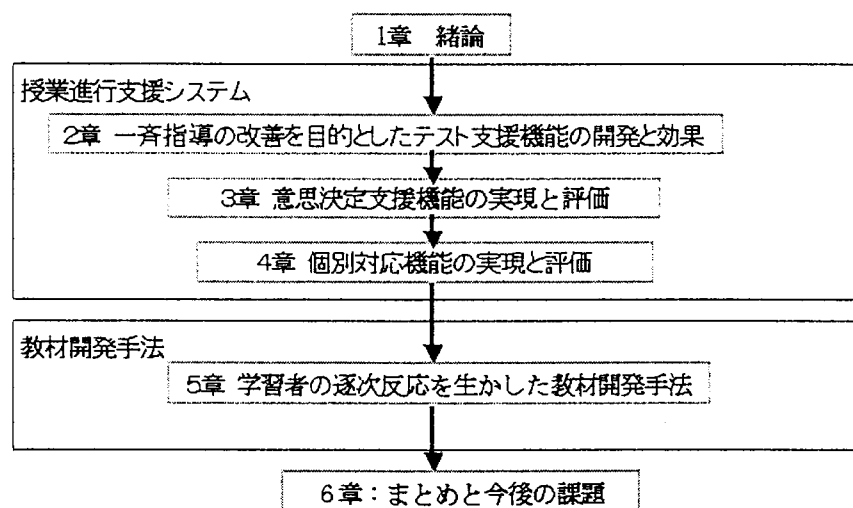


図1-3 本論文の構成

以下第2章から第6章までの概要を述べる。

第2章では、「一斉指導の改善を目的としたテスト支援機能の開発と効果」と題し、一斉指導の問題を「完全習得学習」の実現という観点から解決することを目的に、システムを開発する。ここでは、ネットワーク型のコンピュータ・テスト・システムを授業進行支援システムの最初の機能として開発し、リアルタイムで学習者の理解度を評価し、教師に結果を提示する機能を実現する。そして、システムが提示する情報に基づいて授業進行を行うことは、学習者の理解度を高める上で有効であることを検証する。特に、開発したシステムを実際の授業で活用し、システムを用いない場合との間で学習の効果に与える影響を比較する。

第3章では、「意思決定支援機能の実現と評価」と題し、第2章で開発したテスト支援機能で収集した情報を効果的に活用し、教師に対して授業進行のための助言を提示する「意思決定支援機能」を実現することを目的とする。その理由は、テスト支援機能からの情報は、教師にとって情報過多であり、次にとるべき教授活動を即座に決定するには負担がかかる恐れがあること、提示された情報をどう判断するか、結果を効果的に活用できるかどうか、教師の力量に大きく依

存することが予想されるからである。このために、以下の2点について授業進行支援システムへの拡張を行い、システムの効果を検証する。

- ① 教師の意思決定の負担を軽減するために、松田らの教授活動モデル(松田ら1992)を適用し、結果を数値やグラフとして表示する形式から、適切な代替案を助言する形式に改善する。そこで、教師のための適切な助言をシステムに行なわせるために、エキスパートシステムの原理を利用する。
- ② 説明時の学習者の理解度を的確に把握し、授業進行に活かすためのアンケート機能を追加する。なお、アンケート機能についても、①と同様の機能を実現する。

以上の後、実験授業においてシステムを運用・評価することで、システムからの助言を、教師が授業進行に対する判断の指針として受け入れているかどうか、また、システムの助言を活用しながら授業進行を行うことは、学習者の理解度を高める上で有効であるかどうかを確認する。

第4章では、「個別対応機能の実現と評価」と題して、一斉指導において一人の教師が理解度の異なる学習者に対する効果的な個別対応を行うための機能を、授業進行支援システムに追加する。この機能で行うことのできる個別対応とは、理解をしていると判断された学習者には深化学習を提示する一方で、理解の不足していると判断された学習者には復習学習を提示することを意味する。実験授業においてシステムを運用・評価することで、システムにおける個別対応機能が、基礎学習事項を全員に理解させつつ、理解の進んでいる学習者に発展事項の学習機会を提供しその成績を向上させることを検証する。

第5章では、「学習者の逐次反応を活かした教材開発手法」と題し、第2章から第4章までの成果を応用して学習者からの反応を反映した教材開発を行う手法について述べる。その際、前提研究として、マルチメディア教材を作成し、一斉指導で実際に用いることで、その効果の検証と教材作成上の課題を明らかにする。ここで、想定している課題は、教師の予測だけにとらわれないう、より適切と考えられる教材を開発する手法の必要性である。この課題を解決するために、授業進行支援システムの「リアルタイムで反応を収集する機能」を応用したシステムを開発する。それを用いて、提示した(説明文、静止画、動画と音声などの独立した素材を持っている)仮教材に対する学習者側の反応を収集・分析し、ルールに基づいて代替教材を選択・提示することを可能にする。そして、その効果を検証するために、本手法で作成した教材と評価前の仮教材を比較したり、本手法で作成した教材と専門家が作成した市販教材との比較を行う。

最後に、第6章「まとめと今後の課題」では、授業進行支援システムの実現と応用のために、第2章から第5章を通して行ってきた機能拡張および評価実験における成果をまとめる。さらに、未解決の課題を今後の課題としてまとめる。

参考文献

- 池田央（1982） “テストと測定”、第一法規、東京。
- 加藤幸次（1996） “ティームティーチング入門”、国土社、東京。
- 金豪権著、梶田叡一監訳（1976） “完全習得学習の原理”、文化開発社、東京。
- 永岡慶三、吳亜棟（1989） “コンピュータ・テストイングにおける回答所要時間についての分析”、日本教育工学雑誌、Vol.12、No.4、pp.129-137。
- 石川恵子、荒屋真二、永岡慶三（1983） “集団学習応答曲線の逐次パラメータ推定とその学習進行制御への応用”、日本教育工学雑誌、Vol.7、No.3、pp.121-128。
- 藤森 進（1989） “項目反応モデルにおける母数の同時推定と交互推定”、岡山大学教育学部研究集録、No.86、pp.129-134。
- 堀部政男（1986） “情報公開と個人情報保護”、比較法研究 48 号、pp.22-31。
- 松田稔樹、多胡賢太郎、坂元昂（1992） “教授活動の計算機シミュレーションに向けたモデルの提案”、日本教育工学雑誌、Vol.15、No.4、pp.183-195。
- 梶田叡一、浅田匡、古川治（1997） “これからのティームティーチング”、東京書籍、東京。
- 吉崎静夫（1988） “授業における教師の意思決定モデルの開発”、日本教育工学雑誌、Vol.12、No.1、pp.51-60。
- Bloom, B. J. (1956) “Taxonomy of educational objectives”、Handbook1、McKay、New York.
- Bloom, B. J. (1964) “Stability an change in human characteristics”、Wiley、New York.
- Bloom, B. J. (1966) “The role of the educational sciences in curriculum development”、Instructional journal of educational sciences, No.1、pp.5-16.
- Bloom, B. J. 著、梶田叡一・渋谷慶一監訳（1973） “教育評価法ハンドブック”、第一法規、東京。
- Buchanan, B. (1985) “Rule-Based Expert Systems (The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project)”、Addison-Wesley Publishing Company.
- Bunderson, C.V. (1988) “The four generations of computerized educational measurement”、Educational measurement, No.3、Macmillan.
- Carroll, J. (1963) “A model of school learning”、Teachers College Record、No.64、pp.723-733.
- Feigenbaum, E. A. (1984) “The fifth generation artificial intelligence and Japan's computer challenge to the world”、New American Library.
- Hart, P.H. (1981) “Directions for AI in the Eighties”、SIGART、No.79、pp.11-16.
- Scriven, M. (1967) “The methodology of evaluation、AERA Monograph Series on Curriculum Evaluation”、No.1、pp.39-83.
- Shortliffe, E.H. (1976) “Computer Based Medical Consultations:MYC I N”、American Elsenier.

- Thorndike, R.L (1990) "Educational measurement", American Council on Education.
- Wainer, H. (1990) "Computerized Adaptive Testing", Lawrence Erlbaum Associates.
- Wenger, E. 著、岡本敏夫・溝口理一郎監訳 (1990) "知的C A I システム", オーム社、東京.
- Weiss, D.J. (1983) "New horizons in testing", Academic Press.
- Ueno, U. (1983) "An End-User Oriented Language to Develop Knowledge-Based Expert System",
IEEE COMPCON FALL, No.83, pp.523-529.

第2章

一斉指導の改善を目的としたテスト支援機能の開発と効果

2. 1 はじめに

2. 1. 1 一斉指導の問題と改善策

第1章に述べた通り、一斉指導の問題に対する1つの解決策として、ブルームは「完全習得学習」という教授法を提唱している（Bloom 1956, 1964, 1966）。この方法では、次のような授業の準備、実施、評価を行うことを前提とした。

- ① 項目ごとに目標を分析し、当該授業前に授業計画を立案する。
- ② 先行学習で達成が不十分な目標を診断するために、診断テストを作成し実施する。
- ③ 小單元ごとの形成的評価テストを作り、その終了ごとに実施する。
- ④ テストの結果、未修得項目の多い学習者には補充学習の機会を用意し、それ以外の学習者には深化学習の機会を用意する。

しかし、現実には上の①～④を行いながら一斉指導を実現することは、その準備、実施等の負担を考えると容易ではなく、この方法は必ずしも普及していない。

2. 1. 2 レスポンス・アナライザーとコンピュータ・テストティング

完全習得学習を実現する上で鍵となるのは、テストの実施、及び、採点・評価の手間を効率化することである。さらに、テストの作成や診断結果に応じた個別対応の方策も効率化できれば、より実現の可能性は高くなる。ただし、一時限の授業の最後にテストを行い、次の授業で対応していたのでは、一斉指導による個人差の発生には対応したことにはならず、単に、個人差の状況を把握するにとどまってしまう。したがって、授業中にリアルタイムでテストの実施→評価・分析→対応を逐次行える必要がある。

このようなテスト実施の効率化を図る方策の一つとして、レスポンスアナライザーやコンピュータ・テストティングがある。

前者は、授業中に教師の助手的存在として、学習者の反応を即座に把握し、記録して、授業の流れの適否や指導結果の定着度・理解度を集計・分析ができる機器である（藤田ら 1971）。これを、テストと一斉指導の改善に結びつけようとする研究の一つに、石川ら（1983）や永岡（1986）のレスポンスアナライザーを用いた授業進行支援の研究がある。この研究では、クラス

全体に占める回答終了者等の割合をレスポンスアナライザーで収集し、回答の打ち切りなどの意思決定を支援している。

一方、コンピュータ・テストは、初期段階ではスタンドアロンで行われており、データ収集に手間がかかった。それに対して、1980年代には、東原ら（1988）の研究にあるように、CAIの学習履歴を教室用LANで効率的に収集し、分析することが可能になった。また、近年ではVantaggiato（1998）の研究に見られるように、WWWを活用した自動テスト・評価管理システムが開発されている。さらに永岡（1989、1996）の研究では、問題提示の効率化や多様な形態の情報を活用したマルチメディアによる出題・回答システムも実現されている。

このように、CAIを用いた個別対応や、コンピュータ・テストの分野では、ネットワークの活用が広がっている。しかし、一斉指導の改善を目的としたものは見られない。

2. 1. 3 目的

以上の先行研究の成果をふまえ、一斉指導の問題を「完全習得学習」の実現という観点から解決することを目的に、2. 1. 1 ①～④の各段階をより効率的に行なえるような「一斉指導改善のためのテスト支援機能」を開発する。また、開発したシステムを実際の授業で活用し、システムを用いない場合との間で学習の効果に与える影響を比較する。

このシステムでは、①や④のような授業設計に関わる作業を支援することと、②や③のような評価テストの作成と実施、及び、結果の分析を支援する機能が必要である。また、前述した通り、評価テストの実施結果は授業に即時に活用できる必要があり、これは、授業設計と評価の機能を統合する機能として捉えられる。

具体的な実現方針としては、まず、②や③を効率的に行うために、ネットワーク型のコンピュータ・テストシステムを開発する。このシステムでは、実施するテスト問題を教師の負担にならない程度に効率的に作成できることが重要である。また、授業のいくつかの学習目標に対応して、短時間で効率的に回答できる程度の出題、回答形式を採用することが重要である。これに、リアルタイムで学習者の理解度を評価し、教師に結果を提示する機能を実現し、授業進行に関する教師の意思決定を支援できるようにする。

以下、2. 2で本システムの構成と特徴を述べ、2. 3で各種機能を授業でどのように利用するか説明する。さらに、2. 4でシステムの評価実験について説明し、2. 5でその結果と考察を行う。

2. 2 テスト支援機能の構成と特徴

(1) システムの構成

本システムで実現するのは、松田ら（1992）の教授活動モデルで言うと、発問、評価の教授行動である。これを完成させるには、教師と学習者とのコミュニケーションを代替するネットワークが必要になる。

具体的にシステム構築する上で、特殊なネットワーク環境の利用を避けることが望ましいと考え、一般的に運用されているLANを利用することによって、上述したテスト支援機能を実現することを目標とした。本テスト支援機能の基本構成を図2-1に示す。

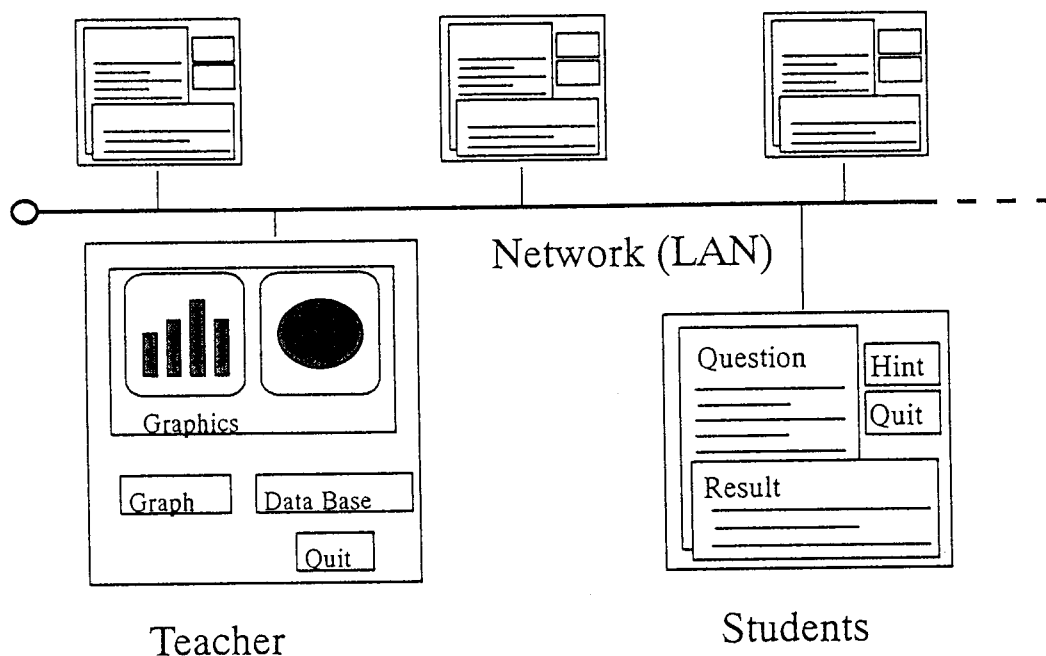


図2-1 テスト支援機能の基本構成

サーバ(教師)とクライアント(学習者)は全てネットワーク接続されている。サーバ(教師)はWebの機能を用いてテスト問題を表示し、クライアント(学習者)は表示されたテスト問題に回答し、結果を提示する。テストは全てコンピュータ上で行われる。

このテスト支援機能を利用することにより教師が問題のコピー、配布、回収、採点、集計、分析、返却に費やしていた時間を省くことができる。また、授業内容をテストし、理解状況をその場で授業に反映させることで、より効果的な授業を行なうことができる。

(2) テスト支援機能運用の流れ

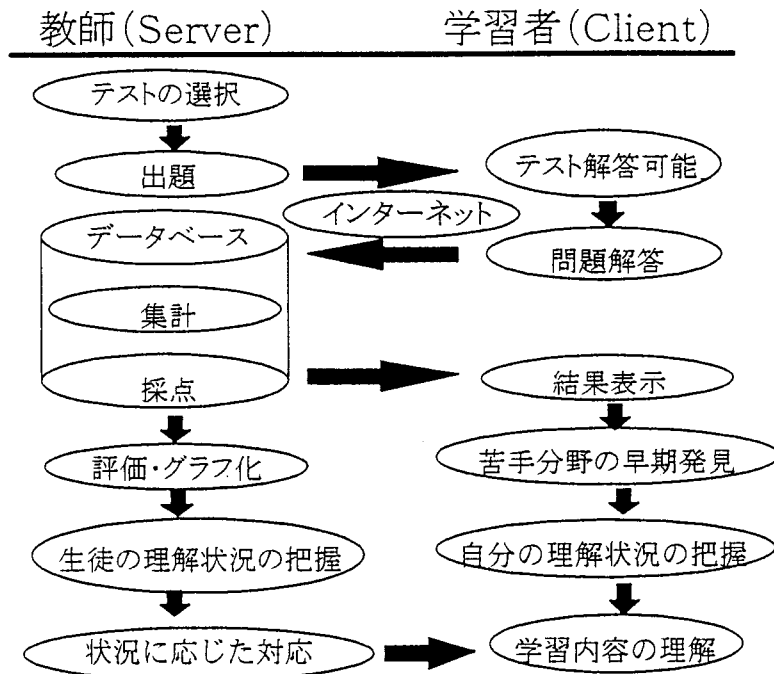


図 2-2 本システムの流れ図

図 2-2 に示したように、本システムにおいて、教師はテスト作成機能を用いて問題と回答項目を作成し Web 上で出題する。学習者は回答を開始し、回答し終わったら提出ボタンを押す。提出ボタンを押すと、テストの採点結果を参照することができる。出題された回答は、サーバ側で集計・分析されると共に、集計結果を教師側と学習者側の双方にグラフ表示できる。そうすることで、教師にとっては、一斉指導を行う上での資料となり、学習者には自分の理解度の全体にしめる位置付けを確認することができる。

2.3 テスト支援機能の各種機能説明

このテスト支援機能は、大きく分けて、“教師側の機能”と“学習者側の機能”とから構成されている。

2.3.1 教師側の機能とシーケンス

本システムは、出欠確認、採点、結果の分析といった一連の作業をより簡単に行なえるように、以下に示す“教師側の機能とシーケンス (図 2-3)”によって教師を支援する。次に、(1)～(9)の機能について説明する。

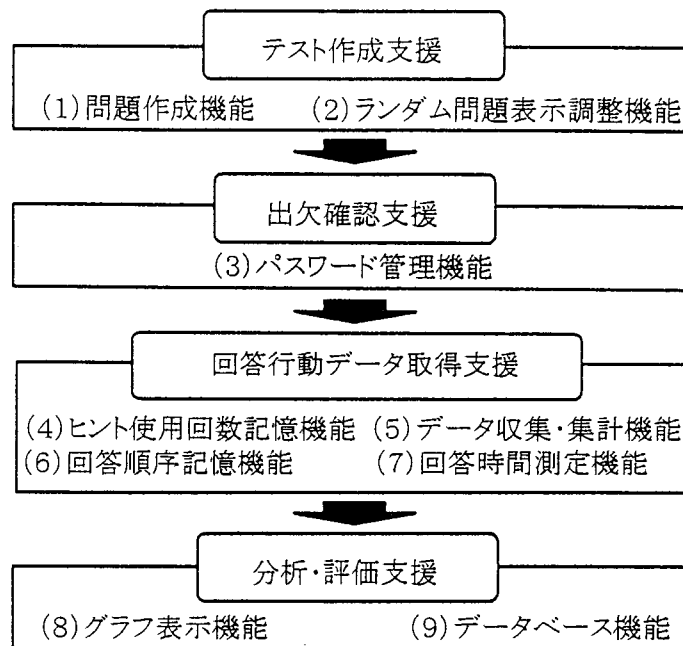


図 2 - 3 教師側の機能とシーケンス

(1) 問題作成機能

テスト問題や、回答項目の作成は全てWeb上で行う。入力されたテスト問題のデータはサーバ内に蓄積される。

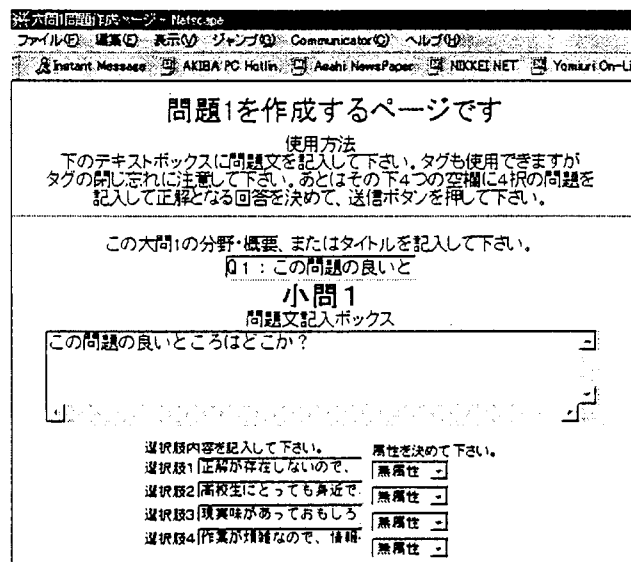


図 2 - 4 問題作成機能

(2) ランダム問題表示調整機能

テストの回答は全て画面上で行うため、前や左右の画面からカンニングされることも考えられ

る。そこで問題や回答項目の順番をランダムに表示することで、カンニングに対処できる。その問題や回答項目の順番を調整する機能である。また、問題の提案順序が回答時間や回答順序にどのように影響してくるかを調査するために用いることもできる。

(3) パスワード管理機能

テスト支援機能に入る前のパスワードの管理を行う。特に、パスワード忘れに対応する。また、出欠の管理を容易に行うことができる。

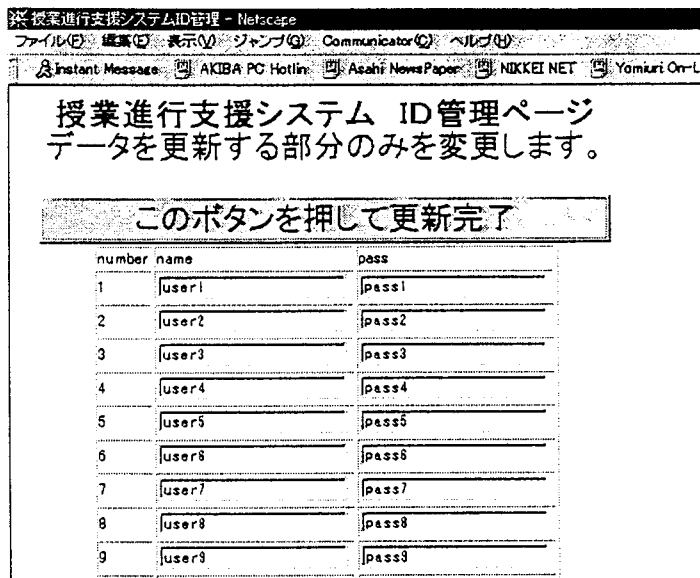


図 2-5 パスワード管理機能

(4) ヒント使用回数記憶機能

学習者が使用したヒントの回数を記憶する機能である。どの問題にどれだけヒントが使われているかを確認できる。ヒントの使用回数から、学習者の得意・不得意分野の判別が可能となる。また、得点以外の観点からテスト内容が適切だったかどうかを分析できる。

(5) データ収集・集計機能

本システムの最も基本となる機能で、各種データの収集・集計を行なう。ヒント使用回数、回答順序、回答時間といった回答行動データを収集・集計できる。また、この機能で、1つ1つの問に対してクラス全体の学習者が、選択項目別に何人ずつ回答しているかといった集計も行う。この結果を(8)のグラフ表示機能で提示することにより、教師はクラス全体の理解度の傾向を把握でき、授業進行に活かすことができる。

(6) 回答順序記憶機能

学習者の問題回答順序を記憶していく機能である。問題の回答順序から回答行動パターンを分析したり、テスト問題の構成方法やレベルに応じた問題作成について考察できる。

(7) 回答時間測定機能

学習者の問題回答時間の測定をする機能である。全問回答時間、各問回答時間を測定する。測

定時間から、学習者の得意・不得意問題が判断できる。また、得点以外の観点から問題の難易度について考察できる。

(8) グラフ表示機能

回収されたテストの累積結果や採点結果をグラフ表示する機能である。回答結果、学習者の得点、得点分布など採点結果等を棒グラフ等で表示することで、学習者全体の学習傾向を視覚的に把握しやすくなる。そうすることにより、授業進行に必要な判断や学習者への助言などをよりの確に考えることができる。

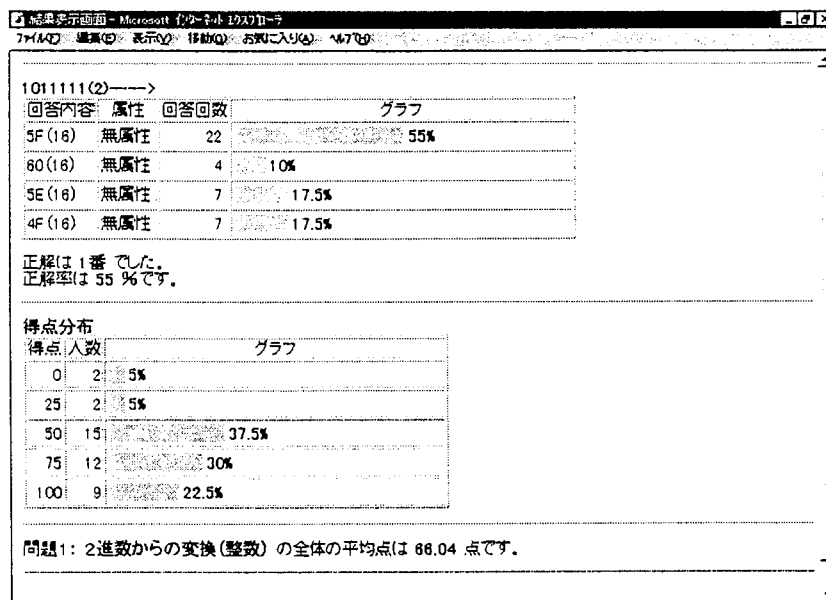


図2-6 グラフ表示機能

(9) データベース機能

学習者の出席確認、得点、回答行動データなど、取得したデータをデータベースに蓄積できる。取得した各種データを利用して、より細かく学習者の評価、テスト問題の分析が可能となる。

特に、学習者一人一人が各問に何を回答したかといった細かな情報を記憶、更新する。さらに、検索機能によって一人一人の情報を引き出すことも可能であるため、教師に細かなテスト結果情報を与えることができる。これらの情報は、教師が、一人一人に行き届いた教育を行うために必要な情報であり、それを保存・管理するのに有益であると考えられる。このデータベース機能はtext形式で保存されているので表計算ソフトやデータベースソフトなどにもデータを利用できる。

データベース機能における「テスト解答入力」及び「テスト結果検索」機能の概要を図2-7に示す。

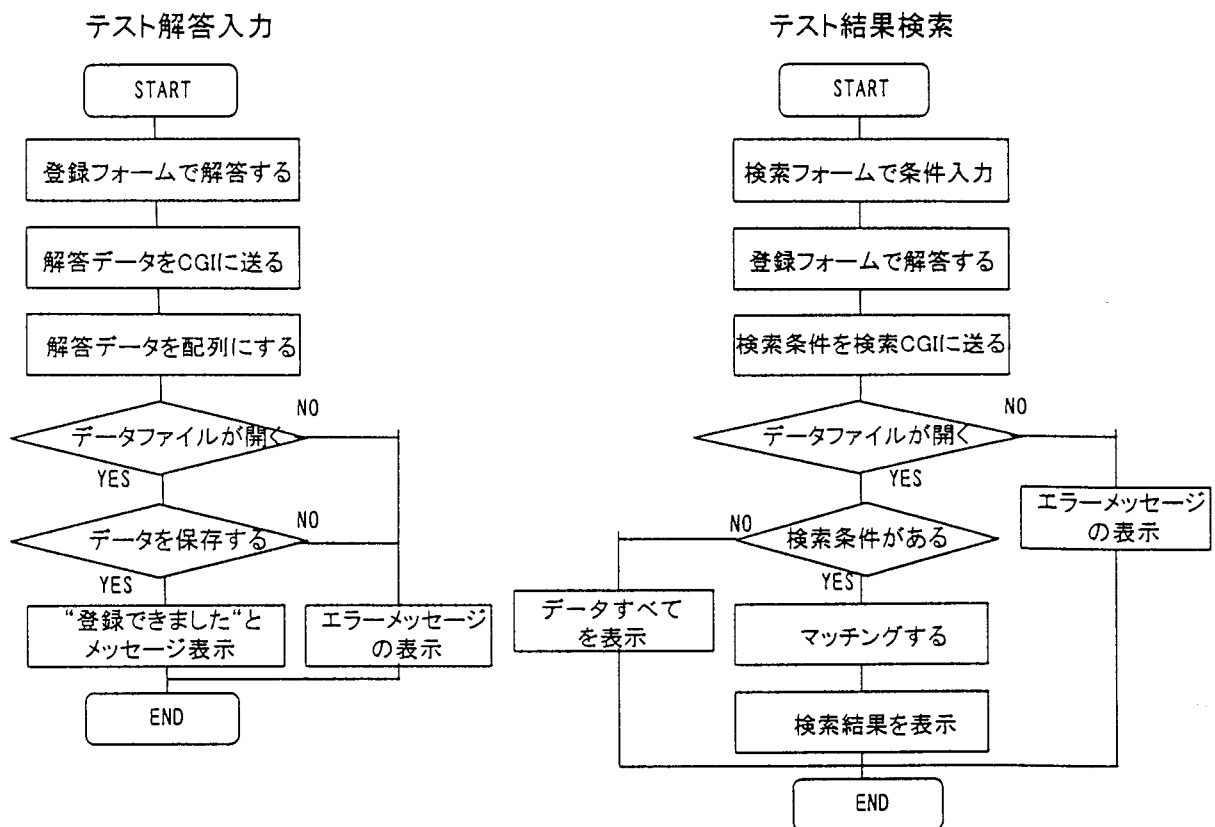


図 2-7 データベース機能の概要

検索結果

20件の登録の中から7件の該当がありました。

名前	問1	問2	問3	問4	問5	登録日
寺島重則	4	2	5	3	1	1998/01/24 11:10
谷 美恵子	2	4	1	5	3	1998/01/24 11:07
馬場高志	1	5	2	1	3	1997/11/12 12:09
石井博人	1	2	2	2	5	1997/11/12 12:08
中村薫	3	4	2	2	5	1997/10/23 12:51
山崎裕司	5	2	1	1	3	1997/10/23 12:50
佐藤司	2	5	3	1	4	1997/10/23 12:49

図 2-8 データベース機能の実行画面

2. 3. 2 学習者側の機能とシーケンス

本システムを使って受けたテストに関して、学習者が自分の得意・不得意分野がどれなのか把握できるようにしたり、また、テスト問題や授業に対する疑問をその時間内に解決できるように、以下に示す機能によって支援する。

学習者側の機能とシーケンスを図2-9に示し、本システムに組み込まれている(1)～(5)の機能について説明する。

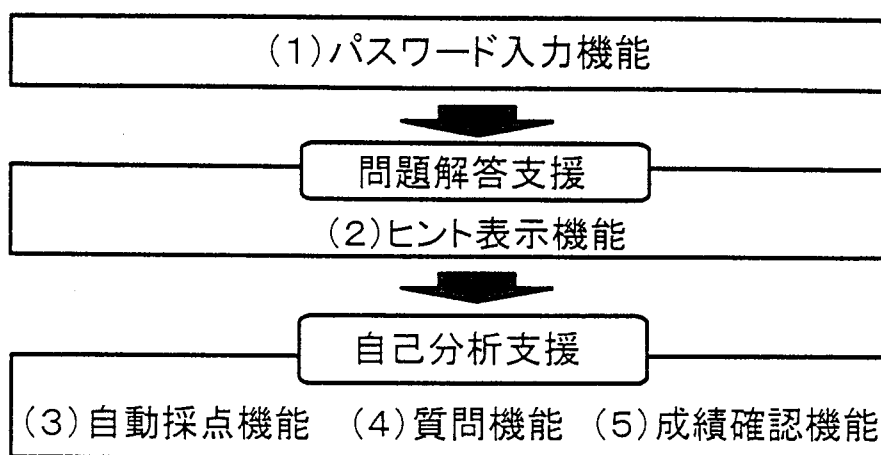


図2-9 学習者側の機能とシーケンス

(1) パスワード入力機能

テスト開始前にパスワードの入力を行う。パスワード入力によって、出欠の確認を行う。また、学習者の成績確認機能でも、このパスワード入力機能を使用する。

(2) ヒント表示機能

学習者は必要に応じて、回答入力画面上にあるヒントボタンを押すことで、回答入力中に問題のヒントを得ることができる。ヒントから問題の解答の糸口を見い出して、自力で回答する力を身につけることができる。そして、学習者がヒント表示機能を用いる時にサーバ側にデータが送られることで、2.3.1の(4)ヒント使用回数記憶機能のデータとして使用できる。

(3) 自動採点機能

テスト提出後に採点結果を表示する。学習者はその場で自分自身の理解度を確認することができる。また、コンピュータが提示する回答には、学習者の反応から予測される助言が付け加えられることで、より充実した対応を行うように配慮した。この機能により学習者は、自分の弱点分野を早期に発見し、自主的に対応できる。

(4) 質問機能

テスト問題や授業内容に対して、授業中に質問できる。コンピュータを通して教師と学習者の相互コミュニケーションを図るための機能である。一方通行的な従来の授業をより双方向的な方向へ導くことができる。

(5) 成績確認機能

学習者は、自分の成績やクラス全体の平均得点をパスワード入力することにより確認できる。その事により学習者は、自分の成績の推移やクラス全体における自分の位置を把握できる。

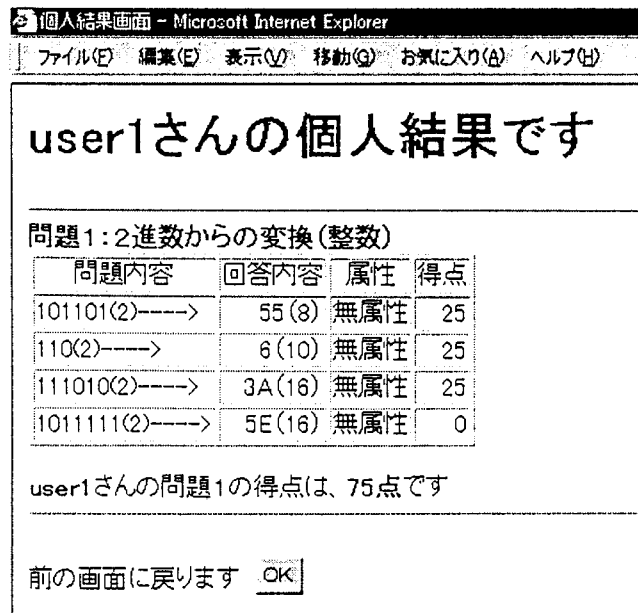


図 2-10 成績確認機能

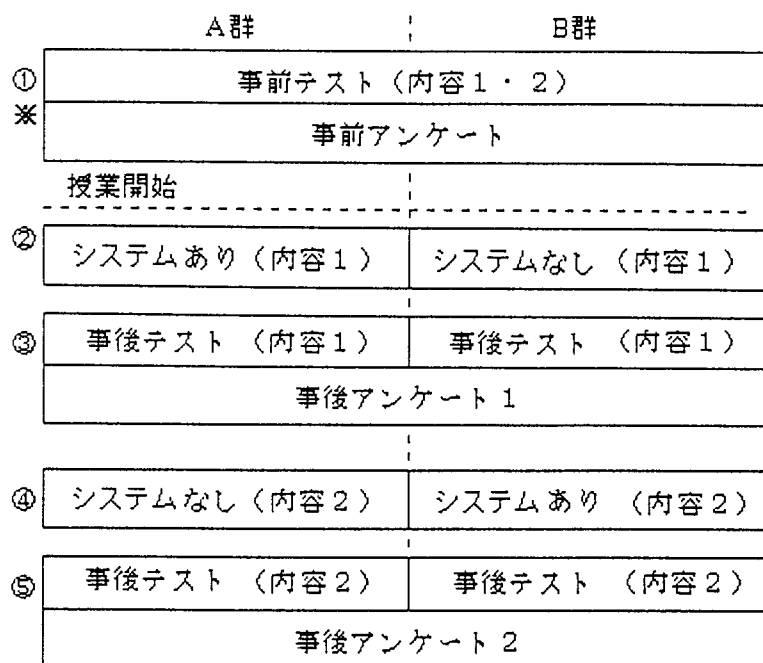
2. 4 システムの評価実験

今回開発したテスト支援機能を一斉指導に用い、テスト結果を授業進行に活用した場合とそうでない場合とで、学習者の理解度に違いが見られるかどうかを検証する。

実験で扱った学習内容は、数の進数変換に関するものである。具体的には、2、8、10、16 進数の4種類の表現方法について、それぞれ相互に変換する方法を学習させる。この場合、 $4 \times 3 = 12$ 通りの変換があるが、さらに、整数の場合と実数の場合とがあるので、計24通りの方法を学習させる。なお、2進から10進、10進から2進への変換は、中学校2年生で扱うべき内容とされている。

被験者は「情報工学」の科目を履修する工業高校の学習者64名であり、32名ずつ2クラス（以下A群、B群と呼ぶ）に分かれて授業を受講した。

実験は、間に一週間を置いて2回に分けて行い、それぞれの群が、テスト支援機能を活用した授業進行を行った場合とそうでない場合とを交互に1回ずつ体験するようにした。それぞれの回は、授業2時限分に相当し、以下に示す手順で行った(図2-11)。



※ 内容1は「2進数と10進数からの変換方法」
 内容2は「8進数と16進数からの変換方法」

図2-11 実験手順

- ① 2つのクラスが本実験の被験者群として同等とみなせるかどうかを調査するために、「進数変換」の各回で扱う内容について事前テストを実施した。このテストは、各回ごとに、授業時間とは別の時間に実施した。また、テストの方法は、システムを用いるのではなく、ペーパーテストで行った。
- ② 1回目の授業は、「2進数と10進数からの変換方法」を内容として扱った。この時、A群でテスト支援機能（図2-6）を活用した授業進行を行い、B群ではそれを用いない授業進行を行った。ただし、システムを用いないということの意味は、システムによって得られた結果に応じた対応を行わなかったということであり、A群と同様の場面で、B群でもシステムを使った評価テストは行っている。

テスト支援機能を活用した場面（図2-11の②）の詳細説明を、図2-12を用いて以下に述べる。

- ②-1 整数と実数の2進数から8、16、10進数それぞれへの変換方法に関する説明を行う。
- ②-2 システムを用いて両群で、②-1の内容の理解度の確認を行う。さらに、システムあり群では、テストの得点によって、復習を行うかどうか判断する。
- ②-3 整数と実数の10進数から8、16、2進数それぞれへの変換方法に関する説明を行う。
- ②-4 両群で、システムを用いて、②-3の内容の理解度の確認を行い、②-2と同

様に、システムあり群では対応する。

- ②-5 授業のまとめの段階で、両群でシステムを用いて内容1全体にわたる理解度の確認を行う。システムあり群では、結果に応じて、まだ完全に理解していないと考えられる項目について再度の助言と復習を実施する。

②-1	2進数→8、16、10進数（整数および実数）の内容説明
②-2	②-1の内容の理解度の確認と復習の判断
②-3	10進数→8、16、2進数（整数および実数）の内容説明
②-4	②-3の内容の理解度の確認と復習の判断
②-5	授業のまとめの段階での理解度の確認

図2-12 図2-11の②の詳細説明

- ③ 授業の最後に、事前テストと平行テストになるような内容で事後テストを行い、群間の理解度の差を判定する資料を得た。また、授業に対するアンケート調査も実施し、授業への満足度を比較する資料も得た。授業最後のテストと調査も、ペーパーテストで行った。
- ④・⑤ 2回目の授業では、1回目と逆に、B群でシステムを活用し、A群では活用しなかったこと、授業内容として、「8進数と16進数からの変換方法」を扱ったことが異なり、それ以外の実施手順は1回目と同様であった。

2. 5 実験結果と考察

2. 5. 1 事前・事後テスト

事前・事後テストの構成と得点化にあたっては、次のような基準を設けた。

まず、構成については、第1回目が整数（2・10進数）・実数（2・10進数）あわせて20問とし全体で100点満点、第2回目が整数（8・16進数）・実数（8・16進数）あわせて20問とし全体で100点満点とした。

次に、得点化については、各問ごとに以下のようにした。

- ・完全な正解なら4点満点。
- ・完全な正解ではないが、途中まで正解しているような回答なら2点。
- ・完全な正解ではなく、途中の手法も誤っているような回答なら0点。

1回目、2回目それぞれの事前・事後テストの結果を表2-1に示す。

表 2-1 事前・事後テスト結果

		第1回		第2回	
		事前テスト	事後テスト	事前テスト	事後テスト
システムなし	平均得点	18.1	64.3	38.3	65.8
	標準偏差	2.96	6.12	6.33	4.78
	人数	32	32	32	32
システムあり	平均得点	19.2	82.1	36.1	81.9
	標準偏差	3.08	4.87	6.12	5.02
	人数	32	32	32	32
有意差			*		*

※有意差は、事前・事後テストで行われた得点を尺度とみなし、t検定によって判断した。そして、5%有意であるものを*で示した。

まず、1回目の事前テストにおける2クラスの学力分布の違いを見るために、平均点および分散のt検定およびf検定を行った。その結果、いずれにおいても有意な差は認められず、2つのクラスは実験の比較対象として適切であると判断した。

これに対して、1回目の事後テストについて同様の検定を行ったところ、テスト支援機能の結果を活用して助言を行ったクラスの平均が有意に高いことが認められた。なお、クラス間の得点のばらつきには有意な差は認められなかった。

1回目と同様、2回目についても、事前および事後テストについて、2クラスの学力分布の違いを見るために、平均点および分散のt検定およびf検定を行った。その結果、事前テストでは有意な差は認められなかったが、事後テストについては、テスト支援機能の結果を活用して助言を行ったクラスの平均が有意に高いことが認められた。1回目と同様に、クラス間の得点のばらつきには有意な差は認められなかった。

以上の結果から、テスト支援機能におけるデータをリアルタイムで活用しながら授業進行を行うことは、理解度を高める上で有効であると考えられる。

2. 5. 2 授業に対するアンケート結果

事前・事後テストと同時に、授業に対する主観的評価を得るためのアンケートを学習者に実施した。表2-2の9つの項目について5段階（そう思う：5、どちらかというと思う：4、どちらともいえない：3、どちらかというと思わない：2、そう思わない：1）で回答させた。

表2-2にアンケート結果を示すが、1回目のアンケートは時間の都合上一部の学習者（助言なしは26名、助言ありは27名）からしか回答が得られなかった。したがって、ここでは1回目のアンケートデータは参考程度に扱うこととし、2回目のアンケートを主な考察対象とする。

	質問項目	1回目		有意差	2回目		有意差
		平均点(標準偏差)			平均点(標準偏差)		
		助言なし	助言あり		助言なし	助言あり	
1	今日の授業内容は、興味が持てた	3.0(1.39)	3.2(1.53)		2.7(1.28)	3.4(1.69)	
2	今日の授業内容は自分にとって役立つと思う	3.2(1.31)	3.0(1.51)		3.1(1.24)	3.0(1.21)	
3	今日の授業は退屈しなかった	3.1(1.02)	3.2(1.12)		2.0(1.10)	2.0(1.13)	
4	コンピュータで提示された説明はわかりやすかった	2.4(1.38)	3.5(1.57)	*	2.6(1.00)	3.4(1.14)	**
5	教師の言っていることがよくわかった	2.8(1.26)	2.9(1.29)		3.1(1.41)	3.7(1.28)	
6	わからないことがあった時、先生が補足してくれたりヒントを出してくれた	2.7(1.29)	2.9(1.41)		2.6(1.11)	2.9(1.08)	
7	コンピュータを使って回答する事は苦にならなかった	3.2(1.12)	3.7(1.40)		2.8(1.23)	3.1(1.28)	
8	自分のペースで問題を解いたり、勉強するよりやりやすい	2.4(1.47)	3.5(1.71)	*	2.1(1.07)	2.9(1.47)	*
9	今日の授業には満足できた	3.0(1.18)	3.1(1.64)		2.9(1.34)	3.2(1.20)	

※2回目の助言なし、助言ありにおける人数は32名であった。

※有意差は、5段階評価を間隔尺度とみなし、助言あり、助言なしの平均値が同じかどうかのt検定を行った。また、5%有意は*で示し、1%有意は**で示した。

2つのクラス間で有意差のあった項目は、

問4：「コンピュータで提示された説明はわかりやすかった」

問8：「自分のペースで問題を解いたり、勉強するよりやりやすい」

の2項目であり、いずれも、システムの結果を活用したクラスで「そう思う」と評価される傾向が見られた。この結果より、同じ教材を用いた説明であっても、理解度を的確に把握し、理解が不足している箇所を補足説明することによって、学習者の満足度が向上することが示唆される。特に、問8より、個人差に対応する手段として、学習者は必ずしも個別CAIのような学習を望んでいるとは限らず、むしろ一斉指導形態で理解の不明瞭な点に対して迅速に適切な助言を与えることで、満足度が向上することが示唆された。

2.6 まとめ

本章では、一斉指導の改善を目的としたネットワーク利用によるテスト支援機能の設計と実現方法について述べた。また、本システムを実際の授業で利用し、テスト結果をリアルタイムで授業進行に活用することで、授業改善に効果があることを確認した。

今後の課題として、学習者の多くが、システムのパフォーマンスが遅いとの感想を残していた

ことから、それへの対応を検討する必要がある。この原因は、実験を行った教室とサーバが置かれている場所とが、異なるキャンパスにあり、速度の遅い広域ネットワークで接続されていたためと考えられる。したがって、本システムの性能を発揮させるためには、図2-1にあるように、サーバを同一LAN上に接続し、十分なパフォーマンスを得られる環境を整えて評価実験することも重要であると考えられる。

この他、テスト得点以外の情報を用いて、理解の程度を異なった方向から把握し、一斉指導に利用することも検討する必要がある。具体的には、回答にかかった時間やヒントの使用頻度なども抽出して、授業進行の判断に反映させることなどである。

さらに、実験授業に参加した教師の意見から、図2-6のようなグラフ表示から得られる情報は過多であり、次にとるべき教授活動を即座に決定するには負担がかかる恐れがあることがわかった。しかも、提示された情報をどのように判断するかは教師に任されているため、結果を効果的に活用できるかどうかは、教師の力量に大きく依存する可能性があることも指摘された。以上のことから、効果的な意思決定を行うためには、どのようなデータが得られた時に、どのような判断を下せばよいのか、意思決定の支援を行うような機能の実現についても検討していく必要が示唆された。

参考文献

- 藤田広一、平田啓一、佐藤隆博（1971） “レスポンス・アナライザの使い方と記録の分析”、教育工学社、東京。
- 石川恵子、荒屋真二、永岡慶三（1983） “集団学習応答曲線の逐次パラメータ推定とその学習制御への応用”、日本教育工学雑誌、Vol.7、No.3、pp.121-128。
- 永岡慶三（1986） “レスポンス・アナライザを用いた授業進行支援システムの開発”、日本教育工学雑誌、Vol.10、No.3、pp.11-18。
- 永岡慶三（1989） “コンピュータ・テストングにおける回答所要時間についての分析”、日本教育工学雑誌、Vol.12、No.4、pp.123-137。
- 永岡慶三（1996） “新しい学力の測定・評価を目的としたマルチメディア出題・回答テストシステム”、平成7年度科学研究費補助金研究成果報告書（研究代表者 永岡慶三）、課題番号06680209
- 東原義則、中山和彦（1988） “クラスルームCAIシステムにおけるネットワークの機能”、電子情報通信学会、Vol.88、No.99、pp.57-65。
- 松田稔樹、多胡賢太郎、坂元昂（1992） “教授活動の計算機シミュレーションに向けたモデルの提案”、日本教育工学雑誌、Vol.15、No.4、pp.183-195。
- Bloom, B.J. (1956) “Taxonomy of educational objectives”、Handbook1、McKay、New York.
- Bloom, B.J. (1964) “Stability an change in human characteristics”、Wiley、New York.
- Bloom, B.J. (1966) “The role of the educational sciences in curriculum development”、Instructional journal of educational sciences、No.1、pp.5-16.

Vantaggiato, A. (1998) "Exams and Course Administration on the Web" , WebNet 98
World Conference of the WWW, Vol.19, No.231, pp.141-150.

第3章

意思決定支援機能の実現と評価

3.1 背景と目的

第2章において、多肢選択形式のテスト（発問）を一斉指導で実施し、回答をその場で集計処理することで、学習者の理解度を把握しながら授業進行するための「テスト支援機能」を開発した。実際にこのシステムを授業で利用したところ、システムを用いないで授業を進めた場合と比較して、理解度が有意に高まったことが確認された。

しかし、第2章の実験結果による考察の結果、教師にとって図3-1のようなグラフ表示から得られる情報は過多であり、次にとるべき教授活動を即座に決定するには負担がかかる恐れがあることがわかった。また、提示された情報をどのように判断するかが教師に任されているため、結果を効果的に活用できるかどうかは、教師の力量に大きく依存する可能性があることも指摘された。以上のことから、効果的な意思決定を行うためには、どのようなデータが得られた時に、どのような判断を下せばよいのか、意思決定の支援を行うような機能を実現することが課題として残された。

以上の問題点を解決するアイデアとして、エキスパートシステムの利用が考えられる。エキスパートシステムとは、対象とする問題領域の専門的知識を利用して推論を行い、専門的に高度な問題の解決に関して、専門家（エキスパート）と同等の能力をもつことを目標とする知的問題解決システムである（Hart 1981, Ueno 1983, Feigenbaum 1984）。これを医療診断に応用した具体例がMYCINである（Shortliffe 1976, Buchanan 1985）。

この他、意思決定支援にエキスパートシステムを応用した分野には、教育学、心理学、経済学などがある（Zhengxin 2000）。教育分野では、教師の昇進問題にエキスパートシステムの考え方を応用した Peterson（1987）の研究がある。授業での利用としては、レスポンスアナライザーの集計結果をコンピュータに判断させ、教師に意思決定の助言を行う永岡（1986）の研究がある。永岡の研究は、演習課題を行っている学習者の作業を打ち切るタイミングを助言することに焦点化している。したがって、処理対象は、演習課題が終了したかどうかの on/off 情報のみであり、クラス全体の反応を応答曲線として処理することに焦点化している。

本章の研究は、第2章のテスト支援機能で収集した情報を効果的に活用し、教師がよりの確に

授業進行することを支援する「意思決定支援機能」へと発展させることを目的とする。このために、具体的には、以下の2点についてテスト支援機能からの拡張を行い、システムの効果を検証する。

- ① 教師の意思決定の負担を軽減するために、図3-1のような統計データとして結果を表示する形式から、図3-2のような授業進行のための適切な代替案を助言する形式に改善する。このために、吉崎（1988）の教師の意思決定モデル及びそれを発展させた松田ら（1992）の教授活動モデルに基づいた意思決定支援機能を実現する。
- ② テスト支援機能は、授業で言えば発問に対する回答のみを授業進行の意思決定に活用するという考え方に立っている。しかし、授業の大半の時間は、説明に費やされる。そこで、説明時の学習者の理解度を的確に把握し、授業進行に活かすためのアンケート機能を追加する。なお、アンケート機能についても、①と同様の意思決定支援機能を実現する。

結果表示画面 - Microsoft インターネット エクスプローラ

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 移動(O) お気に入り(A) ヘルプ(H)

Indicates the result of this question

Gatherd data of question 1

1) 0.BE (16) ——>

Question	Attribute	Number	Graph
0.572 (8)	Correct	25	36.76%
0.571 (8)	Incorrect	9	13.23%
0.573 (8)	Incorrect	16	23.52%
0.276 (8)	Attention	18	26.47%

Answer is No. 1
The rate of correct is 36.76%

図3-1 テスト支援機能の情報提示画面

*** 生徒用画面 *** - Netscape

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ジャンプ(G) Communicator(C) ヘルプ(H)

Instant Message ネット 窓の杜 新着 Yomkuri On-Line NIKKEI NET

*** 助言表示画面 ***

内容をわかりやすく説明して下さい (25%)

内容に興味を持たない生徒に対応して下さい (37.5%)

わからないので興味を持たなくなっている生徒がいます
(わかるようにもう一度説明して下さい) <12.5%>

図3-2 意思決定支援機能の情報提示画面

3. 2. システムの設計

3. 2. 1. テスト支援機能利用時の教授活動

授業進行の意思決定を支援するには、教授活動において教師がどのような情報に基づいて意思決定しているかを検討する必要がある。また、本章の研究は、教師の意思決定の負担を軽減することを目的としているが、そのために、他の作業負担が増加することはできるだけ避ける必要がある。

そこで、システムを設計するに当たり、まず、テスト支援機能を利用している際の教授活動を松田らのモデルに対応づけて分析し、

- ・意思決定支援に必要な情報は何か
- ・そのうち、テスト支援機能に既に存在している情報と新たに組み込むべき情報はどれかを明らかにする必要がある。

以下、教授活動の進行にそってシステムが扱うべき情報を説明する。特に、テスト支援機能を利用するための活動は下線で表す。

(1) 授業前の準備

松田らのモデルでは、授業前に授業計画を立案していることを前提とする。これは、{授業予測、教授意図、伝達内容、伝達方法、結果予測}の5つ組の系列で表わされる。

テスト支援機能では、伝達方法として、発問とそれに続く評価のみを支援する。発問用の伝達内容は、授業前にテスト問題作成画面で問題と選択肢を入力する。その際、選択肢に対する正解／不正解の情報、すなわち評価という伝達方法に対応する伝達内容も同時に設定する。以上が授業計画に関する情報でテスト支援機能に既に取り込まれている情報の全てである。

(2) 授業時

以上の準備作業の後に、テスト支援機能を用いた授業を行う。授業は、基本的に説明を行い、一定の区切りごとにテスト支援機能を用いた発問－評価を行って、必要な補足やフィードバックを行い、次の説明に移るといふことの繰り返しである。松田らのモデルでは、教授行動のバラエティとして説明と発問を分けているが、ここではシステム設計の観点からモードとして区別する。

a) 説明モード

教師は授業計画に基づき、口頭による提示と、WWWや黒板などによる提示とを併用しながら説明・指示を行う。学習者は受容した情報に基づいて学習し、反応を返す。教師は、授業計画の結果予測と比較し、ズレが生じているかどうかを判断する。ズレが無ければ計画通り授業を進める。ズレが即時に対応できるものであれば、学習者に補助的な情報を提供した後、授業計画通りに進めるが、ズレが大きい時には、教材知識等を用いて授業計画を変更し、変更後の授業計画にそって授業を進める。これらの意思決定は全て教師の頭の中で行われる。

b) 発問モード

発問モードも基本的な流れは説明モードと同じである。ただし、教師はシステムを通じて情報を提示し、それを学習者は個別端末で受容し、回答を考え、送信する。回答データは、システムによって集計、グラフ化され教師に提示される。

3. 2. 2 意思決定支援機能への拡張

3. 2. 1 の分析結果から、以下の方針でシステムの拡張を行う。

第1に、説明モードと発問モードとは、教師が提示する伝達内容、学習者が返す反応情報が異なるものの、全体的には類似の活動とみなせる。したがって、説明モードでやりとりされる伝達内容、反応情報も、システムを通してやりとりできるようにする。ただし、説明モードと発問モードをシステム上で統合する代わりに、これらを適切に切り替える方法を検討する必要がある。

第2に、教師が授業を進行したり、意思決定するには、授業計画の情報が重要な役割を果たす。松田らは、これを5つ組の系列で表わされるとしているが、それらを全て教師に準備させるのは、過剰な負担になる恐れがある。そこで、システムに意思決定させる上で必要最低限の範囲で授業計画に関する情報を入力させることを検討する。

以上の方針で検討した意思決定支援機能と、従来のテスト支援機能との違いを図3-3に示す。波線で囲んだ部分が新たに拡張した部分であり、変更した番号には' を付ける。以下、教授活動の順序にそって、システムの設計方針を示す。

(1) 授業計画情報の入力

授業計画の情報は、授業前にシステムに入力する必要がある。テスト支援機能では、授業計画を構成する5つ組のうち、伝達内容を②' の段階で入力していた。意思決定支援機能では、テストの他に、説明に用いる教材もWWWで提示することとし、同じ段階で入力させる。このために新たに設けたのが、「授業進行情報入力インターフェース」である。

3. 2. 1 で述べた通り、テスト支援機能がWWWを用いて実現されているため、教師は、従来もWWW上に教材を用意していた。これをシステムに取り込むことにより、授業計画に関する情報のうち、口頭で伝達するもの以外の伝達内容は教師の負担を増やすことなく、全てシステムに取り込まれることになる。また、教師にとっては、テスト支援機能とWWWによる教材提示とが統合されることで、両者を使い分ける手間も無くなり、使い勝手も向上すると期待される。

「授業進行情報入力インターフェース」は、説明を選択した時は、教材のリンク情報を入力し、発問を選択した時には、テスト支援機能と同様、テスト問題作成画面で必要な情報を入力する。これは、授業計画の5つ組のうち、伝達方法と伝達内容を入力することに相当する。授業計画の5つ組のうち、残る3つは、授業予測、教授意図、結果予測である。これら3つを全て入力させることも考えられるが、それでは教師の負担が大きくなる。本システムでは、学習者から収集する反応データが、発問モードでは、各問ごとに正解／不正解／要注意の3種類であり、説明モードでも、後述の通り、8個程度のカテゴリ情報に限定されることから、授業予測や結果予測は入力させず、教授意図のみを入力させることとした。

(2) システムによる教材提示と反応収集

授業実施時は、②' で入力した教材をテストと同様にシステムを通じて学習者の個別画面に提示する。テスト支援機能では、説明モードの教材提示と発問モードのテスト実施とが独立していたが、新システムでは、図3-4の「教師側操作画面」にある「授業進行制御画面」(図3-4右上)を操作させることで、入力した教材やテスト情報を授業進行に合わせて提示できるようにする(③')。この時、教師は、提示中の教材を「教材提示確認画面」(図3-4右下)で確認できる。このように、教材とテストの提示を統合し、授業計画の時系列順に提示できるようにすることで、教師が行うべき操作は簡素化され、一方、システムは今、授業計画のどのステップを実施しているのか、また、説明モードか発問モードかといったことを認識することができる。このように授業計画と授業進行場面との同期をとることは、システムが授業計画と実態とのズレに基づいて意思決定支援する上で必要不可欠な機能である。

さらに、新システムでは、教師が提示した教材情報に対し、授業評価でよく利用されている主観的評価項目を用いた反応(東;中島 1988)を学習者から返せるようにする(⑤')。具体的には、図3-5左上に示すような「わかりません」「もうすこしゆっくり」などの否定的な意見や、「できました」「わかりました」などの肯定的な意見をWWW上のボタンで選択し、随時、教師に送信できるようにする。

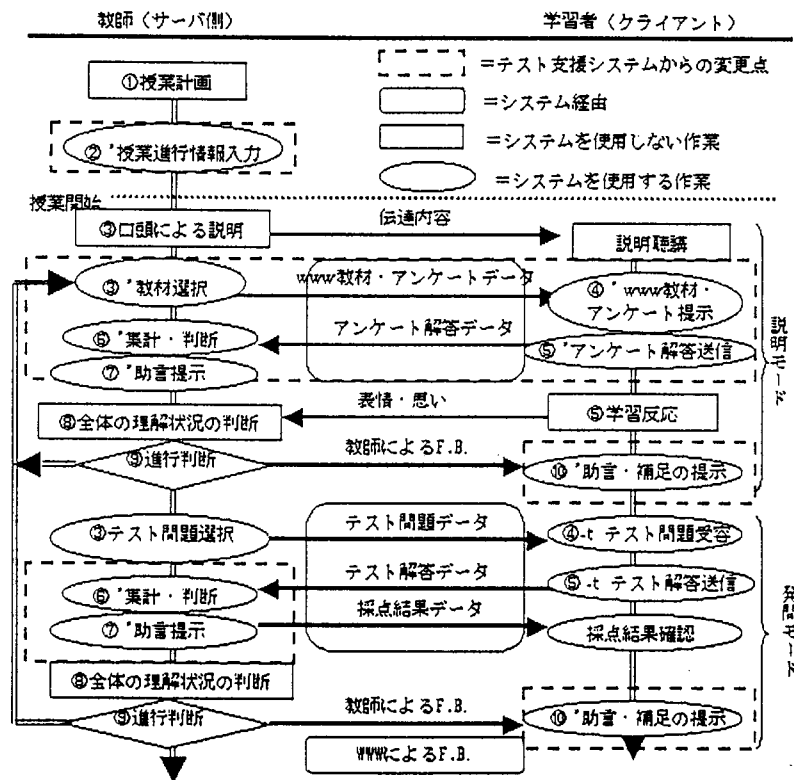


図3-3 意思決定支援機能を用いた教授活動

(3) 学習者の反応に基づく意思決定支援

システムは収集した情報を集計処理し、教師の意思決定を支援する。その詳細は3.3で述べるが、基本的には、以下のような考え方に基づいて設計する。

システムは、⑤'で学習者の反応を収集し、授業実態を把握する。意思決定は、この授業実態情報と、授業計画との比較で行う。システムは、③'で教師がどの教材情報を提示しているかを認識できるので、②'で入力した授業進行データの中から、その教材情報に付随する教授意図に着目する。そして、教師に集計結果をそのまま提示するのではなく、システムが教授意図にそったズレの分析を行い、対応行動が必要かどうかを判断して(⑥')、必要だと判断された時に、教師に図3-4の「助言表示画面」を用いて助言のみ提示する(⑦')。授業に最終的な責任を負っているのは教師であり、教授活動は全て教師が行う。したがって、教師は、システムからの助言に対して、図3-4の「メッセージ送信画面」から「受諾」、「保留」、「拒否」のいずれかのボタンを選択する。システムは、教師の選択に応じて、必要なフィードバックメッセージを学習者側に送信する(⑩)。

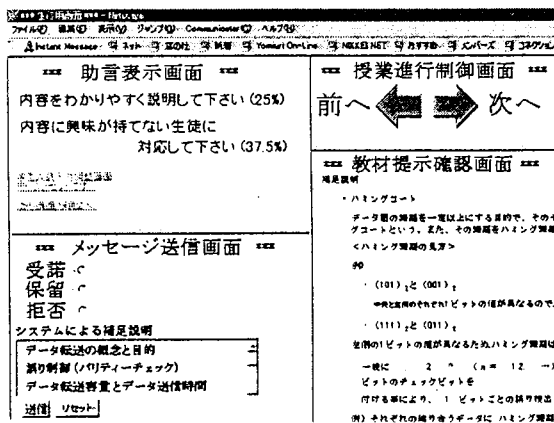


図3-4 教師側操作画面

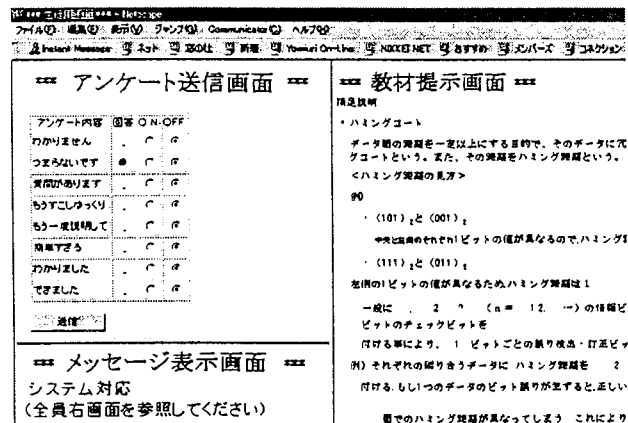


図3-5 学習者側操作画面

3.3 意思決定支援の実現方法

3.2で簡単に述べた意思決定支援の考え方を具体的にどのように実現したかについて、図3-6を参照しながら詳細に説明する。

3.3.1 授業実態データ

システムが学習者から収集する授業実態データには、アンケートデータとテストデータがある。アンケートデータは、図3-5に示した8項目のそれぞれについて、選択されているか否かを表す0、1データの組が、学習者ごと、一定時間ごとに収集される。ここで、一度選択された項目は、選択が解除されるまで押し続けられている状態であると解釈する。

テストには、多肢選択形式と自由記述形式（ただし、数値に限定する）の2種類がある。多肢選択形式の回答は、選択肢に対して教師が設定した「正解」、「誤答」、「要注意」の属性が付加される。自由記述で数値データを入力した場合も、予め教師が用意した値に対しては、「正解」、「要注意」の属性が付加され、それ以外の値に対しては、「誤答」の属性が付加される。「要注意」は学習目標達成の観点から重大な誤りを意味し、教師に助言を与える際に特別な配慮を要するものである。このように、テストデータの最終的な形式は、学習者ごと、問題ごとに、「正解」、「誤答」、「要注意」を表すものとなる。

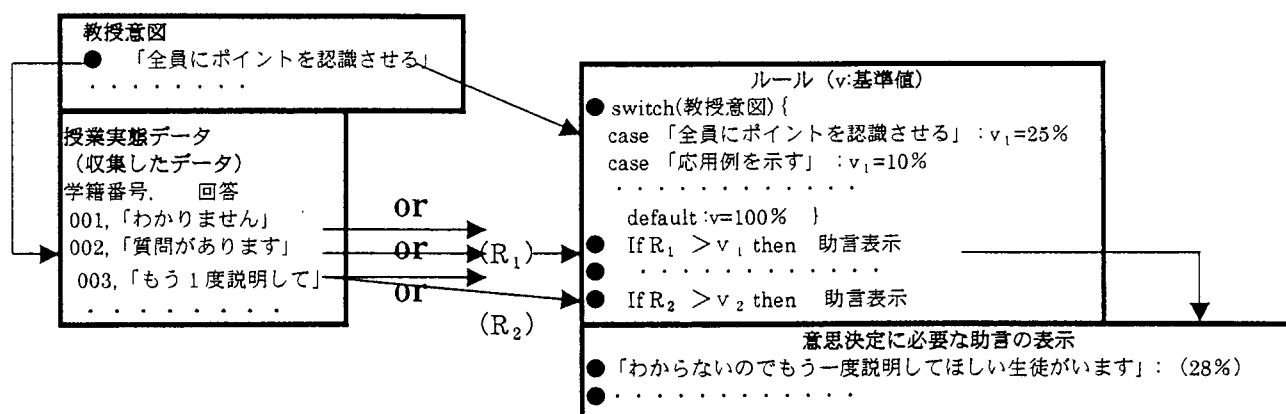


図3-6 説明時の意思決定支援システム

3.3.2 観点に基づく授業実態データの加工

松田らの教授活動モデルでは、授業予測や結果予測と授業実態とを比較してズレを認識している。しかし、本システムでは、教師の負担を考慮して、授業計画の5つ組のうち、授業予測と結果予測は入力させないこととした。その代わりとして、収集される反応データに対応して、システム内に評価観点を設定し、教授意図によって、適切な評価観点で授業実態の問題点を抽出することとした。

例えば、説明モードで教師が「全員にポイントを認識させる」と教授意図を設定した時を考える(図3-6)。この時、アンケートデータが分析の対象となる。アンケートデータの中で、理解に関わる項目「わかりません」、「質問があります」、「もう一度説明して」のいずれかのボタンを押している学習者の割合に着目する。さらに、個々のアンケート項目についても集計を行う。

一方、発問モードでは、テストデータが分析の対象となる。「全員にポイントを認識させる」と教授意図が設定されている場合には、システムはテストデータを次の2つの観点から分析する。1つは、「致命的な誤りをしている学習者がいないか」というものであり、前述した「要注意」属性の回答をした学習者の割合に着目する。もう1つは、「クラス全体として正解率が高いか」というものであり、「正解」属性の回答の割合に着目する。さらに、テストの問題が複数ある時には、個々の問題についての集計と、複数の問題全体についての集計とを行う。

3. 3. 3 ルールに基づく判断・助言と教師の選択

観点に基づく反応データの処理結果は、意思決定のための中間的な指標の役割を果たす。システムはこの指標を、判断ルールに当てはめて必要な助言を提示する。システムが判断すべき場面は説明モードと発問モードに分類され、以下のように内容や方法が異なる。

説明モードでは、アンケートデータに基づき、学習者がつまづき始めた時点进行判断する。基本的には、1つ又は複数の指標が、ある基準値を超えた時点で助言させるようにする。これを、図3-6を用いて説明する。

例えば、「全員にポイントを認識させる」という教授意図が設定されている時には、前述の通り、「わかりません」、「質問があります」、「もう一度説明して」のいずれかのボタンを押している学習者の割合（Rとする）を計算する。この時、システム内には、

「If $R > v$ (基準値) then 助言を表示する」

という形式のルールが存在し、このルールに照らして判断を行う。教授意図がこの評価観点を必要としない場合は、このルールが適用されないように、判断の基準値はデフォルトで100%と設定されている。一方、この評価観点が必要となる場合でも、教授意図によって基準値は変化し、例えば、「全員にポイントを認識させる」場合は25%とするが、「応用例を示す」場合は10%にするなどである。教授意図と基準値との関係は、授業ごと、教師ごとに異なることも考えられるが、そのような柔軟性を持たせれば、逆に教師側の負担が増えるため、今回のシステムではこのような方式をとった。

助言は、システム内で計算された評価観点の指標の値(R)とメッセージを組み合わせで表示する。メッセージは、例えば、「学習者が難しいと感じ始めています。説明を繰り返すか、わかりやすく補足するか、質問を受け付けて下さい。」などであり、助言は図3-6のように提示される。上の観点の他に、1つの教授意図に対して複数の観点が存在する。例えば、「全員にポイントを認識させる」という教授意図が設定されている時には「もう一度説明して」という特定の反応に着目した観点も設定される。

教師は、システムの助言を「拒否」しても構わないが、その場合は、継続して助言と指標の変化の様子を提示する。一方、助言を「受諾」した場合には、学習者側操作画面のアンケート送信画面(図3-5左上)の各項目のOn/Offボタンがクリア状態に戻される。また、教師は、即時ではないが、区切りの良いところまで説明を終えてから助言に対応する時、「保留」を選択することもできる。この場合、学習者側操作画面のメッセージ表示画面(図3-5左下)に、説明を終えてから対応する旨のメッセージをシステムが表示し、学習者側操作画面のアンケート送信画面のOn/Offボタンもクリアされる。

発問モードもルールに基づく判断を行う点は説明モードと同様である。ただし、学習者が回答している時と回答後とでは、判断すべき内容が異なる。回々の学習者の回答状況に着目し、回答が進まない学習者や「要注意」の回答をした学習者に個別指導するための判断と助言を行い、全体として回答を打ち切ってよいか、誤答の多い内容についてヒントを出すべきかどうかの判断と助言を行う。なお、回答中モードと回答終了モードとの切り替えは、教師が「メッセージ送信画

面」で切り替える。

以上の判断・助言ルールをまとめて、表3-1に示す。今回のシステムでは、当該授業を担当した教師の判断で、ルールを設定した。

表3-1 判断・助言ルール

<p>◎説明時の判断・助言ルール</p> <ul style="list-style-type: none">* 教授意図データの基準値を設定するルール・・・10個場合分け(教授意図) {<ul style="list-style-type: none">その1「全員にポイントを認識させる」の場合：$v_1=25\%$その2「応用例を示す」の場合：$v_1=10\%$.....それ以外の場合：$v=100\%$* アンケート送信ボタンから収集された授業実態データと教授意図データによる判断・助言ルール<ul style="list-style-type: none">・ (各送信ボタンの単独ルール)・・・8個例： If ボタンを押した人の割合（「わかりません」） $> v_1$ then “理解していない生徒がいます、補足説明して下さい”・ (送信ボタン同士の組み合わせルール)・・・11個例： If ボタンを押した人の割合（「わかりません」 & 「もう一度説明して」） $> v_2$ then “わからないのもう一度説明してほしい生徒がいます” <p>◎発問時の判断・助言ルール</p> <ul style="list-style-type: none">* 教授意図データの基準値を設定するルール・・・10個<発問時の基準値の設定ルールは、説明時の基準値設定ルールと同じであるので省略する>* 授業実態データと教授意図データによる判断・助言ルール・・・2個<ul style="list-style-type: none">・ 回答中モード例： If 経過時間（\$発問開始から\$） $> v_3$ then “時間になりましたので発問を中止して下さい”・ 回答終了モード例： If 割合（\$全問正解者\$） $> v_4$ then “全問正解者が”；v_4；“%を超えましたので、次の項目に進んでください” <p>備考</p> <ul style="list-style-type: none">*/ \$・・・\$内は、システム内部で集計しているパラメータの種類を表す /**/ 「・・・」内は、教授意図やアンケートの選択肢を表す /*
--

3. 4 システムの評価実験

本章で開発した意思決定支援機能の目的は、

- ・一斉指導において学習者の学習状況をよりの確に把握し、授業進行に活かすことで、学習者の理解度や授業への満足度を高めること

・その際、テスト支援機能と同等以上の教育効果を確保しつつ、教師の負担を軽減することであった。ここでは、以上の目的が達成できたかどうかを次のような方針で検証することとした。

まず、第一段階としては、本システムを使った場合と、システムを全く使わない場合とで、学習者の理解度の向上に違いが生じるかどうかを検証する。これは、テスト支援機能の効果を検証した時と全く同じ評価実験である。これで効果が検証できなければ、本システムは、テスト支援機能に劣ることになる。一方、効果が確認できれば、本システムを利用しないより、利用する方がより良い授業ができることになる。もちろん、これで効果が確認できても、テスト支援機能との比較はできない。しかし、テスト支援機能との比較のみを行い、そこでテスト支援機能より本システムが劣っていたとしても、それは、効果が全く無いのか、あるいは、効果はあるものの、意思決定ルールなどが適切でないため人間の判断に劣るのかなどの分離ができない。したがって、第一段階としては、システムを使う／使わないの評価を行う必要があると考えた。

そこで、第二段階として、本システムとテスト支援機能との比較実験を行う。ここでは、学習者の理解度と授業への満足度について、2つのシステムを比較する。教師の負担軽減については、少ない事例で主観的評価をしても明確な差が出にくいことと、発火したルールや助言内容によって評価が変化する可能性があるため、システムが提示した助言に対して、どれだけ教師がそれを受け入れたかを詳細に分析することで、意思決定支援の効果を見ることとした。

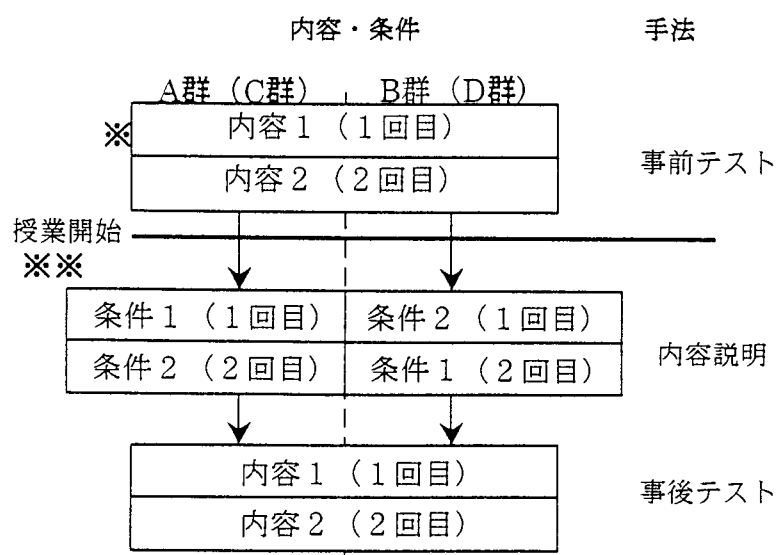
なお、本来であれば、上述の通り、テスト支援機能と本システムとを比較するのが適切であるが、テスト支援機能は、発問モードの支援しか行わない。その場合、本システムの方が効果があるという結果が得られても、説明モードを設けたことの効果と意思決定支援機能を設けたことのどちらがどのように効果を高めたのかが不明確になる。これに対して、テスト支援機能に説明モードを付加し、意思決定支援は行わずに集計結果をそのままグラフ表示するシステムならば、発問モードのみのテスト支援機能より効果的な授業が行えると想定される。そこで、ここでは、グラフ表示と意思決定支援機能を用いた助言表示との比較に焦点化して、比較を行うこととした。

3. 4. 1 第1実験

(1) 実験計画

まず、本システムを使用した場合と使用しない場合とを比較するために、図3-7に示す実験計画を立てた。

システムを使う場合と使わない場合とを比較するには、同じ学習内容を2つの群で指導し、指導前と後との理解度の違いを比較する必要がある。そこで、被験者となる中学3年生40名を20名づつ2群（以下A群、B群と呼ぶ）に分けた。学習内容は進数変換に関するものとした。



※第1実験の内容は「変数変換」であり、内容1は、整数(2・10進数)、内容2は、整数(8・16進数)である。第2実験の内容1は「ネットワーク関連知識」、内容2は「補助記憶装置の計算方法」である。

※※第1実験の条件1は「システムを使用する」、条件2は「システムを使用しない」である。また、第2実験の条件1は「助言表示によるF.B.」、条件2は「グラフ表示によるF.B.」である。

図3-7 実験手順

(2) 結果と考察

1回目、2回目それぞれの事前・事後テストの結果を表3-2に示す。

表3-2 第1実験の事前・事後テストの結果

		1回目		2回目	
		事前テスト	事後テスト	事前テスト	事後テスト
A群	平均得点	3.15	7.05	2.70	5.85
	標準偏差	0.98	2.44	1.03	3.02
	人数	20	20	20	20
B群	平均得点	3.45	5.10	2.80	7.55
	標準偏差	1.19	3.48	1.20	1.88
	人数	20	20	20	20
有意差			*		*

※1回目はA群がシステムを用い、B群は用いないで実施した。また、2回目はその反対に実施した。

※※有意差は、事前・事後テストで行われた得点を尺度とみなし、t検定によって判断した。そして、5%有意であるものを*で示した。

内容1、2のそれぞれについて、事前テストにおける2群の平均点および分散が同じかどうかを検定した。その結果、いずれにおいても有意な差は認められず、2群は同等とみなせると判断した。

一方、内容1、2を指導した後の事後テストの結果を同様に検定したところ、どちらの内容においても意思決定支援機能を使用した群の平均点が有意に高かった。なお、群間の得点のばらつき（分散）には有意差は認められなかった。

以上より、意思決定支援機能の助言を活用しながら授業進行を行うことは、学習者の理解度を高める上で有効であると考えられる。

3.4.2 第2実験

(1) 実験計画

本システムの有効性をテスト支援機能と比較するために、第2実験を計画した。基本的には、第1実験と同じ手順（図3-7）であり、「システムを使用しない」代わりに「テスト支援機能」を使用した。ただし、テスト支援機能にも説明モードを加えているため、比較の対象は、学習者からの反応を意思決定支援機能を使って教師に助言のみを表示するか、集計結果を常時グラフ表示するのみかの違いである。

被験者は理工系大学生32名であり、16名ずつ2群（以下C群、D群と呼ぶ）に分けた。学習内容は、第2種情報処理技術者試験に含まれるもので、内容1「ネットワーク関連知識」と内容2「ハードディスク容量の計算方法」である。各群に、それぞれのシステムを利用した授業90分を交互に1回ずつ体験させ、各授業の事前・事後にテストを行った。また、各授業後には、授業に対するアンケート調査も行った。

(2) 結果と考察

a) 助言の受諾率

まず、教師がシステムの助言をどれだけ受諾したかが重要である。システムに記録されたログ・データを分析した結果が表3-3である。

表3-3 システム助言受諾率

	1回目受諾率	2回目受諾率	項目別受諾率
受諾	64.7%	76.5%	70.6%
保留	11.8%	5.9%	8.8%
拒否	23.5%	17.6%	20.6%

※教師によるシステムの助言に対する平均受諾率は「受諾」と「保留」の数値の合計で表す。

2回の授業で、「受諾」率は約70%であり、「保留」を含めるとほぼ80%はシステムの助言にそった対応をしている。このことから、助言内容がおおむね正しく提示されていたことがわかる。

次に、助言内容と教師のとった対応との関係について分析した（表3-4）。

表3-4 助言内容と教師対応の関係表

助言項目	受諾		保留		拒否	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
内容を分かりやすく説明して下さい	8	8	1	1		
内容に興味をもてない生徒に対応して下さい						
学習者の質問に答えて下さい	1	2				
もうすこしゆっくり説明してください		1			1	1
もう1度説明して下さい	1	1	1	1		
「簡単過ぎる」と回答している学習者に対応してください					2	3
「できました」と回答している学習者に対応してください	5	4				
「わかりました」と回答している学習者に対応してください	2	3				

この表から、以下の3つの傾向を読みとることができる。

第1に、

- ・内容をわかりやすく説明して下さい
- ・「わかりました」と答えている学習者に対応して下さい
- ・「できました」と答えている学習者に対応して下さい

という助言は「受諾」される傾向がある。

第2に、

- ・「簡単過ぎる」と答えている学習者に対応して下さい

という助言は「拒否」される傾向がある。

第3に、

- ・もう一度説明して下さい
- ・もうすこしゆっくり説明して下さい

という助言は、「受諾」、「保留」、「拒否」が状況に応じて選択される傾向がある。

以上の結果を総合すると、教師の意思決定は、

- ・「わかる／わからない」などの理解度に関する指標を授業進行の際に重視している
- ・「簡単過ぎる」という反応については、教材の準備を含めて個別対応が必要なため、今回のような助言だけでは十分な対応ができない
- ・理解度に関する明確な要求が伴わずに繰り返しや進度の調整を要求された場合、授業時間との関係で対応が分かれる可能性がある

といった特徴があると考えられる。したがって、今後これらの特徴を考慮した助言方法や支援方法を検討し、システムを改善していく必要がある。

b) 学習者の理解度と授業への満足度

事前・事後テストは、内容1、2とも4問で構成した。各問は計算問題であり、事前と事後とでは数値を変えた程度で、ほぼ同等の問題となっている。

表3-5 第2実験の事前・事後テスト結果

		1回目		2回目	
		事前テスト	事後テスト	事前テスト	事後テスト
C群	平均得点	34.4	86.1	31.7	79.2
	標準偏差	8.6	21.4	7.1	17.7
	人数	16	16	16	16
D群	平均得点	35.6	88.9	32.2	80.6
	標準偏差	69.6	17.6	6.5	16.2
	人数	16	16	16	16

※1回目はC群がシステムを用いて、D群は用いないで実施した。また、2回目はその反対に実施した。

※※有意差は、事前・事後テストで行われた得点を尺度とみなし、t検定によって判断した。その結果1回目、2回目と群間の有意差は見られなかった。

得点化は、以下の基準で行った。

- ・完全な正解なら25点満点
- ・完全な正解ではないが、途中まで正解しているなら、段階的に、5、10、15、20点
- ・正解ではなく、途中の手法も誤っているなら0点

2群の事前・事後テストの結果を表3-5に示す。内容1、2それぞれについて事前テストにおける2群の平均点および分散が同じかどうかをt検定した。その結果、いずれにおいても有意な差は認められず、2群は同等とみなせると判断した。

一方、内容1、2を指導した後の事後テストの結果を同様に検定したところ、どちらの内容においても平均・分散ともに有意な差は認められなかった。

以上により、授業進行での、助言表示とグラフ表示とによる、学習者の理解度における有意差は認められなかった。(1)の結果を総合すると、システムの助言は学習者の反応を教師が判断したときと同等の効果があると考えられる。

次に、アンケート結果を分析し、授業への満足度を比較した。

アンケートは表3-6に示す21項目から成り、各項目に対する評価は「5:そう思う」「4:どちらかというと思う」「3:どちらともいえない」「2:どちらかというと思わない」「1:そう思わない」の5段階で回答させた。分析に際しては、5段階をそのまま間隔尺度として扱った。また、表3-6備考にあるように質問項目は便宜的に逆転させて使用した。

ここでは、同じ内容に対する群間の比較をするよりも、同一群内でどちらのシステムを使った場合により満足度が高いかを比較し、その結果に一貫性があるかどうかを見る方が適切であると考えた。

表3-6 アンケート結果

質問項目	C群		有意差	D群		有意差
	平均点 (標準偏差)	平均点 (標準偏差)		平均点 (標準偏差)	平均点 (標準偏差)	
1. この授業は、自分に役立つ内容を扱っていた。	4.4(0.88)	4.5(0.62)		3.9(0.80)	4.2(0.82)	
2. 自分は、この授業に必要な基礎的知識を十分持っていた。	2.6(1.61)	2.6(1.60)		2.3(1.04)	2.2(0.81)	
3. 自分は、授業中、積極的に質問をしたり、意見を述べたりした。	1.5(0.80)	1.4(0.73)		1.4(0.88)	1.9(1.00)	
4. 自分は、授業中、積極的に反応ボタンを押して、先生に意見を述べた。	2.7(1.59)	2.3(1.47)		3.1(1.21)	3.0(1.67)	
5. 自分は、分からないことがあった時、周りの人に相談した。	2.9(1.77)	3.3(1.80)		3.7(1.39)	3.1(0.90)	
6. 授業が適切だったので、特に、反応ボタンを押す必要性を感じなかった。	2.8(1.40)	2.9(1.43)		3.3(0.68)	3.3(0.68)	
7. 分からないことがあった時、タイミング良く先生が補足してくれた。	3.8(0.82)	3.1(1.04)	*	2.9(0.54)	3.3(0.48)	**
8. 簡単すぎてつまらないと思った時、タイミング良く次に進んでくれた。	2.3(0.89)	3.0(1.30)		2.6(0.72)	2.9(1.00)	
9. 反応ボタンを押すことで、先生が対応してくれた。(＃)	3.6(1.37)	4.1(1.11)		4.6(0.91)	4.3(1.09)	
10. 先生が学習者の反応を気にしすぎることなく、授業がスムーズに進行した(＃)	3.9(1.10)	2.7(1.04)	**	3.2(0.58)	3.8(0.72)	**
11. 授業の進行が特定の学生の反応に左右されなかった。(＃)	4.1(0.81)	3.4(1.08)	*	3.8(1.36)	4.6(0.74)	*
12. 反応ボタンを押して伝えなかったことと、先生の対応内容とが一致していた。(＃)	4.0(0.88)	4.1(0.87)		3.8(0.87)	4.0(1.23)	
13. 反応ボタンを使うことで、普通の授業より効率的に授業が進められていた	2.7(1.20)	2.9(1.15)		3.7(0.94)	3.6(1.03)	
14. 反応ボタンを使うことで、自分の意見が授業に反映されていた気がする。	3.3(0.74)	2.7(0.90)	*	3.4(1.11)	3.3(1.00)	
15. 先生は、装置の使い方に慣れていない。(＃)	3.2(1.46)	3.6(1.65)		1.7(0.78)	4.6(1.01)	
16. 反応ボタンを押すタイミングやボタンの選択に慣れていない。(＃)	3.1(1.38)	3.2(1.58)		1.8(1.23)	4.0(0.08)	
17. 集計結果が表示されると、自分も押そうかどうか判断しやすい。	3.3(1.27)	3.2(1.61)		2.6(1.54)	2.8(1.43)	
18. どの反応ボタンをいつ押してほしいか、明示してもらった方がよい。	3.5(1.37)	3.8(1.54)		2.6(1.40)	2.6(1.48)	
19. 反応ボタンを使ってインタラクティブに授業を進めることは良いことだ。	3.8(1.48)	3.3(1.60)		3.9(0.87)	3.9(0.87)	
20. この授業の内容は、良く理解できた。	4.4(0.82)	4.1(0.73)		4.4(0.52)	4.3(0.73)	
21. この授業は、たのしかった。(＃)	3.6(1.01)	3.3(1.22)		4.0(0.71)	4.0(0.72)	

※C群・D群の助言なし、助言ありにおける人数はそれぞれ16名であった。

※※有意差は、5段階評価を間隔尺度とみなし、教師に対する助言あり、助言なしの平均値が等しいと言えるかどうかのt検定を行った。5%有意は*で示し、1%有意は**で示した。

※※※質問項目の内容はデータを比較しやすいように、全て肯定的表現になっているが、項目末尾に(＃)がついているものは、アンケート時には、反転項目の形で提示した。

表3-6に示された通り、有意差のあった項目は全て、意思決定支援機能を用いた授業の方が好意的に評価されている。それぞれ、アンケート時に用いた項目内容は、「7. 分からないことがあった時、タイミング良く先生が補足してくれた」、「10. 先生が学習者の反応を気にしすぎて、授業がスムーズに進まなかった」、「11. 授業の進行が特定の学生の反応に左右されすぎている」であり、項目7と項目11から、効果的な判断を支援できること、また、項目10から教師の負担が軽減できることが示唆された。

3. 5 まとめ

本章は、第2章のテスト支援機能を土台として、教師の意思決定の負担を軽減し、効果的な判断を行うことを支援するための、意思決定支援機能へと発展することを目的とした。

実験授業においてシステムを運用・評価した結果、システムからの助言を、教師は授業進行に対する判断の指針として受け入れていることが明らかになった。また、システムの助言を活用しながら授業進行を行うことは、学習者の理解度を高める上で有効であることも確認した。これらのことから、提示された助言が妥当であると考えられる。さらに、学習者側から見て、授業進行における教師の負担が軽減され、授業進行がスムーズであるとの印象が得られていることも分かった。

今後の課題として以下のことが考えられる。

第1に、3.4.2の(2)で述べたように、理解度の異なる学習者に対する対応を行う必要がある。この点については、例えば、学習者側への教材や補足説明の提示に、個別対応モードを組み込むことで解決することが考えられる。

第2に、今回の実験では高い受諾率が得られたが、このことが一般的に言えるかどうか、より多くの被験者で実験を行う必要がある。その場合、教師によって受諾率が下がることも考えられる。それに対する解決策として、例えば、3.3.3で述べたように、教授意図データに対する基準値を教師ごとや授業ごとに変更できるようにすることが考えられる。ただし、基準値設定に関する教師の負担が増大しないように、教師・授業ごとのデータを蓄積してシステムが自動的に助言を最適化する機能を付加することを検討する必要がある。また、単なる助言だけでなく、その根拠を説明する機能を付加することが、助言の受諾率を高めることにつながる可能性もある。これらと並行して、ルールの改善や追加について検討する必要がある。

参考文献

- 東洋、中島章夫監修(1988) “授業技術講座2・授業を改善する～授業の分析と評価”、ぎょうせい、pp.40-43.
- 永岡慶三(1986) “レスポンスアナライザーを用いた授業進行支援システムの開発”、日本教育工学雑誌、Vol.10、No.3、pp.11-18.
- 松田稔樹、多胡賢太郎、坂元昂(1992) “教授活動の計算機シミュレーションに向けたモデルの提案”、日本教育工学雑誌、Vol.15、No.4、pp.183-195.
- 吉崎静夫(1988) “授業における教師の意思決定モデルの開発”、日本教育工学雑誌、Vol.12、No.1、pp.51-60.
- Buchanan, B. G. (1985) “Rule-Based Expert Systems (The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project)”, Addison-Wesley Publishing Company.
- Feigenbaum, E. A. (1984) “The fifth generation artificial intelligence and Japan's computer

- challenge to the world” , New American Library.
- Hart, P.H. (1981) “Directions for AI in the Eighties” , SIGART, No.79, pp.11-16.
- Ueno, U. (1983) “An End-User Oriented Language to Develop Knowledge-Based Expert System” ,
IEEE COMPCON FALL, No.83, pp.523-529.
- Shortliffe, E.H. (1976) “Computer Based Medical Consultations:MYC I N” , American
Elsenier.
- Peterson, K.D. (1987) “Expert System Knowledge Base for a Computer Simulation of Judgments
on Dossiers of School Teacher Performance.” , Educational Research and
Improvement, No.86, pp.45-55.

第4章

個別対応機能の実現と評価

4.1 背景と目的

第3章において、教師の意思決定モデル(吉崎 1988)及びそれを発展させた教授活動モデル(松田ら 1992)に基づいた意思決定支援機能を開発し、実験授業で運用・評価を行った。その結果、教師はシステムからの助言の8割程度を授業進行の指針として受容していること、システムの助言はクラス全体の理解を高める上で適切なものであること、教師の意思決定の負担が軽減され授業進行がスムーズであるという印象を学習者に与えていることが確認された。一方、受容されなかった助言の多くは、個々の学習者の理解に応じた対応が必要なものであることもわかった。

第3章の結果以外にも、学習者の能力に違いがあり、それを一箇所に集めて一人の教師が一斉指導することの限界についての指摘(De Jong 1991)がある。また、多数の単純なステップが順次進むような現象の学習については、個別学習群の方が一斉指導より優れていることが認められ、個別学習を用いた学習形態の優位性が示されたことが報告されている(橋本;松本 1992)。

そこで、一斉指導形式をとりながら学習者への個別対応を行う具体的な方法として、ティームティーチングや机間巡視などを行う方法がある。前者のメリットとして、加藤(1996)は「多面的な視点から学習者理解を図れる」、「指導方法の弾力化を図れる」、「教師の相互の力量向上を促す」などを挙げているが、一方で水越ら(1995)は、複数教師を必要とするというコスト面の問題があると同時に、事前準備や共通理解を図ることの困難さなどを指摘している。一方、後者のメリットとして、平山(2000)は、学習者のつまずきや学習状況を把握できる、個別に指導助言を行うことができる、クラス全体の傾向をつかみ、今後の授業の指導方針を立てることができるなどの特徴を挙げているが、一方で、限られた時間内で全ての学習者に効果的な指導を行うことは困難であることを指摘している。

そこで本章の研究は、第3章の意思決定支援システムで収集した学習者の学習状況に関する情報を活用し、限られた時間内で個々の学習者に応じた教材情報の提示を可能にする個別対応機能を実現する。また、実験授業により、その効果を検証することを目的とする。

4. 2 システム設計

4. 2. 1 意思決定支援システムの概要

意思決定支援システムの概要を図4-1に示す。以下、図4-2の操作画面(A~G)も参照しながら説明する。システムは全体として、情報入力機能と授業進行支援機能の2つがあり、前者は、授業前の準備を行うための機能で、後者は授業中に利用する機能である。

教師は授業前に授業計画を立案し、教材を準備すると考えられる(①)。意思決定支援システムでは、これを{教授意図、伝達方法、伝達内容}の3つ組の系列の形で授業進行情報としてシステムに入力させる(②)。ここで、伝達方法は提示教材がテスト形式なら発問、それ以外は説明となる。テストに対しては、正解や誤答(およびその属性)の情報も入力させる。いずれの場合も、伝達内容はWebのファイルとして作成されているものとする。授業が開始されると、教師は授業計画に基づき、口頭による情報提示と、Webや黒板などによる提示とを併用しながら説明・指示を行う(③、③')。授業進行情報として入力されたWeb教材は、授業進行制御画面(C)を操作

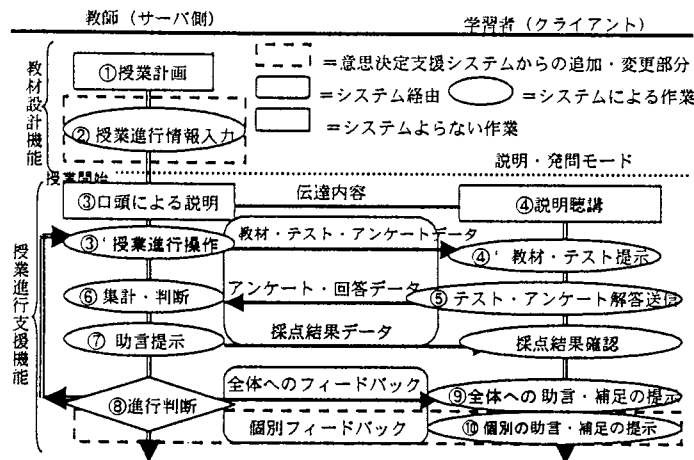
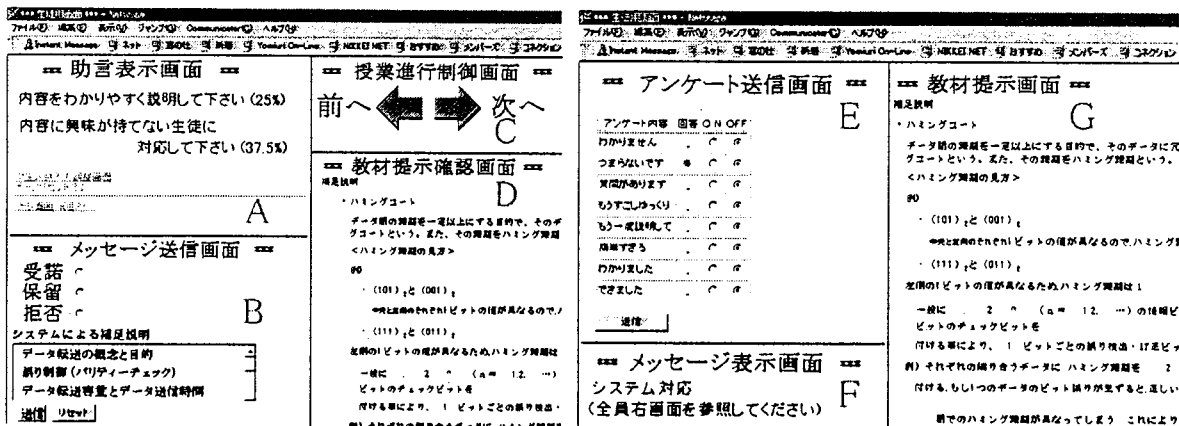


図4-1 意思決定支援システムの全体構成と個別対応機能のための追加変更箇所



イ) 教師用画面

ロ) 学習者用画面

図4-2 意思決定支援するための操作画面

すると、学習者の教材提示画面(G)に提示される。この時、伝達方法が説明か発問かで説明モード、発問モードが切り替わる。学習者は受容した情報に基づいて学習し(④、④')、表情や仕草、自発的な質問以外に、説明モードではアンケート送信画面(E)を用いて、発問モードでは回答選択画面を用いてアンケート回答やテスト回答などを返す(⑤)。システムはその反応を集計し、教授意図にそったズレの分析を行って、対応行動が必要かどうかを判断する(⑥)。必要だと判断された時には、教師に助言表示画面(A)を用いて助言を提示する(⑦)。システムからの助言に対して、教師は、「メッセージ送信画面」(B)上の「受諾」、「保留」、「拒否」のいずれかのボタンを選択する(⑧)。「受諾」、「保留」が選択された場合、システムは、選択に応じてフィードバックを学習者全員の「メッセージ表示画面」(F)に提示する(⑨)。

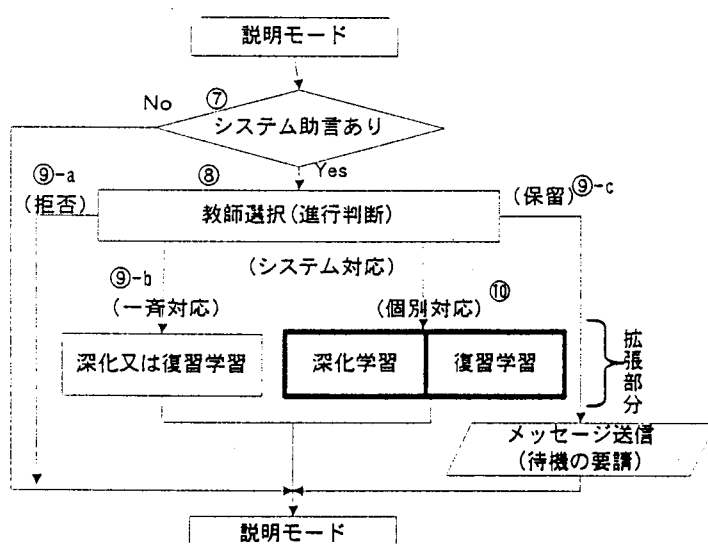
4. 2. 2 実現すべき個別対応機能の概要

ここでは、まず図4-1の⑧・⑨の“受諾”、“保留”、“拒否”の詳細について、説明モードを例に、従来までの機能に限定した範囲で説明する。ただし、“受諾”は個別対応と区別する意味で“一斉対応”として述べる。

次に新たに実現する図4-1の⑩の個別対応機能が、授業でどのような役割を果たすべきなのか、説明モードを例に述べる。最後に説明・発問モードの違いについて述べる。

(1) 従来までの機能

もし、教師がシステムからの助言を考慮せずに授業進行を継続したければ、“拒否”を選択する(図4-3の⑨-a)。この場合、学習者には何も対応を行わずそのまま授業は進行する。“拒否”が選択されたことはシステム上のログとしてだけ記録される。



※図中の丸つき番号は図4-1の番号と対応している。

図4-3 授業進行支援機能における説明・発問モード

逆に、教師がシステムからの助言に従って、説明を一時中断し、全学習者に共通して現在提示されているものとは異なる教材を提示し、一斉指導したければ、“一斉対応”を選択する(⑨-b)。その際、教師は教材リストから提示すべき教材を選択し、送信ボタンを押す。すると、システムは授業を一時中断する旨を学習者側メッセージ表示画面(F)に提示する。なお、教材リストに提示されるのは、その授業のために準備し、システムに登録した説明用全教材の一覧である。

また、システムからの助言を考慮しているものの、授業進行を中断できない場合には、“保留”を選択する(⑨-c)。この時、当該の助言の原因となった個別対応ボタンを押している学習者側には、後ほど助言に対する対応を行う旨を、システムによりメッセージ表示画面(F)を通じて伝達する。

(2) 実現すべき個別対応機能

本章の研究では、⑦の助言に対して、⑧で新たに“個別対応”を選択できるようにする。このために、メッセージ送信画面に図4-4のような個別対応ボタンを追加する。以下、個別対応機能を考えるに当たっては、意思決定支援機能が説明モードと発問モードで異なるため、まず、説明モードを考え、次に発問モードを考える。

*** メッセージ送信画面 ***

受諾(一斉対応:○ 個別対応:○)

保留:○

拒否:○

システムによる補足説明

送信 リセット

図4-4 個別対応機能を追加したメッセージ送信画面

a) 説明モード

本システムで実現する個別対応は、図4-5に示すような枠組みに限定する。すなわち、1つの一斉指導用教材(以下、これを主要項目と呼ぶ)に対しては、1組の深化・復習教材(以下、これらを補足項目と呼ぶ)のみ準備されているとする。

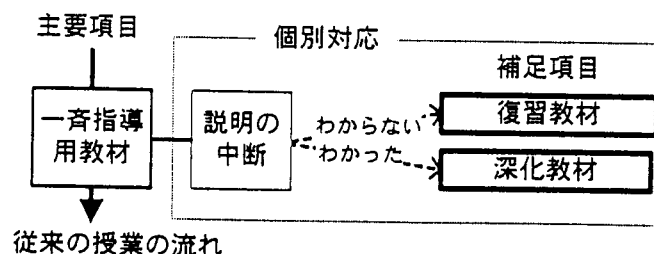


図4-5 実現する個別対応の形式

この時、授業計画に沿って全員に一斉指導している際の学習者からの反応は、

①わかりません、つまらないです、質問があります、もうすこしゆっくり、もう1度説明してなど、復習学習を要求する反応と

②簡単すぎる、わかりました、できましたなど、深化学習を要求する反応とに分類できる。この他、何も反応を返さない学習者もいる。

以上の3つの反応と2つの教材とをどう対応付けるかがこの枠組みで個別対応機能を設計するポイントになる。これを考えるにあたり、説明モードにおける助言提示のタイミングを、教師が主要項目を説明している最中と終了時とに分けて考えることとする。後者は教師が学習者へ反応を喚起した場合などである。

主要項目説明終了後の個別対応は以下の様に考える。

まず、教師に提示される助言内容は、復習学習を要求する反応に基づく助言（例えば、「わかりません」を選択している学習者がいます。復習学習して下さい。）と、深化学習を要求する反応に基づく助言（例えば、「簡単すぎる」を選択している学習者がいます。深化学習して下さい。）の2種類がある。そして、これらが1つだけ提示される場合と両方同時に提示される状況が想定される。ただし助言が提示されるかどうかは、一定の割合以上でボタンを押した学習者がいるかどうかによるため、助言が1種類の場合でも、学習者は常に3群存在している可能性がある。本システムにおいては、復習学習要求群と要求なし群を1つと考え、復習教材を提示し、深化学習要求群に深化教材を提示する。この時、要求なし群には主要項目を提示し続けて、対応を3群に分けることも考えられる。しかし、要求なし群は一斉指導を行うことに対して不満を持っておらず、教師による説明を継続したいという要求があると考えられる。また、復習教材は全員が理解していなければならないことを説明するものであるから、復習学習要求群と一緒に扱うことが適当であると考えられる。

以上の対応を行うための教師の操作は、個別対応ボタンを選択し、送信ボタンを押すだけとする。その時システムは復習学習要求群及び要求なし群には、現在提示されている主要項目に対応した復習教材を、また深化学習要求群には、深化教材を、教材提示画面（図4-2のG）を通じて自動的に提示する。また、全ての学習者に、個別対応を行うことを伝えるメッセージをメッセージ表示画面（図4-2のF）を通じて提示する（図4-3の⑩）。なお、教師用の教材提示確認画面には、復習教材が提示されるようにする。

次に、説明進行時に助言が提示された場合を考える。この時、教師は主要項目の説明が終了するまで授業に集中させる必要があると考え、一般的には一斉指導か保留を選択すると想定される。仮に個別対応を選択したとしても、できるだけ多くの学習者が教師の説明に集中し続けることが望ましいと考えるであろう。したがって、説明終了時の個別対応と同様、復習学習要求群及び要求なし群には復習教材を、深化学習要求群には深化教材を対応付けるのが適切と考える。

ここで、個別対応終了後、どの主要項目に授業進行を戻すべきかを考える。説明進行時に中断した場合は、中断した主要項目に戻るべきである。説明終了時に個別対応した時には次

の主要項目に進むべきである。前者の場合には補足項目が終了した時に、「授業進行制御画面」にある“前へ”ボタンを、また後者の場合には“次へ”ボタンを押すことで、それぞれ教師の求める主要項目へ移り変われるようにする。

b) 発問モード

発問モードは、さらに発問中と発問終了後の2つのモードに分かれている。ただし、発問モード全体を通じて学習者に提示される問題内容（主要項目）は1つである。図4-5において、1つの主要項目に対し補足項目は一組としたため、発問中と発問終了後で、個別対応に使える補足項目は同一のものである。また、仮に発問中に個別対応を選択すると、主要項目は提示されないため、回答を基にした集計を行うことができない。以上の問題点を考慮して、発問中の個別対応は行わないことが適当と考える。

一方、発問終了後の個別対応は、主要項目を提示することは意味がないため2つの補足項目に学習者をどう割り振るかだけを考える。この場合、2群に分ける基準は正解率を用いて、基準値に達しているかいないかで判断する。回答していない学習者は正解率が0となり、自動的に復習学習群に割り振られる。

なお、補足教材として問題を提示することも考えられる。ただし、この場合は全員が同じ問題を回答するわけではないので、集計せず採点結果だけを学習者にフィードバックする。

4. 2. 3 個別対応機能の実現方法

個別対応を実現する時、情報入力機能として補足項目の入力を実現する必要がある。授業進行支援機能としては、個別対応ボタンを押した時の動作を実現する必要がある。その際、教師に対する負担を軽減することが重要である。

(1) 情報入力機能

従来システムの情報入力機能は、主要項目のみであり、図4-6の「主要項目設定エディタ」で入力した。これに新たに、図4-6の「補足項目設定エディタ」を追加した。

主要項目設定	① 主要項目と教授意図の関連付け		
	主要項目	教授意図	
	1. AAA	応用例を示す	
	2. BBB	ポイントの認識	
	3. CCC	応用例を示す	
	4. DDD	ポイントの認識	
	② 主要項目と電子教材ファイルの関連付け		
	主要項目	電子教材ファイル	
1. AAA	C:/AAA.html		
2. BBB	C:/BBB.html		
3. CCC	C:/CCC.html		
4. DDD	C:/DDD.html		
補足項目設定	③ 補足項目と電子教材ファイルの関連付け		
	補足項目	電子教材ファイル	
	1. A1	C:/A1.html	
	2. A2	C:/A2.html	
	3. A3	C:/A3.html	
	4. A4	C:/A4.html	
	④ 主要項目と補足項目との関連付け		
	主要項目	復習教材	深化教材
1. AAA	A1	A2	助言
2. BBB	A2	A3	
3. CCC	A4	A3	
4. DDD	A4	A5	

図4-6 情報入力機能（操作手順）

なお、補足項目を追加したことにより、一斉対応機能の中で、教師が選択できる登録教材は、主要項目と補足項目を合わせた全てとした。これらを用いた作業手順を図4-6の番号にそって説明する。なお、教材のタイプには、説明と問題があるが、それらを教材ファイルとして作成する作業は以下の作業の前に行うものとし、以下の説明ではその区別はしない。

- ①主要項目のタイトルを入力し、主要項目ごとの教授意図をリストから選択する。
- ②主要項目と具体的な内容が記録されている電子教材ファイルとの関連付けを行う。
- ③補足項目のタイトルを入力し、具体的な内容が記録されている電子教材ファイルとの関連付けを行う。この時、補足項目として、主要項目で用いた電子教材ファイルに関連付けることもできる。
- ④主要項目と補足項目との関連付けを行う。主要項目が説明モード用であっても、補足項目としては問題を関連付けすることができる。逆に、発問モードに対する補足項目として、説明を関連付けることもできる。なお、1つの主要項目に対して2つの補足項目（深化・復習）を関連付けることを絶対条件とする。そこで、入力終了後“設定”ボタンを押すと、以上の条件に沿って適切に関連付けられているか、システムが確認し、助言（例：2番目の主要項目には、1つしか補足項目が関連付けられていないので、設定できません）を行う。

（2）授業進行支援機能

まず、前提となる意思決定支援機能を説明する。システムは学習者から授業実態データを収集し、説明モードであれば、そこから、それぞれのボタンを押している学習者の割合（ R_k ）を、また、発問モードであればテスト得点から「理解していない」と判断される学習者の割合（ T ）を計算する（図4-7）。それらの値を用いて、助言を表示するかどうかの判断ルール、

「If $R_k > v_1$ then 助言を表示する」

などに基づき、教師に助言する。ここで、判断の基準値は

```
switch(教授意図) {  
    case 「全員にポイントを認識させる」 :  $v_1 \leftarrow 25\%$   
    case 「応用例を示す」 :  $v_1 \leftarrow 12\%$   
    . . . . .  
    default :  $v_1 \leftarrow 100\%$  }
```

というようなルールに基づいて（1）で教師が設定した教授意図に応じてシステム内部で値が設定される。なお、同じ教授意図でも、説明モード用基準値（ v_1 ）と発問モード用基準値（ v_2 ）とは別々のルールで設定される。

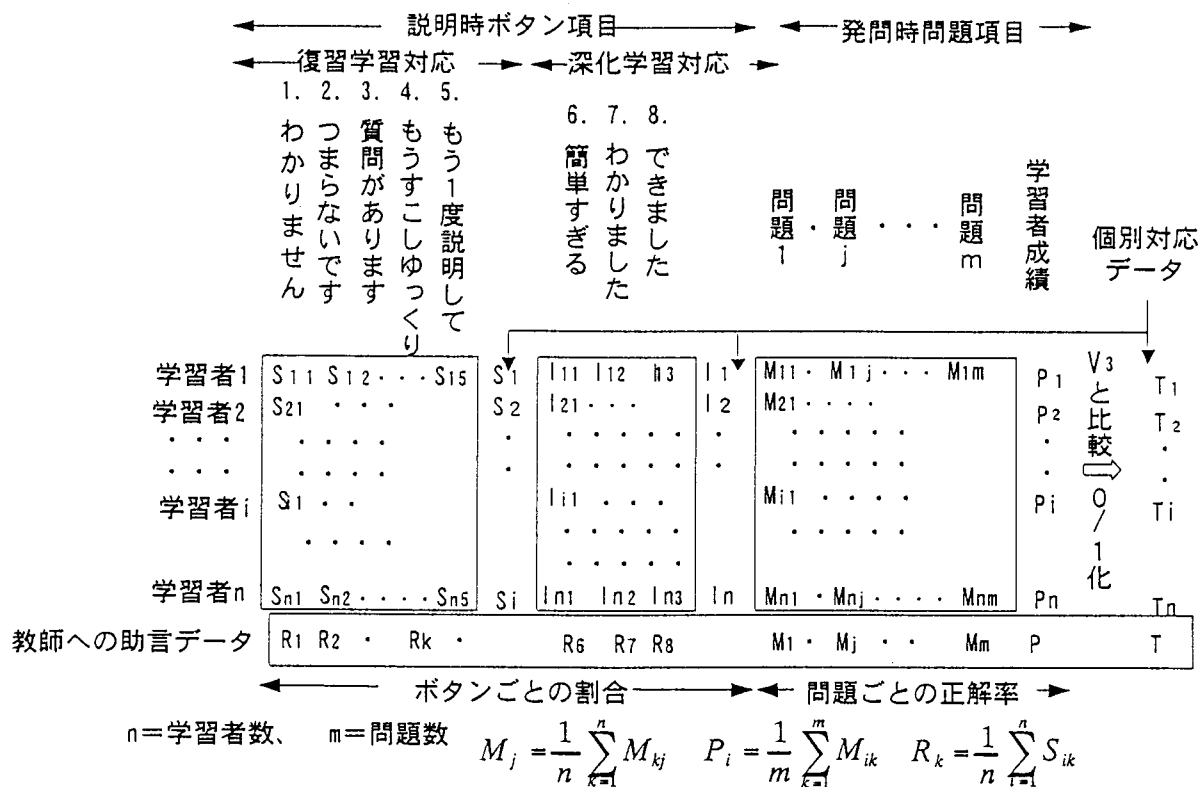


図 4 - 7 授業進行支援機能対応図

a) 説明モード

説明モードで個別対応ボタンが押された時には、深化学習群には深化教材を提示し、復習学習群及び要求なし群には復習教材を提示する必要がある。これを次のように実現した。

あらかじめ学習者ごとに復習/深化学習を要求する反応ボタンを押しているかどうかの論理値を持たせる変数 (S_i/I_i) を用意し、S₁₁ から S₁₅ のうち1つでもONなら「S_i ← 1」とする。そして、教師が個別対応ボタンを押すと

```

「If Si then 復習教材を提示する
  else (If Ii then 深化教材を提示する
        else 復習教材を提示する)
  」

```

というルールに基づき、サーバ側の各学習者画面が参照する個別の教材用ディレクトリに適切な教材ファイルを書き込む。そして、学習者用メッセージ表示画面に“再呼び込み”ボタンを押すよう指示を表示し、学習者があるボタンを押すことで、その学習者用の教材が提示されるようにする。

なお、助言が提示された時に、「わかった」などのボタンを押している学習者が一人もいなければ、個別対応機能を選択しても全員に復習教材が提示される可能性がある。この場合、教師にそれを知らせるために“全員が復習学習を行う状況です。”又は、“全員が深化学習を行う状況です。”との助言を提示する。

b) 発問モード

発問モードでは、発問終了後に学習者が送信ボタンを押すと、学習者ごとの正解率 (P_i) をシステムが計算し、学習者が理解しているかどうかを判断するための基準値 (v_3) と比較する。そして、

「If $P_i < v_3$ then ($T_i \leftarrow 1$) else ($T_i \leftarrow 0$)」

というルールに従って各学習者を分類する (図 4-7)。さらに、発問終了後に教師が個別対応ボタンを押すと、

「If $T_i = 1$ then 復習教材を提示する else 深化教材を提示する」

という形式の学習者ごとのルールが発火し、学習者の能力に応じた対応を行う。

なお、全員が $T_i = 1$ になる可能性があるため、そのような状況では、説明モードと同様にシステムから“全員が復習学習を行う状況です。”との助言を提示する。

4. 3 システムの評価実験

個別対応機能を実現することで期待される効果は、基礎事項が理解できない学習者を減らしつつ、理解が進んでいる学習者には発展項目の学習機会を提供することである。また、そのような対応を行うことで、両者ともに学習意欲や、授業への満足度が高まることである。このような効果を検証するために、個別対応機能を使った授業とそうでない授業の結果を比較する実験を行った。

4. 3. 1 実験計画

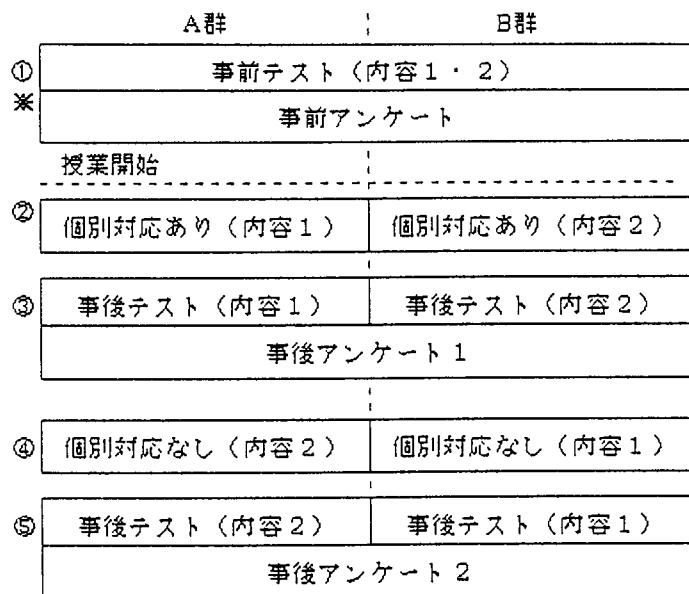
個別対応機能を使う場合と使わない場合とを比較するには、少なくとも同一内容を2群に指導するか、同一群に異なる内容を指導する必要がある。ただしそれだけでは、条件と内容、あるいは条件と群とに交互作用が存在する可能性もある。そこで、内容、学習者群とも2つずつ用意し、条件による得点の違いを比較することとした。学習者は理工系大学3年生34名であり、これを17名ずつ2群 (以下A群、B群と呼ぶ) に分けた。学習内容は「第2種情報処理技術者試験」に関する「データ送信方法」と「補助記憶装置」とである。

実験手順を、図4-8の番号(①~⑤)に従い説明する。

- ① 授業前 (授業時間以外) に、内容1、2のそれぞれについて事前テストを実施した。構成は基礎・発展問題を内容1、2について各1問ずつ、合計4問とした。
- ② (④) 内容1についてA群で個別対応機能を使用したら、B群では使用せず、また、内容2についてはその逆の条件で授業を行うものとした。ただし、学習者には、どちらの授業で個別対応機能を使っているのかは説明しなかった。なお、機能が無い状態を先に行うと、押しても意味が無いと解釈して、機能ありの時に反応を返さなくなる恐れがあるため、両群とも最初に個別対応機能ありで実験した。
- ③ (⑤) 各授業後に、事前テストと数値のみを変えた事後テストと授業に対する事後アンケート調査とを実施した。なお、事前/事後テストは、いずれもペーパーテスト形式で行っ

た。

- ⑥ 実験終了後に、当該授業を考察した高校教師 2 名（情報教育担当）と、さらに、当該授業のデータを使って個別対応機能の動作の様子を模擬的に見てもらった大学教師 3 名（専門はそれぞれ、電子工学、芸術、流体力学）に、システムの有効性や問題点を問うアンケート調査を実施した。



※ 内容 1 は「データ送信方法」、内容 2 は「補助記憶装置」

図 4 - 8 実験手順

4. 3. 2 実験経過

個別対応機能の評価実験を行った際の授業進行の経過を、A 群の「データ送信方法」に関する指導を例にとり図 4 - 9 の番号にそって説明する。なお、学習者の反応や教師からの反応喚起は、B 群においても、また、個別対応あり/なしにかかわらず同様であった。

- ① 学習者に、アンケート送信画面（図 4 - 2）を通じて教師へ意思を伝える方法を解説した。
- ② “データ送信の概念と目的”、“誤り制御の方法”を説明したが、その間、助言は提示されず、準備した補足教材は使用せずに次の項目へ進んだ。
- ③ “データ送信容量とデータ送信時間”を一通り説明した。
- ④ 基礎事項である“データ送信容量”について、アンケートボタンで理解状況を伝達するよう、教師が促した。
- ⑤ 「わからないのもう一度説明してほしい学習者がいる」という助言が提示されたので、

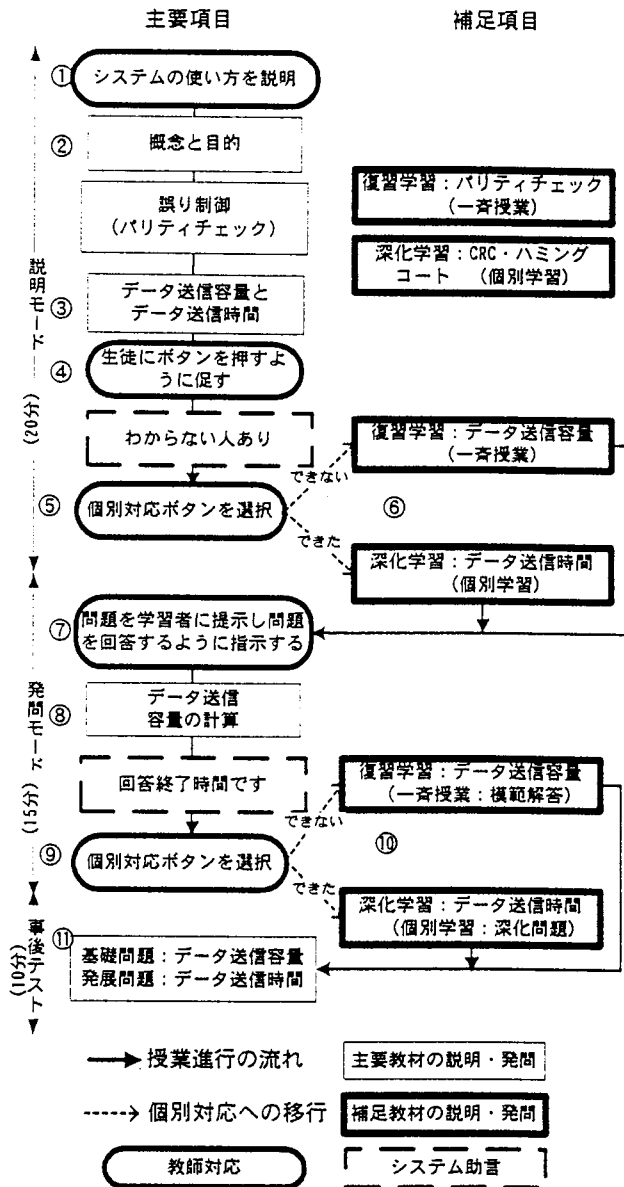


図4-9 実験の経過 (内容1 データ送信方法)

教師は個別対応を選択し、送信ボタンを押した。(なお、個別対応なしでは、一斉対応を選択し実行した。)

- ⑥ わからないと回答した者、及び未回答の者には、復習教材“データ送信容量”が提示され、教師が一斉対応で説明した。この間、理解できていると回答した者には、深化教材“データ送信時間”が提示され、個別学習させた。(個別対応なしの時も、“データ送信容量”を全員で復習した。)
- ⑦ 説明モードから発問モードに移行するにあたり、回答方法の説明・指示を行った。
- ⑧ 基礎事項である“データ送信容量の計算”に関する問題だけを提示した。
- ⑨ システムから「回答終了時間です。回答を中止させて下さい。」という助言が提示された

ので、教師は個別対応を選択し、送信ボタンを押した。

⑩正解していない者には⑧の問題の模範回答と復習問題を提示し、教師が一斉対応で説明を行った。正解した学習者には“データ送信時間”（深化問題）を提示し、個別学習させた。

⑪事後テストに“データ送信容量”（基礎問題）と“データ送信時間（発展問題）”を出題した。

4. 3. 3 結果と考察

(1) 事前・事後テスト

a) 群間の比較

事前・事後テストとも、内容1・2の基礎・発展問題ごとに、次のように得点化した。

- ・ 完全な正解なら10点満点
- ・ 完全な正解ではないが、途中まで正解しているなら段階的に2, 4, 6, 8点
- ・ 上記以外は0点

各群、各内容の事前・事後テストの結果を表4-1に示す。

表4-1 事前・事後テストの平均点（標準偏差）

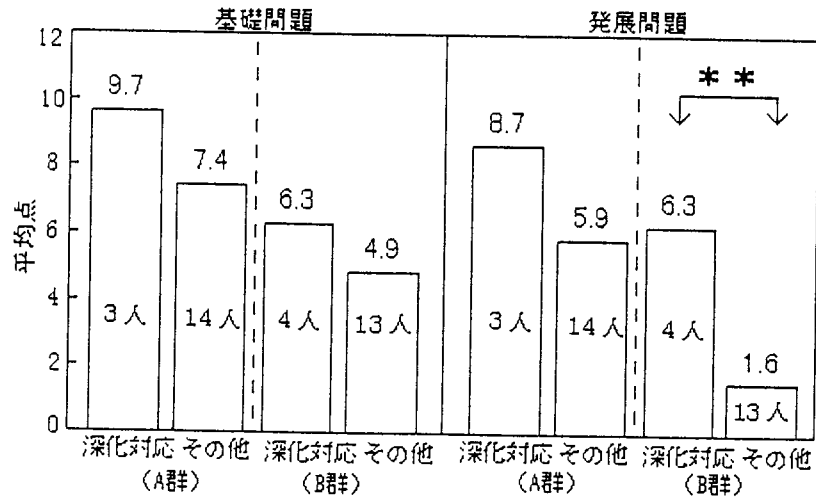
		データ送信方法		補助記憶装置	
		基礎	発展	基礎	発展
事前	A群	2.8(1.48)	1.9(1.25)	2.7(2.09)	0.4(0.80)
	B群	2.7(1.41)	2.2(1.42)	2.5(1.46)	0.7(0.59)
事後	個別対応あり	8.0(2.42)	6.2(2.91)	5.2(1.98)	2.5(2.18)
			**		**
	個別対応なし	6.1(2.89)	3.5(1.19)	3.8(1.32)	0.6(0.59)

※平均点に有意差がある時、5%有意は*で、1%有意は**で示した。

各問ごとに、事前テストの平均点および分散が2群で同じかどうかを検定したところ、いずれにおいても有意な差は認められず、2群は同等とみなせると判断した。同様に事後テストの結果を検定したところ、いずれの内容も、個別対応機能を用いた群の方が、発展問題で平均点が有意に高かった。なお、基礎・発展問題とも得点のばらつきには有意差は認められなかった。

b) 事後テストと実際の処遇との関係

a)では群間の比較を行ったが、同じ群内でも異なる処遇を受けた者がいる。そこで、説明モードで個別対応機能を用いた時にボタンを押して“深化学習”を行った者（深化対応群）と、それ以外の復習学習を行った者（その他群）との2群に分け、事後テストの結果を比較した。なお表4-1に示した通り、事後テストの平均点が内容によって異なるため、A群、B群別に結果を求めた。



※平均点に有意差がある時、1%有意を**で示した。

図4-10 事後テストと個別対応との関係

図4-10に示したように、深化対応とその他とで人数に偏りがあるが、t検定を行った結果、B群の発展問題において深化対応群とその他群に1%水準の有意差が認められた。

以上、a)とb)の結果を総合すると、個別対応機能を活用しながら授業進行を行うことは、目的で述べたように、基礎事項を全員に理解させつつ、理解の進んでいる学習者に発展事項の学習機会を提供し、その成績を向上させることができたと考えられる。

なお、その他群には、アンケートボタンを押した者と、押さなかった者が含まれる。そこで、内容1・2におけるボタンを押した者と押さなかった者の関係を分析したところ、同一の学習者が、ボタンを押していることが明らかになった。さらに、この2群間でテスト成績を比較したところ、表4-2のようになった。

表4-2 ボタンを押した群と押さなかった群の比較

群	基礎問題		発展問題		人数	
	押した	押さない	押した	押さない	押した	押さない
A	8.2(2.11)	6.2(2.64)	6.8(2.59)	4.7(3.20)	11	6
B	5.6(1.13)	4.3(2.75)	2.0(0.82) †	1.1(0.90)	10	7

※平均点に10%の有意的傾向がある時は†で示した。

ここで、図4-10と表4-2の結果を基に、A群とB群それぞれの基礎問題でのその他群と押さない群の平均点を比較すると、7.4と6.2、および4.9と4.3さらに、A群とB群それぞれの発展問題でのその他群と押さない群の平均点を比較すると、5.9と4.7、および1.6と1.1となった。以上のことから、復習学習群の中でも、ボタンを押さなかった群が最も得点が低く、これへの対応が必要である。

(2) 事前・事後アンケート

a) 群間の比較

学習者の個別対応に対する満足度を調査するために、個別対応機能を用いて授業を行った時（個別あり）とそうでない時（個別なし）の、事後アンケート結果を比較した。各項目に対する評価は「5：そう思う」「4：どちらかというと思う」「3：どちらともいえない」「2：どちらかというと思わない」「1：そう思わない」の5段階であり、分析に際しては、5段階をそのまま間隔尺度として扱った。表4-3に示す通り、A群・B群それぞれに、個別あり条件となし条件をt検定で比較した結果、意識の違いに有意差はみられなかった。

表4-3 群間の比較結果

質問項目	A群 平均点(標準偏差)		B群 平均点(標準偏差)	
	個別なし	個別あり	個別なし	個別あり
1 分からないことがあったとき、教師は適切に補足説明ができた	3.5(0.58)	3.5(0.53)	3.0(0.89)	3.1(1.03)
2 補足説明によってあいまいな点を良く分かるようにさせることができた	3.5(0.63)	3.4(0.50)	2.8(0.92)	3.3(1.43)
3 難しいと反応している時に、適切な内容を提示できた	2.7(0.78)	3.1(0.78)	2.6(0.82)	2.9(0.82)
4 難しいと反応している時に、適切な問題により理解を深められた	2.8(0.82)	3.1(0.71)	2.6(0.79)	3.0(1.12)
復習学習に対する評価項目1から4の平均(標準偏差)	3.1(0.41)	3.3(0.43)	2.8(0.70)	3.1(0.92)
5 補足説明に時間を取られすぎることにはなかった	2.9(0.71)	2.8(0.38)	2.5(0.71)	2.8(1.11)
6 説明が簡単すぎるときにボタンを押したら、適切な問題を提示してくれた	2.6(0.72)	2.9(0.51)	2.6(0.78)	2.8(0.91)
7 説明が簡単すぎるときにボタンを押したら、適切な問題により理解が深まった	2.7(0.69)	2.9(0.59)	2.6(0.80)	2.6(0.73)
深化学習に対する評価項目5から7の平均(標準偏差)	2.8(0.51)	2.9(0.40)	2.6(0.69)	2.7(0.93)

※有意差は認められなかった。

※※項目5は「補足説明に時間を取られすぎていた」という形式で質問した。上の表では肯定的表現に直し、点数も1と5を逆転させた。表5においても同様に扱った。

差が見られなかった理由として、1つには、同じ条件でも、実際に個別対応を受けていない者が含まれていることが考えられる。また、学習者の個別対応に対する期待が結果に影響することも考えられる。これらについてb)とc)で考察する。

b) 処遇の要求と当該の処遇への評価との関係

a)の分析の問題を改善するために、実際に個別対応の処遇を要求した者とそうでない者の事後アンケートでの評価の違いを分析する。そこで、学習者が深化学習（あるいは復習学習）に結びつくボタンを押して、期待される処遇を受けたかどうかと、個別あり条件の授業となし条件の授業のどちらを高く評価したかとの関係を表4-4にまとめた。

カイ2乗検定により独立性の検定を行ったところ、表4-4のイ)では項目3について5%水準で関連性が見られ、表4-4のロ)では項目6と7で5%水準の関連性が見られた。

以上のことから、ボタンを押すことで、実際に期待する対応を受けた者は、その対応に対して満足していることが示唆される。

表4-4 処遇の要求と当該の処遇への評価との関係

イ) 復習学習を受けた群の復習学習に対する評価

項目	個別対応の授業を高く 評価したかそうでないか	処遇の要求		合計
		した	しない	
1	高く評価	5	3	8
	同等か低く評価	11	15	26
2	高く評価	6	3	9
	同等か低く評価	10	15	25
3 (*)	高く評価	8	3	11
	同等か低く評価	8	15	23
4	高く評価	6	4	10
	同等か低く評価	10	14	24
合計		16	18	34

ロ) 深化学習を受けた群の深化学習に対する評価

項目	個別対応の授業を高く 評価したかそうでないか	処遇の要求		合計
		した	しない	
5	高く評価	4	8	12
	同等か低く評価	3	19	22
6 (*)	高く評価	5	2	7
	同等か低く評価	2	25	27
7 (*)	高く評価	4	2	6
	同等か低く評価	3	25	28
合計		7	27	34

※ 検定の結果、5%水準で関連性が見られた項目は下に(*)を示した。

c) 個別対応への期待とシステムへの評価との関係

a)の分析をb)とは異なる観点で深めるために、事前アンケートの結果を利用し個別対応を期待する群としない群にわけ、事後アンケートの結果とどのような関係があるのかを分析した。表4-6の事前アンケートで、個別対応への期待に関わる項目(1から3)の合計点を学習者別に求めて降順にならべ、上位、中位、下位群、各3分の1程度になるように分けた結果、上位群は13点から15点(11名)、中位群は11点から12点(16名)、下位群は9点から10点(7名)となった。表4-5に示す通り、個別対応に対して期待感が上位群の学習者は、「1. 分からないことがあったとき、教師は適切に補足説明ができた」、「2. 補足説明によってあいまいな点を良く分かるようにさせることができた」、「3. 難しいと反応している時に、適切な内容を提示できた」、「4. 難しいと反応している時に、適切な問題により理解を深められた」に関して、本機能を用いた授業を10%水準で好意的に評価する傾向が見られた。

表 4-5 個別対応への期待とシステムへの評価との関係

質問項目	平均点 (標準偏差)		平均点 (標準偏差)		平均点 (標準偏差)	
	(上位群)		(下位群)		(下位群)	
	個別なし	個別あり	個別なし	個別あり	個別なし	個別あり
1	3.3(0.47)	† 3.8(0.75)	3.3(0.77)	3.3(0.48)	3.3(0.88)	3.1(0.96)
2	3.1(0.54)	† 3.7(1.01)	3.2(0.75)	3.6(0.81)	3.0(0.76)	3.1(1.13)
3	2.6(0.67)	† 3.2(0.60)	2.8(0.75)	3.1(0.85)	2.7(0.70)	3.0(1.00)
4	2.6(0.67)	† 3.3(0.79)	2.9(0.81)	3.1(0.77)	2.7(0.70)	2.9(0.88)
5	2.8(0.40)	3.0(1.10)	2.7(0.60)	2.9(0.81)	2.6(0.63)	2.8(0.94)
6	2.7(0.65)	3.1(0.70)	2.7(0.70)	2.8(0.54)	2.7(0.70)	2.7(0.70)
7	2.7(0.65)	2.9(0.30)	2.8(0.68)	2.9(0.62)	2.7(0.70)	2.7(0.70)

※有意差はt検定による。10%の有意的傾向は†で示した。

d) 反応を返さない群の事前アンケート回答傾向

4. 3. 3の(1)の結果から、ボタンを押さなかった群が最も得点が低くこれへの対応が必要である。このような学習者を授業前に把握する方法を検討するために、アンケートボタンを押した群と押さなかった群との事前アンケートにおける意識の違いを分析した(表4-6)。

表 4-6 ボタンを押した群/押さない群の事前アンケートの回答比較

		質問項目	押してない	押した
個別対応	1	分からない時に、個人的に質問できたらありがたい	4.3	4.2
	2	分からない事は手を上げて質問したり、先生がまわってきた時に質問している	2.2	* 3.0
	3	授業中に分からない事があった時は友人と相談している	4.1	* 4.5
	1から3の平均評価値		3.5	** 3.9
向上心	4	授業中に先生がたくさん発問してくれる方が嬉しい	3.3	3.3
	5	基礎的な内容を繰り返されるとやる気がなくなる	3.0	3.1
	6	内容が理解できた時は練習問題でさらに理解を深めたい	4.2	4.5
	7	分からない時はすぐに補足説明をしてほしい	4.3	4.7
		4から7の平均評価値	3.7	* 3.9
自己伝達	8	先生に自分の気持ちや意見を授業中に伝えて、対応して欲しいと思っている	3.3	3.8
	9	先生に自分の気持ちや意見を授業中に伝える方だ	1.9	2.3
	8と9の平均評価値		2.6	3.1
自己評価	10	自分の理解がクラス全体でどの程度か知りたい(得点、偏差値)	3.5	3.9
	11	他の学生の理解状況(平均点、最高点、最低点等)を知りたい	3.6	3.9
	10と11の平均評価値		3.5	3.9

※5段階評価を間隔尺度とみなし、ボタンを押した群と押さない群の平均点をt検定した。また、5%有意は*で示し、1%有意は**で示した。

項目別では、「分からない事は手を上げて質問したり、先生がまわってきた時に質問している」、「授業中に分からない事があった時は友人と相談している」において、有意差が見られた。また、項目群別では“個別対応”、“向上心”に関して、有意差が見られた。

以上のことから、事前アンケートを行い、個別対応や向上心に関する意識が低い学習者に対しては、授業に満足していてボタンを押さないというよりも、ボタンを押す意味がないという可能性を考慮した対応を検討する必要がある。

e) 教師の本機能に対する評価結果

実験終了後に、教師に対して行ったアンケート結果を分析した。アンケート項目は、概略、

- ①各機能の必要性及び個別対応機能に向けた授業について
- ②1回の授業での使用頻度と使用するタイミング
- ③システムの操作性（情報入力機能、操作画面）
- ④1学習項目に1組の個別対応教材という制約

についての4点である。

質問①では、テスト支援機能は、高校教師、大学教師とも5段階評価の4程度と好意的な評価であったが、他の機能を高校教師は全て5と評価しているのに対して、大学教師はほぼ3と評価した。消極的評価の理由をまとめると、助言機能や個別対応機能に対して意義を感じているものの、ボタンを積極的に押さない学習者に対する対応や、教材の準備に手間がかかることに対して懸念していることがわかった。

特に個別対応機能についての意義と問題点を問うと、従来、座学中心の授業で対応が難しかった、深化学習を必要とする学習者用に効果的であるが、個別対応機能を用いるための復習・深化教材を作成するのは、従来の授業以上に負担がかかることが懸念されていた。これに対しては、教材を教師が共用できる電子教材のデータベースを構築していくことが解決作の1つと考えられる。また、自分の授業には向かないが、他の教科の教師が個別対応機能を用いることについては、各教師の考えや教科に応じて実施すべきであり、「数学、理科などに向く」、「科目に関わらず問題と回答が1対1対応するような内容に向いている」、「新米教師の訓練用としても効果があると考えられるが、ベテラン教師もまた、学習者との年齢的な開きを考慮して使用すべきであると考えられる」などの意見が得られた。なお、本章の研究で扱った授業内容は本システムの使用に向いていると評価された。

質問②から、意思決定支援機能は、判断に必要な項目ごとに頻繁に実施することで、学習者の理解状況を把握することができると考えられる（50分授業なら3～6回程度が目安）が、個別対応機能は、頻繁にありすぎると授業を中断し、まとめにくくなる可能性があること（授業の終了10分前に1度行うか、50分授業なら多くとも2～3回程度が目安）などが指摘された。

一方、システムの操作性や制約条件については、以下のような、回答を得た。

質問③から、データの内容からして適当なレイアウトであるものの、データ入力の手順を容易に行えるように、入力手順を順に色を示すなどのガイド機能を追加すべきであると指摘

された。また操作性については、3つの画面レイアウトはバランスがとれているが、ユーザーにメッセージが提示されたことを知らせるための機能（音・明滅）や、ボタンや背景などを工夫することで、使い易い画面構成にするための工夫が必要であるなどの意見が得られた。

質問④の制約条件については、今回の評価実験に限定するなら問題ないが、もっとバリエーションがあった方が、評価実験としての一般性・信頼性も高くなることが指摘された。

4. 4 まとめ

本章では、第3章の意思決定支援機能を発展させ、一斉指導において、理解の異なる学習者に対する効果的な個別対応を行えるように教師を支援するシステムを開発した。

実験授業においてシステムを運用・評価した結果、システムにおける個別対応機能を用いることで、基礎学習事項を全員に理解させつつ、理解の進んでいる学習者に発展事項の学習機会を提供し、その成績を向上させることができた。また、システムを使って教師に積極的に反応を返した学習者や、個別対応に対して期待感が高い学習者ほど、個別対応機能への評価が高いことがわかった。以上より、今回の実験授業に関する限り、個別対応機能の有効性が認められた。ただし、今回の実験だけでは、この機能が全ての授業で有効であることを結論付けることはできない。今後、学習内容が大きく異なる授業などにおいて評価実験を重ね、システムの有効な範囲や、活用の工夫などを明らかにする必要がある。

一方、たとえシステムが個別対応機能を学習者に提供したとしても、学習者がその機能を積極的に利用しないと、システムの機能を十分に生かすことができないこともわかった。今後は、システムの機能を積極的に利用してもらえる方法や、機能を利用しない学習者に対する対応方法を検討する必要がある。後者の対応としては、事前アンケートにおけるデータを活用し、システムにおける個別対応のためのパラメタとして利用することが考えられる。その際、ルールの精密化についても合わせて検討する必要がある。

また、本章では、復習学習と深化学習との2通りの対応のみを考えた。しかし、個別対応という観点からは、より多様な学習者への対応を検討する必要がある。それに関連した研究として、Wainer (1990) の項目反応理論を基礎とする適応型テスト・システムに関する研究がある。適応型テストは、より少ない質問項目で、より精密な評価を行なおうというものである。この考え方を本章のシステムに利用することで、学習者の習熟度を多段階に分類し、それぞれに応じた個別対応を行うことが考えられる。また、個別対応として、適応型テストの問題を個別対応の演習用に活用することも考えられる。

参考文献

- 加藤幸次 (1996) “ティームティーチング入門”, 国土社、東京。
水越敏行、木原俊行 (1995) “新しい環境教育を創造する”, ミネルヴァ書房、東京。
橋本孝之、松本英敏 (1992) “学習者の自己評価や成績から見た一斉指導と個別学習におけるシミュレーション・ソフトウェア利用の一検討”, 日本教育工学雑誌, Vol.16, No.3,

pp.131-141.

平山 勉 (2000) “教育工学事典”、実教出版、東京、p.137.

松田稔樹、多胡賢太郎、坂元昂 (1992) “教授活動の計算機シミュレーションに向けたモデルの提案”、日本教育工学雑誌、Vol.15、No.4、pp.183-195.

吉崎静夫 (1988) “授業における教師の意思決定モデルの開発”、日本教育工学雑誌、Vol.12、No.1、pp.51-60.

De Jong, T. (1991) “Learning and instruction with computer simulations”, Education & Computing, No.6、pp.131-140.

Wainer, H. (1990) “Computerized Adaptive testing”, Lawrence Erlbaum Associates.

第5章

学習者の逐次反応を活かした教材開発手法

5.1 はじめに

学習者の興味関心を高める研究は重要である。その中で末武（1991）は教育工学をベースにした視聴覚教育提示について、また、田代（1999）はマルチメディア教材を活用した学習指導のあり方とその効果について報告している。

これからの教育では、学習者の興味関心を高めるために、マルチメディア教材の応用が重要になると考えられる。その際、マルチメディア教材としては、市販教材を用いることが手軽であるが、実際の授業に利用しようとする、教師が求めている内容とは必ずしも一致しない場合が少なくない。それゆえ、教師はそのままでは使用しにくいために、教材を手軽に制作する手法の必要性がでてくる。

しかし、現段階では、一斉授業のために、どのようなマルチメディア教材を作ると効果があるのか、また、そのような効果的なマルチメディア教材を制作する上で、どのような課題を解決すべきかが具体的に明らかにされていない。そこで、まず5.2において、マルチメディア教材を作成し一斉指導で実際に用いることで、その効果について検証を行い、同時に、マルチメディア教材を作成する段階での問題点を明らかにする。次に、5.2における問題を改善するための手法を5.3で提案しその効果を検証する。

5.2 マルチメディアと教育工学の手法の適用

5.2.1 背景と概要

現在、マルチメディアを教育に利用するための手法が学校教育において試みられているが、医療分野における事例は少ない。しかし、さまざまな疾患の減少や予防のためには一般の多くの人々のために、基本的な予防法や予備知識を効果的に伝える必要がある。特に、「高齢化社会に伴う医療費の飛躍的な増大は、国の財政と個人の経済的状态に深刻な影響を及ぼすようになっている。」（波平 1985）と言われる昨今、医療費の縮小のためにも、治療以上に予防による疾患の減

少が何よりも重要な要素を帯びてきている。しかし、通常の医療は疾患に対する治療に終始する場合が多く、病状が現れる前の人々に対して効果的な形での予防対策が講じられているとは言い難い。特に、虫歯や歯槽膿漏などの歯の疾患はかなり深刻で、WHO(世界保健機関)が警告しているように、日本の子供の歯は非常に悪い状態にあり、現在3歳児では60パーセント台、6歳時では90パーセント台で、実に10人のうち9人は虫歯をもっていることになる。しかし、虫歯をはじめ多くの口の中の病気は毎日の食生活に気をつけて、ブラッシングなどのちょっとしたコツを身につけることで予防することが可能である(垣本 1990)。また、虫歯だけにととまらず、離乳期から柔らかい物ばかり与えられてかむ習慣がついていないために、唾液の分泌が促進されず、幼児期からの味覚や情緒の発達に影響が出はじめ校内暴力を初めとする社会問題の一因となってきたとする説もある。

結局これらの解決策として、板倉ら(1986)は、住民が地域医療の理念にとって根本的といつてよい健康意識の高さを持ち、医療機関なり行政なりの、積極的で持続的な働きかけ、つまり教育が不可欠であり、そのためには多くの人々の労力が要ると述べている。また、覚道ら(1976)は、せめて将来母親になる人の教育機関にだけでも、ぜひ口腔衛生学(口腔:口から歯と咽喉に至る部分に関する部分で、食物の摂取・消化をなすとともに発声器の一部となる。)を正課の授業に取り入れるべきであると主張している。

そこで本節では、以上の問題点を是正するための試みとして、マルチメディアと教育工学の手法を用いて歯科医と共同で妊婦を対象にした新しい予防医学を実践するための口腔衛生教育プロジェクトを発足した。そして、“妊婦のための歯の基本知識”という表題の視聴覚教材の設計開発を行った。また、妊婦を対象に行われている“母親学級”で、その効果を実践し検証した。

5. 2. 2 予防・対処医療のための新しい口腔衛生教育用の教材の利用

5. 2. 1 で述べた問題点を箇条書きにまとめてみると、一般に以下のように考えられる。

- ① 一般の患者は疾患や予防に対する、的確な知識が不足していたり、既成概念にとらわれて誤った知識を持っていたりすることがある。
- ② 私たちの多くは、健康である時ほど予防に対する心がまえを忘れがちである。
- ③ 一般の医師の多くは治療に対しての助言と異なり、予防に対する十分な助言を行っていない場合が多い。
- ④ たとえ、疾患に対する説明が医師の方からあったとしても、その説明が患者に対して十分な内容でなかったり、難しすぎたりする。
- ⑤ 歯の疾患に対する予防について興味があったとしても、定期的(月に1度程度)に教育や訓練を受ける場所が少ないか、もしくはその場所について知らない。

そこで、本節の研究では、いままで患者にとって重要でありながら分かりにくかった内容を、できるだけ分かり易く興味を持てるように動画像や音声を取り入れた口腔衛生教育用の教材を試作した。その際、制作の容易さと実際に現場で使用する医師が独自に追加修正できることを考慮し、PowerPoint を用いた。PowerPoint はプレゼンテーション用ソフトとして盛んに用いられては

いるが、口腔衛生教育としての活用事例はほとんど見られない。

以下に、①、②、④の予防医療の問題点に対してプロジェクトでどのように支援するか考える。

①については、まず一般の人々の歯科治療における必要不可欠な知識に対して、どの程度の正確な理解がされているのか調査を行うことから始めた。歯科医が最低限知っていてほしいと考える知識について口腔衛生基本知識事前テスト（以後、事前テストと呼ぶこととする。）を作成し約100名を対象に調査した結果を表5-1に記す。このテストは平均正解率は35%であった。つまり、ほとんど知らないということである。そこで、より興味を持たせて講習会への参加を促すためには、本教材が効果的であると考えられる。なぜなら、音声、効果音、動画像といったメディアをふんだんに取り入れた内容にしてあり、参加する対象が20代前半の若い女性が中心の、TVやオーディオなどのメディアに慣れ親しんだ世代であるので、彼女らの興味を喚起し、より積極的な参加が期待できる。この積極的な参加により、より多くの人々の口腔衛生教育に対する理解が深まることだろう。

表5-1 口腔衛生基本知識事前テスト問題と正解率

問題	正解率
1. 赤ちゃんの歯は、いつ頃から形成されると思いますか。	22%
2. 毎食後3分以内に歯を磨いていれば虫歯にならない。	35%
3. 胎児にカルシウムをとられてしまうので、自分の歯が弱くなってしまうので心配だ。	35%
4. 母乳で育てれば人工乳は必要ない。	61%
5. おしゃぶりを子供に与えたいと思う。	13%
6. 歯を磨く時、歯磨剤(ハミガキ粉)をいつもつけている。	4%
7. 歯を磨く時、歯磨剤(ハミガキ粉)は歯に良い。	43%
8. 歯磨剤(ハミガキ粉)によって歯の健康にかなりの差がある。	22%
9. 歯磨きは、寝る前に何分くらいしますか。	4%
10. 食事の内容に気を配っている。	65%
11. 歯並びは遺伝だから、努力や注意の仕様がなと思う。	48%
12. 妊娠中は歯科治療を受けたくないと思う。	48%
13. 8020運動という言葉聞いたことがある。	22%
14. 歯みがきをして血が出る時は、歯磨きをしない方が良いと思う。	74%

②では、対象を妊婦に絞った。ねらいは2つある。一つは、健康な人々でありながら、将来生まれてくる子供のために、出産だけにとどまらず、健康全般について前向きに興味をもっている。もう一つは、「子供の歯が虫歯になり易いのは、幼稚園に入る3歳から5歳です。なぜなら、活発に自ら好きなおやつを勝手に食べはじめます。また、赤ちゃんの乳歯や、生えたばかりの永久歯の時に注意が必要です。」(朝日 1996)といわれる通り、この時期から出産後3年程度までが母子ともにとって非常に大事な時期であるので、口腔衛生教育が予防効果を最も効果的に発揮できる最高のチャンスなのである。

④に関しては、この口腔衛生教育の最も重要な点と考えられる。なぜなら、せつかく機能的に

すぐれた物を作ったとしても内容が難しすぎたりしては意味がなくなってしまう。そこで、本教材では、①で述べた事前テストに基づき、教育内容の表現を一般の人々に分かり易い表現となるように細心の注意を払った。この表現を“患者用表現”と呼ぶこととする。こうすることで初めてメディアの効果が本当に表れ、医師と患者側の隔たりをなくすることができる。

なお③と⑤は、本プロジェクトが直接的に支援できる問題ではないのでここでは触れないこととする。

5. 2. 3 口腔衛生教育プロジェクトの目的と意義と成果

(1) 研究目的

まず、本プロジェクトの主な研究目的を箇条書きにまとめてみる。

- ・ 妊婦としての歯の健康や治療、また子育てに必要な医学上の知識を分かり易く説明し理解させ実生活に応用でき易くするための手法の研究
- ・ 一般に妊婦は疲れ易く、眠気を催す傾向にあるが、一定の授業時間内に集中力を持続させるための手法の研究開発
- ・ 学んでいる妊婦のみならず、教師の側である歯科医にとっても教え易くて疲労が少ない手法の研究と実践
- ・ 今後の医学の進歩に合わせて内容を逐次修正、追加できるようにし、できるだけ多くの人々に広く利用してもらえる教材の開発

次に、以上の目的を達成するための研究計画の概要を述べる

- ① “母親学級”で用いる講義の内容の検討及び目標設定
- ② 現在の講義(母親学級)の理解状況および要望の調査
- ③ 講義で用いる内容の再検討
- ④ 以上の調査に基づいた、医学的表現から患者に理解し易い表現(患者用表現)への修正と、教材への反映
- ⑤ 使用する器材の検討
- ⑥ 教材(表題:妊婦のための歯の基本知識)の作成
- ⑦ 教材の講義での使用及び理解度検証テストの実施
- ⑧ 問題点の検討、及び修正
- ⑨ ⑦と⑧を繰り返すことによる、完成度の向上
- ⑩ おおむね完成された段階でCD-ROM化、またはインターネット上に公開

(2) 特色・独創的な手法および予想される結果と意義

以上の研究目的を現実的なものとするための具体的な特色や手法について詳しく以下に示す。

- a) 医学上の知識を説明するためには高度な医学用語をできるだけ一般用語に置き換える作業が重要であると思われる。講義に用いる内容から単語一つ一つに至るまで、歯科医と教育工学の担当者とが協力して検討・構成することを前提条件とする。これによって、双方の専門家の知識を有効に本教材に生かすことができると考えられる。また、難解な医学用語

についてはできるだけかみ砕いた表現（患者用表現）を使いながら、さらに音声とグラフィックスを効果的に用いて容易に理解できるようにする。これらの条件を満たすためにオーサリング言語や Video For Windows などを用いて効果的な視聴覚教材（表題：妊婦のための歯の基本知識）を制作する。特に、ブランクコントロールと呼ばれる、“歯垢を効果的に取り除くための方法”の訓練にはデジタルビデオによって収録された内容をコンピュータに取り込むことでより分かり易くデモンストレーションすることが可能になった。これらによって従来、難解とされてきた医療知識を分かり易く、また記憶に残り易い内容とすることができる。

- b) 妊婦の体質を考慮し集中力を持続させるため、全体の講義から見た現在の時間経過を明確にし、説明が一方向的にならないように聴講者に対する質問を必ず入れるようにする。それらの、質問などを参考にして内容の改善を必要に応じて逐次行う。また、説明する内容はコンピュータのスクリーンを拡大投影し、聴講者の興味と集中力の増大を図る。
- c) 教師側にとっても疲労が少ないように、かつ話が単調にならないように定型的な内容は音声データとしてコンピュータに説明させる。また正しい歯の磨かせかたなどについては実際に実践している様子をビデオカメラで収録し、それをデジタル信号に変換してコンピュータのスクリーンで投影することで、内容が分かり易いのみならず、コンピュータが説明している時に、教師が聴講者に対する様子を観察しながら休息することが可能である。
- d) 今後の医学の進歩に合わせて内容を逐次修正、追加できる形式での教材を開発する。完成した段階で CD-ROM またはインターネットに乗せるなどして横展開できるような形式にすることで、口腔衛生教育の普及に貢献する。

(3) 患者用表現集の作成

本プロジェクトの最も大切な点の一つが、専門の医学用語をいかに分かり易い表現にするかという点にあった。それは、単に説明する量を多くするだけにとどまらず、図解表現を含めていかに理解し易くするかということである。そのために、全体の概要を決定し、詳細な部分について、一つ一つの表現が専門的過ぎはしないか再度の検討を行い、教材の制作を逐次行っていった。ここで、いくつかの表現について具体的に例を挙げて説明する。

表 5-2 一般医療表現と患者用表現との対応一覧表

一般医療表現	患者用表現	内容説明
歯磨剤	ハミガキ粉	
哺乳期(0~5ヶ月)	チュウチュウ飲み期	液体状にして栄養補給する時期
離乳初期(5~6ヶ月)	ゴクン口食期	離乳食をドロドロにして与える時期
離乳中期(7~8ヶ月)	もぐもぐ舌食べ期	離乳食を舌でつぶせる硬さにして与える時期
離乳後期(9~11ヶ月)	カミカミ歯肉食べ期	生えかけてきた歯で少しづつかみながら食べる時期
離乳完了(満1~3才)	かちかち歯食べ期	生えてきた歯で少しづつかみながら食べる時期
等々	等々	等々

まず、表5-2の対応にまとめられている通り、一般的な医療表現を聴講者に分かり易い表現とし、さらに図5-2にある通り画像による説明を通してより完全な物とするように努めた。

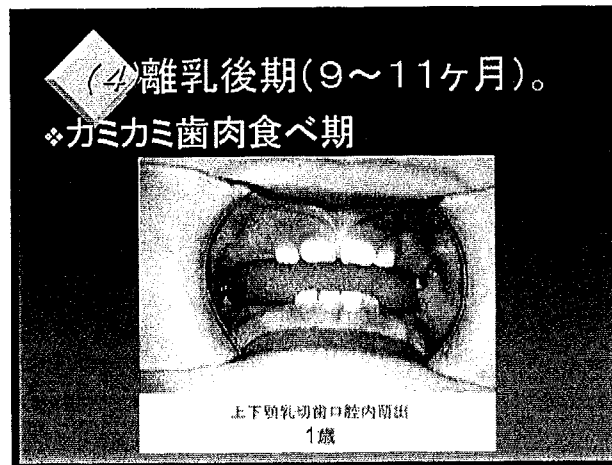


図5-2 医療表現、患者用表現と画像の組み合わせ例

5. 2. 4 教材の作成と動作画面例

開発した教材は、事前テストによって得られた結果を参考にし、さらに事後テストの内容までを理解することを基本前提に設計されている。さらに、本システムは、PowerPoint を用いて、口腔予防衛生についての基本知識を教師にも患者にも分かり易く説明することを目的とした。そのために、Video 画像の導入、音声による自動説明、グラフィックスによる効果的研修を実施するよう心掛けたが、以下に本教材の具体的な作成内容と、その特徴的な動作画面例を説明する。

まず、事前テストであるが、このテストは一般常識である程度すでに知っているであろう内容を確認の意味で出題し、受講者の基本的知識を確認することを目的に行われた。なぜなら、教師となるべき歯科医師と学習者となるべき妊婦の基本的知識や前提条件が異なっていることが考えられたからである。テスト結果は以前にも述べたようにあまり良くなかった。つまり、基本的な内容について、双方の隔たりがかなりあることが明らかとなったのである。そこで、特に正解率の良くないいくつかの問について、原因とそれに対する具体的対策について論ずることとする。

「問1、赤ちゃんの歯は、いつ頃から形成されると思いますか。」という質問に対して、正解は、胎生7週間ということであった。つまり、妊娠に気づいた時はすでに胎児の歯は形成されはじめていることになるのだが、これを知る人はほとんどいなかった。そこで、この事実を正確にかつ視覚的に説明するために、胎児のレントゲン写真と歯の成長過程を図式化しながら説明することとし、以下のような図(図5-3)を利用することとした。

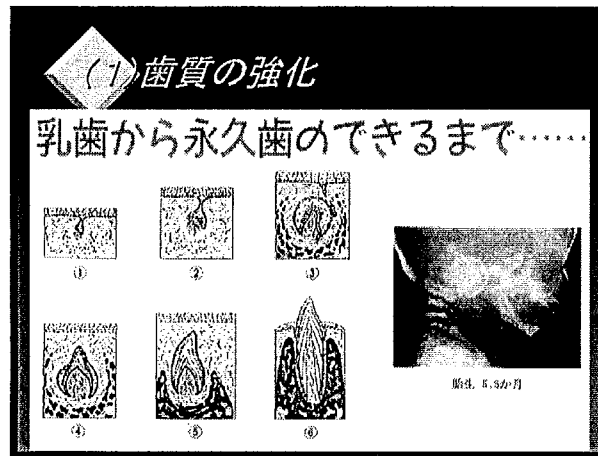


図 5 - 3 胎児の歯の成長過程

次に、「6、歯を磨く時、歯磨剤（ハミガキ粉）をいつもつけている。」と「9、歯磨きは、寝る前に何分くらいしますか。」（表 5 - 1）に対して、正解はそれぞれ“常に用いるべきであるとは限らない。”と“できれば 10 分以上かけて一本づつ”ということであったが、いずれも正解率は 5 % に満たないという結果であった。そこで、歯を磨くことの本来の意義とその磨き方を Video 画像による実習を含めて講義することで、より具体的に分かり易く説明することとした。図 5 - 4 では、“正しいプラーク・コントロール”と題して、適切な歯垢除去方法について Video 画像を用いて説明する。



図 5 - 4 Video データ表示画面

次に“事後テスト”であるが、全体として大きく分けて 6 項目ある。その項目の中で特徴的なものをいくつか例を挙げて説明する。まず、“妊娠中の歯科治療について”といわれる項目の中の“X線撮影が母体と胎児に対して安全である”ということを説明するために、実際に X 線撮影用防護服を着用している場面をいくつかの情景において写真撮影しその部分を画面上に投影する（図 5 - 5 参照）。こうすることで、X 線撮影の危険性は適切な処置をすることによって問題ないことを印象づけるよう努めた。

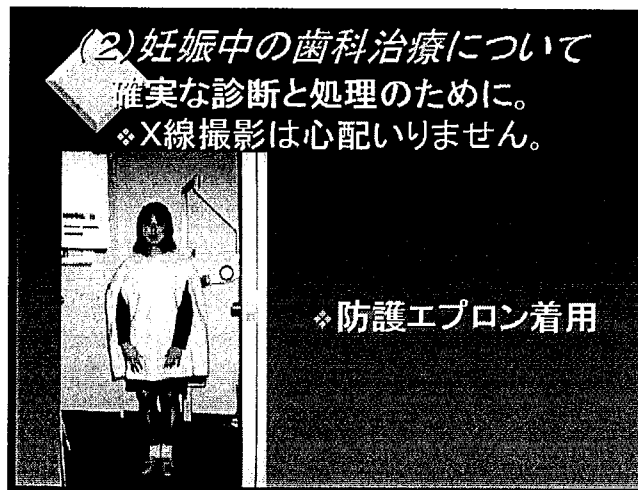


図 5 - 5 X線撮影用防護服の説明

さらに、“唾液の効能”という項目の唾液腺の構造を説明するにあたっては、音声ファイルを通して説明することとした。こうすることで、定型的内容はコンピュータが行う（図 5 - 6 参照）のでその間教師はしばしの休息をとることができ、また学習者達の様子を観察することができる。また、聴講者側からしても違った人の声を聞くことで、講義が単調になることを防ぐことができる。

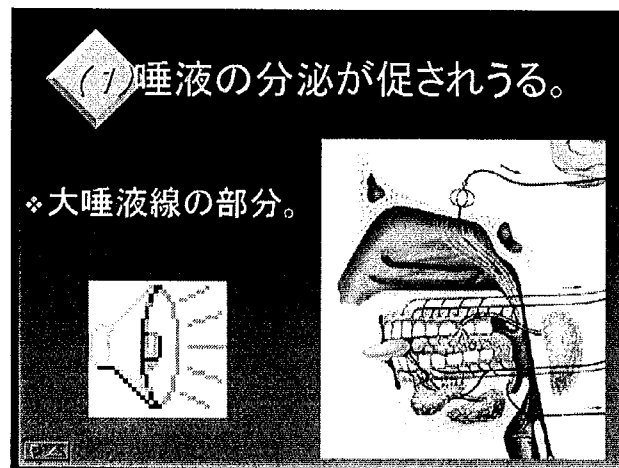


図 5 - 6 音声による自動説明が可能な画面

5. 2. 5 口腔衛生教育実践とその評価

本プロジェクトの有効性を検証するために、母親学級における口腔衛生教育の実践を試みた。対象者はすべて、この口腔衛生教育に参加した妊婦を対象とすることとする。本調査の目的は主に次の2つである。

- ・ 実践された口腔衛生教育の事前および事後テストの比較による有効性の検証
- ・ 教育センターで長い間、口腔衛生教育にたずさわっている歯科衛生士に対するアンケートに

基づく、本プロジェクト実行による効果と今後の課題の検証

(1) 口腔衛生教育調査の概要

調査目的1では、本プロジェクトが理解され、教材が妊婦にとってどれだけ効果を得たかについての客観的評価を行うために、視聴覚教育を行った場合とそうでない場合に分けて事前・事後テストを実施した。そうすることで、具体的な理解度にどの程度の差が生ずるかを検証する。

調査目的2では、本プロジェクト実施以前から、何年もの間“母親教室”に参加している歯科衛生士を対象とした事後アンケート調査を実施し、客観的立場から実践的な評価を分析する。

(2) 口腔衛生教育実践の結果

a) 事後テストの結果からみる得点と人数の推移

事後テストの結果によって図5-7の結果が得られた。まず、7月、8月においては、従来からの方法で口腔衛生教育を行い、10月に本プロジェクトに基づく授業を具体的に実施した。7月、8月における結果と10月における結果とを比較して明らかに新しい本教材による効果が見られた。しかし、注目すべきは、7月、8月における結果の比較である。本プロジェクトは5月より準備を開始し、この2ヶ月間は講義を行った後に事後テストを行ったが、7月より8月が良い結果を得られた。特に、目新しい事は行っていなかったが、本プロジェクトを進める過程で内容の再編成や問題点の分析を随所に行ったことと、講師が教育工学の担当者に客観的な立場から教授法などについて助言を得られたこと、などによって従来からの講義そのものに変化がでてきたものと考えられる。すなわち、本プロジェクトを進めていく段階から講義そのものに対する質の向上が期待できることが分かった。

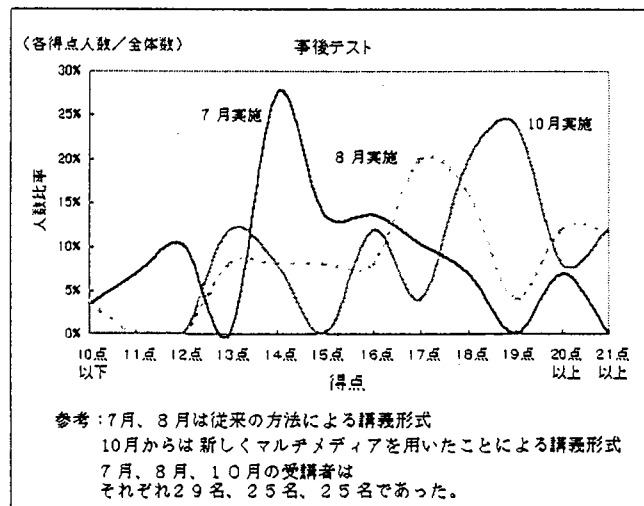


図5-7 開催月に見る得点と人数の推移

b) 歯科衛生士に対する調査結果

調査は、以下の3つの質問によって構成される。

質問1 “本プロジェクトが実施される前と後でどのような点が変わったと思いますか”

質問2 “今後に期待される点について（医学的表現、ビデオ画像、映像イメージ、等々）”

質問3 “その他気づいた点”

歯科衛生士を対象とする各質問に対する調査結果は以下の通りである。

質問1は主に開発した教材の長所について回答したようだが、やはり聴講者の注目度または集中度の度合いが上がったと回答する者が多い。その具体的な理由として画面の見易さや色の鮮やかさが挙げられると考えられる。中には、「講義がスライドを用いていた時よりスムーズなので集中力が続いていた。」と回答する者もいた。

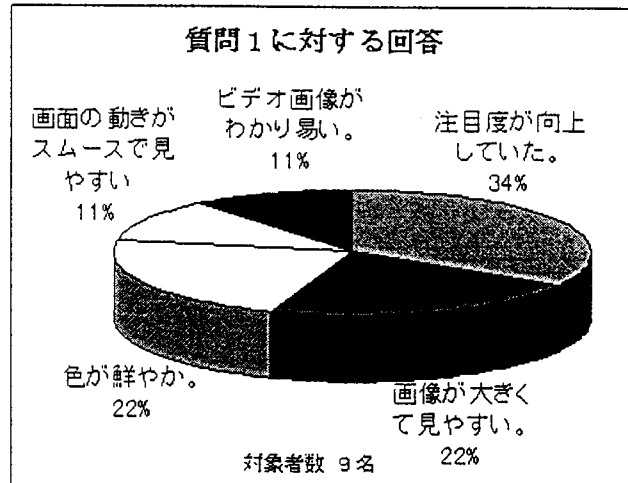


図5-8 歯科衛生士を対象とする質問1に対する調査結果

質問2は主に本教材の改善点や問題点ととらえて回答したようだ。その中で最も共通して感じられているのが「ビデオ画像の大きさや画質の向上」である。ビデオ画像による説明が長所の一つとして質問1で挙げられていながら、質問2で最も改善の必要な項目に挙げられているところからも、関心の高さがわかる。当初から予測されていたが、今回使用したコンピュータはノート型のもので処理速度の点でデスクトップ型と比べるとかなり見劣りする部分があると考えられる。特に動画の再生に関しては顕著にその問題が現れるようだ。この点に関していえば将来の技術的な改善を待たねばならないとは思いますが、制作する段階である程度、ハード的な能力を考慮に入れていかねばならない。また、「歯肉の色が分かりにくい」という点に関して、今回使用したデジタルカメラの性能的な問題が大きい。特に口腔衛生教育において歯肉の色は重大な問題のようで、今後はより性能のよい画像入力装置を検討していきたいと考えている。

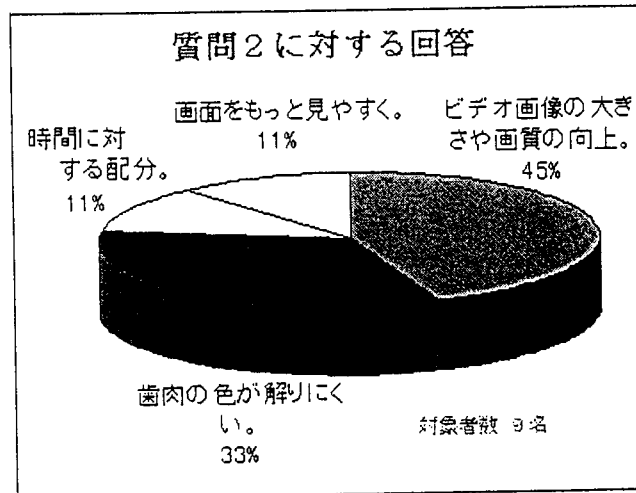


図5-9 歯科衛生士を対象とする質問2に対する調査結果

質問3から、明らかになった事は「途中、ホット息抜きできる何かが入るとよいかも？」というものである。今回のプロジェクトでは、講師が息を抜けるように、コンピュータによる自動説明を取り入れたが、聴講者にとってのそれがなかったことはまさしく盲点であった。

この結果からも明らかのように、本実験で用いた教材に関する学習者からの反応により、教材作成段階に役立つ貴重なデータを得ることができた。このことから、学習者の意見を反映することで、さらに効果的な学習教材を開発できるのではないかと考えられる。そこで、複数の学習者の意見を教材作成に反映させる手法の研究開発を5.3で行うこととする。

5.3 教材開発手法

5.3.1 教材開発手法の問題点と改善案

5.2においてマルチメディア教材を用いることによって得られる有効性と、開発段階での学習者側の意見を反映することが望ましいことが考察された。それに関連して、坂元(1977,1984)や前迫ら(1984)は教材を複数の評価者に提示し、レスポンスアナライザーにより情報を収集して、集められた情報を基に教材改善を行う手法について報告している。ただし、この手法では、収集した情報の分析は、事後に行われ、複数の教材を比較したい場合、予め、何本もの教材を制作しておき、本数分の時間をかけて評価する必要がある。したがって、これらの研究は、特定の教材を改善することよりも、教材開発における一般的ノウハウを蓄積するために行われている。しかし、これらの手法によって得られた成果をそのまま用いようとしても、教材制作に不慣れた教師が十分に活用できるとは限らない。

以上の問題点を改善するために、リアルタイムで学習者の評価を分析し、必要に応じて各場面ごとに代替案を提示して比較評価する方法が考えられる。そこで、本節では教材を構成するさま

さまざまな素材を持っている教師がその組み合わせを検討するために、“学習者の反応に基づいて容易に教材を改善する手法”を本節の研究目的とする。そのために、第4章までで開発してきた授業進行支援システムを利用して、学習者の反応をリアルタイムで収集し代替教材を提示することで、教材の改善に反映させる。

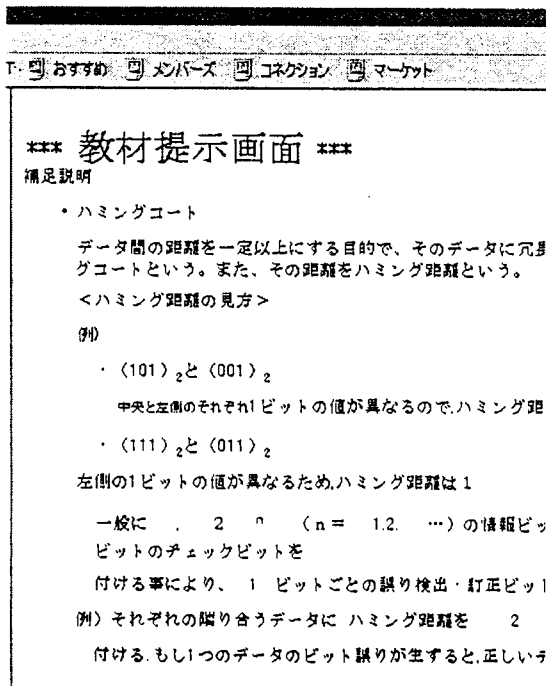
5. 3. 2 システム設計

(1) 提案する教材開発手法の概要とシステム変更点

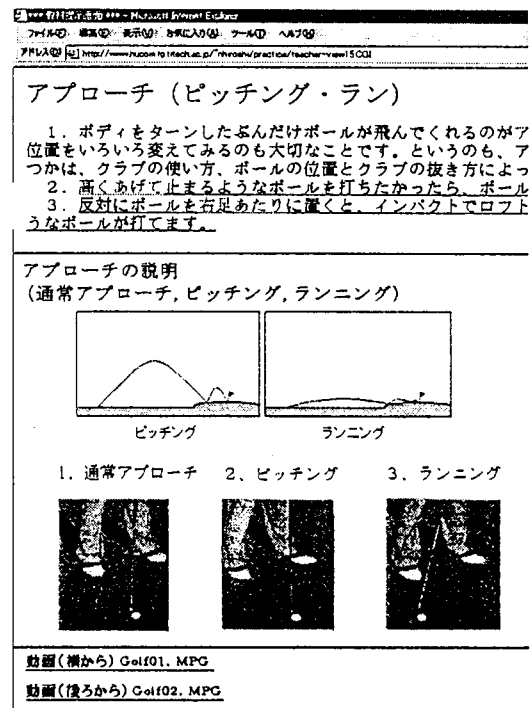
本手法は、授業進行支援システムの機能、すなわち学習者からの反応をリアルタイムで収集・分析し、対応行動を助言する機能によって、学習者の意見を反映したより効果的な教材を開発することを目的とする。以下、本手法によって改善をめざすマルチメディア教材の定義及び、その開発手順について述べる。

a) 本手法が対象とするマルチメディア教材の改善点

本手法において改善をめざすマルチメディア教材とは、一斉指導で用いることを前提とした Web 教材である。ただし、第2章から第4章で用いてきた、授業進行支援システムの教材は {説明文、静止画、動画・音声} の3つの形態が混在して1画面 (図5-10のイ) であったが、本手法では図5-11の通り3つの形態の情報を独立させ常に同一のレイアウト (図5-10のロ) で表示するものとする。



イ) 従来の教材提示画面



ロ) 変更した教材画面

図5-10 変更する前と後の教材提示するための画面

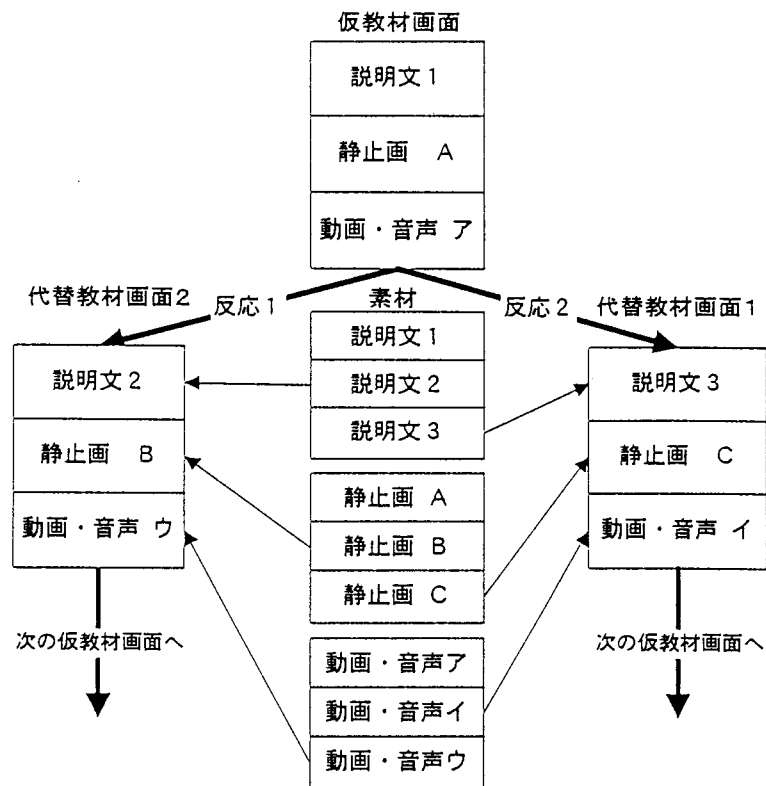


図 5-11 仮教材、代替教材、素材との関連

そして、各形態の説明文 1, 2, 3 や静止画 A, B, C、動画・音声ア、イ、ウなどをそれぞれ素材とし、説明文、静止画、動画・音声からの素材を 1 つずつ組み合わせたものを教材画面と定義し、それを時系列的に並べたものを教材と呼ぶ。また、教材には仮教材と代替教材があり、教師の判断で最善と考えられる教材を仮教材とし、仮教材以外の教材を代替教材と定義する。各形態の素材を表示する 3 つの枠の大きさは、アイコンバーによって手動で上下・左右に移動できる。また、ある仮教材画面に対して、素材は各形態ごとに複数種類を用意することができる。仮教材に対する代替教材は、例えば、説明文の重要点を文字の太さを変えて強調した素材に変更すると同時に、静止画を写真からイラストに変更したものとなる。

なお、仮教材および代替教材の提示順序の違いによる効果、及び教材画面上のレイアウトの違いによる効果は、本節の研究では扱わない。この他に、以下で述べる形態ごとの制約条件がある。それらは、ブラウザーの機能による制約条件である。まず、説明文における素材は、異なった形式（文字の太さ、色、大きさ、重要部分の拡大）で重要点を強調することに限定する。ただし、この時の文字の大きさは、仮教材用の素材と比較して相対的に文字の大きさを変更するものである。次に、静止画を用いた図による素材は、画像の簡略化、写真、イラストの範囲で準備する。さらに、動画・音声における素材は、どちらか一つしか選択できない。

b) マルチメディア教材開発の手順

教材開発の手順は、図 5-12 に示すように、目標設定→教材作成→実験授業→教材の再編集の 4 つに大別される。

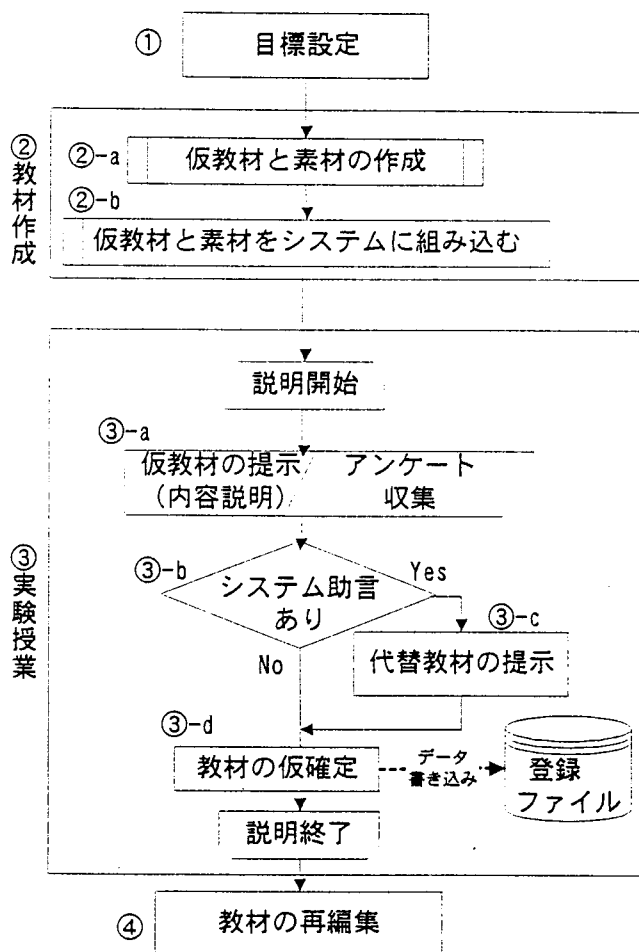


図 5-12 教材開発手順

- ① 目標設定は、図 4-1 の「①授業計画」に相当し、授業内容にそった仮教材の流れと内容、及び代替となる素材を考える。
- ② は図 4-1 の「②授業進行情報入力」に相当し、①の目標を参考に、仮教材・素材を作成し (a)、その後、仮教材及び素材を、授業進行支援システム上で提示できるように関連づけし、システムに組み込む (b)。
- ③ 以上の準備の下に、仮教材を組み込んだ授業進行支援システムを用いて実験授業を行う。仮教材画面は全員が共通で参照できる中央のモニターに提示し、システムを用いて教材への評価を収集する (a)。この時使用する学習者側メッセージ送信画面の改善については、5. 3. 2 の (2) a) で述べる。システムは、収集したデータを分析し、必要に応じて教師に助言を提示する (b)。このための助言ルールの改善については、5. 3. 2 の (2) b) で考察する。教師は提示された助言を基に、②で準備した代替教材画面を学

習者に提示する (c)。図 5-13 を例に説明すれば、“仮教材画面 1” を提示して、システムから“教材説明が分かりにくいので重要点を強調した教材を提示してください”という助言が提示されると、代わりに説明文の部分で“素材 1 1”から“素材 2 1”に変更して提示する。助言を通じて学習者の満足が得られた時は仮確定ボタン (図 5-15) を、またこれ以上教材を変更することができなくなった時は再編集ボタン (図 5-15) を押す。どちらのボタンを押した時でも、システムは提示中の素材情報を登録ファイルに記録する。さらに、再編集ボタンを押した時は未確定であることも記録する。その後、いずれの場合も、次の仮教材画面へ進む (d)。

以上の③ (a) から③ (d) を繰り返し行い、どの素材の組み合わせで教材を提示するのが最も適しているか、情報を収集する。最後の学習項目の評価が確定したとき説明を終了する。

- ④ 登録ファイルに記録されたデータを基に、教材の再編集を実験授業後に行う。なお、詳細については、5. 3. 3 の (3) で具体例にそって詳しく述べる。

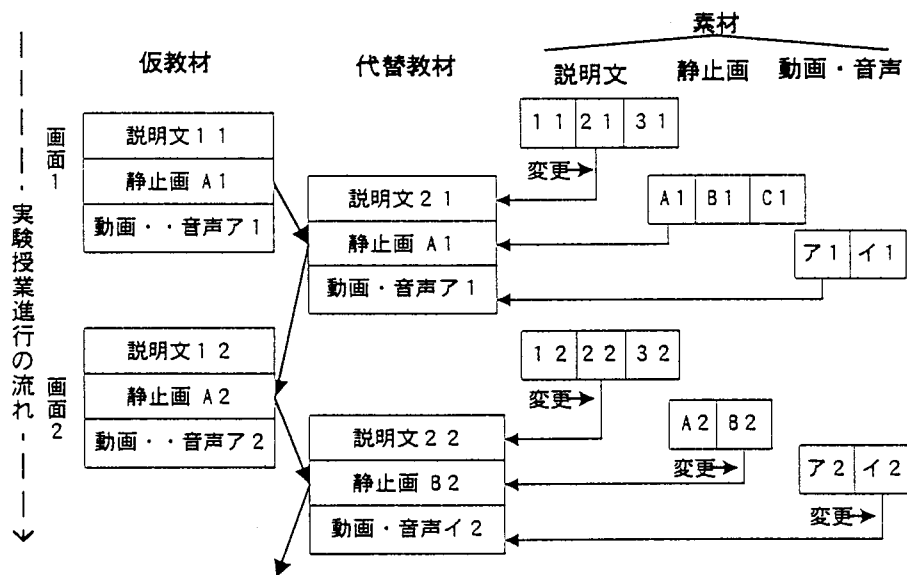


図 5-13 仮教材構成例

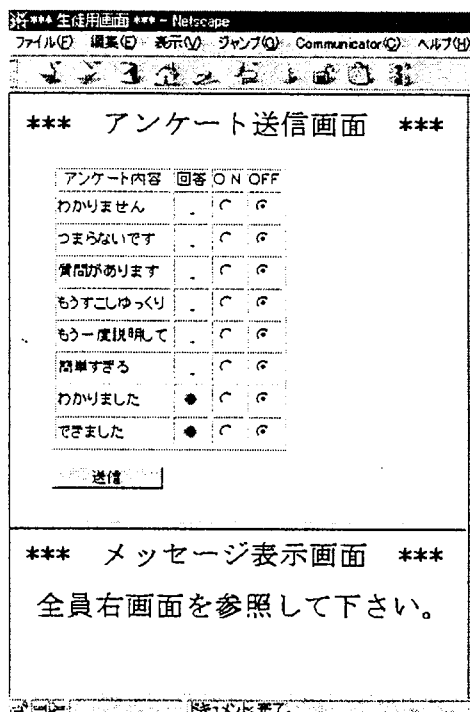
(2) マルチメディア教材開発手法の実現方法

授業進行支援システムでは、授業に対する反応を収集して、授業進行の仕方を助言していた。しかし、本手法に適用するためには、教材の問題点に対する反応を収集し、どのような代替教材を提示すべきか助言する必要がある。そのために、学習者からの反応を収集するアンケート送信画面、そして、教材を提示する教材提示画面と、それを制御するためのメッセージ送信画面を変更する必要がある。またそれと同時に、学習者からの反応に基づいて教師へ助言を行うためのデータの集計方法及び、判断ルールの変更を行う必要がある。ここでは、以上の変更について、従来の機能と比較しながら述べる。

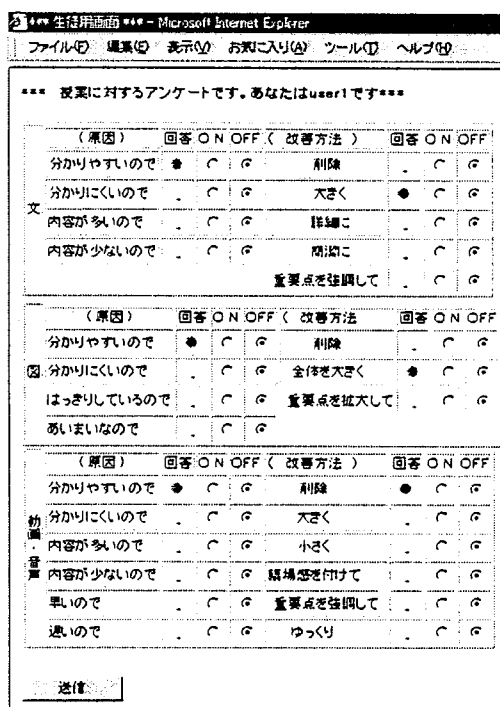
a) システム変更画面

本節の研究では、学習者に提示する教材は中央画面に提示する。このために、教師用コンピュータは操作用とは別に、提示用コンピュータを用いる。これは、授業進行支援システムで、教師用操作パネルから、学習者用に提示する教材をコントロールしていたのと同じ仕組みで実現できる。一方、学習者は教師の説明を共通画面で見ながら、教材への意見がある時だけ学習者の手前にあるアンケート送信画面に回答する。

この時、学習者側アンケート送信画面にある質問項目は図5-14のイ)からロ)のように変更し、教材の問題の原因を指摘する項目と改善方法を指摘する項目に分けて設けた。これらの評価は、さらに提示された教材の形態に応じて答えられるよう、3つの形態(説明文、静止画、動画・音声)に大別してある(図5-11)。これによって、例えば「内容が多いので」と「簡潔に」が選択された場合には、教師の画面に「文章の内容が多いので要点を簡潔にまとめた教材を提示してください」という助言を提示する。



イ) 従来アンケート送信画面



ロ) 変更したアンケート送信画面

図5-14 変更する前と後のアンケート送信画面

さらに、図4-1の③'の授業進行操作を行う時に用いるメッセージ送信画面は図5-15のように変更する。これは、教材提示画面を3つの形態ごとの画面に分けたため、教師はシステムからの助言を基にそれぞれの形態画面を変更できる必要があるからである。この画面を制御するために、従来のメッセージ送信画面(図4-2のイ))教材選択項目は1つだけであったが図5-15のように、説明文、画像、動画・音声の3つの素材変更ボタンを設ける。

*** メッセージ送信画面 ***		
説明文:	[]	
画像:	[]	
動画・音声:	[]	
コメント:	[]	
再編ボタン	仮確定ボタン	リセット

図 5-15 教材開発手法対応メッセージ送信画面

b) ルールに基づく判断・助言と教師の選択

次に、授業進行支援システム内部の処理方法やルール変更について、図 5-14 の口)、図 5-16、表 5-3 を参考にして述べる。授業進行支援システムでは、教授意図に基づいて、ある観点と判断の基準値 (v) が設定され、その観点に基づいて反応データの集計を行い、結果を変数 (R など) に代入する。システムには、表 5-3 に示すような

「If $R > v$ then 助言を表示する」

という形式のルールが存在し、このルールに照らして判断を行う。これらの基本動作は従来のシステムと同様である。

なお、5.3.3 の評価実験にあたっては、基準値は表 5-3 に示したように各ルール (47 個) ごとに設定した。そして、基準値を制御する教授意図の設定は実験授業の担当教師の判断で行った。一方、教授意図と各項目との関係はそれぞれ表 5-4 に示すように設定した。

本節で変更したのは、指標の組み合わせである。具体的には、従来、1つの教授意図に対して、アンケート送信画面 (図 4-2 の口) の 8 種類のボタンの中から選択された 1つ又は 2つの指標が、ある基準値を超えた時点で助言させるようにしていた。しかし、本節のシステムでは、図 5-14 の口) に示すように、アンケート送信画面の 3つの形態 (説明文、静止画、動画・音声) ごとに、教材の改善方法を指摘するボタン (「削除」など) を 1つの指標 (単独指標) とするか、又は教材の原因を指摘するボタン (「内容が多いので」など) と改善方法を指摘するボタンの組み合わせを 1つの指標 (組み合わせ指標) として、ある基準値を超えた時点で助言させるようにした。本来、被験者が原因を指摘してくれれば、それを活用してより適切な助言を提示するのが望ましい。一方、組み合わせ指標だけであると、組み合わせが多岐にわたった場合、学習者の意見が分散して判断ルールが発火せず、助言が提示されない可能性がある。それ故、改善方法のみの単独集計結果も活用する必要がある。

なお、助言は従来同様、システム内で計算された評価観点の指標の値 (R) とメッセージを組み合わせで表示する。例えば、「説明文の重要点を強調した代替教材を提示してください。26%」などであり、図 5-16 のように提示される。

表 5 - 3 判断・助言ルール

◎判断・助言ルール

- * 教授意図データの基準値を設定するルール・・・47個
 - ・(判断・助言ルール例1の基準値 v_1 を設定するルール)


```
switch(教授意図){
    case 「全員にポイントを認識させる」 :  $v_1=10\%$ 
    case 「イメージさせる」 :  $v_1=15\%$ 
    case 「やる気にさせる」 :  $v_1=20\%$ 
    . . . . .
    default :  $v_1=100\%$  }
```
 - ・(判断・助言ルール例2の基準値 v_2 を設定するルール)


```
switch(教授意図){
    case 「関心を持たせる」 :  $v_2=20\%$ 
    case 「理解しやすくする」 :  $v_2=25\%$ 
    case 「視覚化する」 :  $v_2=30\%$ 
    . . . . .
    default :  $v_2=100\%$  }
```
- * アンケート送信ボタンから収集されたデータと教授意図データによる判断・助言ルール
 - ・(改善方法ボタンのみを条件とするルール)・・・14個

判断・助言ルール例1 :

If 授業実態 (ボタンを押した人の割合 (R_{A5} :「重要点を強調して」) $> v_1$)
then “説明文の重要点を強調した代替教材を提示してください。”
 - ・(原因ボタンと改善方法ボタンとの組み合わせルール)・・・33個

判断・助言ルール例2 :

If 授業実態 (ボタンを押した人の割合 (R_{A2} :「重要点を強調して」
& R_{12} :「分かりにくいので」)) $> v_2$
then “説明文の内容が「分かりにくいので」、説明文の重要点を強調した代替教材を提示してください”

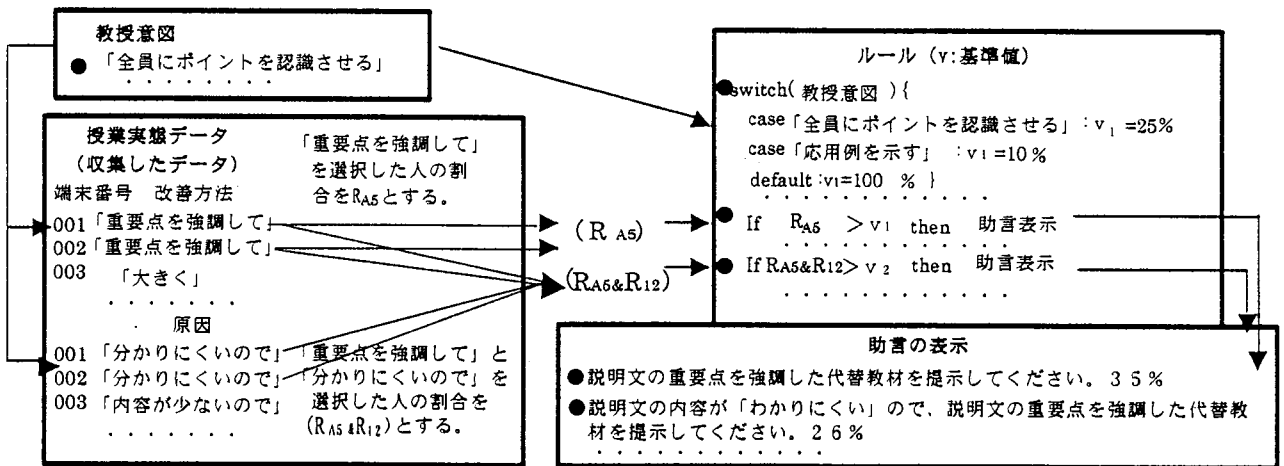


図 5 - 16 変更後の概念図

5. 3. 3 手法評価実験

(1) 実験計画

本節では、“マルチメディア教材制作の初心者である教師が効果的な教材を開発できる手法”の提案を目的とした。これが達成されたかどうかを検討するために、大学の保健体育の授業で行われている“ゴルフの基本動作”を内容として、図5-17にあるように、以下の3教材を用いた実験授業を行った。

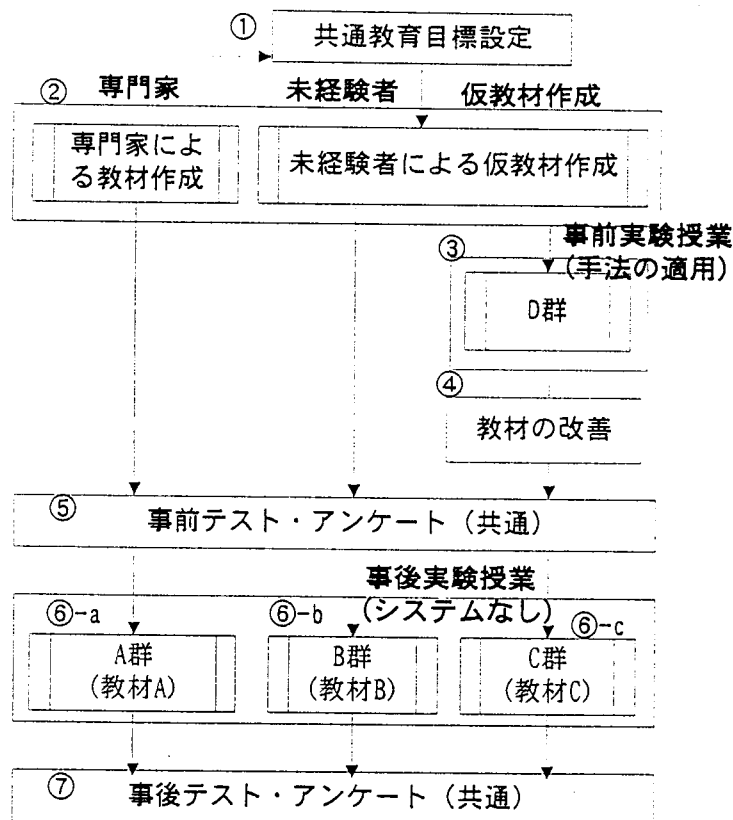


図5-17 実験計画と手順

最初に用意したのは、この学習内容に合致していると授業担当者が判断した市販教材（以下、教材Aと呼ぶ）である。次に、この教材内容と共通の教育目標設定（①）にそって、授業担当者が提示したい素材を提案してもらい、その中から、仮教材を構成（②）してもらった（以下、教材Bと呼ぶ）。さらに、本手法による事前実験授業（③）を通して教材Bを改善した教材（以下、教材Cと呼ぶ）を作成した。

以上の準備の下で、これら3つの教材を⑤～⑦の事後実験授業で比較評価した。なお、教材Aを用いた理由は、マルチメディア教材を開発している専門家と専門家でない者が作成した教材を比較することで、本手法の効果を測るためである。

実験対象となる仮教材と素材は表5-4のように設定した。また、市販教材は編集などの手を加えず、そのまま利用した。なぜならば、市販教材を編集することは、結果的に教材を自作する

のと同様の意味を持つからである。市販教材の一部を素材として活用すれば、教材Cよりさらに良いものができると期待されるが、そのような素材がない時に、本手法がどの程度、プロの制作する教材に迫れるかを評価することを目的とした。

事後テスト

学習者用 名前： _____

問1： ショットの基本動作についての説明文を穴埋めしなさい。

正しい姿勢と言う場合、(A)度前傾したときに、(B)から下の線が垂直になっていることが重要な条件です。ボール位置は(C)の延長線上が基本です。これは、背骨を中心とした体の回転運動で起こるテコ運動によって、テコが発生し、それが飛球線と直角に交わるのは(C)の延長線上だからです。次に両足つま先の位置ですが、右足つま先は(D)を向きます。つまり、飛球線と直角になります。そして左足つま先は、かかととボールとを結んだ線に対して(E)度ぐらい開きます。

リアクション・テークバックを始動するとき(F)から動き始めます。特にまず(G)を踏み込みそれにつれて骨盤が動くと同時に、両腕と左右の背中側の3角形の底辺が動くわけです。この時、左肩が(H)に引っ張られ、それがダウンスウィングでも強まったままで、今度は右足がフoward側に動き始めるのですから、背中には強い力が蓄えられます。この力が、テコエネルギーとなり、(I)を加速してくれるわけです。そして左腕とシャフトは1直線になり、強力な(I)の加速を起こしながら、クラブヘッドは限りなく真っ直ぐに進もうとします。直後に右腕が自然に伸び、左腕をたたむ状態になって(J)へと向かいます。

① 22.5 ② 45 ③ 90 ④ 120 ⑤ 腕 ⑥ ひざ ⑦ 左足 ⑧ 右足 ⑨ 頭
 ⑩ 足腰 ⑪ 左足かかと ⑫ 右足かかと ⑬ 正面 ⑭ 飛球線 ⑮ ドライバー
 ⑯ トップスピード ⑰ フォロースルー ⑱ グリップエンド ⑲ アプローチ ⑳ アイアン

A: B: C: D: E: F: G: H: I: J:

問2： 次の3つの写真は、異なったアプローチのアドレスが記されていますが、それぞれの打ち方の特徴を述べよ。

図5-18 事後テスト

被験者は最終実験授業に参加する高校生30名であり、10名ずつ3群(A・B・C群)に分けた。その他に、事前実験授業の被験者として大学生4名(D群)が参加した。なお、事前テストで4割以下の正解で事前アンケートでゴルフの経験の無い者、また学んだことがないと回答した者のみを被験者とした。

そして、最終的に、事後テスト(図5-18)の結果を“学習者の理解度”の評価に用い、事後アンケートの結果を“学習者の満足度”の評価に用いて、教材の効果を検証することとした。

(2) 仮教材と素材の関連と構成

評価実験で使用する仮教材と素材の関連と構成を具体的に述べる(表5-4)。

市販教材の内容に関連して、6つの内容項目を設定した。そして、各項目ごとに教授意図に沿って仮教材を構成する素材を形態(説明文、静止画像、動画・音声)ごとに作成し、

仮教材を完成させた。例えば、内容項目「2. 球の位置」の教授意図は「全員にポイントを認識させる」であるので、球の位置を正確に認識させる必要があると考え、静止画の「重要点を拡大強調」した素材を用いた。また、内容項目「3. バックスイング」の教授意図は「イメージさせる」であるので、動画を用いて動きをイメージさせる必要があると考え、動画を用いた。なお、内容項目に応じて、全ての仮教材画面に必ずしも3形態がそろっていなくてもかまわないこととする。また、それぞれの仮教材ごとに、学習者から反応が予測される素材を準備する。準備された素材を、授業進行支援システム上に組み込む。本実験で使用する仮教材と素材との関連を表5-4に示す。

次に、学習者の反応に応じて提示する代替教材用の素材を用意する。仮教材との基本的な違いは、仮教材が教師の視点から見て最善の教材であるのに対して、素材は、学習者によっては、その方がより好ましいと考えられるかもしれない素材である。どちらも、教授意図から見れば、同じような効果が期待できる素材であることを考慮して作成する。例えば、内容項目「2. 球の位置」では、静止画の「重要点を拡大強調」した素材を用意したが、学習者によって異なった要求をする可能性を考慮して「重要点を○で強調」、「フレーム画像」、「写真画像」を用いた教材も用意した。

最終的に、これらの素材のうち、どれが良いかは、システムで収集した学習者の反応に応じて教師が決定することになる。

表5-4 実験の仮教材B、教材、教授意図との関連表

	説明文		静止画		動画・音声		教授意図
	番号	項目内容	番号	項目内容	番号	項目内容	
1. スタンス	○11 21 31 41	重要点を色で強調 重要点を大きさ強調 重要点を箇条書き より詳細な説明	A1 B1 ○C1 D1	重要点を○で強調 重要点を拡大強調 写真画像 フレーム画像			「全員にポイントを認識させる」
2. 球の位置	12 ○22 32 42	重要点を色で強調 重要点を大きさ強調 重要点を箇条書き より詳細な説明	A2 ○B2 C2 D2	重要点を○で強調 重要点を拡大強調 写真画像 フレーム画像			「全員にポイントを認識させる」
3. バックスイング	○13 23	重要点を大きさ強調 重要点を箇条書き	A3 ○B3	重要点を拡大強調 写真画像	○ア3 イ3	動画(中くらい) 動画(大きめ)	「イメージさせる」
4. ダウンスイング	○14 24	重要点を大きさ強調 重要点を箇条書き	A4 ○B4	重要点を拡大強調 写真画像	○ア4 イ4	動画(中くらい) 動画(大きめ)	「イメージさせる」
5. フォロースルー	15 ○25	重要点を大きさ強調 重要点を箇条書き	A5 ○B5	重要点を拡大強調 フレーム画像	○ア5 イ5	動画(中くらい) 動画(大きめ)	「イメージさせる」
6. アプローチ	16 ○26 36	重要点を大きさ強調 重要点を箇条書き より詳細な説明	A6 B6 ○C6	重要点を拡大強調 重要点を○で強調 フレーム画像			「やる気にさせる」

※仮教材は○で記した素材の組み合わせである。

※※静止画の「重要点を拡大強調」とは、画像の1部を抜き出して拡大することを意味する。

(3) 事前実験授業後の教材の再編集

教材の改善は、5. 3. 2の(1) b) で述べた“登録ファイル”のデータと、“助言のログデータ”とを基に行われる。

まず、登録ファイルのデータには、システムからの助言が無くなって登録されたデータ（仮確定ボタンによるデータ）と、教材をこれ以上変更することができなくなって登録されたデータ（再編集ボタンによるデータ）がある。仮確定の場合には、“登録ファイル”だけのデータで編集し直す。例えば、表5-4の「3. バックスイング」については、登録ファイルには表5-5のイ)のように記録されていた。すなわち、代替教材として提示した画面は、“重要点を箇条書き”した説明文23、“重要点を拡大強調”した静止画面A3、“動画（大きめ）”の動画・音声イ3、で構成されており、それをそのまま改善後教材Cに組み込む。

しかし、再編集の場合は、“登録ファイル”とそこに記録された“助言のログデータ”を基に、新たに素材を作成する。以下にその手順について述べる。

- ① “登録ファイル”のデータを参照し、表5-5のロ)のように未確定情報が記録されていることを確認する（未確定：1、仮確定：0）。
- ② “登録ファイル”にある助言項目を参考にして素材を作成する。例えば、「説明文が分かりにくいので重要点を強調してください」と「説明文が分かりにくいのでより詳細に説明してください」が記録されていた場合には、両方の特徴をとり入れた素材に新たに作り変える。

以上の手順で作成された教材を表5-6に示す。

表5-5 登録ファイル

イ) 仮確定ボタンによるデータ

項目内容	説明文	静止画	動画・音声	確定状況	助言項目
3. バックスイング	23	A3	イ3	0	

ロ) 再編集ボタンによるデータ

項目内容	説明文	静止画	動画・音声	確定状況	助言項目
6. アプローチ	36	A6		1	説明文が分かりにくいので重要点を強調してください 説明文が分かりにくいのでより詳細に説明してください

表 5 - 6 修正後に作成した教材

項目内容	番号	説明文		静止画		動画・音声	
		素材の特徴	番号	素材の特徴	番号	素材の特徴	
1. スタンス	31	重要点を箇条書き	A1	重要点を○で強調			
2. 球の位置	32	重要点を箇条書き	A2	重要点を○で強調			
3. バックスイング	23	重要点を箇条書き	A3	重要点を拡大強調	イ3	動画(大きめ)	
4. ダウンスイング	14	重要点の大きさ強調	A4	重要点を拡大強調	イ4	動画(大きめ)	
5. フォロースルー	15	重要点の大きさ強調	A5	重要点を拡大強調	イ5	動画(大きめ)	
6. アプローチ	新規作成	重要点の大きさ強調 より詳細な説明	A6	重要点を拡大強調			

(4) 結果と考察

a) 事前テスト

事前テストの問1・2ごとに次のように得点化した。

- ・ 問1は動作手順の並び替え1問で5点満点
- ・ 問2はアプローチの特徴について、自由記述で回答する問題5問で、各問1点ずつ
合計5点満点

各群の事前テストの結果を表5-7に示す。各問ごとに、2群の組み合わせに対して事前テストの平均点および分散が同じかどうかを検定したところ、いずれにおいても有意な差は認められず、3群は同等とみなせると判断した。

表 5 - 7 事前テストの平均点 (標準偏差)

群	平均点(標準偏差)			群間の比較		
	A群	B群	C群	A・B	A・C	B・C
問1	2.0(1.03)	2.3(1.27)	2.2(0.70)			
問2	1.8(1.70)	2.2(0.70)	1.9(0.99)			

b) 事後テスト

事後テスト(図5-18)については、問1・2ごとに次のように得点化した。

- ・ 問1は多肢選択方式で10問出題し、各問1点ずつで合計10点満点
- ・ 問2は自由記述方式で3問出題し、各問3点ずつで合計9点満点

事後テストの結果をt検定(表5-8)したところ、B群とC群の比較においてB群の方が、合計点及び問2で平均点が有意に高かった。

以上の結果から、本手法で改善した教材は、改善前に比べ学習者の理解度向上に効果があったと考えられる。

表5-8 事後テストの平均点(標準偏差)

群	平均点(標準偏差)			群間の比較		
	A群	B群	C群	A・B	A・C	B・C
問1	8.3(0.67)	8.1(1.03)	7.6(0.93)			
問2	4.2(3.19)	6.4(2.37)	3.4(1.68)			**

※平均点に1%の有意差がある時は**で示した。

c) 事後アンケート

学習者の各教材に対する満足度を調査するために、事後アンケート結果を比較した。各項目に対する評価は「5. そう思う」「4. どちらかというと思う」「3. どちらともいえない」「2. どちらかというと思わない」「1. そう思わない」の5段階であり、分析に際しては、5段階をそのまま間隔尺度として扱った。表5-9に示す通り、2群ごとの組み合わせでt検定した結果、意識の違いに有意差はみられなかった。

差が見られなかった理由として、各群の被験者のアンケートに対する比較対象が、一般の授業形式であり、各教材同士を比較したものではなかったことが考えられる。

なお、事前実験授業の際に行った自由記述によるアンケートでは、「各形態に対する意見を複数回答できるようにシステムを改良して欲しい」こと、「素材のバラエティーを増やして欲しい」ことなどの指摘が多かった。

表5-9 事後アンケート結果

	質問項目	平均(標準偏差)		
		A群	B群	C群
1	従来の授業と比べて、教材に対する興味が増した	4.3(1.04)	4.3(1.00)	4.4(0.93)
2	マルチメディア教材を用いた授業は理解しやすい	4.6(0.52)	4.4(0.53)	4.5(0.52)
3	この授業はマルチメディア教材を効果的に使っている	4.0(0.53)	3.9(0.78)	3.9(0.94)
4	この授業は学習者の要求に応じた教材を用いた授業展開をしている	3.3(0.89)	3.2(0.97)	3.3(0.79)
5	このような授業をもっと一般の授業に取り入れてほしい	4.1(0.83)	4.0(0.87)	3.9(0.83)
6	動画と、アニメーションなどの、複数の提示教材を用いて授業することは効果的だ	4.8(0.46)	4.6(0.53)	4.7(0.47)

5. 4 まとめ

本章の研究では、まず、マルチメディア教材を作成し、実際に一斉指導で用いてその効果の検証を行った。同時に教材作成段階から学習者の意見を反映させ、より効果的な学習教材を開発する必要性を示した。

そこで、作成段階から学習者の意見を反映し、教材開発するための手法を提案し、その効果を検証した。具体的には、授業進行支援システムを利用し、学習者からの反応をリアルタイムで収集しながら評価結果に応じた代替教材を提示し、より効果的なマルチメディア教材へと改善する方法を提案した。事前・事後実験授業において運用・評価した結果、本手法を利用して未経験者

が作成した教材と専門家が作成した市販教材とでは、学習者の理解度において同等の評価が得られた。また、本手法を利用して作成された教材を改善前の教材と比較した結果、学習者の理解度は有意に高かった。以上により、理解度という側面においては、「より効果的な教材を開発する」という目的は基本的に達成されたと考えられる。

一方、事後アンケートによる満足度調査の結果、満足度における違いが見られなかった。これは、アンケートに対する比較対象が、一般の授業形式であり、各教材を比較した意識の調査でなかったことが主な理由と考えられる。今後は、比較対象の教材を両方視聴した被験者のアンケート結果の比較による考察を行う必要があると考える。

さらに、教材作成手法についてのアンケート結果を参考に、次期システムでは、より多様な意見を反映できるようにすることが望まれる。具体的には、アンケートボタンをポップアップ式で説明文、図、音声のそれぞれに、原因3つ、修正3つづつを対応させることなどが考えられる。また、代替教材を準備する負担を軽減するために、基本的な属性に関しては、収集された情報に基づいて、リアルタイムで代替教材を自動生成できる、教材自動生成機能の実現を図りたい。これに関連した研究として、Merrill (1998) の教師側の意見を反映した教材を自動作成する研究がある。このシステムは、教材を作成するために必要な基本となる情報をシステムに持たせておき、教材を構成する情報となるパラメタを入力するだけで、プログラムを作ることなくマルチメディア教材を作成できる。これにより、教材作成の専門家の知識を利用できかつ、教材作成の負担を軽減することができる。この原理を利用することで、教材自動生成機能を実現できるかどうか検討したい。

注

1) 製品名：DVD ビデオ ダンロップ・ゴルフ・レッスン 製作：東芝

参考文献

- 朝日啓司 (1996) “歯と歯肉の病気の防ぎ方・治し方”、三省堂印刷株式会社、東京。
- 板倉達文、松田昇 (1986) “医療教育のレクチャー”、中央法規出版、東京。
- 覚道幸男、稗田豊治、小西浩二 (1976) “歯を守る”、講談社、東京。
- 坂元 昂 (1977) “授業技術の開発”、明治図書、第1巻～第6巻、東京。
- 坂元 昂 (1984) “厳しい視聴者の反応”、MME研究ノート、No.6、pp.54-66。
- 末武国弘 (1991) “教育工学をベースにする視聴覚技術Ⅰ”、エス・エス・テイ・システム・アカデミー、東京。
- 田代和久 (1999) “メディアを活用した大学教育の実践的研究”、メディア教育開発センター研究報告、pp.177-187。
- 垣本 充 (1990) “歯育て上手は子育て上手”、農山漁村文化協会、東京。
- 波平恵美子 (1985) “医療人類学”、至文堂、東京。
- 前迫孝憲、清水康敬、坂元 昂 (1984) “多項目時系列教育情報処理装置の開発と適用”、日本

教育工学雑誌、Vol. 8、No. 3、pp. 125-135.

Merrill, D. (1998) "A second generation instructional development system"、Educational Technology、No. 32、Vol. 6、pp. 12-26.

第6章

まとめと今後の課題

6.1 本研究の成果

図6-1は、本研究の結論をまとめたものである。本節では、この図にそって、本研究の成果の概要を述べる。

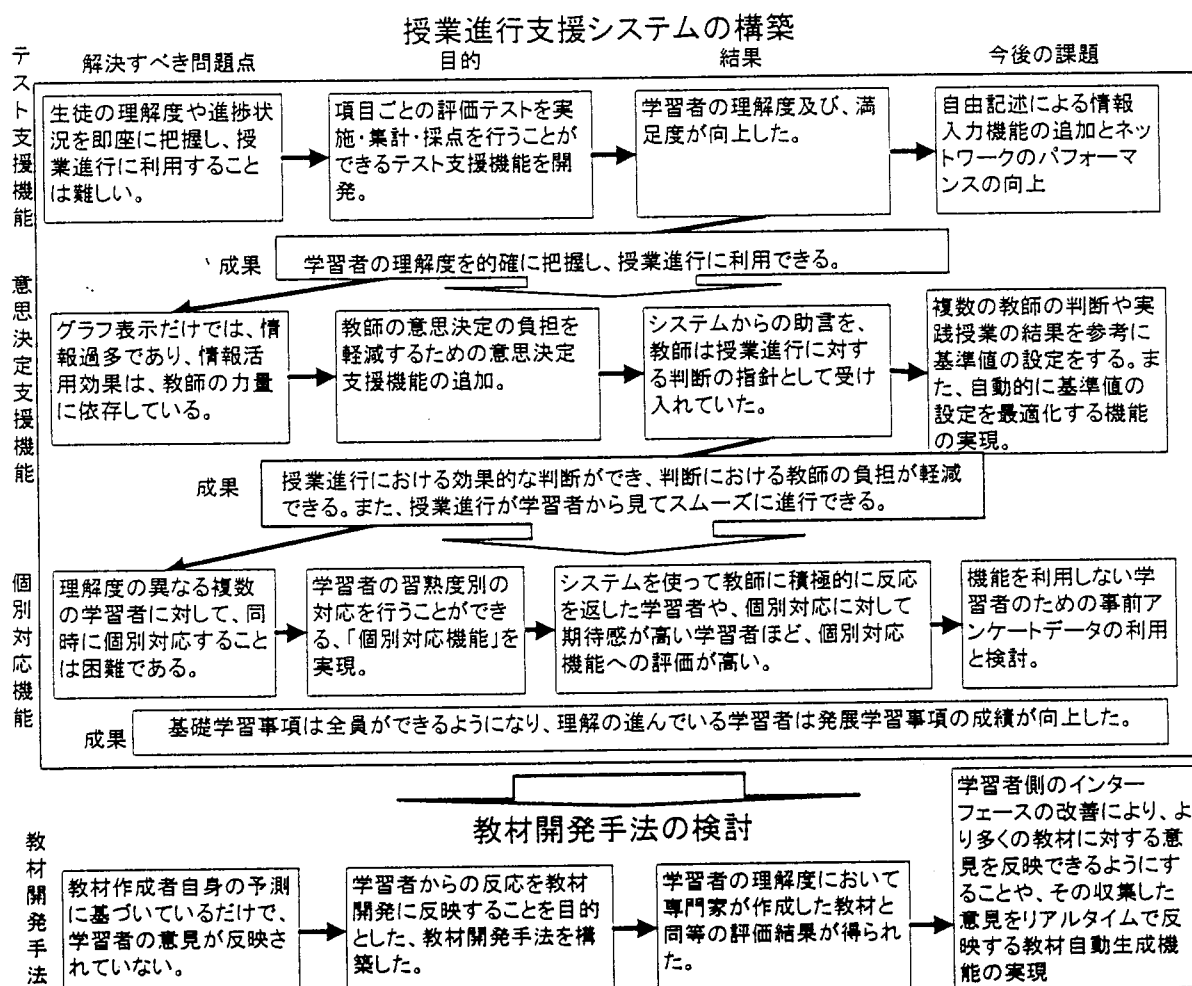


図6-1 本研究の概要

(1) 一斉指導の改善を目的としたテスト支援機能の開発

一斉指導における学習者の理解度を向上させることを目的としたテスト支援機能を実現した。効果を検証した結果、理解度の向上に効果があることを示した。また、事後アンケートの結果、同じ教材提示画面を用いた説明であっても、テスト支援機能によって理解度を的確に把握し、理解が不足している箇所を補足説明した方が、学習者の満足度が向上することが示唆された。

(2) 教師の意思決定を支援するための助言機能・アンケート機能の実現

第2章の機能を発展させて、教師の授業進行における意思決定の負担を軽減するための意思決定支援機能を実現した。また、説明時の学習者の理解度を的確に把握し、授業進行に活かすための「アンケート機能」を追加した。教師がシステムの助言をどれだけ受諾したかを分析した結果、意思決定支援機能による助言内容がおおむね活用されていた。さらに、本機能の助言を活用した授業とそうでない授業における学習者の理解度を比較検証した結果、有意に効果があることが確認できた。学習者の授業への満足度を調査した結果、意思決定支援機能を使った授業が有意に高く評価された。

(3) 個別対応機能の実現

学習者から収集した情報を活用して、個々の学習者の理解度に応じた教材提示や補足説明を行うための、個別対応機能を実現した。実験授業を行った結果、基礎学習事項はほぼ全員が目標達成し、理解の進んでいる者には発展学習の機会を与え、成績を向上させることができた。また、実際に個別対応の処遇を要求した者とそうでない者の事後アンケートでの評価の違いを分析した結果、前者は、その対応に満足していることが明らかになった。さらに、個別対応に対して期待感が高い学習者は、個別対応機能を用いた授業を好意的に評価する傾向が見られた。

(4) 授業進行支援システムを用いて学習者の逐次反応を活かした教材開発手法

マルチメディアと教育工学の手法を用いた一斉指導は、学習者の理解を助けることを客観により確認した。しかし、有効な教材を開発するには、その過程で、学習者側の意見を反映させることが必要であることが明らかになった。そこで、授業進行支援システムを応用して、提示した仮教材に対する学習者の反応をリアルタイムで収集・分析し、ルールに基づいてその場で、代替教材を選択・提示するシステムを構築し効果を検証した。本手法で作成した教材を修正前の教材と比較評価したところ、学習者の理解度に有意な差が見られた。また、本手法で作成した教材を専門家が作成した市販教材と比較評価したところ、学習者の理解度において同等の評価結果が得られた。

6. 2 今後の課題

本研究では、第2章から第4章にかけて、1つのシステムを発展・改善し、第5章では、それをマルチメディア教材開発に応用した。ここでは、本研究の課題を、以上の2つの観点でまとめる。授業進行支援システムに関する課題は以下のものである。

- ・ 多様なテスト形式の実現や正誤以外の情報の収集が必要である。そのために、自由記述に対応することや、適応型テストを用いることも検討する必要がある。

- ・ 意思決定の指標となる基準値やルールの設定をシステム設計者の予測だけで行わず客観的に行う必要がある。このために、複数の教師の判断や学習者の意見やテスト結果を、システムからの助言内容に対して教師が選択した受諾、拒否、保留などの履歴を反映させる方法を検討する必要がある。
- ・ 個別対応を期待していない学習者や向上心が低い学習者は、システムを通して教師に反応を返さない傾向があることが明らかになった。それに対して、いかにシステムの機能を利用するよう促すか、または機能を利用しない学習者に対してどのように対応していくかについて検討する必要がある。
- ・ 本システムでは、授業予測や結果予測は入力させず、教授意図のみで代替することとした。今後、教師の負担を増やさずに、授業予測や結果予測を判断のデータとして利用する方法を検討し、その効果を検証する必要がある。

一方、マルチメディア教材開発手法に関する課題は、以下のものである。

- ・ 事後アンケートの結果、満足度における違いが見られなかった。これは、比較対象が、一般の授業形式との比較であったことが理由と考えられる。今後、全ての教材を体験した被験者のアンケート結果の比較による考察を行う必要がある。
- ・ システムに対する改善案として、「各形態に対する意見を複数回答できるようにシステムを改良して欲しい」や、「素材のバラエティーを増やして欲しい」ことなどが多く寄せられていた。そこで、次期システムでは、一つの形態の情報に対して複数の改善意見に対応できるように、アンケート送信画面を改善する。
- ・ 教師が代替教材を準備する負担を軽減するために、基本的な属性に関しては、リアルタイムで代替教材を自動生成できる、機能の実現が望まれる。

本研究に関連する研究報告

(1). 本研究に関わる学術論文

- ① 中山 洋、後藤伊都子、若山浣一郎 (1998) “マルチメディアと教育工学の手法を用いた新しい口腔衛生教育の研究”、日本教育工学雑誌、Vol. 21、No. 4、pp. 209-218.
- ② 中山 洋 (1999) “一斉授業改善を目的としたテスト支援システムの開発と評価”、教育システム情報学会誌、Vol. 16、No. 1、pp. 25-33.
- ③ 中山 洋、松田稔樹 (2000) “学習者の反応を即時に活かす一斉授業用意思決定支援システムの実現と評価”、教育システム情報学会誌、Vol. 17、No. 2、pp. 170-180、
- ④ 中山 洋、松田稔樹 (2000) “WWWを用いた授業進行用意思決定支援システムに対する個別対応機能の実現と評価”、日本教育工学雑誌、Vol. 24、No. 4 (採録決定) .

(2) 国際会議

- ① NAKAYAMA, H. and MATSUDA, T. (1999) “Realization of a decision-making support system within a whole class”、Advanced Research in Computer and Communications in Education、No. 2、 pp. 363-366.

(3) 大会・研究発表会

- ① 中山 洋 (1996) “アプリケーションを用いた視聴覚による微分積分の概念的教育法”、日本教育工学会第12回大会講演論文集、pp. 563-564.
- ② 中山 洋 (1997) “インターネットを用いた知的CAIの概念に基づくバーチャルクラスを設計開発”、日本教育工学関連学協会連合第5回全国大会講演論文集(第2分冊)、pp. 454-455.
- ③ 中山 洋 (1998) “CAI 連動型授業進行管理システムの構築”、電子情報通信学会 ET 研究会、ET98-26、pp. 12-21.

- ④ 中山 洋、松田稔樹（2000） “個別対応機能を持った授業進行支援システムの開発と評価”、電子情報通信学会 ET 研究会、ET99-86、pp.17-24.
- ⑤ 中山 洋、松田稔樹（2000） “授業進行支援における効果的なマルチメディア教材開発手法”、教育工学関連学協会連合第6回全国大会（第2分冊）、pp.687-688.

（4）報告書

- ① 中山 洋（1999） “学習者の反応を即時に生かす一斉授業用意思決定支援システムの実現と評価”、東京電機大学総合研究所研究費報告書（情報部門）、Vol.19、 pp. 256-258.

謝辞

本研究をまとめるにあたり、研究室に所属し研究者としての生活を開始して以来、指導教官として、常に適切に指導・助言をして戴き、その上快適な研究開発環境を提供して下さいました東京工業大学大学院社会理工学研究科人間行動システム専攻の松田稔樹助教授に心から感謝致します。

また、博士課程の研究において有益な助言・指導を賜り、研究のあり方や方向性を、教えて下さいました、東京工業大学大学院社会理工学研究科人間行動システム専攻の清水康敬教授に厚く感謝し、御礼申し上げます。

さらに、学位論文作成において、さまざまな形で有益な助言をして戴きました、東京工業大学大学院社会理工学研究科人間行動システム専攻の赤堀侃司教授、中原凱文教授、牟田博光教授、室田真男助教授に心より感謝致します。

歯科医という立場から専門的助言をして下さいました多摩市歯科医師会の後藤伊都子氏に感謝致します。

また、さまざまな形で資料や助言を戴きました、十文字学園女子大学社会情報学部社会情報学科の若山皖一郎教授、東京工業大学大学院社会理工学研究科人間行動システム専攻の中川正宣教授、埼玉大学教育学部の野村泰朗助教授、メディア教育開発センターの永岡慶三教授に御礼申し上げます。

本研究をまとめるにあたって、開発したシステムの教育現場における評価実験が不可欠でしたが、快く実験に協力して戴いた、東京電機大学中学校高等学校の高久廣毅教諭、大湯幸夫教諭、津村栄一教諭、東京工業大学大学院社会理工学研究科人間行動システム専攻松田研究室在籍の学生の皆様、内地留学生の皆様、教育メディア活用研究会の先生方、東京電機大学理工学部情報社会学科及び情報システム工学科の学生の皆様にも心より感謝致します。また、本研究に対して、研究費の一部を援助して戴きました東京電機大学総合研究所に感謝致します。

本研究に当たり、理解ある配慮を戴きました、東京電機大学理工学部情報社会学科の市野学教授、細村宰教授をはじめとした学科の先生方に、深く感謝申し上げます。

最後に、学生生活を様々な面で支援してくれた父昭司、母秀子、そして一番身近でいつも支えてくれた妻美恵子、長男大輔、長女絵里奈に心から感謝致します。

平成12年 12月

中山 洋