

# 学習経路提示とグループ化による Web 教育への一提案

小林俊裕<sup>†</sup> 水谷晃三<sup>†</sup> 山口大輔<sup>†</sup> 池本悟<sup>‡</sup> 永井正武<sup>‡</sup>  
 帝京大学大学院理工学研究科<sup>†</sup> 帝京大学理工学部<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年ネットワークを介した Web 型個別学習が注目を浴びている。しかし、Web 型個別学習の多くは学習環境の制約があつて、指導者側が学習者の学習状況を常に把握しているとは限らない。そのため、指導者側の経験や勘によって行われている学習経路の提示や学習者同士のグループ化を自動的に行う必要がある。

そこで本論文は、エージェント技術および灰色理論<sup>[1]</sup>に含まれる灰色分析技法並びに灰色クラスター分析<sup>[2]</sup>を導入することによって、学習者の学習進捗を考慮したグループ化と掲示板情報の効率化方策について提案する。

## 2. 授業(学習)構造化と学習者のグループ化

### 2.1 授業の構造化と学習マップ・学習経路算出

学習者は一般的に、最終的に学びたい項目を目標として学習する。しかし、複雑化傾向にある科目では関連した多量な基礎知識が必要であるため、最初から最終目標項目を直観的に理解することはきわめて困難である。そこで本研究は、授業を「目標学習項目と目標学習項目間の連結性を理解するための前提条件となる概念集合」と定義し、ISM 法およびペトリネット解析を適用することで、学習マップの取得および目標学習項目までの学習経路の算出方法をすでに提案している<sup>[3]</sup>。

### 2.2 学習者のグループ化

#### 2.2.1 灰色分析法

灰色分析法は灰色理論に含まれる技法である。灰色分析には部分データに注目して調べる局部型灰色分析法と、全データを調べる全体型灰色分析法の二つがある。以下に計算の基本となる局部型灰色分析法の計算手順を示す。  
**手順 1** 対象とするシステムにおける式(1)に示す数列データに対して、各数列間における類似度に着目する。

$$x_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)\}, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

局部型灰色分析法では、類似度合の対象とする数列データである基準数列を設定し次式とする。

$$x_0 = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k)\} \quad (2)$$

**手順 2** 灰色関連係数を得るために、 $x_0$  に対する各比較数列の差を式(3)により算出し、 $\Delta_{oi}(j)$  とする。

$$\Delta_{oi}(j) = |x_0(j) - x_i(j)|, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

**手順 3** 各  $\Delta_{oi}(j)$  において式(4)、式(5)により  $\Delta_{\max}$  と  $\Delta_{\min}$  を求める。

$$\Delta_{\max} = \max_{j \in I} \max_{k \in I} \|x_0(k) - x_i(k)\| \quad (4)$$

$$\Delta_{\min} = \min_{j \in I} \min_{k \in I} \|x_0(k) - x_i(k)\| \quad (5)$$

**手順 4**  $\Delta_{\max}$  および  $\Delta_{\min}$  を用いて次式より灰色関連係数  $\gamma_{oi}(j)$  を算出する。

$$\gamma_{oi}(j) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_{oi}(j) + \rho \Delta_{\max}}, \quad j=1, 2, \dots, k \quad (6)$$

ただし、相対する数値の大小だけを変化させる調節用の係数  $\rho=0.5$  とする。

**手順 5** 得られた灰色関連係数  $\gamma_{oi}(j)$  から、式(7)により基準数列  $x_0$  と比較数列  $x_i$  の類似度を表す灰色関連度  $\Gamma_{oi}$  を導き、順序関係を算出する。

$$\Gamma_{oi} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \gamma_{oi}(j) \quad (7)$$

ただし、 $\Gamma_{oi} \rightarrow 1$  であるほど基準数列  $x_0$  と比較数列  $x_i$  間の数列データが類似していることを表す。

#### 2.2.2 灰色クラスター分析

灰色クラスター分析法は各数列データの類似度を算出するために、各比較数列データを一度ずつ基準数列として設定し灰色分析する<sup>[2]</sup>。式(8)は分析によって得られる灰色関連度  $\Gamma_{ij}$  間の連結性を行列で表現したものである。

$$R_{m \times m} = \begin{bmatrix} \Gamma_{01} & \dots & \Gamma_{0j} & \dots & \Gamma_{0m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma_{i1} & \Gamma_{ij} & \Gamma_{im} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma_{m1} & \dots & \Gamma_{mj} & \dots & \Gamma_{mm} \end{bmatrix} \quad (8)$$

従来のクラスター分析における類似係数に相当する値である灰色相関係数  $I(c_i, c_j)$  を式(9)により算出する。

$$I(c_i, c_j) = \left. \begin{aligned} & \frac{\Gamma_{ij} + \Gamma_{ji}}{2}, & i < j, i=1, 2, \dots, m-1 \\ & & j=1, 2, \dots, m \\ & 0 \leq I(c_i, c_j) \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

ただし、灰色関連度は数列  $c_i$  を基準とした場合の数列  $c_j$  との類似度を  $\Gamma_{ij}$ 、数列  $c_j$  を基準とした場合の数列  $c_i$  との類似度を  $\Gamma_{ji}$  とする。式(9)は  $c_i$ 、 $c_j$  間の類似度であり、 $I(c_i, c_j) \rightarrow 1$  であるほど類似していることを表している。灰色クラスター分析は、 $I(c_i, c_j)$  の高い値から順に  $c_i$ 、 $c_j$  を組み合わせ、クラスタリング情報とする。

#### 2.2.3 学習者のグループ化への適用

本提案のグループ化では学習マップを使用し、各学習者の学習状況  $x_i$  を式(10)の数列データとして設定する。

$$x_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)\} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (10)$$

ただし、学習状況  $x_i$  を構成する要素  $x_i(k)$  の順序は、各学習項目を学習マップから取得した階層レベルによって降順に並び替える。要素  $x_i(k)$  は対応する学習状況とし、学習済み状態を 1、未学習状態を 0 とする。灰色クラスター分析によるグループ化の適用例として、各学習における数列データの具体例を表 1 に示す。

表 1 学習状況

学習者	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$
$x_0$	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$x_1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$x_2$	1	0	1	1	1	1	1	1	1
$x_3$	1	0	0	1	1	1	1	1	1
$x_4$	0	0	0	1	1	1	0	1	0
$x_5$	1	0	0	0	0	1	1	1	0
$x_6$	0	1	0	0	1	0	1	0	0
$x_7$	0	0	0	1	1	0	0	0	0
$x_8$	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$x_9$	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Proposal for the Web education by presenting rules of the learning map and group programming

<sup>†</sup>Graduate school of Science and Engineering, Teikyo University

<sup>‡</sup>School of Science and Engineering, Teikyo University

学習者  $x_0$  の場合はすべての学習項目を学習済みであるので、学習進捗状況の基準となる数列データとする。学習者のグループ化結果を図1に示す。

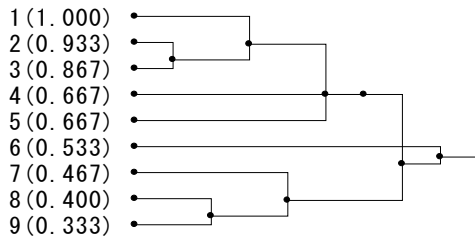


図1 学習者のグループ化例

### 3. 掲示板情報の構造化による効率化

Web型学習環境は、学習者の多くが個別に学習を行うため、学習過程で行き詰まり状態に陥った場合、FAQ等による指導者や他の学習者とのコミュニケーションが必要である。そこで、コミュニケーションの一つの手段である電子掲示板の効率化による行き詰まり対策方法について述べる。

#### 3.1 掲示板情報の定義と構造化

本論文では、電子掲示板を構成する基本概念として、主題となるタイトル、タイトルに関する意見、意見に含まれる重要用語からなると定義する。基本概念の各項目は因果関係および推移律が成立しているものとする。ここで、各掲示板による構成要素の関係を式(11)と定義し、隣接行列  $A$  とする。

$$A = (a_{ij}) \begin{cases} a_{ij} = 1 & \text{if } (s_i, s_j) \in R \\ a_{ij} = 0 & \text{if } (s_i, s_j) \notin R \end{cases} \quad (11)$$

ただし、順序対  $(s_i, s_j)$  は掲示板構成要素  $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)$   $i=1, 2, \dots, n$  の部分集合であり、 $R$  は  $(s_i, s_j)$  の全体集合である。

次に式(12)により、隣接行列  $A$  から ISM 法によって可達行列  $T$  を導く。

$$(A + I)^{k+1} = (A + I)^k \equiv T \quad (I: \text{単位行列}) \quad (12)$$

#### 3.2 掲示板情報の構造化

本論文にて提案する電子掲示板は、式(12)で導出した可達行列  $T$  から階層レベルを抽出した有向グラフの可視化が可能となる。個別の電子掲示板オブジェクトを  $A$ 、 $B$  と仮定すれば、構成要素を式(13)のように得られる。

$$\begin{aligned} A &= (a_1, a_2, \dots, a_n) \\ B &= (b_1, b_2, \dots, b_n) \end{aligned} \quad (13)$$

図2に示すように  $A$  と  $B$  に同一の用語(図中の  $a_i$  と  $b_i$ )が含まれている場合、互いの掲示板情報を関連付けて可視化することができる。この概要図を図2に示す。

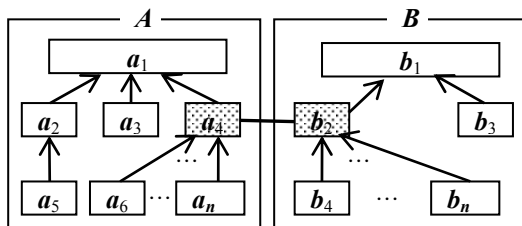


図2 掲示板情報の関連付け

### 3.3 具体例

具体例として図3は掲示板情報を構造化し、関連する掲示板構造化の用語の関連付けを行い可視化した結果である。各掲示板情報例はそれぞれエージェント実現方法について、エージェント実装メソッドについて記述したものである。実際、多くの場合は複数個所に関連付けられるため、体系的な理解に寄与することができる。

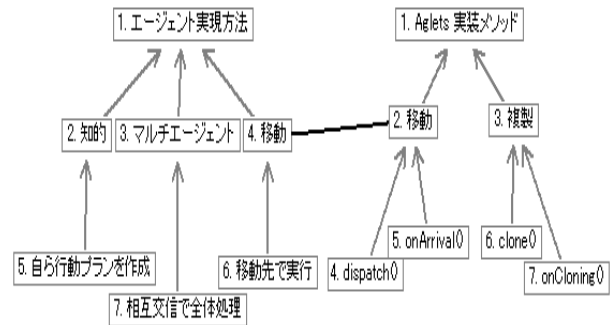


図3 掲示板情報の構造化例

### 4. 評価

本論文は、灰色分析法を適用することで各学習者の進捗状況を考慮したグループ化が数理的に解析可能となる。例えば、図1における  $x_0$  の学習者に対しては、学習項目の階層レベルの深い順に学習していないため、他の学習者とグループ化は最後になっていることがわかる。これは、指導が必要であると判断することができる。また、掲示板情報を ISM 構造化し、特定用語に着目することで、他の掲示板の関係のある情報の可視化が可能となる。学習者の体系化能力支援に直接寄与することができる。

### 5. おわりに

本論文では、ネットワークを介した Web 型個別学習において、灰色分析法の適用による学習進捗状況を考慮した学習者同士のグループ化および掲示板情報の効率化方策について提案した。また、筆者らは灰色分析法を学習評価としても報告している<sup>[4]</sup>。今後は、学習環境の制約条件の解決策としてさらに、CD-ROM のみで起動する環境をベースとし、MAS (Multi-Agent System) 化<sup>[5]</sup>の完成度を高めた続報を予定している。

### 参考文献

- [1] 永井正武, 灰色理論帝京大学理工学部講義ノート, 2004. (出版予定)
- [2] 山口大輔, 小林俊裕, 水谷晃三, 永井正武, “灰色分析を適用した階層的クラスター分析法の提案,” 情報処理学会研究報告, AL-93-11, Jan. 2004.
- [3] 小林俊裕, 山口大輔, 水谷晃三, 鍾静蓉, 永井正武, “学習マップと経路の提示則による Web 教育への一提案,” FIT2003, K-107, 2003.
- [4] 小林俊裕, 水谷晃三, 山口大輔, 永井正武, “Web 教育型学習評価数量化に関する一提案,” 電子情報通信学会ソサエティ大会, B-16-14, 2003.
- [5] 水谷晃三, 小林俊裕, 山口大輔, 永井正武, “自律 Agent-Flow 型処理を実現する開発環境構築への提案,” 情報処理学会, 第 66 回全国大会, 2004.(投稿中)