

エージェントを用いて学習者状況に応じるコース 構成・提供法の提案

張 国珍† 齋藤 健一†† 小山 明夫†† 程 子学††
† 会津大学コンピュータ理工学研究科 †† 会津大学コンピュータ理工学部

概要

本論文では、まず、意味ネットワークに基づいたコンテンツマップを提案し、コンテンツマップに基づき、ケースベース推論を利用する学習プランニング手法をあたえる。さらに、教育心理学の研究結果をベースとした効率的な学習法 SQ3R を利用し、学習者の状況に応じて動的にコースを作成し、学習者に提供する学習支援法を開発する。

A Proposal for Agent-Based Construction and Presentation Methods of Active Courseware According to the Situations of Learners

Guozhen Zhang† Ken'ichi Saitou†† Akio Koyama†† Zixue Cheng††
† Graduate School of Computer Science and Engineering, the University of AIZU, Japan
†† School of Computer Science and Engineering, the University of AIZU, Japan

Abstract

In this paper, at first, a general framework called contents map, which is based on the semantic network, is proposed. Then, a learning planning method, which is based on the contents map and case-base reasoning technology is given. In addition, we develop a study supporting method, which employs effective study method SQ3R based on the educational psychology and according the situations of learners, in order to prepare course dynamically. At last, a retrieval function, which can find and mark the parts that the learners haven't studied, is offered.

キーワード：遠隔教育、コースオンデマンド、コンテンツマップ、SQ3R、エージェント、CBR、マルチメディアデータベース

1. 研究背景

近年、インターネット環境が教育分野に積極的に導入され、特に、90年代に、数多くのウェブ上の教育システムが開発された。しかしながら、今までのほとんどのシステムは静的な情報をWWW上で表示するだけで、システムはまた情報伝達とプレゼンテーションにすぎない[2][5]。一方、ウェブ上での学習者が幅広く広がっているに従って、千編一律の学習内容が不十分であると感じられる。

それを解決するために、本論文では学習者の個人状況に対応した動的学習コースを構成・提供法を検討する。今まで個人状況に応じ柔軟なコース提供出来ない最大の障害は学習コンテンツの提供は単調で、学習コンテンツを表現する枠組みがないためである。学習コンテンツの表現能力を高めるため、知識間の関係をロジックリンクで表現する手法が導入されている[1]。この研究では、知識間に八種類の関係で関連付けている、これによって、コンテンツがまとまっていない状態から、お互い関連するようになり、必要に応じてロジックリンクを利用し、半・自動的に柔軟なコース構

成が可能となり、コンテンツの単調の問題をある程度解決した。しかしながら、研究[1]のコンテンツ間の関係はあまりに抽象的であり、そして、八種類の関係だけで、複雑な知識間の関係をうまく表現しきれない所が多い。本論文では知識間の関係をコースの表現に合わせるようにさらに具体化にし、コンテンツマップを提案する。そして、研究[1]に比べて、本論文では、コンテンツマップを活用し、ケースベース推論と効率的な学習法 SQ3R に従って、学習者の状況に応じて柔軟なコース構成・提供ができるようにした。その上、学習者が短時間に興味ある部分だけ学習できる定点学習をサポートする方法も提供している。

本論文は次のように構成されている。2. ではシステムの概要、3. ではシステムの詳細を述べる。4. ではシステムの実装と評価にふれ、5. ではまとめである。

2 システムの概要

2.1 システムモデル

本システムは以下の六つの部分から構成されている(図1参照)。

a. 学習者エージェント (LA)

- b. ティーチングエージェント (TA)
- c. コンテンツマップ (CMap)
- d. 学習コース事例ベース (SCCB)
- e. 学習法 SQ3R に基づくコース提供 (CPM)
- f. 学習者データベース (LDB)

各部分は次の機能を持っている。

1. LAは学習者のデータを収集し、学習状況を把握する。
2. TAは学習者に適応したコースプランを作成する。
3. CMapはコンテンツマップマップである。コンテンツマップは各知識や知識間の関係を表示・収納する知識ベースである。
4. SCCBは教師の経験で作られ、学習者の興味度、予備知識などの学習者の状況に応じたコース事例ベースである。
5. CPMはコンテンツマップから取り出したコンテンツを学習法SQ3Rに基づいて再構成し、学習者に提供するモジュールである。
6. 学習者データベース：学習者の学習状況を管理するデータベースシステムである。

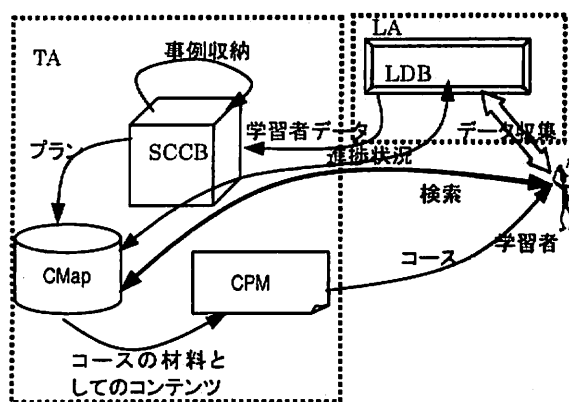


図1 システムモデル

本システムは主に以下の機能を持っている

1. 学習プランのプランニング機能
 プランニングと言うのはティーチングエージェントが学習者の個人学習の進捗・理解状況に応じて、学習者に適応した学習内容(学習コンテンツ)をコンテンツマップから選択し一定の順序で学習者に提供することである。
2. コンテンツ検索機能
 学習者からのキーワードをコンテンツマップのトピックとして、コンテンツマップの中から、関連するコンテンツを取り出すことをコンテンツ検索機能と言う。学習者が短時間で特定の知識だけを学習するには、普段の学習生活によくあるし、利用者がたまたまこのサイトにたどり着く、自分の興味ある部分だけを把握したいときが必

要である。この機能は学習者自分の弱点の補強にも役に立つ。

3. 学習者データの検知機能

動的、学習者の勉強状況と学習のフィードバックにより学習者のデータを検知、把握する。

4. コースの再構成機能

プランから学習法に基づく再構成する。

3. システムの詳細

ここで、本システムの各構成部分を説明する

3.1 学習者エージェント

学習者エージェントの役割は次の通りである。

- a. 学習者の学習状況を観察し、進捗情報を把握する
- b. 学習者のデータベースを管理し、学習者進捗状況によって更新する
- c. ティーチングエージェントとの学習者データ共有によって、学習者の情報をティーチングエージェントに伝える
- d. 学習者エージェントがモバイルエージェントである。学習者が本システムにログインしたら、学習者エージェントはシステムサーバ側から学習者側に移動し、学習の学習行動を把握し、学習者のデータを収集する。

3.2 学習者データベース

本システムでは学習者のデータがアンケート、学習進捗状況の観察などによって取得される。

学習者データには次のものが含まれている。

- a. 学習者のプロフィール
 名前、学級などの基本データである。この部分のデータは学習者登録時のアンケートにより取得する
- b. 学習進捗状況
 進捗状況と言うのは学習者が指定されている学習コースのどこまで学習したか、どのくらい理解したかの情報のことである。このデータはキーワードよりコンテンツマップの各トピックと関連付けている。学習者エージェントの検察と学習者からの課題回答やコメントなどのフィードバックにより学習者の学習進捗に従って動的更新される。
- c. 学習者のレベル：自己評価、他人評価
 学習者の自己評価は学習者学習始める時の自己この分野についての理解とバックグラウンドなどの自己分析である。この値は5段階で分けられている。最初の自己評価は登録時のアンケートとクイズ及び学習者のフィードバックで把握する。
 他人評価というのは学習者学習の過程に学習者のクイズの解答及び学習者自分からのフィードバックによりティーチングエージェントが学習者に対する分析である。この値も5段階

階で分けて記録されている。

- d. 学生の個性：趣味、想像能力、理解能力、集中力などである

登録時のアンケートとクイズ及び学習者のフィードバックで把握する

- e. 学習の意欲

現段階ではアンケートとフィードバックによりデータを取得する

これらのデータは学習者に適応するコースをプランニングする時の根拠になる。

ここで、フィードバックは学習者が課題、クイズなどの答え、及び学習者自分のコメントを指しています。

3. 3 ティーチングエージェント

ティーチングエージェントの主な役割は学習者に対して学習プランニングを作成することである。ティーチングエージェントがプランニングのエントリ：

- a. 学習者エージェントとのデータ共有によって学習者の情報を把握する
- b. 学習者のデータを分析する
- c. CBR によって学習者に対応したコースプランをプランニングし、コースプランを学習者に渡す
- d. 学習者のフィードバック情報を処理し、学生のデータを修正
- e. 学習者のクイズの解答を処理し、学生のデータを修正
- f. 動的に学生の学習情報を再分析、学習者に再プランニング

3. 4 コンテンツマップ

コンテンツマップはコースを作成する材料としての知識や知識間の関係を表現・格納・管理する方法である。

コンテンツマップは知識ノードの集合Nと2つのノードを繋がるリンクの集合Lによって構成されている。つまり、

$$Cmap = (N, L)$$

各ノードは詳細な知識トピックを示している。各リンクはノード間の論理関係を示している。ノード間の関係によってはリンクが方向性を持っている。

各ノードの内部は図2に示したように3部分から構成されている。

知識部には学習者に教える知識が格納されている、すなわち、コースを構成する要素がこの部に保有されている。コンテンツの内容は以下のようなものである。

- 1. テキスト、イメージ、オーディオ、ビデオで構成したコースのコンテンツ材料
- 2. 課題、クイズなどの質問

コンテンツデータが教師により作成され、学習者が学習しようとする時、ティーチングエージェントによって、学習者に提供する。

課題やクイズなどは各知識コンテンツに付いている、学習者は特定のコンテンツを学習し終わったら、自分の回答をフィードバックし、このフィードバックの分析によって、学習者の学習状況、理解状況が把握できる。情報部はこのノードの利用情報を保存している。例えば、ある学習者はどのレベル学習されているかなどの情報が保有されている。コントロール部はコンテンツマップの更新、新たにノードやリンクが入れるときの処理部分である。

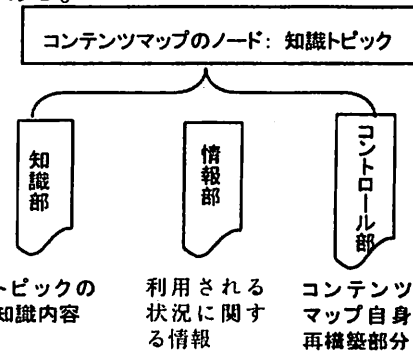


図2 各ノードの内部構成

コンテンツの各ノード間に以下の関係を持っている。

- 1、部分・全体関係
 - 1) 依存する部分全体
 - 2) 依存しない部分全体
- 2、一般化と特殊化の関係：
 - 一般化関係：
 - 3) 数学形式の一般化
 - 4) 概念形式の一般化
 - 5) 表、図形式の一般化
 - 特殊化関係：
 - 6) 概念説明的な例（特殊化）
 - 7) 応用としての例（特殊化）
- 3、前後関係
 - 8) 記法の定義、先行概念、背景知識などの予備知識による前後関係
 - 9) 操作順序による前後関係
- 4、類似関係：
 - 10) 概念上の類似
 - 11) 構造上の類似
 - 12) 方法上の類似
 - 13) 応用上の類似
- 5、難易関係
 - 14) 依存する難易関係：同一内容の物の難易度違い説明（その一で説明する）である
 - 15) 依存しない難易関係：違い分野の難易度のことである

6、拡張関係

- 16) 変形関係
- 17) 継承関係
- 18) 拡張関係

7、因果関係

- 19) 単一条件の因果関係
- 20) 複数条件の因果関係

8、補助関係：

- 21) 単一方向補助関係：BはAの補助である
- 22) 相互補助関係：BはAの補助であるし、AもBの補助でもある

9、付属関係

- 23) 付属関係：課題、クイズなど
- 24) 依存関係：回答

以上、24種類の関係間の関係は優先度、重要度、順序、依存性、拡張性などの属性を持つ。

コンテンツ提供時のルール：

- 1、単なコンテンツから、難しいコンテンツまで、
- 2、前後関係のある所は前にある部分を先に提供する
- 3、補助関係の部分と付属関係の部分は本体の後に来る
- 4、因果関係は理解不十分のとき原因部分を提供する、原因が多数ある時、原因が全部揃ってから結果が出る
- 5、6)の拡張関係はその本体の後ろに来る
- 6、全体の依存関係であるコンテンツは、各部分コンテンツは書かせない、順序ある時は順序に従ってコンテンツが来る
- 7、相互関係に付いては任意のコンテンツを選んで提供する
- 8、抽象化が理解出来てない時、特殊化のコンテンツを提供する
- 9、類似関係であるものについて、類似したものの効果いい説明方法を使う

コンテンツマップの特徴：

1. ノードは階層的に構成できる。
2. 一つのノードは一つのファイル、メディア、ホームページで実現可能である。
3. 一つのノードから、このノードと関連ある他のノードまでたどり着ける。
4. 特定のノードとリンクを通る一つの流れをパスと言う。一つのパスで学習者に学習させたい知識を繋がつている。

図3は“アルゴリズムとデータ構造”科目のコンテンツマップの一部分である。この部分にはノードA、B、P、Q、K、L、Mが存在している。

ノードAはC言語の基礎知識コンテンツである。ノードPは例を用いてC言語を説明するコンテンツである。

ノードQはC言語の課題と質問コンテンツである。

ノードBはアルゴリズムの基礎知識コンテンツである。

ノードK、L、Mはそれぞれアルゴリズムの配列、スタック、キューを説明するコンテンツである。

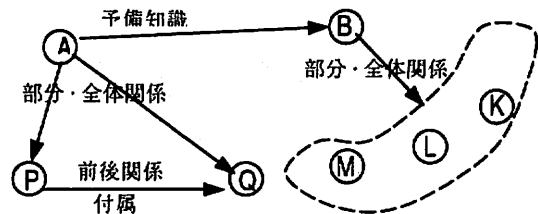


図2 コンテンツマップイメージ図

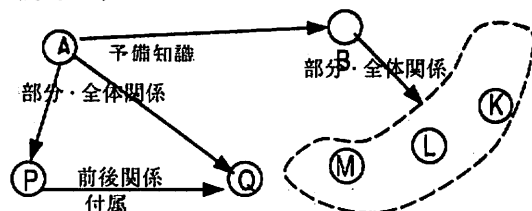
その中、ノードAはノードBの予備知識である。ノードPはノードAの特殊化である。ノードQはノードAの部分でもあるし、ノードPの付属でもある。ノードK、L、MはそれぞれノードBの一部である

ノードPとノードQはノードAの下階層であり、ノードAの一部である。ノードBとノードCはノードMのサブノードで、ノードBの知識がノードCより先に学習すべきという意味している。

学習プラン：

学習プランは各学習者の状況によって、その学習者に適応した学習内容、学習順序を提示するものである。一つの学習プランはコンテンツマップの一つのパスである。

例えば、



このコンテンツマップの中でノードA→ノードP→ノードQ→ノードBは一つのパスである。この知識を学習するときの一つの学習プランにもなる。そして、ノードB→ノードK別の学習プランである。

プランニング：

学習者に対応した学習プランを作成するプロセスをプランニングと言う。本システムではTA（ティーチングエージェント）が学習プランを作成する時にCBR（ケースベース推論）によってプランニングする。これによって、学習者の個人対応の実現が期待できる。

再プランニング：

学習者が一つのプランに従って学習し、一定トピックを学習し終わった後、学習者の理解状況と進捗状況に従って、ティーチングエージェントが

学習者に新たな学習プランを作成することを再プランニングと言う。

本システムではティーチングエージェントの再プランニングによって、学習者が必要な知識を漏れなく学習できるし、無駄に重複なコンテンツの提供も防ぐことができる。

3. 5 学習コース事例ベース

本システムではティーチングエージェントがケースベース推論法に用いて、学習コースプランを作成する。

本システムにおけるケースベース推論法の基本的なプロセスは次の通りである。

1. 学習コース事例ベースを使うには事前の準備が必要である。事前に教師の経験で、どんな学習者にはどういう風に教えたらいいかを基本的な教育事例を事例ベースに蓄えておく。
2. ティーチングエージェントが学習者データを利用し、学習コース事例データベースから最も類似した事例を絞り出す。
3. 絞り出した既存事例の学習プランを元に学習者の個人感想、教授評価によって、学習者に対応して修正し、学習者のために学習プランを組み立つ。
4. 学習者の事例を素材として、当学習者のフィードバックとクイズの回答状況も含め、学習コース事例ベースに新たに収納する。

これによって、事例ベースが次第に充実になり、ティーチングエージェントのプランニングの適正率が高まる。

学習コース事例ベースは、教師の経験から作成し、その形式は付録2の通りである。

3. 6 SQ3R 学習法に基づくコース提供支援法

SQ3R 学習法は Robinson, Francis Pleasant によって開発された効率的な学習法である。SQ3R は次の意味をもっている。

S は Survey の略であり、見出しやサブタイトルなどで学習しようとする知識の概要を把握することである。

Q は Query の略であり、本文を学習する前に、その知識について質問し、学習者の興味を誘い、学習の目標を具体化することである。

3R は Read, Recite, Review の略であり、それぞれは

質問の答えを探るように本文を詳細に読むこと、

読み終わった内容を自分の言葉で復唱すること、

学習した内容を復習することである。

長年の教育実践に、SQ3R 学習法が効率的な学習法であることが証明されているが[3]、それを利用するコースウェアはまだほとんどない。本論文

では学習者が効率よく学習出来ることを支援するため、コンテンツを SQ3R 学習法に従って、再構成し、学習者に提供する。ティーチングエージェントの作成した学習プランに基づいて、コンテンツマップから、必要なコンテンツを取り出し、SQ3R に基づくコース提供モジュールに渡し、このモジュールでは、コースの全体図を作りだしたり、そして、各コンテンツのタイトルを利用して質問を作り出ししたりする。そして、元のコンテンツと一緒にコースの全体図と質問を学習者に提供する。学習者は全体像とゴールをはっきりさせながら学習を進め、学習効果を大きく向上させることができる。

3. 7 システムの機能の実現

本システムは主に学習プランのプランニング機能、トピック検索機能、学習者データ検知機能とコースの再構成機能を持っている

1、学習者のデータ収集機能

学習者エージェントにより学習者の学習進捗感知し、そして、学習者のフィードバックの分析などにより学習者のデータが収集されている。

2、学習プランのプランニング機能

プランニングのプロセス：

(1) 学習者から学習する要請が来る

(2) ティーチングエージェントが学習者のデータを取り出す

(3) 学習コース事例データベースからデータを検索する。一番類似したケースを取り出し、原始データの学習者コメント欄と教授評価欄と学習者のデータの比較によって学習者にもとも適切な学習プランを建つ。

(4) 学習者のケースを事例データベースに追加する。

(5) 一定の時間、一定の内容を学習した上、学習者のデータが学習者の学習状況に応じ換わられるので、この時、新たな情報に対応した学習プランを建つことが必要となるので、この時ティーチングエージェントが学習者に再プランニングする。

この機能によって、以下のメリットがある：

A、学習者が WWW を利用して学習する時、学習者自身の位置いつも把握でき、道迷わないため。

B、いつでも学習者の状況に応じることが出来る。

C、無駄な重複が防ぐことができる

D、学習者の個人能力に応じることが出来る

3、SQ3R 学習法による再構成機能

ティーチングエージェントが学習プランに従って、コンテンツマップから、必要なコンテンツを取り出し、SQ3R 学習法によるコース提供支援部

分を経て、コースインタフェースを通して、学習者に提供する。

4. 検索機能

学習者が短時間で特定の知識だけを学習するには、普通の学習生活によくあるし、利用者がたまたまこのサイトにたどり着く、自分の興味ある部分だけを把握したいときが必要なのです。あると、学習者自分の弱点の補助にもなり、検索機能があると以下のメリットがある

- A. 短時間学習
- B. 興味ある部分の学習
- C. 弱点補助
- D. 検索でこのサイトにたどり着く人にはこのサイトの内容をすぐに把握できる。

この便利な検索機能実現出来るようにするのは知識ベースがコンテンツマップ型で構築されている利点です。

一つの知識ノードから他のノード間のリンクによって、直接及び間接的にそのノードと関係ある全てのノードにたどり着けるので、コンテンツマップの構築法によって、検索機能が実現出来る。

3. 8 システムのインタフェース

本システムのインタフェースは登録とログイン、コース選択、学習、課題とクイズ、検索など5種類のウィンドウが持っている。

(1) 登録、ログインウィンドウ

a. 登録

新しいユーザの登録ウィンドウで、学習者は自分のプロフィールを入力し、提示されているアンケートを答える。アンケートには学生が自分に対する評価が聞かれる。例えば、自分はこの知識領域どのぐらい分かる、興味を持っているかどうか、想像力、理解能力などが含まれている。これらのデータは学習者データの原始データになる。そして、学習者がID、とパスワードが振られる。

b. ログイン

すでに登録済みの学習者には、振られているID、パスワードを入力して、システムに入る。

(2) コース選択ウィンドウ

コースたくさん用意されている場合は、学習者が学習したい科目を選択するウィンドウである。

(3) 学習ウィンドウ

学習者がプランニングで提供されるコースを学習するウィンドウである。

(4) 課題、クイズ及びフィードバックウィンドウ

課題、クイズを答え、フィードバック入力するウィンドウである。

(5) 検索ウィンドウ

学習者自分の弱点補助や、定点学習などの場合に使われる検索ウィンドウである。学習者は検索キーワードを入力し、そのキーワードと関係ある知識、その知識とキーワードの関係の結果として表示される。

本システムはASPとXMLを利用し構築する予定です。

以上のプランニング機能とコンテンツ検索機能を待ちシステムとして以下の長所がある：

1. 動的に学習者にコースをプランニングできる。
2. 必要だけの知識検索できる。
3. 個人の学習進度、理解度に対応したコース、教材を提供する個人向けコース提供できる。学生に学習していない所を見つけるには手早い、対策を考える。
4. SQ3Rによる効率アップ。

一方、短所として、コンテンツマップを作る時、教材の作成者にとっては手間をちょうとかかり、その支援は将来の研究課題として残される。

5. まとめ

本論文では、まず、コンテンツマップを提案し、それに加えて、ケースベース推論の手法を導入し、各学習者に対応する学習支援と検索機能が設計された。これらの機能を用いることにより、遠隔教育の質が高まることが期待されている。

今後、システムを構築し、実用可能性、有用性、効率性、学習効果などの評価を課題として研究する予定である。

参考文献：

- [1] Albert Wu, "Collaborative ACM for Adaptive Instructional Planning," in Proceedings of ICCE' 99, Chiba, Japan, pp.271-276, 1999.
- [2] 大川 恵子, 伊集院 百合, 村井 純, "School of Internet- インターネット上での「インターネット学科」の構築," 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.10, pp.3801-3810, 1999.
- [3] Robinson, Francis Pleasant, (1970) Effective study(4th ed.), New York:Harper & Row.
- [4] Atsuo Inomata, Koichiro Ochimizu, "Organizing Electronic Teaching Materials for On-Demand Learning," コンピュータと教育, 52-5, pp.33-40, 1999.
- [5] Zhongwu Zhu, Qiao Wang, Kunio Kondo, Behrouz H.Far, "WWW-CALIST:A General Purpose Tool for Constructing Web-Based Individualized Adaptive CAL Systems," 教育システム情報学会誌, Vol.16, No.1, pp.14-23, 1999.