

3M-08 ネットワークを利用した適応型教育システムの構築*

佐藤 文俊[†] 大和田 勇人[†] 溝口 文雄[†]

東京理科大学 理工学部[‡]

1 はじめに

現在インターネット上には大学など教育機関で積極的に授業に利用されているホームページがある。また CGI を利用する事によって簡単な問題の出題などを容易に作成する事ができる。その反面不特定多数未知のユーザを相手にしなければならないというホームページの特性上ユーザの学習進捗や理解状態を考慮して適応させる事は困難である。そこでユーザがどの程度理解したかを把握してそれに応じて教材の進め方を個別に適応させる事は効率的な学習を可能にする。

本研究では特に演習問題の出題に関してに焦点を絞り Java 言語で開発された教育用ブラウザ [3] を利用して Dempster-Shafer の理論 [1] をベースに、ユーザに適応的に問題を提示するシステムを構築する。

2 設計方針

1対1で人に教える場合、相手の様子を分析する事でどれだけ理解しているかを判断し教え方を決定する。相手の様子の分析はどの程度理解しているか、また類似した相手の経験から類推してその人を特定する事によって可能になってくる。どの程度理解しているかの判断は、本来相手の主観的な確信を表情などから読みとる事によって行なわれるものであり、そして経験による特定は年数もしくは教えた人数によって培われた経験に基づいて行なわれる。

上記のユーザの分析をシステム化する事によって、一人でも効果的な教育を受ける事ができるようになり、また不特定多数未知のユーザを相手に個別に学習を行なわせる事が可能になる。

そこで本システムのユーザ分析に際し、

- どの程度理解しているかを数値で算出
- 膨大なユーザデータから得られる経験を機械学習により生成

とする特徴を持つ適応型教育システムを構築する。

*Construction of Adaptive Educational System using Network

[†]Fumitosi SATO, Hayato OHWADA, Fumio MIZOGUCHI

[‡]Faculty of Sci. and Tech. Science University of Tokyo

3 ユーザ情報の抽出

3.1 ユーザの理解状態の把握

単純に問題を並べてユーザに演習問題を解かせるのではなく、各ユーザの理解状態を元にシステム側で解答させる演習問題を判断させる。結果としてユーザの理解状態に適応した演習問題の出題が可能になる。

各ユーザの理解状態をできるだけ詳細に把握する為、表情を読みとって確信を判断する代わりに本システムでは理解度とは別に「確信度」の概念を採り入れた。確信度とは演習問題に対してユーザの自信の割合を示し、演習問題を解く度に自信満々ボタンといったユーザインターフェース等を通して示してもらう。確信度が高い状態で正解した場合、そのユーザは本当に理解しているとみなし、その分理解度も高くなる。逆に確信度が高い状態で誤った場合には、重大な勘違いをしているとみなして理解度を下げる。また確信度が低い場合で正解した時 (例えば、自信なしボタン等で解答) は、確信度が高い場合と比べて理解度は上がらないようにする。このように確信度を採用する事によって人間の主観的な確信である理解度を数値で表す事を可能にする。

理解度の算出方法は、それまでの理解度と問題に対する確信度を入力とする Dempster-Shafer の理論を用いる。人がユーザの分析をしても理解していると判定できる場合と理解していない判定できる場合とどちらでもない場合が生じる。Dempster-Shafer の理論を用いる事によってその時のユーザの情報では理解しているかどうか判定できない領域を無知量として扱う事ができ、人がユーザの分析をすると同様な判断を数値として表す事ができる。算出された理解度は便宜上 3 段階 (0~0.6, 0.6~0.8, 0.8 以上) に分類し、ユーザの理解状態としている。

3.2 経験の獲得と適用

知識から教える際の経験を生成するのに機械学習を使用する。既に問題解答を終了したユーザの情報を知識とみなして、理解状態と正解した演習問題間のルールを生成する。理解状態と正解した演習問題番号を条

件とし一般的に正解する演習問題番号を示すルールを導出する事で正解するであろう演習問題を明らかにする。導出されたルールを教える際の経験とみなし、各ユーザ別にその知識を個別に適用する事によって学習効率を高める。

ルールの導出には第一階論理学習に基づく帰納学習を用いる。ユーザデータからの学習では仮説はユーザがある理解状態で演習問題に正解しているかどうかを決定するルールとなり、仮説は次のようになる。

$correct$ 問題番号 (ユーザ名, 理解状態) : $-C_1, \dots, C_n$

ここで、 C_i は条件を表す。

本研究では、[2] で開発された帰納学習ツールの一つである「GKS」を利用して、全体におけるユーザのルールを導出する。ユーザの解答情報を GKS の入力として与え、それぞれの演習問題とユーザの理解状態とを結びつけるルール集合を生成する。

3.3 GKS の入出力データ

GKS への入力データは、ある章 (節) の演習問題においての問題、ユーザがどの理解状態の時の演習問題で正解したか、そして論理プログラムで書かれた背景知識で構成される。ある章 (節) の演習問題でのユーザの正解した演習問題番号が背景知識に置かれ、ユーザの問題における正解・不正解が正・負事例となる。

帰納学習システム GKS はまとまったユーザデータを入力すると、ユーザが一般的に正解するであろう問題がルール集合となって出力される。出力されるルール数などはその時のユーザデータに依存し、全く関連性がなければルールは導出されない。逆に易しく正解しやすい問題が続けば、その問題間の関連性を表すルールが導出される。正解するであろう問題のルール集合とはある理解状態である問題を正解する人は、別のある問題を正解するというルールの集まりである。以下に導出されるルールの例を示す。

$correct10,A,2$ if $correct7,A,1,correct3,A,1$.

ルールは演習問題番号 7 において理解状態 1 で正解したユーザは演習問題番号 10 も正解するだろうという意味である。

3.4 ルールの適用方法

機械学習によって導出されたルールは教育用ブラウザを通して各ユーザが実際に問題を解く際に反映される。問題解答時に各ユーザの理解状態を教育用ブラウザのシステムの中で判定し、適用可能なルールを適用する。例えば上記の例では問題 3,7 が終わった時点でユーザの理解状態がそれぞれ 1 であれば、問題 10 を正解するとみなして次の問題へ進んでもらう。

最大問題数	最小問題数	平均問題数	正解率
10	1	2.8	82%(27/33)

表 1: ルール適用結果

4 ユーザへの適用

4.1 知識収集と適用結果

実際にユーザに適用する前に経験の元となる知識のユーザ解答情報を蓄える。知識として 140 人分の解答情報を準備し、経験となるルールの導出を行なった。なお、実験の教材としてプログラミングの制御文を学習する教材を作成し言語には Java を用いた。

12 人の被験者に教材で学習し、導出されたルールを用いて演習問題を実際に解答してもらった所、表 1 のような結果を得た。表中の問題数はシステムによってユーザ分析された結果、解答できると判断された数である。正解率は解答できると判断された問題を紙で実際に解答した時の正解率である。

4.2 実験評価

実験結果を表 1 に示す。適用数とはルールにより解かなくてもよいと判断された問題数を表す。

適用結果から解かなくてもよい問題と判断された演習問題の正解率は 82% であった。適用問題数は個人によって異なり多い人で 10、少ない人で 1 という実際に各ユーザ別にシステムが適用している結果が得られた。正解率は 100% とまでは到達できなかったが、正解率は誠実に確信度入力してくれるかといったユーザ個人の性格や問題の質などの要素などから考えると 82% は妥当な結果ではないかと考えられる。

5 おわりに

本稿では GKS を利用した遠隔教育システムにおける適応的に教育するためのシステムについて述べた。ユーザ分析により理解状態と経験を把握し、さらに自動化する事によって個々のユーザの学習スピードのを考慮した、学習を行なわせる事が可能である。

参考文献

- [1] Shafer, G.A., "Mathematical theory of evidence" Princeton University Press, Princeton, NJ, 1979.
- [2] 溝口 文雄, 大和田 勇人, "Constrained Relative Least General Generalization for Inducing Constraint Logic Programs", *New Generation Computing*, vol.13,, 1995
- [3] 山中 崇史, 大和田 勇人, 溝口 文雄, "遠隔学習のための適応型教育システムの設計", 人工知能学会第 13 回全国大会論文集, pp.88-91, 1999