

## 灰色分析法を適用した学習マップと学習経路提示則による Web教育への一提案

A Proposal for the Web Education by Presenting Routs Rule and Learning Map using Grey Analysis

小林俊裕† 水谷晃三† 山口大輔† 池本悟†  
Toshihiro Kobayashi Kozo Mizutani Daisuke Yamaguchi Satoru Ikemoto

赤羽根隆広† 永井正武†  
Takahiro Akabane Masatake Nagai

### 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。Web 型個別学習環境の多くは自己学習であるため効率が良いとは限らない。筆者らは授業を構成する複雑化した学習コンテンツに対して構造化し可視化を行う。また、灰色分析法を適用することで学習項目の理解度を考慮した項目を算出する。これにより、学習者別に理解度に応じた目標項目までの学習経路を提示する効率的な学習方法を提案する。

### 2. 授業 (学習) 構造化と学習経路

#### 2.1 授業の構造化と学習マップ

Web 型個別学習において学習者は一般的に、最終的に学びたい項目を目標として学習する。学習対象とする授業によっては項目を理解するために多量な関連した基礎知識が必要である。そのため、最初から最終的な目標項目を理解することは極めて困難である。本提案では、ISM法により構造化を行う。

#### 2.2 学習経路提示手法

学習経路の提示方法は、ISM法で構造化した学習項目<sup>[1]</sup>に対し、行列を使用したペトリネット解析法を導入<sup>[2]</sup>している。しかし、この手法のみでは、同階層レベルの学習項目に対する選択項目は、学習者が任意に選択しなければならない。そこで、灰色理論に含まれる灰色分析法により学習項目に習得容易度の付加情報を設定する。

##### 2.2.1 灰色分析法

灰色分析法とは、灰色理論に含まれる分析技法であり、複数の観測値を持つ数列データに対して、類似度を測る分析技法である。灰色分析法は局部型と全体型があり、本提案では局部型を用いて学習経路提示を行う。以下に局部型灰色分析法の計算アルゴリズムを示す。

比較対象とする比較数列  $x_i (i=1,2,\dots,n)$  を次式に定義する。

$$x_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)\} \in X \quad (1)$$

$X$  は灰色集合空間である。また、比較の基準対象となる基準数列データを式(2)とする。

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

最初に、基準数列データと比較数列  $x_0$  の差の絶対値  $\Delta_{0i}(j)$  を求める。

$$\Delta_{0i}(j) = |x_0(j) - x_i(j)|, (j=1,2,\dots,k) \quad (3)$$

次に、灰色関連係数  $\gamma_{0i}(j)$  を各  $\Delta_{0i}(j)$  に対して算出する。

$$\begin{aligned} \gamma_{0i}(j) &= \frac{\min_{v_i} \min_{v_j} \{\Delta_{0i}(j)\} + \rho \max_{v_i} \max_{v_j} \{\Delta_{0i}(j)\}}{\Delta_{0i}(j) + \rho \max_{v_i} \max_{v_j} \{\Delta_{0i}(j)\}} \\ &= \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(j) + \rho \Delta_{\max}} \end{aligned} \quad (4)$$

式(4)の  $\rho$  は重みを表し、一般的には  $\rho=0.5$  とする。式(4)で求めた灰色関連係数  $\gamma_{0i}(j)$  を用いて次式により灰色関連度  $\Gamma_{0i}$  を求める。

$$\Gamma_{0i} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \gamma_{0i}(j) \quad (5)$$

$\Gamma_{0i}$  は  $x_0, x_i$  における類似度である。 $\Gamma_{0i} \rightarrow 1$  であるほど基準数列  $x_0$  と比較数列  $x_i$  の数列データが類似していることを表す。

##### 2.2.2 理解度による学習経路の算出

指導者が授業を行う通常の授業にて、学習者に学習項目を提示する場合、従来の方法として経験や勘によって学習項目の習得度合いを考慮することが一般的に用いられる。本提案では、灰色分析法によって学習項目を算出する。学習経路算出アルゴリズムを以下に示す。学習項目  $x_i$  に対して次式の情報を持つ比較数列を定義する。

$$x_i = \{\text{学習者1, 学習者2, } \dots, \text{学習者n}\} \quad (6)$$

式(6)の各要素は対象とする学習項目  $x_i$  に対する、各学習者の理解度である。この理解度は、事前に自己採点や自己評価、アンケートなどにより取得し、閉区間  $[0,1]$  に正規化する。次に次式により、比較基準とする基準数列を定義する。

$$x_0 = \{1, 1, \dots, 1\} \quad (7)$$

式(7)の基準数列は、各学習者がある学習項目を完全に理解している理想的な状態である。式(6)と式(7)を用いて灰色分析を行うことで、理想的な項目と類似している学習項目の順序を算出する。つまり、各学習者の理解度の高い項目を総合的に判断することで、習得の容易な学習項目の順序から判断し、学習者に提示する。

### 3. 適用例

本システムは Web 型個別学習を想定し、本大学の情報科1年生を対象とした科目に、学習支援補助ツールとして学習者に実施している。授業内容は、Linux コマンドの習得である。学習項目の概念を表1に示す。ただし、学習項目  $p_i$  は前提条件となる項目が表1と同様に複数含まれている。

† 帝京大学大学院理工学研究科, Science and Engineering, Graduate School of Teikyo University

表1 学習項目概念

項目番号	内容	学習レベル	階層レベル
1	Linux コマンドの理解	Z <sub>1</sub>	1
2	回答用ディレクトリ作成	t <sub>1</sub>	2
3	ディレクトリ作成方法	p <sub>1</sub>	3
4	テスト開始時刻の保存	t <sub>2</sub>	2
5	日時表示方法とパイプ1	p <sub>2</sub>	3
6	ディスク状況の保存	t <sub>3</sub>	2
7	ディスク状況表示とパイプ	p <sub>3</sub>	3
8	Viエディタの使用	t <sub>4</sub>	2
9	Viエディタの起動	p <sub>4</sub>	3
10	テスト終了時刻の保存	t <sub>5</sub>	2
11	日時表示方法とパイプ2	p <sub>5</sub>	3

事前アンケートでは、学生の多くは Windows の経験があるが、Linux については未経験者であった。しかし、表1の学習内容にあるパイプコマンドやディレクトリ操作については、本授業前に Windows で事前練習をしている。そのため、該当項目(3,5,7,11)は理解済みと設定する。Linux についての講義後、コマンドについてテストを行う。図1は、テスト時における2004年度学習者の理解した学習順序の推移である。学習レベルに合わせて学習経路が個別に提示される。図2は本提案を適用しない2003年度および2004年度の総合評価<sup>[3]</sup>である。2004年度の成績を基準とした結果、比較的効率よく理解されていることがわかる。図3は2003年度と2004年度を比較した自習時間である。

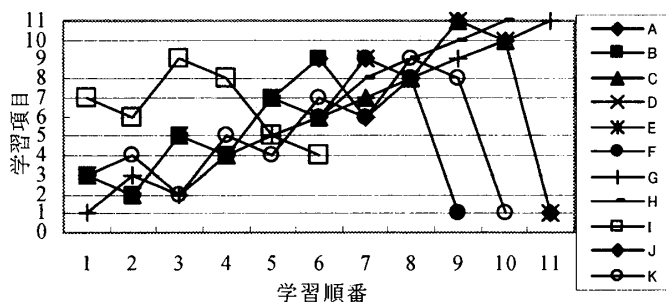


図1 学習経路推移

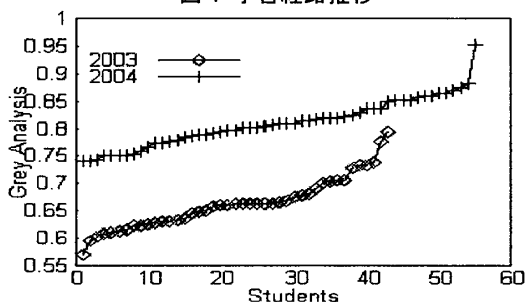


図2 灰色分析法による総合評価

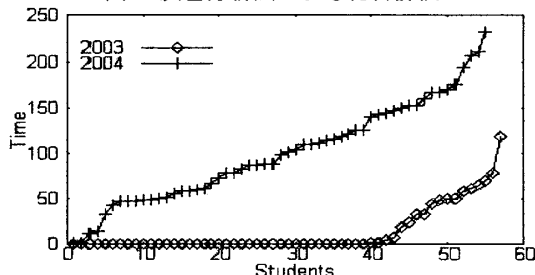


図3 自習時間

図4は2004年度の単位自習時間当たりの得点率である。学習時間に比例して理解していることがわかる。

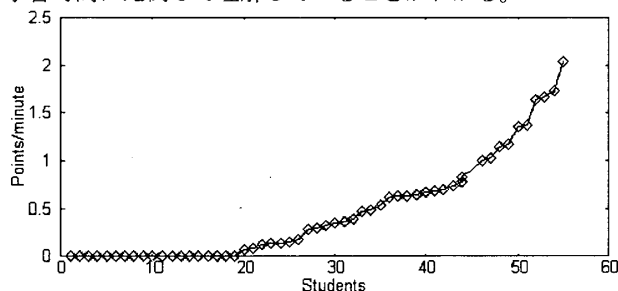


図4 単位自習時間当たりの得点率

#### 4. 評価および考察

##### 4.1 個別評価

図1から、学習者の多くが提示した項目の順序が高い項目(項目番号 2,3,4,5)を選択し、理解していると判断することができる。図2および図3より努力過程を考慮した総合評価では、自習時間が多い学習者は評価が高い。この中で、自習時間が少ない学習者も比較的高い評価に分別される学習者が複数いる。分析後、得点が高い学習者であることが分かった。これらの学習者は、図4から、単位自習時間当たりの得点率が高く、理解している学習者といえる。

##### 4.2 全体評価

図2から、全体的に学習支援システムを適用した学習者の方が、総合評価が高い傾向にある。これは、図3に示すように、2003年度に比べて自習時間が4倍に増加したためである。

##### 4.3 考察

事前アンケートでは、授業内容である Linux コマンドについて知識を保持している学習者が少数である。そのため、灰色関連度の数値の幅が狭く、学習項目の優先順序がほぼ等しい結果であった。そこで、テスト前の講義や前経験を考慮し、学習項目の理解度の再設定を行った。結果、学習者は提示した習得容易な項目を最初に行うため、効率の良い学習が行えたと判断できる。

#### 5. おわりに

本提案では学習マップと習得容易な項目を提示することで、テスト点数や自習時間の増加に効果を上げた。Web 型個別学習では、長期的な学習意欲を持ち、かつ少ない時間で効率的に学習することが理想である。今後は他の授業でも同等の実験を試み、完成度を高める予定<sup>[4]</sup>である。

#### 参考文献

- [1] 佐藤隆博,ISM 構造学習法,明治図書出版,1987.
- [2] 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.
- [3] 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イエティ大会, B-16-14,2003.
- [4] 小林俊裕,水谷晃三,山口大輔,池本悟,永井正武,“学習経路提示とグループ化による Web 教育への一提案,”情報処理学会第66回全国大会,4Q-4,2004.