

個々人に応じた学習支援を導入した唐詩学習について*

廖 繼 莉・吉 田 光 演

広島大学総合科学研究科博士課程後期・広島大学総合科学研究科

Chinese Tang Poetry Learning Based on A Personalized Learning Supporting System

Jili LIAO and Mitsunobu YOSHIDA

Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

Abstract: The learners' knowledge level varies greatly from learner to learner, but the current Web-based systems commonly arrange the same learning course for them without considering if learners' knowledge level and the difficulty level of the recommended course are matched to each other. This paper proposes a personalized learning support system for Chinese Tang poetry learning to arrange different ranks of each learning course for different learners in accordance with their scores. This system consists of two parts: score feedback agent and course arrange agent. The score feedback agent is designed to generate a Web page which includes the score of learners and the interpretation of the questions for the learners. The course arrange agent using fuzzy control algorithm is employed to judge the knowledge level of each learner according to the score, and recommend a course with suitable difficulty levels for each learner. Thus, personalized learning performance in Chinese Tang poetry is achieved.

1 問題提起

日本人学習者の唐詩学習の欲求を満たすため、廖・吉田（2007）でWebに基づく唐詩学習システ

ムを設計し、開発した。このシステムには、情報管理モジュール、教育内容モジュール、練習・試験モジュールとコミュニケーションモジュールという4つのモジュールが含まれており、学習者に唐詩に関する教育資源と役立つ学習ツールを提供した。このシステムを利用することによって、日本人学習者は唐詩教材を読み、練習とテストを行うとともに、唐詩学習内容への書き込みができるようになり、また、他の学習者あるいは教師と同期型・非同期型コミュニケーションも行うことができるようになった。

教育の現場において、学習者の個性、興味、学習習慣と知識レベルはそれぞれ異なっている。従って、同じ教育背景をもつ学習者でも一つの教育内容を学習する時間と処理する問題が同じとは限らない。しかし、異なる学習者に対して、我々の新しい唐詩学習システムが提示する教育内容は同一であった。この点からみると、この唐詩学習システムはほかのWeb上の唐詩学習ホームページと大きな区別がないとも言えるだろう。学習者がより効率的に学習することを促すためには、唐詩学習に個々人に応じたメカニズムを提供する必要がある。特に、学習者に適切な教育内容を提供することが重要になってくる。なぜなら、過度に難しい教育内容は学習者を挫折させてしまい、他方、

過度に簡単な教育内容に対して学習者は挑戦する気をなくし、時間を無駄にしてしまう傾向があるからである。これを考慮して、本論文では、Webに基づく唐詩学習に「個々人に応じた学習支援」という考えを導入し、学習者に適切な教育内容を提供することを目的とする。

以下、2章では唐詩学習に導入した個々人に応じた学習支援の構造について紹介し、3章ではこの構造によって、どのように異なる学習者に適切な教育内容を提供するのかについて説明する。最後に本論文のまとめを述べる。

2 唐詩学習における個々人に応じた学習支援

「個々人に応じた学習支援」とは、学習者の個性、興味と知識レベルなどの学習に影響がある要素を分析し、個々の学習者に対応した教育内容と学習環境を提供することである。この目標を達成するため、これまで多くの研究者が学習者の異なる知識レベルを考慮すべきだと指摘し、学習者に適切な教育内容を提供するよう努めてきた。例えば、Šimić & Devedžić (2003) が開発した知能化のシステムCode Tutorは、XML技術を利用し、学習者に適切な課程内容を薦めることができるものである。Hatzilygeroudis & Prentzas(2004)はハイブリッドルールを利用してWebに基づく学習システムを開発した。このハイブリッドルールを利用する長

所としては、時間と空間を省く、強健な推論メカニズムを提供する、アップデートしやすいことが挙げられる。Chen (2008) が開発したWebに基づく学習システムは、ファジィ項目応答理論に基づいて、学習者が課程内容に対してもつ難度レベルと理解する程度の2つの問題のフィードバックによって学習者の理解レベルを判断し、それに応じて学習経路を提供するものである。また、学習者に適切なテストと教育内容を受けさせるため、Baylari et al. (2009) は多層agentを含む学習システムを提案した。このシステムでは、項目応答理論によって学習者の知識レベルを評価し、対応した適切なポストテストを提供する。一方、ニューラルネットワークによって設計したagentの1つは、教師のように学習者の学習問題を診断し、適切な教育内容をアレンジする。実験結果として、提案したシステムが異なる学習者に適当な教育内容を提出する精確度は83.3%に上った。以上の研究結果が示すように、異なる学習者の知識レベルを考慮に入れた個々人に応じた学習支援は、学習能力と有効性を促進するものであると言える。

本論文では、学習者の知識レベルと教育内容の難度の両方を考え、唐詩学習に個々人に応じた学習支援を導入する。上記の先行研究とは違って、本システムではファジィ制御を応用し、学習者の練習とテストの得点によって知識レベルを評価する。さらに、適当な教育内容をアレンジすることにする。図1に唐詩学習における個々人に応じた

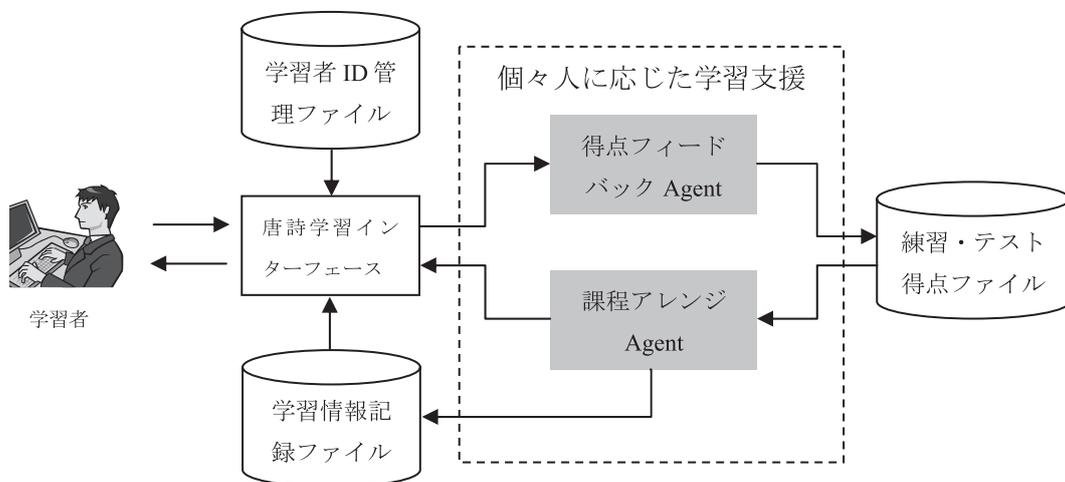


図1 唐詩学習における個々人に応じた学習支援の構造

によって、学習者はなぜ正解がそうでなければならないかを納得するようになるだろう。

(3) これらのフィードバック情報、例えば練習の得点、時間などを練習・テスト得点ファイルに保存する。

(4) 最後に、これらのフィードバック情報を課程アレンジAgentに転送する。

2.2 課程アレンジAgent

この個々人に応じた学習支援の最大の目標は個々の学習者に適当な難度の課程をアレンジすることである。しかし、学習者に適切な教育内容をアレンジする前に、学習者の知識レベルを評価する必要がある。従って、本システムでは課程アレンジAgentという機能を用いて、ファジィ制御アルゴリズムを採用しつつ、学習者の知識レベルランクと教育内容の難度ランクを区分する。そして両者の間の関係値を設定し、適当な難度の教育内容を学習者にアレンジする。それによって、個々人に応じた学習支援の目標を実現する。ファジィ制御アルゴリズムによっていかに学習者の知識レベルを評価し、適切な教育内容をアレンジするのにかつての詳しい論述は3章において行う。

課程アレンジAgentの機能は次の通りである。

(1) 得点フィードバックAgentは、転送された得点によって学習者の知識レベルを評価する。学習者の得点は確定した値であるが、ここではファジィ化の方法でいくつかの知識レベルランクに分ける。現時点では、「放棄」、「不可」、「可」、「良」、「優」の5つのランクを設定する。

(2) 教育内容の難度のランクを区分する。学習者の知識レベルにはいくつかのランクがあり、それに応じて、教育内容の難度も異なるランクを用意すべきである。異なる難度の教育内容は主に専門家の経験と意見によって設定する。現時点では「とても易しい」、「易しい」、「普通」、「難しい」、「とても難しい」の5つのランクに分ける。

(3) 学習者の知識レベルと教育内容の難度の間のマッピングを構築する。上述したように、知識レベルランクと教育内容の難度ランクは全てあいまいさを含んだ言語で記述される。このようなあいまいさがある両者の間に対応関係を実現するた

めに、従来の一対一の線形対応関数を用いず、if-then形式の論理形式で複数制御規則を用いる。つまり、両者の対応関係はファジィ数学関係を用いた非線形対応として設定される。

(4) 学習者に適切な教育内容をアレンジする。知識レベルランクと教育内容の難度ランクの対応関係によって、個々の学習者に適当な教育内容をアレンジし、学習インターフェースに出力する。

(5) これらの学習情報、例えば学習者の知識レベルランク、アレンジした教育内容の難度などを「学習情報記録ファイル」に記録する。

3 ファジィ制御による課程のアレンジ

学習者の知識レベルはさまざまであるが、異なる知識レベルの学習者に対して、Webに基づく学習システムが提示している学習内容は通常は同一である。これでは個々人に応じた学習支援の目標を達成することはできない。従って、個々人に応じた学習支援においては学習者の知識レベルを考慮しなければならない。この問題をめぐって、本システムでは、「課程アレンジAgent」というメカニズムを提案する。このAgentでは、経験が豊かなベテラン教員の教育行動をシミュレートし、学習者の成績や課程難易度などといった、あいまいさが存在する情報を互いに評価・判断する。これら人間の定性的な思考や判断を定量化するために「ファジィ制御 (fuzzy control)」¹⁾を採用する。

人間が実際にある一定の教育課程の制御を行う時には、「もしも学習者の得点が目標得点より悪ければ課程難度を易しくし、良ければ難しくする。もしも学習者の得点が目標得点であるなら、課程難度は現在の難度を維持する」といった判断が働くであろう。

この制御をコンピュータによって実行させるにはどうすればよいだろうか。以下ではこれについて段階を追って説明する。

3.1 制御目的・変数の設定

まず、本研究においては、制御の目的は、学習者の得点によって課程内容を学習者が適切と感じ

る難度に安定的に保つことである。例えば、学習者Aの得点が4点である（本システムの練習とテストの満点は10点である）場合、次に課すべき課程内容の難度をどうするかをファジィ制御で決定する問題を考えてみよう。

この場合、学習者によってあらかじめ設定された目標得点と学習者の実際の得点との差が問題になる。そこでこの差を状態変数とする。制御は、この値を入力として、次の課程の難度を設定難度より高めるか、下げるか、維持するかというやり方で行われる。言い換えると、制御量は実際の課程難度と最初に設定された課程難度の偏差である。

そこで、

(1) 本システムの中で、練習とテストの目標得点7点を初期値 S_0 として設定する。得点フィードバックAgentから得られた第n回の練習での学習者の得点を S_n とし、偏差 $S = S_0 - S_n$ を状態変数とする。

(2) 本システムの中で、課程難度の初期化は

rank3（本システムの教材内容では5つの難度が設定される。その中で、rank1は難度が最も低く、rank5は難度が最も高い）を D_0 に設定する。制御量は、課程難度 D_n と初期化した課程難度 D_0 との偏差 D とする。つまり、 $D = D_n - D_0$ を制御量とする。

3.2 ファジィラベルとファジィ規則

この場合、学習者の得点を入力として、この入力によって次の課程内容の難度を出力とする。つまり、制御量 D は、一つの要素 S から構成される。

$$D = \varphi(S) \tag{1}$$

ここで、式(1)は1次元のファジィ関数を示す。

次に、 D のファジィラベルをPB (Positive Big), PS (Positive Small), ZO (Zero), NS (Negative Small), NB (Negative Big) の5種類とする（記号の表記は本多・大里1989:145を参照）。さらに、 S のファジィラベルもPB, PS, ZO, NS, NBの5種類を設定する。このファジィ制御器における状態変数 S と制御量 D の5つのファジィラベルの具体的な意味を表1で示す。

表1 状態変数 S と制御量 D の5つのファジィラベル

状態変数 S	PB	目標得点と実際の得点の差がかなり大きい
	PS	目標得点と実際の得点の差が少し大きい
	ZO	目標得点と実際の得点の差がゼロ
	NS	目標得点と実際の得点の差が少し小さい
	NB	目標得点と実際の得点の差がかなり小さい
制御量 D	PB	実際の課程難度と初期化した課程難度の差がかなり大きい
	PS	実際の課程難度と初期化した課程難度の差が少し大きい
	ZO	実際の課程難度と初期化した課程難度の差がゼロ
	NS	実際の課程難度と初期化した課程難度の差が少し小さい
	NB	実際の課程難度と初期化した課程難度の差がかなり小さい

また、次の課程のアレンジは、表2の制御行列により推論されるものとする。

表2 次の課程アレンジの制御行列

S	PB	PS	ZO	NS	NB
D	NB	NS	ZO	PS	PB

ここで、制御行列 D は、 S （目標得点と実際の得点との差）がPB（かなり大きい）であれば、

次の課程の難度偏差 D はNB、つまり実際の課程難度と初期化した課程難度の差がかなり小さいも

のとなる。また、SがPS（目標得点と実際の得点との差が少し大きい）であれば、次の課程の難度偏差DはNS（実際の課程難度と初期化した課程難度の差が少し小さい）となる—など5つのファジィ規則を表す。

先に述べた例である学習者Aの得点が4点の場合を考えてみよう。表2から、次の課程のアレンジは、以下の規則1~5により、事実：4点を推論することにより決定される。

規則1：if S = PB, then D = NB；

規則2：if S = PS, then D = NS；

規則3：if S = ZO, then D = ZO；

規則4：if S = NS, then D = PS；

規則5：if S = NB, then D = PB。

事 実 : 4点 → ?

この推論を行うには、適切なメンバーシップ関数を同定する必要がある。次に、この事例のメン

S：

$$\mu_{PB}(S) = \begin{cases} e^{-\frac{2(S-6)^2}{9}}, & S \leq 6 \\ 1, & S > 6 \end{cases}$$

$$\mu_{PS}(S) = \begin{cases} 1 - \frac{|2-S|}{2}, & 0 \leq S \leq 4 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

$$\mu_{ZO}(S) = \begin{cases} |1-S|, & -1 \leq S \leq -1 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

$$\mu_{NS}(S) = \begin{cases} 1 - |1 + \frac{2}{3}S|, & -3 \leq S \leq 0 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

$$\mu_{NB}(S) = \begin{cases} -0.5 - 0.5S, & -3 \leq S \leq -1 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

これをグラフで表すと図3のようになる。

一般に、状態変数Sの値が各ファジィラベルに属するグレードが1であるのは1つだけである。従ってこれを、三角型メンバーシップ関数で表示するのが普通である。図3により、評価値PS, ZO, NS, NBは三角形のメンバーシップ関数を採用する。しかし、PBだけはつり鐘型メンバーシップ関数を採用する。その理由は以下の通りである。

バーシップ関数の設定について述べる。

3.3 メンバーシップ関数の設定

ファジィ制御の重要な概念としてのメンバーシップ関数はファジィ集合Aにおける要素xがAに属する度合い（grade of membership）を表す。メンバーシップのグレードは基本的には個人の主観によって決まる。一般に、三角型関数によってxがAに属する度合いを記述することが多い。

本システムでは、練習とテストの得点 S_n の範囲は0から10点までであるので、状態変数Sの範囲は目標得点7点マイナス S_n 、つまり $[-3 \sim 7]$ である。そして課程の難度は5つのレベル（rank1~rank5）に分けられ、初期値はrank3に設定し、しかも制御量Dは課程難度 D_n マイナス初期値rank3となり、従って制御量Dの範囲は $[-2 \sim 2]$ と設定される。ベテランの教員の指導行動をシミュレートして、SとDの評価値PB, PS, ZO, NS, NBについてのメンバーシップ関数を、以下のように設定する。

学習者の得点が0点あるいは1点であれば、この得点は非常に悪いと認められる。この時、状態変数Sの値は6あるいは7であり、この2つの値はファジィラベルPBに属するグレードを1と設定できると考えられる。従って、PBはほかの4つの評価値と違って、つり鐘型メンバーシップ関数になる。

次に評価値PSを例として、以上のメンバーシップ関数の意味を説明してみよう。[0 ~ 4]の範囲

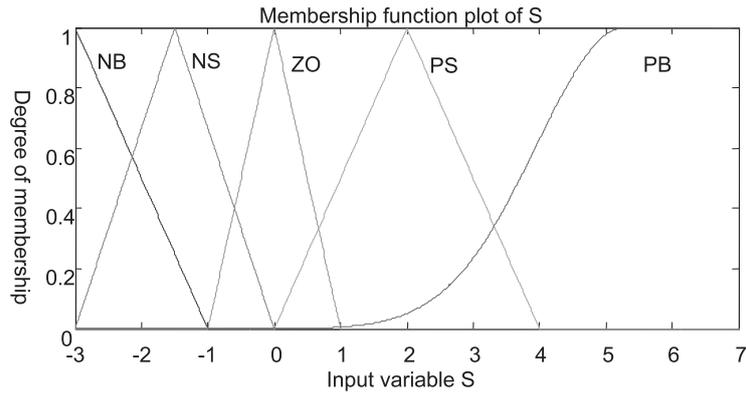


図3 入力変数Sのメンバーシップ関数

において、目標得点と実際の得点の偏差Sは評価値PSに属するグレード $1 - \frac{|2-S|}{2}$ のような関数として記述される。また、これ以外の範囲において、Sは評価値PSに属するグレードがすべて0である。つまり、[0 ~ 4]以外のSの値は評価値PSには属さ

ない。

制御量Dについて、5つのラベルはすべて三角形のメンバーシップ関数で表示される。Dのメンバーシップ関数は次のように表される。

$$\mu_{PB}(D) = \begin{cases} \frac{|-2+D|}{2}, & 1 \leq D \leq 2 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

$$\mu_{PS}(D) = \begin{cases} 1 - \frac{|-2+D|}{2}, & 0 \leq D \leq 2 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

$$\mu_{ZO}(D) = \begin{cases} 1 - \frac{|D|}{2}, & -1 \leq D \leq 1 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

$$\mu_{NS}(D) = \begin{cases} 1 - \frac{|2+D|}{2}, & -2 \leq D \leq 0 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

$$\mu_{NB}(D) = \begin{cases} \frac{|2+D|}{2}, & -2 \leq D \leq -1 \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

これをグラフで表すと図4のようになる。

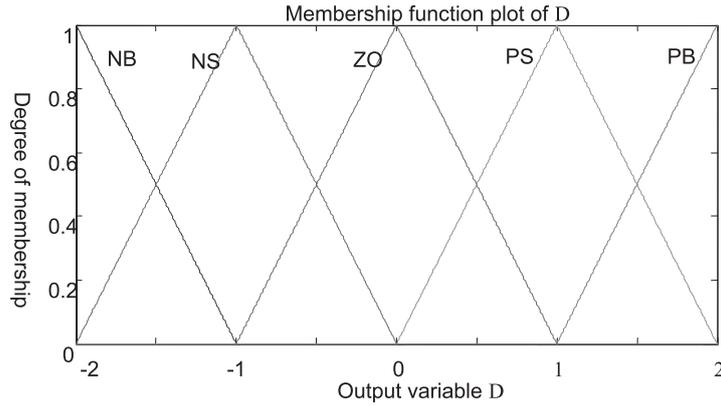


図4 制御量Dのメンバーシップ関数

3.4 出力結果の計算と検索表の作成

このファジィ制御器が含まれるファジィ規則は以下の5つである。

- 規則1 : if S = PB, then D = NB ;
- 規則2 : if S = PS, then D = NS ;
- 規則3 : if S = ZO, then D = ZO ;
- 規則4 : if S = NS, then D = PS ;

規則5 : if S = NB, then D = PB。

以上5つの規則をファジィ関係式に対応させると、次の R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 になる。この中で、 R_1 は、状態変数SをPBに属するグレードと制御量DをNBに属するグレードの直積集合として定義される。つまり、

$$R_1 = \mu_{PB}(S) \times \mu_{NB}(D)$$

同じように、

$$R_2 = \mu_{PS}(S) \times \mu_{NS}(D), R_3 = \mu_{ZO}(S) \times \mu_{ZO}(D)$$

$$R_4 = \mu_{NS}(S) \times \mu_{PS}(D), R_5 = \mu_{NB}(S) \times \mu_{PB}(D)$$

R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 という5つの関係を和演算すると、ファジィ関係Rを求めることができる。

このファジィ関係Rの値は：

$$R = R_1 \vee R_2 \vee R_3 \vee R_4 \vee R_5$$

$$= \{\mu_{PB}(S) \times \mu_{NB}(D)\} \vee \{\mu_{PS}(S) \times \mu_{NS}(D)\} \vee \{\mu_{ZO}(S) \times \mu_{ZO}(D)\}$$

$$\vee \{\mu_{NS}(S) \times \mu_{PS}(D)\} \vee \{\mu_{NB}(S) \times \mu_{PB}(D)\} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

になる。

次に、状態変数Sの離散化ランク (Sの範囲は[-3 ~ 7]なので、11個の要素から構成される) に対

してファジィ化し、それに応じるファジィ集合を得ることができる。またこれらのファジィ集合に対して推論を行うと、制御量Dのファジィ集合

$D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8, D_9, D_{10}, D_{11}$ であり、 $D_1 = \mu_{PB}(S) \circ R = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0.2 \ 0.6 \ 1 \ 1 \ 1] \circ$ を得ることができる。計算過程と結果は以下の通りである。

$$D_1 = \mu_{PB}(S) \circ R = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0.2 \ 0.6 \ 1 \ 1 \ 1] \circ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0.5 \ 1]$$

$$D_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0.7 \ 0.5], D_3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0.7 \ 0.5], D_4 = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0],$$

$$D_5 = [0.2 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0], D_6 = [0.2 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0], D_7 = [0.2 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0],$$

$$D_8 = [1 \ 0.2 \ 0 \ 0 \ 0], D_9 = [1 \ 0.2 \ 0 \ 0 \ 0], D_{10} = [1 \ 0.2 \ 0 \ 0 \ 0],$$

$$D_{11} = [1 \ 0.2 \ 0 \ 0 \ 0]$$

ここで得られた $D_1 \sim D_{11}$ は制御量のファジィ集合である。この結果をそのまま利用する場合もあるが、数値処理をする場合には、得られた結果をなんらかの一つの確定した値（代表値）とする必要がある。これを「非ファジィ化(Defuzzification)」という。ここでは、最大値の最大化法（Largest of Maximum）を用いて、推論結果として得られたファジィ集合のあいまいさに対してある種の解釈

を与えて、確定的な離散化ランクを決定する。結果は以下のようになる：

$$D_1 = 2, D_2 = 1, D_3 = 1, D_4 = 0, D_5 = -1, D_6 = -1, D_7 = -1, D_8 = -2, D_9 = -2, D_{10} = -2, D_{11} = -2.$$

最後に、上記のファジィ制御の中で、入力としての状態変数 S の離散化ランクと出力としての制御量の確定値を対応させると、表3のファジィ制御検索表になる。

表3 課程アレンジのファジィ制御検索表

S	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
D	2	1	1	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2

ここで、学習者Aの例を再度考えてみよう。Aの得点は4点であるので、状態変数 $S = 7 - 4 = 3$ 、表3によると、制御量 D は-1になる。つまり、学習者Aにアレンジした次の課程の難度は初期化した課程難度rank3より1レベル下げて、rank2の課程にする。これは、学習者Aにおいては、得点はまだ目標得点に達していないので、課程の難度を少し下げて、得点を目標得点に上げさせるように工夫するという結果になる。

3.5 ファジィ制御を応用する利点

ファジィ制御を応用する利点については、以下の3点が挙げられる。

第一に、ファジィ制御を応用すれば、次の課程内容を柔軟にアレンジすることができる。このファジィ制御は、ベテラン教員の教育経験と判断をシミュレートし、次の課程難度の指定、学習者の得点偏差などの要素のメンバーシップ関数を同定することにより、課程内容をアレンジする

Agentを開発することができる。このAgentについて、学習者の得点によって異なる課程内容を与えることができ、個々人に応じた学習支援を行うことができることが最大の特徴である。

また、ファジィ制御は多層ラーニングに役立つ。この課程アレンジAgentの中で、課程内容の難度は5つに分かれる。それぞれは「とても易しい」rank1、「易しい」rank2、「普通」rank3、「難しい」rank4、「とても難しい」rank5である。初めて本システムにアクセスする学習者には初期化した課程、つまり、難度が「普通」であるrank3の課程をアレンジする。学習者は最初にこの難度の課程を学習し、得点がよければ、次の課程の難度では「普通」より難しくなる。得点が悪ければ、次の課程の難度は「普通」より易しくなる。得点と同じならば、次の課程の難度は「普通」で維持する。

さらに、このような課程アレンジAgentを利用することによって、Webに基づく学習システムの利用において、ベテランでない教員もエキスパートに近い教育活動を行うことができ、教授者の指導能力の向上にも役立つようになる(山下・清水1993)。

4 まとめ

学習者によって知識レベルは大きく異なる場合がある、しかし、多くのWebに基づく学習シス

テムは、学習者の知識レベルは課程内容の難度とマッチしているかどうかを考えずに、すべての学習者に同じような学習内容を提示している。本論文では、学習者の知識レベルを考慮して、異なる学習者に対応している教育内容と学習環境を提示することをめざして、「個々人に応じた学習支援」というコンセプトを導入した。このコンセプトの実現は得点フィードバックAgentと課程アレンジAgentの2つを含んでいる。その中で、得点フィードバックAgentは、学習者の練習とテストの回答情報を収集し、正解と比べて、学習者の得点と問題の解釈を含むWebページを生成して学習者にフィードバックする。また、これらのフィードバック情報を保存し、課程アレンジAgentに伝送する。一方、ファジィ制御を応用する課程アレンジAgentは、学習者の知識レベルと唐詩教育内容の難度の両方を総合的に考慮し、学習者の得点によって知識レベルを判断して、さらに適切な難度の課程内容を異なる学習者に提示する。

この個々人に応じた学習支援の実現によって、サーバの中に学習進度などの個人データが保存でき、さらに異なる知識レベルの学習者に異なる教育内容をアレンジすることができる。そうすることによって、Webに基づく学習の知能性を改善し、動的学習と提示が可能になり、これによって個々の学習者に応じて指導ができる唐詩学習が実現できる。

注

*本稿は、筆者の一人(廖)が広島大学大学院総合科学研究科に提出した博士論文『Webに基づく唐詩学習の理論研究と実践』(2009)の一部に基づき、それを廖、吉田が加筆修正したものである。

1) ファジィ制御は、「ファジィ集合論、ファジィロジックに基づいて、従来の制御理論と結びつけ、人間の思惟方式を模倣し、モデル化困難な対象に対

して実施する制御方法である」。具体的に言えば、ファジィ制御は、人間が行う判断などあいまいさをもつ制御を分析して、いくつかの規則「もしAならば、Bとする」で表現し、ファジィ推論を用いてコンピュータに実行させるものである(山下・須田1997: 68-70)。

参考文献

Baylari A., & Montazer Gh. A. (2009). Design a personalized e-learning system based on item response theory and artificial neural network approach. *Expert*

Systems with Applications, 36, pp. 8013-8021.

Chen C. M., Duh L. J. (2008). Personalized web-based tutoring system based on fuzzy item response theory.

- Expert Systems with Applications*, **34**, pp. 2298-2315.
- Hatzilygeroudis, I. & Prentzas, J. (2004). Using a hybrid rule-based approach in developing an intelligent tutoring system with knowledge acquisition and update capabilities. *Expert System with Applications*, **26**, pp. 477-492.
- 本多中二, 大里有生 (1989). ファジィ工学入門. 東京: 海文堂.
- 廖繼莉 (2009). Webに基づく唐詩学習の理論研究と実践. 広島大学博士論文.
- 廖繼莉・吉田光演 (2007). WEBに基づく唐詩学習 CALLシステムの設計と具体化. 広島大学大学院総合科学研究科紀要I『人間科学研究』(第2巻), pp. 1-9.
- Šimić, G. & Devedžić, V., (2003). Building an intelligent system using modern internet technologies. *Expert System with Applications*, **25**, pp. 231-246.
- 山下元, 清水誠一 (1993). ファジィ理論を応じた評価システム. 電子情報通信学会技術研究報告. ET93-21, pp. 19-24.
- 山下元, 須田宏 (1997). ファジィ数学入門. 東京: 森北出版株式会社.