

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19700650  
 研究課題名 (和文) eラーニングコンテンツの配信戦略

研究課題名 (英文)

研究代表者

篠田 有史 (SHINODA YUJI)  
 甲南大学・知的情報通信研究所・博士研究員  
 研究者番号：30434913

研究成果の概要：本研究では、学習者の行動のモデルを作成し、それに応じて補強済みのコンテンツを配信するための方策を検討した。数学のオンラインテストシステムを用いて、学習者の行動のモデルの作成の是非を検討した。この成果を参考に、高等学校の授業と連携して活用する数学の学習コースを構築した。コースの運営で得られた情報から、学習コース上での学習者の行動のモデルを作成し、アンケート結果と比較することで、配信すべきコンテンツを検討した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	180,000	1,880,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：eラーニング，コンテンツの配信制御，マルチメディアコンテンツ，学習コースの運営，ブレンデッドeラーニング

#### 1. 研究開始当初の背景

eラーニングとは、情報技術によるコミュニケーション・ネットワーク等を使った主体的な学習であり、効果が大きいことが示されている。学習効果を高めるためには、受講者とコンテンツの間にインタラクティブ性が提供されていることが重要である。インタラクティブ性の高いコンテンツの例として、解説と、試行錯誤を体験するための仮想実験室を組み合わせた学習コンテンツ等が挙げられる。

既存の様々な学習項目がeラーニング用の

コンテンツとして再構築されつつあり、例えば、研究代表者が所属する甲南大学でも、情報教育研究センターによるeラーニングコンテンツが一般に公開されていた。しかし、例えば、大学生を対象とする情報処理入門コースは、解説文のスライドと、理解を確認するための小テストからなり、インタラクティブなコンテンツで構成されてはいないのが現状であった。

このような、既存の学習コースをeラーニングコンテンツへと置き換える状況において、eラーニングには、2つの問題があると

考えられた。

第一は、全ての学習内容をインタラクティブなコンテンツで構成することは、人的・時間的なコストが大きく、eラーニングの大きなメリットであったインタラクティブ性が失われ、ディスプレイを眺めるだけの受動的な教材になってしまうという問題である。

第二は、学習コースの内容はeラーニングコンテンツの形にまとめることができても、人間の教師が行うような、受講者の様子を観察することでコース内容を調整し、補足説明を加えるといった、細やかな指導まで取り込むことが難しいという問題である。現状では、コースを最初に設計する段階で、受講者側の潜在的な要求を丁寧に調査して学習コースを設計することで、問題が生じないよう努力がなされていると考えられる。しかし、教育現場で教師が行っている指導は、教師が経験から獲得した知識である、分かりやすく教えるための戦略にもとづいたものである。よって、この戦略に該当する機能を何らかの形でシステムに実装しなければ、実現が難しい課題となっていた。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では、1 過去の受講者からの情報収集による行動モデルの構築、2 参加中の受講者の傾向判定による動的なコンテンツ配信、3 行動モデルと学習効率によるコンテンツ配信戦略の評価という3つの段階を通じて、配信戦略システムを構築・評価することが最終目的とした。コンテンツ自体の持つインタラクティブ性に頼るだけでなく、システムに授業の実施に関する戦略を実装し、学習コースレベルでインタラクティブ性を付与することにより、eラーニングの2つの問題に対応することを試みた。この概要を図1に示す

当初の本研究の目的は、コンテンツ単位ではなく、学習コースを通じてインタラクティブ性を持った、eラーニングコンテンツの配信戦略を獲得し実施するためのフレームを提案し、実例をもって有効性を検証することであった。しかしながら、研究中盤以降の遅

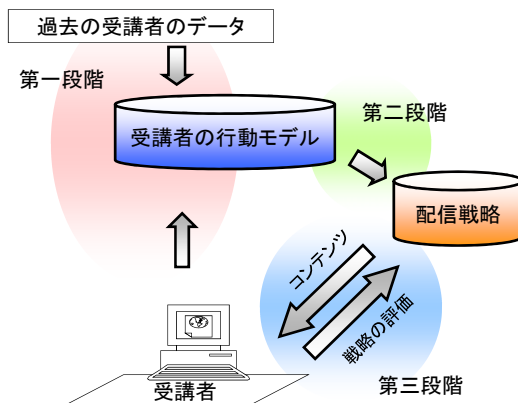


図1 研究着手当初の3つの段階

延により、2009年3月末の時点では、研究は第三段階の半ばにとどまり、戦略的配信を実施するための枠組みの提案にとどまった。受講者にコンテンツを提供し、戦略の評価を得るまでには至らなかった。この報告では、最終年度までの取り組みを通じ、得られた知見から、戦略的配信を実現するために必要な基本的な枠組みを提示する。この枠組みを実装した学習サイトの稼働と、それから得られる評価の実施は今後の課題である。

## 3. 研究の方法

科学研究費補助金により導入したコンピュータサーバ上に、Web公開を行う学習コンテンツ・学習コースを構築しながら、学習者のデータを収集し、収集したデータの分析を実施した。教材の対象は数学の学習コンテンツとし、甲南高等学校・中学校向けのコンテンツを整備するものとし、研究の過程で、2つの学習サイトを構築した。ここでは、(1)オンラインテスト上での学習者のモデル構築手法の検討、(2)学習コースの整備とデータ収集、(3)学習コース上での学習者のモデル化、(4)学習者のモデルに対応するコンテンツの検討、という4つの段階を通じて実施した。

### (1)オンラインテスト上での学習者のモデル構築手法の検討

ここでは、授業の理解度を確認するミニテストを提供する学習サイトを開発した。テストはFlashを用いた親しみやすいインターフェースを持つものとし、受講結果をデータベースに送付する機能を有するものである。

テスト内容は、中学校数学の発展的な課題を順番にこなすものである。「関数」、「比例」、「一次関数」、「二次関数」という4つのミニテストを順番に受講するものとした。図2にテストの受講画面を示す。

オンラインテストの受講者は、中高一貫教育における中学生にあたる生徒である。甲南高等学校・中学校の吉田賢史教諭の協力を受け、授業中の理解度確認テストとして受講をする形式で運用を実施した。

本研究では、学習者の行動をモデル化するに当たり、学習者の動向を大域的視点・局所的視点、双方から捉えることを目的とした。

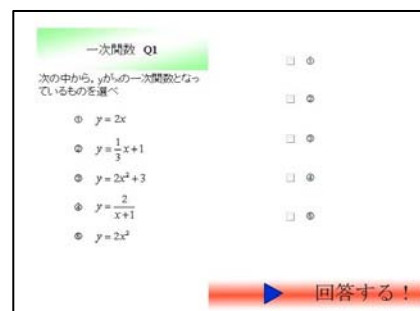


図2 オンラインテストの受講画面

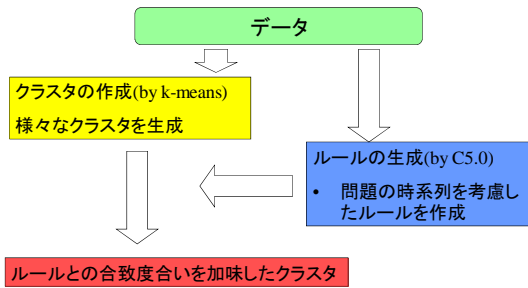


図3 学習者の行動モデルの構築

この目的を達成するため、大域的視点から学習者を分類する手法として **k-means** 法によるクラスタリングを実施した。これにより、受講者の得点傾向によるグループ分けを実施した。また、テスト内容の時系列性を反映させるように決定木構築手法を適用した。これにより、「過去の問題の正誤」と「次に問題される問題の正誤」とを結ぶルールを構築した。さらに、**k-means** 法で得られたクラスタ群と決定木とを比較し、決定木と整合性の高いクラスタ群を選び出すアルゴリズムを提案した。このアルゴリズムの概略を図3に示す。これにより大域的観点からの受講者の分類、時系列を考慮して局所的に見られる学習者の傾向、双方を考慮した学習者のグループ分けを実施する方策を提案することを試みた。本研究では、このグループ分けの結果は、「学習者の行動モデル」であるとした。

## (2) 学習コースの整備とデータ収集

学習者の行動モデルの構築を受け、第二の学習サイトとして、オンラインで学習コースを提供するシステムを構築した。ここでは、高等学校の教科書「数学B」の一章にあたる「平面ベクトル」を網羅する学習コースを構築した。

この学習コースは甲南高等学校・中学校の高校生に該当する生徒を対象とし、数学の授業と連携する形で運用した。ここでは、コンテンツを授業前の予習ツールとして活用するブレンDED eラーニングのサイトとして運用した。

学習コースは17の単元から構成した。最終の17セクションを除き、それぞれの単元は、学習コンテンツに加えて、閲覧前に受講するプリテスト、閲覧後に受講するポストテストを持つ。受講者は、各自の自宅、あるいは高校のコンピュータを使用して、授業の予習として、プリテスト、学習コンテンツ、ポストテストの順番で受講する。その後、授業が学習コンテンツの内容をなぞる形で行われる、という形態をとった。

学習コンテンツはアニメーションを多用したFlashによって構築した。また、学習サイトを運営する枠組みとして、学習マネジメントシステムである、Moodleを導入した。

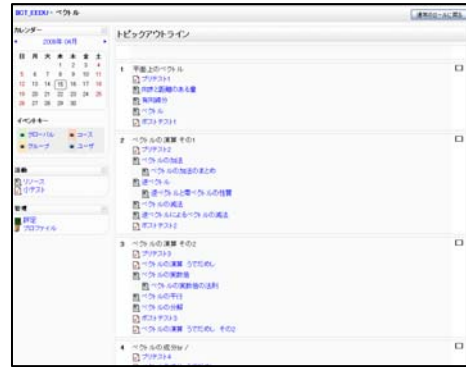


図4 学習コースの構築

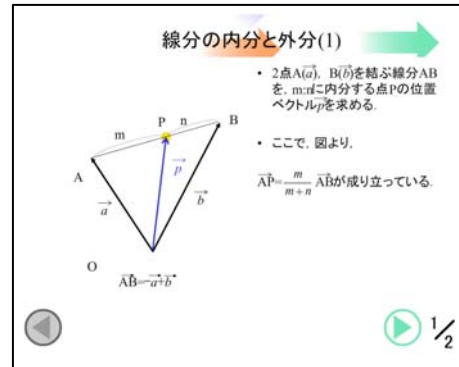


図5 Flashによるアニメーションコンテンツ

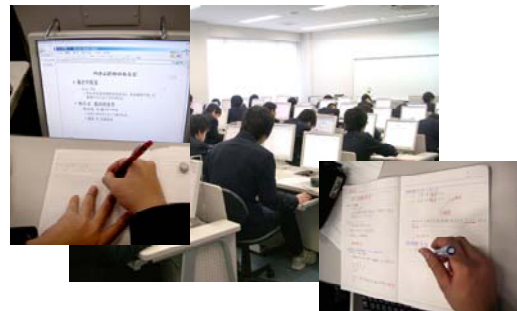


図6 受講ガイダンスの様子

受講者の管理はMoodleによって実施し、学習者の理解度を測るテストもMoodleのテスト実施機能を用いて実装した。Moodleによって管理された学習サイトの閲覧状態を図4に、Flashを用いたアニメーションによる学習コンテンツを図5に、受講ガイダンスの様子を図6に示す。

## (3) 学習コース上での学習者のモデル化

ここでは、数学B「ベクトル」の学習コースで得られた学習者のデータに対し、オンラインテストからの学習者の行動モデル構築で提案した手法を適用した。これにより、学習コースレベルでの学習者の行動モデルを構築することを試みた。

## (4) 学習者のモデルに対応するコンテンツの検討

数学B「ベクトル」の学習コースを受講した学習者に対して、コンテンツに関するアン

ケートを実施し、学習者の行動モデルによる分類結果に従ってアンケート内容を集計した。これにより、行動モデルによって分類される集団の性質を明らかにし、それぞれの集団に適した配信内容を検討した。学習者が属する集団を判定することで、学習者に適していると想定される種類のコンテンツを配信するための方向性を明らかにすることを試みた。

#### 4. 研究成果

##### (1) オンラインテスト上での学習者の行動モデル構築手法の検討

テストコンテンツの利用により、欠損のないデータとして154人分のデータを収集した。このデータをもとに、提案手法による分析を実施した。4つの章に含まれる15問のテストについて、提案手法を使って学習者の分類を実施したところ、テスト中盤の8問目まで受講が進んだ時点で、7つのグループからなるクラスター群を構成した場合に、大域的観点から作成したクラスターと時系列データを考慮した決定木が最もよく合致することが示された。

このとき構築されていた7つのグループ(クラスター)の章毎の平均点を図7に示す。この図より、提案手法によって選び出されたクラスターは、高得点を保つグループ、序盤は高得点だが、中盤以降は振るわないグループ、後半になって得点が持ち直すグループ等が含まれていることがわかる。これらのモデルは、受講の中盤で構築できるため、配信制御に役立てることが可能であると考えられる。

また、中盤以降に成績が持ち直すグループと、序盤の傾向が類似するグループとを比較した。その結果、「比例の定義」に関する問題に躓いても、「一次関数の定義」、「一次関数の応用」に関する問題できちんと正解できていれば、後半の得点が上昇していることが示された。この結果は、提案手法により、受講者のモデルに従って配信内容をあらかじめ補強することが有効に機能する可能性を示すと考えられる。また、この結果は、受講者のデータを処理する過程で、本研究では陽に考慮していない、学習者の問題理解構造が内包されたモデルが構築される可能性があることも示すと考えられる。

##### (2) 学習コースの整備とデータ収集

学習コースを利用したeラーニングと連携した形式の授業については、合計2クラスの学生90名が受講した。最初に実施した関数のテストコンテンツと異なり、受講を任意としたことにより、受講者数が後半になるにつれ、大幅に減少する状態となった。テストの受講状況を図8に示す。この図では、緑の箇所は学生がプリテスト、ポストテスト双方を

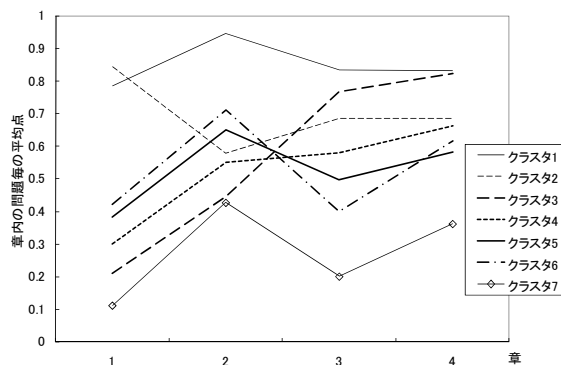


図7 中盤で構築された7つのクラスターの平均得点セクション

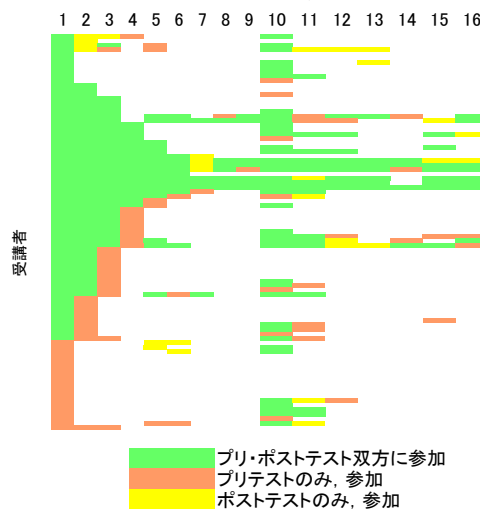


図8 学習コースのテスト受講状況

表1 学習コースのアンケート結果

「教材の良いところ」の自由記述文	
アニメーション	14件
コンテンツへの好感	10件
時間節約	1件
予習・復習システムとしての好感	4件
「教材の悪いところ」の自由記述文	
IT不具合(利用スキル)	8件
アニメ過多	3件
教材不具合	2件
内容の拡充	4件
板書が困難	4件

受講したことを示し、橙、黄の場合は、プリテストあるいはポストテストの一方を受講していないことを示す。この図から、多くの学生が受講を停止してしまっていることがわかる。

また、2クラスのうち、1クラスの46名については、記述式・選択式を組み合わせたアンケートを実施した。アンケート結果の自由記述文の内容について、整理したものを表1に示す。教材のアニメーション、コンテンツの作りこみに対する好意的なレスポンスが得られた。他方、板書がしづらいといった、オンライン教材を提供するだけでなく、それらを使って、「いかに勉強するべきか」と

いう要素の提示が十分でなかったという指摘も得られた。また、各個の受講としたことで、ITスキルの不足によって生じたトラブルを解決できず、結果的にコースからも疎遠になってしまう事例が見受けられた。これらの指摘は、授業とeラーニングを組み合わせた教育を実現していく上で、有益な示唆であると考えられる。

### (3)学習コース上での学習者のモデル化

学習コースの利用を通じて取得した学習者のデータを検討したところ、先行して進めていた学習者のモデル化に関する内容と大きな乖離が見られることが判明した。最も大きな差異は、受講を強制しなかったことによる受講者のドロップアウト（脱落）が多数発生したことである。

そこで、学習者のドロップアウトの状況を鑑み、学習者の行動モデルの作成に使用するデータを、多くの学生がドロップアウトする、学習コースの導入部分に限ることとした。これにより、ドロップアウトの過程を含めた学習者の行動モデルの構築を検討した。受講者から得られるデータの質的な変化が生じたため、数学が得意な学生、苦手な学生、といった学生のタイプ別の行動モデルを作成することは困難である。しかし、得意・不得意を含め、学生がどのようにドロップアウトするか、という点まで含めた行動をモデル化することで、学習コースと利用者の実態に即した行動のモデルの構築を試みた。

ここで、先行研究で提案した学習者の行動モデルの構築手法では、ドロップアウトの影響を受けることが明らかになった。時系列に基づいた学習者の行動を示す、決定木の導出が効果的に機能しない場合があり、妥当性の低い決定木が導出される結果となった。そこで、ここでは、決定木の信頼度に基づいて、クラスタとの比較に使用する決定木を選定することとした。

モデリングの条件として、受講者 90 件のデータのうち、アンケートを回答した 46 名の学習者を対象に分析を実施するものとした。また、ドロップアウトの進展と、学習内容とを比較した結果、ベクトルの導入からベクトルのなす角までをモデル作成の対象とした。この対象範囲には、4 つの学習コンテンツが含まれており、それぞれ、プリテスト・ポストテストが設置されている。そこで、ここでは、4 つの単元の 2 種類のテスト、合計 8 つのテストについて学習者の行動モデルを構築した。クラスタの作成時期と、生成するクラスタの個数の関係を、図 9 に示す。このグラフから、4 つめのコンテンツのプリテストまで終了した時点でクラスタを作成すると、クラスタと決定木との合致が良いクラスタが生成されることがわかった。また、この

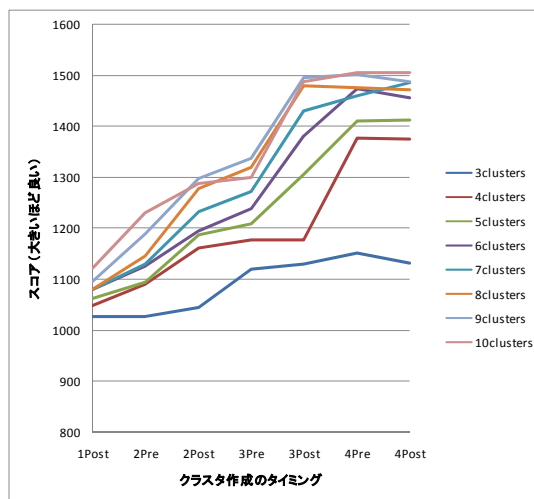


図 9 学習コース上での分析結果

分類結果から、クラスタが 3 個では、学習者の動向を捉えることができないことがわかった。対して、クラスタが 4 個以上の場合には学習者の動向を捉えることができ、数が多くなると、一つのクラスタに極端に少ない人数の学生しか配されないことがわかった。

そこで、本研究では、配信制御に役立つように学習者を分類する、という観点から、必要最低限と考えられる 4 つのクラスタからなるクラスタ群が、今回の学習コースにおける学習者の行動を代表するモデルとして適切であるとした。

学習者の行動モデルを作成する手法について、ドロップアウトが持続する状況においても、行動のモデルを構築できることが示された。一方で、これまで提案した手法では、学習者から得られるデータの質に大きく影響を受けることが示された。

### (4)学習者のモデルに対応するコンテンツの検討

学習者のモデル構築で得られた 4 つのクラスタ群による分類したがって、受講者に対して実施したアンケートを集計すると、次のような学習者の姿が明らかになった。図 10 に、一例として、グループ毎のドロップアウトのタイミングと、文章に関するアンケートの内容を示す。

最初期にドロップアウトするグループについては、アニメーションの増量、特に文章量の増量に対して要求が強かった。中盤にドロップアウトするグループも殆ど同じ傾向であった。しかし、序盤、もしくは、終盤まで受講を続けるグループについては、文章に関する要望は少なかった。また、終盤まで受講を続けるグループについては、アニメーションに関する要望も少なかった。最終的に、最初期・中盤にドロップアウトするグループと、序盤・終盤にドロップアウトするグループについて類似が見られる結果となった。

これらの点から、最初期、中盤にドロップアウトする学生については、コンテンツの難易度が不適切で、理解を促進することができなかったのではないかと考えられる。

具体的な配信方策としては、最初期と中盤にドロップアウトするであろうと分類される受講者に対しては、例題を多く配したコンテンツを配信することが必要であると考えられる。序盤、および終盤まで受講するであろうと分類される受講者については、アニメーションの説明の増加によって、コンテンツの魅力を向上させ、自習の意欲を持続させる方策が有用であると考えられる。

### (5) 配信システムの提案

受講者の行動モデルとアンケート結果から導かれる、配信制御を実現する枠組みを、図 11 に示す。このシステムは受講者のテスト結果をデータベースに保存し、コンテンツを配信する際に、導出された4つのグループのいずれに分類されるかを判定しながら、「補強なし」、「例題増量」、「アニメ増量」の3つの配信プランを切り替えるものである。

ここでは、アンケートから考えられる効果的な配信方策を実施するだけでなく、様々な配信を実施し、学生のグループ分けと比較しながら、どのような受講状況の改善が見られるかについて調査が必要である。

この配信システムについては、「例題増量」、「アニメ増量」といった補強コンテンツの構築は実施したものの、本研究の期間中に受講者に公開することはできなかった。この原因は以下の二点である。

第一の問題は、作業の遅延により、学習者が受講に適した時期を逃してしまった点である。第二の問題は、受験生をかかえる教育現場で実験的な取り組みを実施することで生じる問題について、十分な検討をすることができていなかった、という点である。

第一の問題は年度をまたいだ準備により、第二の問題は実験的コンテンツの最低品質の保証、および受講者の慎重な募集により、解決できるものと考えられる。

今後は、未発表の内容について、学会発表への応募を続ける予定である。また、学習コース上での学習者の振る舞いに関する分析に関する内容で雑誌投稿を試みると同時に、配信制御を行うシステムの実戦投入を実現するため、作業を継続する予定である。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 2 件)

① 篠田有史, 吉田賢史, 中山弘隆, オンラインテストからの学習者の行動モデルの構

もっと文章による解説の量は多い方がよいか、少ない方がよいか?

1: 少ないほうがよい ⇔ 4: 多いほうがよい

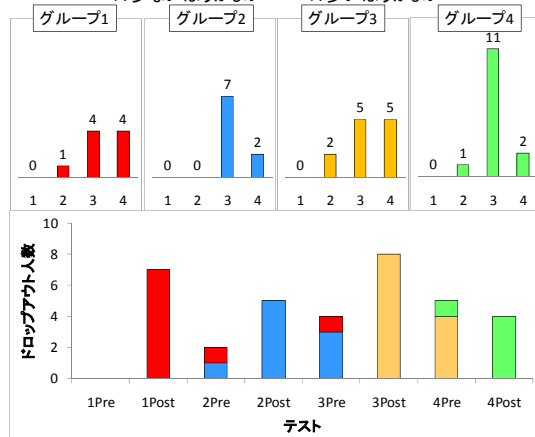


図 10 ドロップアウトと文章に関するアンケート

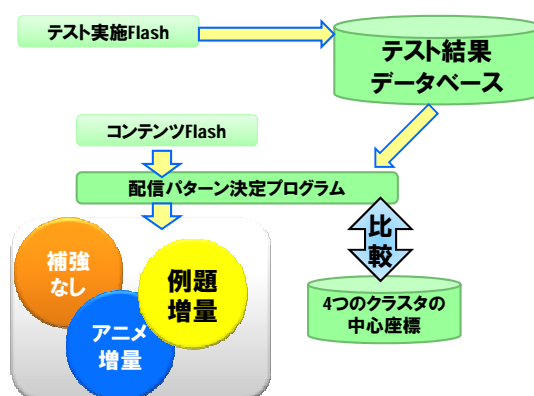


図 11 学習者の行動モデルを用いた配信システム

築, 教育システム情報学会関西支部高等教育部会研究会, 2008

- ② Yuji Shinoda, Kenji Yoshida, and Hiroataka Nakayama, "Modeling of the Students Scenario on a Learning Course," Proc. of the 12th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES 2008), Part I, pp. 573-579, 2008

[その他]

ホームページ

<http://eedu.iict.konan-u.ac.jp/>

(研究用途で運用中のため、不定期に停止する場合があります)

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

篠田 有史 (SHINODA YUJI)

甲南大学・知的情報通信研究所・博士研究員

研究者番号: 19700650