

項目反応理論を用いた e-learning コンテンツの 配信制御

佐々木 大 輔*・松 坂 知 行**・栗 原 伸 夫**

Adaptive Distribution of E-learning Contents Using Item Response Theory

Daisuke SASAKI*, Tomoyuki MATSUZAKA** and Nobuo KURIHARA***

Abstract

Many e-learning systems have been prevailing in a lot of university. However, there are few papers discussing education effect of e-learning contents, particularly methods on how to deliver them adaptively depending on the learners' level. This paper presents the constitution of an original e-learning system based on XOOPS, and a methodology on adaptive distribution of e-learning contents using item response theory.

Keywords: Item response theory, E-learning, Distribution Control of Contents

1. はじめに

近年、さまざまな e-learning システムが開発され、多くの大学で導入されている。しかし、e-learning の実施にあたり、最も重要な課題と思われる教育効果の評価とコンテンツの配信方法についてはいまだに研究が不十分である。また、これまで教育効果の評価には専ら古典的統計理論が採用されてきた。しかし、古典的統計理論では学習者の母集団により統計量が異なること、問題の難易度により成績が異なること、また、個々の問題に対する被験者の能力ではなく全体の統計量を問題にしているため、個々の学生の能力に見合った課題を提示することが不可能であった。しかし、近時テストの評価に関する研究が進み、個々の学生の能力と個々の課題の難易度に着目した項目反応理論が登場してき

た^{(1),(2),(3)}。本研究では、独自の e-learning システムを構築し、さらに、このシステムを用いて項目反応理論により個々の学生の能力と課題の難易度を測定し、この結果を用いて学生の能力に見合ったコンテンツを e-learning で配信制御する方法を研究したので報告する。

2. E-learning システム^{(4),(5)}

本研究では、市販の e-learning システムを利用するのではなく、独自のシステムを構築していくことにした。システム構築の基本構想は「低コストで柔軟なシステム」、「学科単位で導入可能なシステム」、「データベースを用いた学習管理システムを用いたシステム」を目指した。また、コンテンツに関しては「学科の教育目標に合わせた学習内容」を目指している。今回はこれらの基本構想を満たすために、Content Management System (以下、CMS) として広く知られているオープンソースソフトウェアである XOOPS を用いて e-learning システムを構築

平成 19 年 12 月 17 日受理

* 大学院工学研究科電気電子工学専攻博士前期課程・2 年

** システム情報工学科・教授

表1 E-learning システムの機能

e-learning の機能一覧	利用目的
ログイン機能	ID を発行したユーザにのみコンテンツを閲覧する権利
ユーザ管理機能	受講者ID, 受講者名, 受講者PW, IP アドレス, 課題の閲覧状況以上5項目の管理のために利用
学習機能	学習コンテンツ閲覧のために利用
問題提示機能	課題を出題するために利用
採点機能	課題の採点とユーザ情報の更新に利用
成績管理機能	成績からデータを収集することに利用
双方向性を持った質問機能	BBS を利用し, 講師, ユーザ間のコミュニケーション

表2 モジュール一覧

モジュール名	役割
SYSTEM ADMIN	システム管理 (ユーザメニュー, ログイン, 検索)
BLOCKS ADMIN	ブロック管理, グループ管理
TINY D	教科書の html 文書
FAQ	質問とそれに対する回答
XoopsHP	課題の出題, 採点機能, 成績管理機能
XHLD	ニュースヘッドライン
basix BBS	掲示板

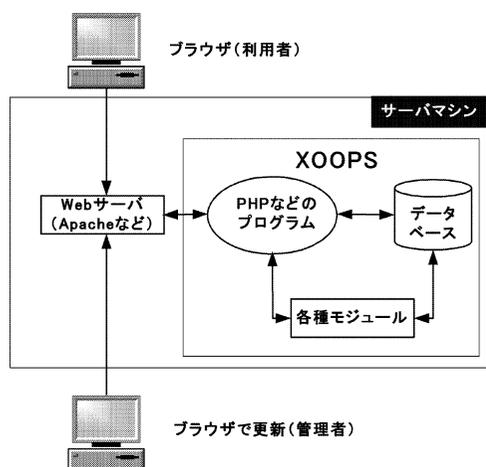


図1 システム全体の構成

した。全体として、オープンソース・ソフトウェアを用いて構築するため、費用対効果は非常に大きくなる。システム構築に用いたソフトウェアはWebサーバソフトとしてApache、データベースとしてMySQL、そしてプログラムの記述言語としてPHPを用いることにした。これらのソフトウェアを用いた理由はXOOPSを用いるのに必要なソフトウェアであることと、XAMPPによって一括でインストールできる

からである(注: XAMPPとは、Apache, MySQL, PHP, Perlの頭文字をつなげたもの)。

表1は、構築したe-learningシステムの機能と利用目的を示す。また、この他に、出欠管理機能も必要であるが、出欠管理機能は本学の学務システムと重複するため除外することにした。図1は、システム全体の構成である。サーバはWindows XP Professionalを用いており、このサーバの中にe-learningシステムを搭載している。また、XOOPSで機能を増やすために利用した各種モジュールの一例を表2に示す。これらのモジュールを用い、e-learningシステムに要求される機能を全て満たすようにしている。管理者と利用者はネットワークを介してサーバにアクセスしてe-learningサイトを利用する。また管理者は利用する以外にサイトの更新や機能の拡張などを行っていく。

3. 項目反応理論⁽³⁾

項目反応理論(または項目応答理論: 略称IRT=Item Response Theory)は、評価項目群への応答に基づいて、被験者の特性(能力など)と評価項目の難易度を測定するためのテスト理論である。IRTは被験者の母集団やテストの内容に依存せず、不変的に被験者の能力とテスト

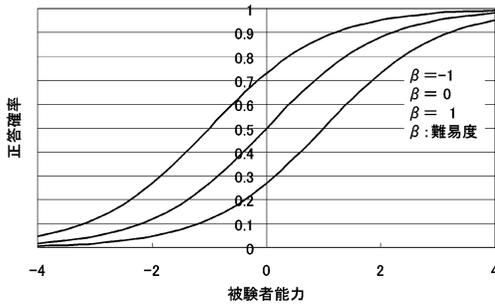


図2 項目特性曲線

項目の難易度を求められるという利点がある。項目反応理論は欧米では相当前から使用されているが、わが国では最近であり、現在、情報処理基本技術者試験、TOEIC、TOEFL の合格者の判定に使用されている。

3.1 項目反応理論のモデル

項目反応理論の数理モデルには、1PL, 2PL, 3PL モデルがあるが、最も簡単な Rasch モデルは (1) 式のように表される。図1は (1) 式 の正答確率を図示したもので、被験者能力と問題の難易度が等しいときには 0.5 になり、被験者能力の方が難易度よりも高い場合は高くなり、逆に被験者能力の方が難易度よりも低い場合は低くなることを示している。つまり正答確率は被験者能力と問題の難易度の差によって決まることを表している。

$$p(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-(\theta - \beta)}} \quad \dots (1)$$

$p(\theta)$: 正答確率 θ : 被験者能力 β : 難易度

いま被験者の数を N 、試験項目の数を n とすると (1) 式は (2) 式のように変形できる。

$$P(u_{ij} | \theta_j, \beta_i) = \frac{\exp[u_{ij}(\theta_j - \beta_i)]}{1 + e^{(\theta_j - \beta_i)}} \quad \dots (2)$$

θ_j : 被験者能力 ($j=1, 2, \dots, N$)

β_i : 項目難易度 ($i=1, 2, \dots, n$)

u_{ij} : 正答のとき 1, 誤答の場合 0

さらに、IRT では、試験項目の得点は、正解が

1, 誤答が 0 で与えられ(2 値採点), (2) 式の u_{ij} は、このことを表す変数である。

3.2 被験者能力と難易度の推定

(2) 式を用いて正答確率を求めると、テスト結果は $n \times N$ 行列から成る反応パターンから成り、そのときの尤度関数は以下ようになる。

$$l = \prod_{j=1}^N \prod_{i=1}^n p(u_{ij} | \theta_j, \beta_i) = \frac{\exp[\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n u_{ij}(\theta_j - \beta_i)]}{\prod_{j=1}^N \prod_{i=1}^n [1 + e^{(\theta_j - \beta_i)}]} \quad \dots (3)$$

しかし、(3) 式のままでは被験者能力と難易度の推定が難しいので、(3) 式の対数を取り対数尤度関数を求める。

$$\begin{aligned} L = \log l &= \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n u_{ij}(\theta_j - \beta_i) \\ &\quad - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \log[1 + (\theta_j - \beta_i)] \\ &= \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n u_{ij} \theta_j - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n u_{ij} \beta_i \\ &\quad - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \log[1 + (\theta_j - \beta_i)] \quad \dots (4) \end{aligned}$$

ここで第 1 項は以下のように書くことができる。

$$\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n u_{ij} \theta_j = \sum_{j=1}^N \theta_j \sum_{i=1}^n u_{ij} = \sum_{j=1}^N \theta_j r_j \quad \dots (5)$$

r_j : 被験者 j の得点

また、第 2 項は以下のように書くことができる。

$$\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n u_{ij} \beta_i = \sum_{i=1}^n \beta_i \sum_{j=1}^N u_{ij} = \sum_{i=1}^n \beta_i s_i \quad \dots (6)$$

s_i : 項目 i の得点

したがって対数尤度関数は以下ようになる。

$$\begin{aligned} L &= \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n u_{ij} \theta_j - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n u_{ij} \beta_i \\ &\quad - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \log[1 + (\theta_j - \beta_i)] \\ &= \sum_{j=1}^N r_j \theta_j - \sum_{i=1}^n s_i \beta_i \\ &\quad - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \log[1 + (\theta_j - \beta_i)] \quad \dots (7) \end{aligned}$$

被験者能力と項目難易度を求めるため Newton-Raphson 法を適用する。このためには、被験者能力 θ_i と項目難易度 β_i に関する対数尤度関数の微分が必要になる。すなわち

$$\frac{\partial L}{\partial \theta_j} = L_j = r_j - \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad \dots(8)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_j} = L_i = -s_i - \sum_{j=1}^N P_{ij} \quad \dots(9)$$

ここで

$$P_{ij} = \{1 + \exp[-(\theta_j - \beta_i)]\}^{-1} \quad \dots(10)$$

さらに二次微分は以下ようになる。

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \theta_j^2} = -\sum_{i=1}^n P_{ij}(1 - P_{ij}) = -\sum_{i=1}^n P_{ij} Q_{ij} \quad \dots(11)$$

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \beta_i^2} = -\sum_{j=1}^N P_{ij}(1 - P_{ij}) = -\sum_{j=1}^N P_{ij} Q_{ij} \quad \dots(12)$$

また被験者能力と項目難易度は独立と考えているので、すべての i, j に対して以下の式が成り立つ。

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \theta_j \partial \beta_i} = 0 \quad \dots(13)$$

3.3 被験者能力と難易度の計算手順

被験者能力と難易度の計算手順は以下の通りであり、表3はこの手順で得られる結果である。

- (1) 各被験者の得点を求め、得点の合計点によりグループ 1, 2, ..., $n-1$ に分類する。

表3 項目得点と被験者グループの得点

		被験者グループの得点						行合計
		1	2	...	g	...	$n-1$	
項目得点	1	f_{11}	f_{12}	...	f_{1g}	...	$f_{1,n-1}$	$f_{1.} = s_1$
	2	f_{21}	f_{22}	...	f_{2g}	...	$f_{2,n-1}$	$f_{2.} = s_2$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	i	f_{i1}	f_{i2}	...	f_{ig}	...	$f_{i,n-1}$	$f_{i.} = s_i$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	f_{n1}	f_{n2}	...	f_{ng}	...	$f_{n,n-1}$	$f_{n.} = s_n$
列合計		$f_{.1}$	$f_{.2}$...	$f_{.g}$...	$f_{.n-1}$	

- (2) 同一グループに属する被験者 j について、各項目 i ごとの部分合計得点 f_{ij} を計算する。
- (3) 各グループの列合計 $f_{.1}, f_{.2}, \dots, f_{.n-1}$ を計算する。
- (4) 各項目毎の行合計 $f_{1.}, f_{2.}, \dots, f_{n.}$ を計算する。

上述の考えを適用すると、項目反応の確率は以下の式で表される。

$$P(u_{ig} = 1 | \theta_g, \beta_i) = \frac{e^{(\theta_g - \beta_i)}}{1 + e^{(\theta_g - \beta_i)}} \quad \dots(14)$$

θ_g : グループ g の被験者能力 ($g=1, 2, \dots, n-1$)

β_i : 項目難易度 ($i=1, 2, \dots, n$)

さらに、 θ_g, β_i は正しい値であるので推定値 $\hat{\theta}_g, \hat{\beta}_i$ に置き換えると以下ようになる。

$$\hat{P}_{ig} = \frac{e^{(\hat{\theta}_g - \hat{\beta}_i)}}{1 + e^{(\hat{\theta}_g - \hat{\beta}_i)}} \quad \dots(15)$$

そこで推定値を用いると以下の式が成り立つ。

$$\sum_{j=1}^N \hat{P}_{ij} = \sum_{i=1}^n f_{.g} \hat{P}_{ig} \quad \dots(16)$$

この式は、項目得点は、被験者能力をグループ化しても変わらないことを意味している。

よって、以上の変形による一次微分、二次微分は以下ようになる。

$$\hat{L}_g = \frac{\partial L}{\partial \theta_g} = r_g - \sum_{i=1}^n \hat{P}_{ig} \quad \dots(17)$$

$$\hat{L}_i = \frac{\partial L}{\partial \beta_i} = -s_i + \sum_{g=1}^{n-1} f_{.g} \hat{P}_{ig} \quad \dots(18)$$

$$\hat{L}_{gg} = -\sum_{i=1}^{n-1} \hat{P}_{ig} \hat{Q}_{ig} \quad \dots(19)$$

$$\hat{L}_{ii} = -\sum_{i=1}^{n-1} f_{.g} \hat{P}_{ig} \hat{Q}_{ig} \quad \dots(20)$$

したがって Newton-Raphson 法による反復方程式は以下ようになる。

$$\begin{bmatrix} (\hat{\theta}_g) \\ (\hat{\beta}_i) \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} (\hat{\theta}_g) \\ (\hat{\beta}_i) \end{bmatrix}_t - \begin{bmatrix} [\hat{L}_{gg}] & [\hat{L}_{gi}] \\ [\hat{L}_{ig}] & [\hat{L}_{ii}] \end{bmatrix}_t^{-1} \times \begin{bmatrix} (\hat{L}_g) \\ (\hat{L}_i) \end{bmatrix}_t \quad \dots(21)$$

ここで項目と被験者は独立であるので、 \hat{L}_{gi} と \hat{L}_{ig} は零である。そこで以下の式が成立する。

$$\begin{bmatrix} \hat{\theta}_g \\ \hat{\beta}_i \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} \hat{\theta}_g \\ \hat{\beta}_i \end{bmatrix}_t - \begin{bmatrix} [\hat{L}_{gg}] & [0] \\ [0] & [\hat{L}_{ii}] \end{bmatrix}_t^{-1} \times \begin{bmatrix} (\hat{L}_g) \\ (\hat{L}_i) \end{bmatrix}_t \quad \dots (22)$$

よって

$$\hat{\theta}_g^{(t+1)} = \hat{\theta}_g^{(t)} - \left(\frac{r_g - \sum_{i=1}^n \hat{P}_{ig}}{-\sum_{i=1}^n \hat{P}_{ig} \hat{Q}_{ig}} \right)^{(t)} \quad \dots (23)$$

$$\hat{\beta}_i^{(t+1)} = \hat{\beta}_i^{(t)} - \left(\frac{-s_i - \sum_{g=1}^{n-1} f_{\cdot g} \hat{P}_{ig}}{-\sum_{g=1}^{n-1} f_{\cdot g} \hat{P}_{ig} \hat{Q}_{ig}} \right)^{(t)} \quad \dots (24)$$

以上の式を用いて被験者能力と項目難易度を求めるアルゴリズムは以下のとおりである。

(1) $\hat{\theta}_g$ と $\hat{\beta}_i$ の初期値を、PROX 法を用いて以下のように設定する。

$$\hat{\beta}_i^{(0)} = \log \left(\frac{N - s_i}{s_i} \right) - \frac{\sum_{i=1}^n \log[(N - s_i)/s_i]}{n} \quad \dots (25)$$

$$\hat{\theta}_g^{(0)} = \log \left(\frac{r_g}{n - r_g} \right) \quad \dots (26)$$

ここで、 $N = \max(f_{\cdot 1}, f_{\cdot 2}, \dots, f_{\cdot n})$ 、 n は項目数、 $r_g = 1 \sim n - 1$ である。また s_i は項目 i の得点の合計である。

(2) Newton-Raphson 法を用いて以下の関係が満足されるまで、 n 個の項目について繰り返し計算する (10 回程度)。得られた値を改めて $\hat{\beta}_i$ の値とする。

$$|\hat{\beta}_i^{(t+1)} - \hat{\beta}_i^{(t)}| < 0.05 \quad \dots (27)$$

(3) $\hat{\beta}_i$ から平均値 $\bar{\beta}_i$ を差し引き、より改良された項目難易度とする。

(4) (3) で得られた項目難易度を被験者能力の式に代入し、Newton-Raphson 法を用いて以下の関係が満足されるまで、 $n - 1$ 人の被験者グループについて繰り返し計算する (10 回程度)。得られた値を改めて $\hat{\theta}_g$ の値とする。

$$|\hat{\theta}_g^{(t+1)} - \hat{\theta}_g^{(t)}| < 0.05 \quad \dots (28)$$

(5) 以下の条件が満足されるまで (2) ~ (4) を繰り返す。 $\bar{\beta}^{(t)}$ 、 $\bar{\theta}^{(t)}$ は全体の平均値である。

$$|\bar{\beta}^{(t+1)} - \bar{\beta}^{(t)}| < 0.05 \text{ かつ } |\bar{\theta}^{(t+1)} - \bar{\theta}^{(t)}| < 0.05 \quad \dots (29)$$

(6) $\hat{\beta}_i$ の値を最終的に以下の式によって修正する。

$$\hat{\beta}_i = \bar{\beta} \left(\frac{n-1}{n} \right) \quad \dots (30)$$

(7) $\hat{\theta}_g$ の値を最終的に以下の式によって修正する。

$$\hat{\theta}_g = \bar{\theta} \left(\frac{n-2}{n-1} \right) \quad \dots (31)$$

4. 計算結果

本節では、3 節で述べた方法により得られた計算結果について述べる。

4.1 E-learning の対象とした講義課題

E-learning の対象とした科目は、システム数理とした。その理由は、この科目がシステム情報工学科の必修科目であること、また、e-learning に載せるための独自テキストが完成してい

表 4 問題項目の内容

項目	問題の内容
1	線形計画法の語彙選択問題
2	線形計画法の定式化
3	線形計画法の最適解 (1)
4	線形計画法の最適解 (2)
5	最適経路問題
6	最適資源割り当て問題 (1)
7	最適資源割り当て問題 (2)
8	待ち行列の語彙選択問題 (1)
9	待ち行列の語彙選択問題 (2)
10	信頼度計算問題

たことである。これまでの経験から、講義とe-learningを並行して行った方が教育効果の上がることが確認されていたので、今回この方法をとった。E-learningの問題項目を表4に示す。いずれの問題もシステム数理の基本的な問題である。実際の問題は22問あるが、これらの問題はすべてこの内容に分類できる。

4.2 項目難易度と被験者能力

前述したE-learningシステムを用いて、本学科の学生にE-learningを実施した。実際のテストは32項目あるが、その中から表4で示す10項目を選んで2値採点を行った。表5は3.3で述べたアルゴリズムで計算した項目難易度と被験者能力を用いて、各項目に対する被験者の正答確率を求めたものである。線形計画法の語彙選択問題、定式化問題は比較的容易であり、信頼度計算問題は難しかったことが分かる。信頼度計算では確率の概念が必要なため若干難しかったと思われる。項目難易度は、-1.4は易しい問題、+1.4は難しい問題とされているので極端な易問、難問はなかったと思われる。また、グループ4までは正答確率は0.6以下であるが、グループ5以上になると、いくつかの項目で正答確率が0.6以上になっている。しかし、項目9、10に対してはグループ7の被験者でも正答確率は0.6以下になっている。このように表5

を見ればどの被験者がどの項目が苦手であるか一目瞭然に判断できる。これが項目反応理論の大きな特徴である。また、この表を見て担当教員は上位の学生を伸ばすべきか、低位の学生に注力すべきか迷うが、コンピュータによるe-learningなら同時並行して多様なレベルの学生を教育できる。これが項目反応理論を応用したE-learningの最大の特長である。

5. コンテンツの配信制御

つぎに正答確率を用いてE-learningのコンテンツの配信制御方法を考察する。基本的な考え方は

(1) 上位グループの被験者、つまり不得意科目数がある割合より少ない被験者に対しては、不得意科目の克服に注力させる。この場合、不得意科目の割合に応じて

(a) 不得意科目の割合が、ある一定未満の場合には、最も難しい課題を提示し、思考力を育成する。

(b) 不得意科目の割合が、ある一定以上の場合には、最も容易な問題を提示し、最小限の努力で課題を解かせる。

(2) 下位グループの者、つまり不得意科目数がある割合より多い被験者に対しては、被験者能力と項目難易度の差が最も小さい項目（正答確率の大きい項目）を選択させ、最小限の努力

表5 項目難易度，被験者能力，正答確率

		グループ別被験者能力								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
項目	難易度	-1.83	-1.17	-0.72	-0.35	0.00	0.34	0.71	1.17	1.84
1	-0.438	0.20	0.33	0.43	0.52	0.61	0.69	0.76	0.83	0.91
2	-0.537	0.22	0.35	0.45	0.55	0.63	0.71	0.78	0.85	0.91
3	-0.029	0.14	0.24	0.33	0.42	0.51	0.59	0.68	0.77	0.87
4	-0.276	0.17	0.29	0.39	0.48	0.57	0.65	0.73	0.81	0.89
5	-0.386	0.19	0.31	0.42	0.51	0.59	0.67	0.75	0.83	0.90
6	0.113	0.13	0.22	0.30	0.39	0.47	0.56	0.65	0.74	0.85
7	-0.218	0.17	0.28	0.38	0.47	0.55	0.64	0.72	0.80	0.89
8	0.275	0.11	0.19	0.27	0.35	0.43	0.52	0.61	0.71	0.83
9	0.683	0.07	0.14	0.20	0.26	0.33	0.41	0.51	0.62	0.76
10	0.814	0.07	0.12	0.18	0.24	0.31	0.38	0.47	0.59	0.74

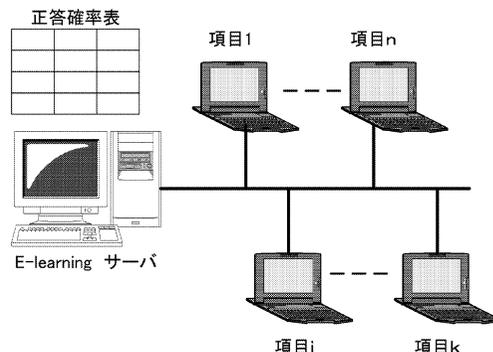


図3 コンテンツの配信

で課題を解かせる。その結果、不得意科目数が、ある割合より少なくなった被験者に対しては、(1) の考え方に切り替えて配信する。

その他いろいろな配信方法が考えられるが、本稿では (1), (2) の考え方で検討を進めた。

図 3 は E-learning におけるコンテンツ配信の概念図である。2 節で述べたサーバの機能に加えて、各被験者の正答確率表をサーバに用意しておく。各被験者の回答をリアルタイムで採点し、この確率表に基づいて、上述のアルゴリズムにより、適応的に最適なコンテンツを配信するという構想である。

5.1 配信制御のシミュレーション

実システムを構築し、被験者に種々のテストを行うのは困難であるため、本研究ではモンテカルロ・シミュレーションを用いた。

(1) 配信の初期パターン・テーブル

まず、表 6 の正答確率が 0.6 以上の場合には、その被験者が課題を解く能力があるものとみなし、その項目の学習を免除するため、1 を記述し、0.6 未満の場合には被験者が課題を解く能力が無いものとみなし、その項目の学習を必要とするため、0 を記述する。この能力の判定は、E-learning の初期学習で行う。表 6 はこのようにしてできたテーブルである。

表 6 コンテンツ配信制御のパターンテーブル

		グループ別被験者能力								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
項目	難易度	-1.83	-1.17	-0.72	-0.35	0.00	0.34	0.71	1.17	1.84
1	-0.438	0	0	0	0	1	1	1	1	1
2	-0.537	0	0	0	0	1	1	1	1	1
3	-0.029	0	0	0	0	0	0	1	1	1
4	-0.276	0	0	0	0	0	1	1	1	1
5	-0.386	0	0	0	0	0	1	1	1	1
6	0.113	0	0	0	0	0	0	1	1	1
7	-0.218	0	0	0	0	0	1	1	1	1
8	0.275	0	0	0	0	0	0	1	1	1
9	0.683	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	0.814	0	0	0	0	0	0	0	0	1

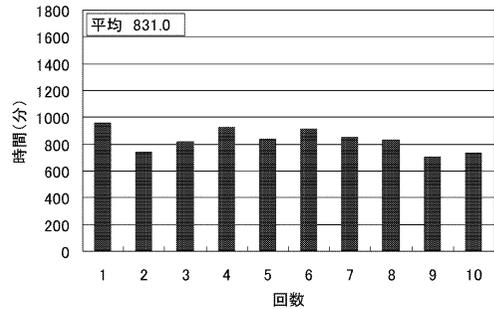


図 4 配信制御による全問解答時間のシミュレーション

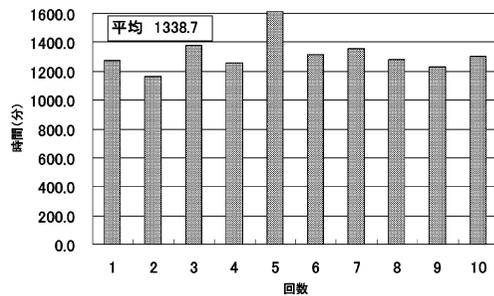


図 5 ランダム配信による全問解答時間のシミュレーション

(2) シミュレーションの方法

5. (1), (2) で述べた考え方で学習をシミュレーションする。

(a) 課題解答時間は、平均 30 分の指数乱数に誤答確率を乗じて模擬する。すなわち、被験者能力が小さいときは、解答時間が長くなるようにした。

(b) テーブルがすべて 1 で埋まったとき、シミュレーションは終了する。

(c) 終了時に全問解答までの時間を出力する。

図 4 は、上述の配信制御を用いた場合の全問正解までに時間のシミュレーションである。10 回のシミュレーションを行った結果、平均 831 分で終了した。また、図 5 は、項目反応理論を用いず、ランダムに配信した場合であり、10 回のシミュレーションで平均 1,338.7 分を要して

いる。したがって項目反応理論を用い、被験者の能力に応じて配信制御方法がより教育効果が大きいと考えられる。

6. ま と め

以上、まとめると

(1) XOOPS を用いて独自の E-learning システムを構築し、システム数理の E-learning を実現し、システム情報工学科の学生に適用した。

(2) E-learning の学習結果から、項目反応理論を用いて項目難易度と被験者能力を求めた。項目難易度と被験者能力から、各項目ごと、各被験者ごとの正答確率を求めることができた。

(3) 正答確率を基にして、個別的、適応的に E-learning の課題を配信するアルゴリズムを提案し、シミュレーションで確認したところ、このアルゴリズムが教育効果を上げる上で有効なことが分かった。本手法は、レベルの異なる学

習者に、教師の数を増やすことなく対応できる可能性をもっている。

(4) 今後の課題は、実システムを構築し、本提案のアルゴリズムの有効性を実証することである。

参 考 文 献

- (1) 大友：項目反応理論入門，大修館書店，1996
- (2) 豊田：項目反応理論，朝倉書店，2006
- (3) Frank B. Baker, Seock-Ho Kim : Item Response Theory, Mercel Dekker, Inc., 2004
- (4) Naruhito Kodama, Tomoyuki Matsuzaka, Takayuki Iwanuma, Nobuo Kurihara, Yasuhiro Ozaki : Online Education for Students and Community People Using an E-Learning System, Proc. of ITHET2007, Kumamoto, 2007, JAPAN, 2007.7
- (5) Takayuki Iwanuma, Tomoyuki Matsuzaka : Web Based Education Method on Wind Energy Using an E-Learnig System, Proc. of Renewable Energy 2006, October, 2006.10