

CBRに基づく学習状態に応じた知識関連マップによる学習支援

——Web ベースの知的CALシステムに関する提案及び構築——

Learning Aid by a Knowledge-map Based on Case-Based Reasoning Approach

——Development of an Intelligent CAL on the Web——

朱 仲武 王 樵 近藤邦雄 ベルーズ・ファー
 Zhongwu Zhu Qiao Wang Kunio Kondo Behrouz H. Far

埼玉大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

Abstract: In this paper, we present a scheme for developing an intelligent CAL (Computer Assisted Learning) system on the Web, focusing on the problem solving in representing and acquiring as well as reusing teaching knowledge of a teacher. Firstly, we propose a learning aid model called "test→searching information by a knowledge-map→adaptive learning", in which a user's study level is on-line diagnosed and, according to the result of diagnoses an adaptive knowledge-map guiding an adaptive learning is supplied to the user by a computer. In order to achieve this, we developed a general-purpose CAL system using a CBR approach, in which teaching knowledge is expressed by a case that includes both a pattern (test record of a student) and an adaptive knowledge map (teaching strategy of a teacher). Through an easy-to-use interface, a teacher can input his teaching knowledge into a knowledge base of the system. Further, we introduce the configuration of the system and summarize some merits of the system, as well as identify its general-purpose meaning in developing practical CAL for various education domains.

1. はじめに

インターネット及びその中心的な枠組の一つであるWWW (World Wide Web) を教育現場に積極的に導入し、教育のあり方に大きな変革をもたらす効果的な学習支援システムを開発することが期待されている。このような時代の要請に従って、近年では、WWWをベースにした知的学習支援システムに関する研究が進んでおり、既に多くの提案や事例が紹介され、注目を集めている[1]～[3]。これらの提案及び事例はそれぞれの対象分野において、人工知能の原理と情報処理の手法を用い、WWWの特長を生かして学習者の個人差に対処できるような適応機能を実現していた。これらの先駆的な提案およびシステム開発者の努力により、WWWをこれまでにない知的教育システム開発環境として利用できる道を広げてきた。

教育現場でよくあった問題の解決を狙うことが、教育支援システム開発の出発点である。また、開発されたシステムにとって、実際に運用するとともに、そのフィードバック情報をもとにシステムの合理性を検証し常に学習支援のためのデータを修正していくことが重要である。教育現場に

においてどのような問題を解決すべきか、そして、開発されたシステムがどこまで有効であるかについての情報を最も知っているのが、現場での教師であろう。そのため、実用的な知的教育支援システムの成功となるキーポイントは、教育現場での教師自らの参与である。従って、知的教育システムの構築方法論を検討する場合、教育というドメインにおけるエキスパートである教師のもつ教育経験や教授知識をより洗練的な形で表現し、その獲得と再利用が便利に実現できることによって、現場の教師自らシステムの構築と運営に参与できる仕組みの確立が大変重要である。しかし、これまでに紹介されたWWWベースにおける知的教育システムでは、現場の教師を支援し、コンピュータの専門知識に詳しくない初心者でも自ら参与できるような提案はあまりに少ないとも言える。このような実状に応じて、本稿では、上記のような問題を視点に、Webベースにおける知的教育支援システムに関する提案を行う。

2. 学習支援モデルに関する提案

学習支援システムに関する検討において、まず、開発する学習支援システムがどのような形態の学習支援に利用されるかについて、予め明確にする必要がある。言い換えれば、学習支援システムのあるべき姿が学習支援モデルの確

連絡先：〒338 浦和市下大久保255 埼玉大学理工学研究科
 Tel: 048-858-3499
 E-mail: zhu@ke.ics.saitama-u.ac.jp

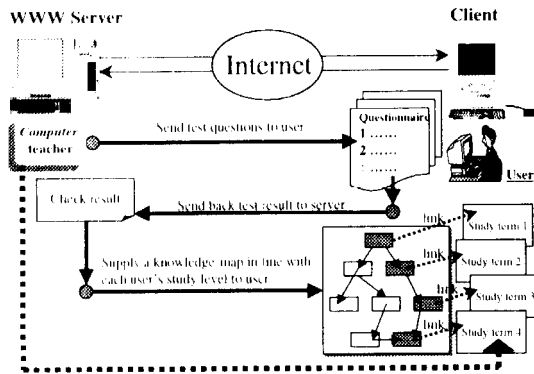


図1 WWWにおける個人適応型学習支援環境

立と繋がっている。そのため、本稿では、まず、インターネットという新しい学習環境における人間の適応性と学習支援方式の変容性などの観点から、人間教師による最も基本的な教授行為から洗練された、「テスト→知識関連マップによる情報検索→適応学習」という知的学習支援モデルを提案する。

図1は、このような学習支援モデルの概観を示す。まず、学生の学習レベルを測定するために、学生にオンライン・テストを行う。そして、コンピュータが学生のテスト記録を分析し、これを基に学生の学習状態に応じた知識関連マップを学生に提供する。さらに、学生がこの知識関連マップを用いて必要な学習情報を取り出し、適応的な学習を行う。

このような学習支援モデルの基本的な考えは、次のいくつかの視点に基づく。

(1) 教師としてのコンピュータの役割

教師の最も基本的な役目は、指導情報を学習者の理解力に応じて生成し適応な指導 (adaptive guiding) を学生に与えるということである。コンピュータが人間の代わりにこのような役割を果たすことは本学習支援モデルの目的である。

(2) WWW環境への対応

WWW環境の大きな特徴はその分散型と開放型にある。学習者がWWWを利用して情報を検索する場合に、Webにどのような情報があるか、必要な情報はどこにあるのか、ということをも明確に把握することが困難であり、検索すればするほど迷いがちである。知識関連マップは、ある目的を達成するためのばらばらな情報とそれらの知識的な因果関連を目に見えるような形で表わすもので、これによって、学生が必要な情報を直観に検索できるとともに、知識の関連性や、部分的な知識を系統的に整理する方法も深く理解できるようになる。そのため、学習状態に応じた知識関連マップによる情報検索 [4] という構想は本学習支援モデル

の主な仕組となっている。

(3) システム実現の可能性と実用性

知的教育システムの主な利用場所は学校の教育現場である。しかし、資金の制限、高度なコンピュータ技術を持つ人材の不足、ハードウェアの導入状態などの原因で、高度な人工知能技術を取り入れたシステムの学校での使用は近い将来は望めないと指摘される [5]。このような現状に対応して、本学習支援モデルによる学習支援システムはまず、実現の可能性及び実用性を求める上で、現段階ではある程度の知的機能を含めてより洗練的な形式を採用する。

このようにさまざまな視点から統合的に考え出した本学習支援モデルは、洗練化された形態により教育現場でより効果的な学習支援環境を構築することが期待できる。

3. システムの構築法に関する検討

次に、システム開発の方法論とシステム開発のためのツールの汎用性、便利さを融合するという観点から、上記の学習支援モデルを実現するための戦略手法と構築方法を検討する。

3.1 CBRの利用について

知的教育システムは、教育というドメインにおけるエキスパートシステムと考えることができる。従って教師の持つ経験則を知識ベース化することによって教育を知的に実行するシステムの構築が可能のように思われる。しかし、学習者という人間の思考、学習、知識獲得という実体が明らかでないものを対象としていること [5] から、知的教育システムの構築において、エキスパートシステムに広く採用されてきたルールベース推論 (Rule-Based Reasoning) やモデルベース推論 (Model-Based Reasoning) では、知識の獲得に極めて困難である。一方、CBR (Case-Based Reasoning) [6] とは、与えられた問題に類似する過去の事例を直接利用して解を導く枠組みのことなので、知識の獲得や再現をより容易に実現できる。

本システムの場合は、教師の経験や教授知識などを知識関連マップという洗練的な形で表わすので、それを事例として獲得と蓄積に容易に取り扱うことができる。また、CBRを用いて、蓄積された事例の中から学生の学習状態に最も対応できるような知識関連マップを抽出し、再利用することもより容易に実現できる。そのため、本システムの構築においては、CBRが中心的な仕組みとして採用されている。

3.2 教授知識の整備について

教育現場では、テストを終わってから、教師が学生の一

ような適応指導を学生に与えることは最も基本的な教授行為である。適応指導の効果は教師の教授経験の豊さによるものである。WWWにおける学習支援システムの場合、教師が学生に直接会わず、しかも無数の学生の中にどのようなテスト結果が出てくるのか予め予想できないため、適応指導を行うことが非常に困難である。この問題を解決するために、本システムでは、テストの結果をパターン化し、コード（例えば、00111100）の形でコンピュータに認識させる。コードのビット数と順番は、テスト問題の出題数と順番とを一々対応し、正解の場合“1”、誤解の場合“0”とする。一つのパターンとその対応する知識関連マップ（ここで、適応知識関連マップという）とを組み合わせて、一つの事例となり、これを教授知識として知識ベースに蓄積する。教授専門家である教師の役割は、数多く（例えば、出題数10個の場合、そのテスト結果の可能なケースは $2^{10} = 1024$ となり、全てのケースに人間の力によって一々対応するのは、不可能と思われる。）のパターンの中に、教育経験により、まず、出てくる可能性の高いケースを抽り出し、これに対応した学習支援のための適応知識関連マップを用意する。当然ながら、知識マップの構成項目とそれらの関係性は教師の経験によって異なる可能性があり、そして、フィードバック情報によって、システムによるケースの自動修正、あるいは、教師による知識の再構築が可能である。また、知識関連マップ作成の負担を減らすために、知識関連マップを構成する項目番号だけ入力すれば、その対応する知識関連マップを自動的に生成してくる機能をシステムに備える。

4. システムの構成及びその概要

図2にシステムの全体構成を示す。サーバ側は、事例登録部 (Register)、知識ベースとマネージャー (Knowledge-base and Manager)、事例ベースとマネージャー (Case-base and Manager)、知識関連マップ生成部 (Publisher)、情報

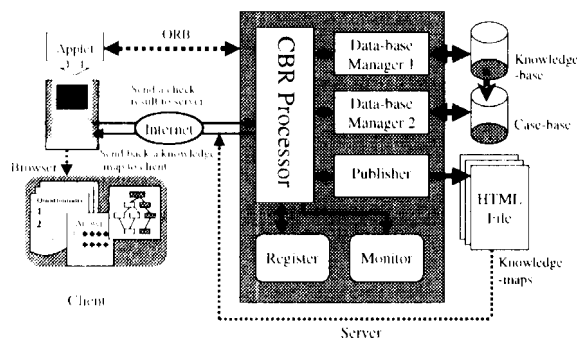


図2 システム構成及び各部分の概要

監視部 (Monitor)、及びCBRプロセッサ (CBR Processor) から構成される。各部分の概要及びそれぞれの役割を以下に説明する。

- ・CBRプロセッサ

類似度の計算や、事例の探索・照合などの処理を実行し、そして、各部分間のデータの転送なども統合的に制御するので、システムの心臓とも言える。

- ・事例登録部

登録ウインドウを通して予め教師からの教授知識（事例）の登録を行い、それを知識ベースに送っておく。

- ・知識ベースとマネージャー

教授知識の蓄積及びその管理の役目を果たすものである。

- ・事例ベースとマネージャー

オンライン・テストで実際に出てきたテスト結果（パターンとしてコードの形で表わす）と知識ベースに既に蓄積されたパターンとを照合し、最も類似度の高いパターンを知識ベースから事例ベースに取り込む。それと同時に、パターンに対応する適応知識関連マップのHTML (Hyper Text Markup Language) ファイルを知識関連マップ生成部により生成し、そのURL (Uniform Resource Locator) を事例ベースに送っておく。それらのデータの蓄積と管理の役目を果たすのは事例ベース及びそのマネージャーである。

- ・知識関連マップ生成部

上に述べたように、オンライン・テストで実際に出てきたテストパターンに対応する適応知識関連マップのHTMLファイル及びそのURLを自動的に生成する役目を果たすものである。

- ・情報監視部

目前まで参照されたケースのパターン、その類似度およびアクセスされた回数などのフィードバック情報を、監視ウインドウを通して即時に監視し、それによって、システムの運行状態を常に把握することができる。

また、クライアント側は、Webページに埋め込まれたアプレット及びWWWブラウザ（例えば Netscape あるいは Internet Explorer）からなる。学習者がアプレットによる生成するアンサー画面にテスト問題の解を答え、そのテスト・レコード（パターン）をORB (Object Request Broker) を介してサーバーに伝送する。一方、サーバー側がCBRなどの処理を用いて、テスト結果に対応した適応知識関連マップのURLを探し出し、ORBを介してクライアントに返事する。クライアントはURLによって指定されたアドレスから、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) を用いて、適応知識関連マップのHTMLファイルを取得

し、WWWブラウザにより画面に表示する。学習者が適応知識関連マップに従って、自分の学習状態に応じて必要な学習情報をすばやく手に入れることができる。

そして、このシステムの通信部はHORB[7]という分散言語システムによって構築された。HORBは、世界で最初に広く利用可能になった分散言語システムの一つで、J A V A と相互に接続して運用が可能である。その充実したデータ通信機能によって、本システムがクライアント側とサーバーとの間のデータ伝送が速くて確実に処理できるようになった。

5. インターフェース機能

現場の教師自らの参与によってシステムを構築できるように、本システムでは便利なインタフェースの開発を重視する。例えば、登録ウインドウで、ケース（教授知識）の登録と削除が簡単にできる。または、監視ウインドウで、ケースにおける類似度計算結果や、訪問された回数などのフィードバック情報が即時に見え、それによって、教師側がケースに対する修正や追加などを便利に行なうことができる。さらに、教師側が予想するテスト結果と対応する学習支援コースの番号だけ登録すれば、知識関連マップを自動的に生成することができる。そのような便利な機能を活かして、学習内容に関係なく、それぞれの対象分野における、汎用的なWebベースの個人適応型知的学習支援システムの構築が可能になる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、システム開発の方法論とシステム開発ためのツールの汎用性、便利さを融合するという観点から、Webベースにおける知的教育支援システムに関する提案及び開発を行った。開発されたシステムをLinux/Pentium-Pro180MHz搭載のUNIX上に実装・試行し、理論設計上の全ての機能を予想通り実現できたことが確認された。

本システムの特長及びメリットを以下に示す。

(1) 抽象である教授知識と学習支援方策は、知識関連マップという洗練的で目に見えるような形で表すので、知識の獲得や、再利用がより容易に実現できる。

(2) システムの枠組みは対象分野に関係なく、汎用的な性質を持っているので、それぞれの対象分野における学習支援システムの開発を同じ方法で行うことができる。

(3) システム内部におけるデータ構造、通信方式及び推論機構などが既に定式的に実装されたので、HTMLなどの知識があれば、初心者でも、それぞれの対象分野において、「テスト→知識関連マップによる情報検索→適応学習」

という形で知的学習支援環境を構築することができる。

(4) システムに知識ベースと事例ベースを分離して構築することで、教師による知識ベースの補足および更新をより簡明に行うことができる。また、事例ベースに余分の知識関連マップを生成することなく、探索空間を減らすことによって、効率よく迅速に目的事例を探索できる。

(5) システムはJ A V A およびJ A V A の上位互換であるORB（通信部での使用）を用いて開発されたので、OSに依存せず、Windows95/NT および Macintosh にも移植することが可能である。また、ORBの充実したデータ通信機能によって、本システムがクライアント側とサーバーとの間のデータ伝送が速くて確実に処理できるようになった。

(6) システムがより洗練的な方式を採用しているため、システムの構築および実装はより容易に実現できる。従って、多くの資金の投入やハードウェアの導入などの負担を減らして普通の学校教育現場でも問題なく利用することができる。

今後の課題としては、本稿で提案した「テスト→知識関連マップによる情報検索→適応学習」という学習支援モデルの学習支援効果をシステムの試行によって評価する。そして将来、知識関連マップの作成を自動的に行う機能をより一層充実して、「テスト→知識関連マップによる情報検索→適応学習」という個人適応型の学習支援環境を構築するためのツールとして、本システムを改良していく予定である。

参考文献

- [1] E.Schwarz, P. Brusilovsky, and G. Weber. "World-Wide intelligent textbooks." Proc. ED-TELECOM 96, pp.302-307, 1996.
- [2] 仲林 清, 小池義昌, 丸山美奈, 東平洋史, 福原美三, 中村行宏. "WWWを用いた知的CAIシステム CALAT." 電子情報通信学会論文誌 VOL. J80-D-II NO.4 pp.906-914, 1997.
- [3] 郭 斑, 松本哲也, 古城則道. "事例ベース推論を用いた学習支援機構について." 電子情報通信学会論文誌 VOL. J80-D-II NO.4 pp.835-843, 1997.
- [4] Zhong ZHU, Hisashi SATO, Kunio KONDO, Taketoshi MISHIMA, and Shizuo SHIMADA. "A Scheme and Development for a Distributed Open CAL Study on the WWW." Proc. ITC-CSCC 97, pp.115-118, 1997.
- [5] 溝口理一郎. "知的教育システム." 情報処理 Vol. 36, no.2, pp.177-186, 1995.
- [6] Janet Kolodner. "Case-Based Reasoning." Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 2929 Campus Drive, Suite 260 San Mateo CA 94403, 1993.
- [7] <http://ring.etl.go.jp/openlab/horb/>