

# e-learningにおける学習者の2段階検査による理解度評価解析モデル

## Two Stage Evaluation Analysis Model of a Learner Understanding for e-learning System

中村正治\*<sup>1</sup>, 中川暉夫\*<sup>2</sup>, 近藤 仁\*<sup>3</sup>

Syouji NAKAMURA, Hitoshi KONDO, Toshio, NAKAGAWA

\*<sup>1</sup> 金城学院大学 \*<sup>2</sup> 愛知工業大学 \*<sup>3</sup> 南山大学

Kinjo Gakuin University, Aichi institute of Technology, Nanzan University

< あらまし > e-learning においては, テストの正解割合によって学習者の習熟度合いを図っているといても過言ではない. e-learning における 1 回のテストにおいて, テストの正解率によって, 合格, 再試験と不合格に判定し, 再試験によって合格と不合格に判定する 2 段階検査を実施する. 本研究では, e-learning 中のテストによって, 修得項目群全体の理解度を判定するのに, 品質管理の抜取検査の手法に習って e-learning の学習者の習熟度合いを確率過程を用いて解析する. これは, e-learning 学習者の真の修得度合いを評価するのに応用できる.

< キーワード > e-learning, 理解度評価, 確率過程モデル, 2 段階検査, 教育工学.

### 1. はじめに

e-learning における学習者の理解度評価解析モデル [1] では 1 段階選抜方式による理解度評価解析モデル提案した. e-learning のテスト問題に対して学習者が不正解をすることは, 学習者の理解不足が表面に現れたと考える. 理解度の定義は, 与えられた問題に対する正解の割合によって測定するのが一般的である [2]. すなわち, 理解すべき項目が有限の中での正解数を測定することによって, 履修科目の理解度を測定している.

ここでの理解度の定義は, テストの正解数率によって, その対象となる履修範囲が理解できているか, 理解できていないかを判定する [2]. このことは, 製造部門の製品の一部の製品を抜取って検査をすることによって, 対象とする製品群の品質状態をチェックし, 品質を確保する抜取検査に似ている [3].

抜取検査では効率良く検査できる特徴がある. 1 回目の検査で, 合格と不合格を判定し, 合格と不合格の判断がつかない場合に 2 回目の検査を実施し, 1 回目の検査と 2 回目の検査結果を合わせて合格不合格の判定をする.

### 2. モデル

e-learning システムにおいて,  $K$  ( $K = 1, 2, \dots$ ) 項目履修しなければならないとする. 各項目は履修には確率的に同一項目とし, ある履修項目にたいして, 次のように仮定する. 修得にかんして,  $N$  回 ( $N = 1, 2, \dots$ ) テストが実施され,  $j$  回目 ( $j = 1, 2, \dots, N - 1$ ) において, 合格する確率を  $p_j$ , 不合格の確率を  $q_j$ ,  $j + 1$  回のテストを受ける確率を  $r_j$  ( $p_j + r_j + q_j = 1$ ) と

する.  $N$  回目においては, 合格する確率は  $q_N$ , 不合格となる確率は  $p_N + r_N$  ( $p_N + r_N + q_N = 1$ ) とする.

**1 回目のテスト** 合格の確率  $q_1$ , 不合格の確率  $p_1$ , 再挑戦の確率  $r_1$

**2 回目のテスト** 合格の確率  $r_1 q_2$ , 不合格の確率  $r_1 p_2$ , 再挑戦の確率  $r_1 r_2$

**3 回目のテスト** 合格の確率  $r_1 r_2 q_3$ , 不合格の確率  $r_1 r_2 p_3$ , 再挑戦の確率  $r_1 r_2 r_3$

⋮ ⋮

**$j$  回目のテスト** 合格の確率  $r_1 r_2 \dots r_{j-1} q_j$ , 不合格の確率  $r_1 r_2 \dots r_{j-1} p_j$ , 再挑戦の確率  $r_1 r_2 \dots r_j$

⋮ ⋮

**$N$  回目のテスト** 合格の確率  $r_1 r_2 \dots r_{N-1} q_N$ , 不合格の確率  $r_1 r_2 \dots r_{N-1} (p_N + r_N)$ , 再挑戦の確率 0

の状況を図 1 に示す.

したがって, 合格する確率は

$$P \equiv \sum_{j=1}^N \left( \prod_{i=0}^{j-1} r_i \right) q_j \quad (N = 1, 2, \dots), \quad (1)$$

不合格になる確率は

$$Q \equiv 1 - \sum_{j=1}^N \left( \prod_{i=0}^{j-1} r_i \right) q_j \quad (N = 1, 2, \dots), \quad (2)$$

$C(N+1, 1) - C(N, 1) \geq 0$  より

$$N+1 \geq \frac{c_2 q}{c_1}. \quad (10)$$

$r_i = r, q_i = q$  のとき, (7) 式は

$$\begin{aligned} C(N:K) &= c_1 K \sum_{j=1}^N j r^{j-1} + c_2 \left[ 1 - \left( q \frac{1-r^N}{1-r} \right)^K \right] \end{aligned} \quad (11)$$

とくに,  $p = 0, i.e., r + q = 1$  のとき,

$$\begin{aligned} C(N:K) &= c_1 K \sum_{j=1}^N j r^{j-1} + c_2 \left[ 1 - (1-r^N)^K \right]. \end{aligned} \quad (12)$$

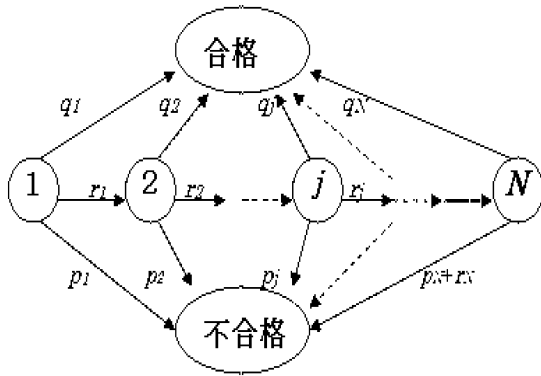


図 1: 修得過程の合格・不合格推移図

$r_0 \equiv 1$ . 合格するまでのテストの平均回数は

$$M_S = \sum_{j=1}^N j \left( \prod_{i=0}^{j-1} r_i \right) q_j \quad (3)$$

不合格するまでのテストの平均回数は

$$M_F = \sum_{j=1}^{N-1} j \left( \prod_{i=0}^{j-1} r_i \right) p_j + N \prod_{i=1}^{N-1} r_i (1 - q_N). \quad (4)$$

テストの平均回数は

$$M_S + M_F = \sum_{j=1}^N j \left( \prod_{i=0}^{j-1} r_i \right) \quad (5)$$

以上から,  $K$  項目修得する確率は  $P^K$ ,  $K$  項目修得できない確率は  $1 - P^K$ ,  $K$  項目修得するまでのテストの平均回数は

$$K \times M_S = K \times (M_S + M_F). \quad (6)$$

となる.

### 3. 期待費用

$c_1$  を 1 回のテスト費用,  $c_2$  を不合格の損失費用とし, できるだけテストの回数を少なくし, 不合格を減らす対策を行う.

$$\begin{aligned} C(N:K) &= c_1 K (M_S + M_F) + c_2 (1 - P^K) \\ &= c_1 K \sum_{j=1}^N j \left( \prod_{i=0}^{j-1} r_i \right) \\ &\quad + c_2 \left\{ 1 - \left[ \sum_{i=0}^{j-1} \left( \prod_{i=0}^{j-1} r_i \right) q_i \right]^K \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

$r_1 = 0$  のとき,

$$C(N, K) = c_1 K + c_2 (1 - q_1^K). \quad (8)$$

なる.

$K = 1, r_i = r, q_i = q$  のとき, (7) 式は

$$\begin{aligned} C(N:1) &= c_1 \sum_{j=1}^N j r^{j-1} + c_2 \left( 1 - \sum_{j=1}^N r^{j-1} q \right) \\ &\quad (N = 1, 2, \dots). \end{aligned} \quad (9)$$

### 4. 合格になる確率を $\alpha$ 以上にするには

$$P^K = \left[ \sum - \left( \prod r_i \right) q_j \right]^K \geq \alpha \quad (0 < \alpha < 1). \quad (13)$$

とくに,  $K = 1, r_i = r, q_j = q$  のとき,

$$\frac{1 - r^N}{1 - r} \geq \frac{\alpha}{q}. \quad (14)$$

### 5. おわりに

本論では, e-learning システムにおけるテスト問題の修得項目数を基に, 理解度の設定基準をどのように設定したら良いかを確率過程に基づいて解析した. 特に, 各回のテストにおいて, 修得項目数がある基準値の範囲にあれば再試験によって当該テストが合格か不合格を判断する. その損失費用をそれぞれ与えて,  $C(N:K)$  を最小とする  $N^*$  を求めた. さらに, 合格になる確率を一定以上にするための条件を示した. これらの仕組みを e-learning システムに組み込み, 学習者に与える損失を小さくし, 合格率を高める指導が可能となる.

### 謝辞

本研究の一部は, 文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究 (C)) 課題番号 (24530371) による補助を受けて

### 参考文献

- [1] 中村正治, 近藤 仁, 中川覃夫, (2013), e-learning における学習者の理解度評価解析モデル, 教育工学会全国大会アブストラクト集 (秋田大学).
- [2] 平野光昭, (1985), 自己採点方式の確率的考察, 山梨医大紀要 第 2 巻, p 50-56.
- [3] 加藤洋一, (1984), サンプリングと抜取検査, 日本規格会
- [4] 浅井俊彰, 太田宏, 加瀬滋男, (1981), 2 段チェーン抜取検査方式の GERT 解析とその経済性, 日本経営工学会誌 Vol.32 No.2, p 111-117.
- [5] 山田茂, 尾崎俊治, (1981), 累積過程によるソフトウェア故障モデルの解析, 電子情報通信学会, Vol.J64-D No.12, p 1074-1080.