

## インターネットを利用した情報技術学習支援システム

## -S-P 表を用いた学習状況の評価の検討-

## Information Technology Learning Support System using Internet

## -Examination of Learning Assessment by S-P Graph-

久津間 啓右†  
Keisuke Kutsuma

佐々木 龍†  
Sasaki Ryu

泉 隆†  
Takashi Izumi

## 1. はじめに

PC の普及率・インターネットの利用者数の増加に伴って、教材費などのコストや、時間・場所的制約の小さい e-Learning が教育機関や企業の社員研修などに利用されている。本研究では、先行研究[1]で開発した基本情報技術者試験対策の e-Learning システムを利用した学生の学習状況に対する評価方法について検討した。

## 2. e-Learning システム

e-Learning システムは、サーバ上の Web ページにアクセスすることで利用可能である。システムにログイン(ユーザ認証)後、モード選択により利用者は必要に応じた学習を行う。モードは3種類あり、各分野の解説付き問題を学習できる「学習モード」、実際の試験と同じ形式で行う「テストモード」(利用後の成績は参照可能)、頻出問題をまとめた「自主学習モード」である。なお、各モードの問題形式は基本情報技術者試験午前試験と同様の4択問題である。

## 3. 学習状況の評価方法

基本情報技術者試験に採用されている、合計得点を評価対象とする素点方式では、学習者の弱点や各問題の傾向などの特徴を把握することができない。そこで、学習者の学習内容や教師の指導法の診断、評価情報を得るための分析方法として利用されている S-P 表分析法を導入する。

## 3.1 S-P 表分析法[2]

S-P 表分析法は、学習者や各問題に対する評価が可能であるとともに、表にまとめるので視覚的にも分かりやすいという利点がある。

S-P 表の作成には、学習者の解答データを用いる。まず、学習者の各問題に対する正誤情報(1 を正解, 0 を不正解とする)、正答数、各問題の正解者数を格納し、学習者を正答数順、各問題を正解者数順にソートする。

次に、各学習者に対して左から正答数分移動した場所に縦線を引き、縦線を繋げると、学習者の得点分布を表す線となる。この線を S (Student) 曲線という。問題の正解者数に対しても同様に行うと、問題の正解率の分布を表す線と

† 日本大学

なる。この線を P (Problem) 曲線という。

## 3.2 対数型注意係数[3]

注意係数とは、対象とする学習者の周囲との逸脱性を示す指数であり、以下の式で示される。

$$\text{注意係数} = \left( \sum_l y_l - \sum_m y_m \right) / \left( \sum_{j=1}^k y_j - \bar{y} \right) \quad (\text{値域は } 0 \sim 1) \quad (1)$$

但し

$k$ : 正解数

$\sum_l y_l$ : S 曲線の左側の不正解問題の正解率の和

$\sum_m y_m$ : S 曲線の右側の正解問題の正解率の和

$\bar{y}$ : 全問題の正解率の平均

文献[4]では、注意係数から、0.5 以上は要注意、0.75 以上は異質的であると分類されている。

学習者の能力と問題の困難度を考慮し、正解と不正解、それらを利用した計3つの対数型注意係数が次のように定義されている。

正解( $C_c$ )・不正解( $C_w$ )の対数型注意係数と、それを利用した対数型注意係数( $C_a$ )は以下の式で示される。

$$C_c = \left( \sum_l \log x_{.l} - \sum_m \log x_{.m} \right) / D_c \quad (2)$$

$$D_c = \sum_{i=1}^k \left\{ \log x_{.i} - (1/N) \sum_{i=1}^N \log x_{.i} \right\} \quad (3)$$

$$C_w = \left\{ \sum_l \log (M - x_{.l}) - \sum_m \log (M - x_{.m}) \right\} / D_w \quad (4)$$

$$D_w = \sum_{i=1}^k \left\{ \log (M - x_{.i}) - (1/N) \sum_{i=1}^N \log (M - x_{.i}) \right\} \quad (5)$$

$$C_a = (D_c C_c + D_w C_w) / (D_c + D_w) \quad (6)$$

但し

$M$ : 学習者数  $N$ : 問題数

$x_{.l}$ : ある学習者の S 曲線の左側の不正解問題の正解者数

$x_{.m}$ : ある学習者の S 曲線の右側の正解問題の正解者数

$C_c$  が大きければ難しい問題で正解(無作為解答)する傾向が強く、 $C_w$  が大きければ易しい問題で不正解(ケアレスミス)する傾向が強いということが分かる。

しかし、このまま(2)~(6)式を使用すると、負の値や正

に極端に大きい値をとる場合があった。本来、 $C_C$ と $C_W$ の値域は注意係数と同様に0～1なので、このままの式で評価を行うことは難しい。原因は、 $D_W$ の値が負に大きすぎるためと考えられたので、これを解消するため $D_W$ を再定義した以下の式を提案する。

$$D_W = \sum_{i=1}^k \left\{ \log(2M - x_{.i}) - (1/N) \sum_{i=1}^N \log(2M - x_{.i}) \right\} \quad (7)$$

#### 4. 評価実験

実験環境は以下の通りである。

表1 実験環境

使用データ	3月5日と3月25日の確認テスト(20問)
対象講座	2009年度ゼミナール
対象人数	7人

表1のデータから作成したS-P表を図1に示す。5日から25日の変化を見てみると、S曲線は、中央から左寄りだったが、右寄りへ遷移したので、学習者集団の学力向上が分かる。P曲線も同様に、中央から上寄りだったが、下寄りへ遷移したので、各問題の正解率上昇が分かる。

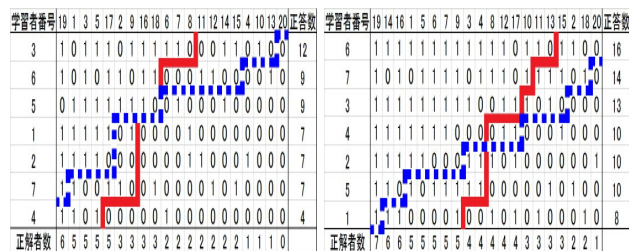


図1 5日(左)と25日(右)のS-P表(実線:S曲線 破線:P曲線)

表2に各学習者の注意係数と対数型注意係数の計算結果を、表3に評価結果の推移を示す。表2より、負値や正に極端に大きい値が出ていないので提案した式が不具合の解消に成功していることが分かる。なお、対数型注意係数の評価に使う閾値は、注意係数との相関係数が両日ともに0.9以上と非常に高いため、同じ値を用いた。

表3を見ると、全体の傾向が評価できる注意係数より対数型注意係数の方が、正解・不正解側に関して詳しく評価できることが分かる。また、25日の注意係数では良好でも対数型注意係数で要注意な学習者(2と5)がいるが、正解・不正解に特徴が見られるので、注意係数で埋もれてしまった学習者の傾向を捉えることができたと考えられる。

学習状況に関しては、学習者番号3と4、6は良好に遷移しているが、1と2、5、7は要注意・異質的に遷移していることから、学習がうまくいっていないと評価でき、それが正解・不正解側なのかも評価できる。

このように、対数型注意係数により、注意係数より詳しく評価できた。今後は、評価結果の妥当性とフィードバック

クの方法、さらに今回 $D_W$ の $M$ を単純に2倍しただけなので、パラメータの最適値についても検討していく。

表2 5日(左)と25日(右)の各注意係数の計算結果

学習者番号	$C$	$C_{\alpha}$	$C_{\beta}$	$C_W$	学習者番号	$C$	$C_{\alpha}$	$C_{\beta}$	$C_W$
1	0.09	0.11	0.10	0.08	1	0.42	0.70	0.70	0.71
2	0.51	0.65	0.61	0.48	2	0.32	0.78	0.72	0.58
3	0.54	0.55	0.55	0.53	3	0.09	0.18	0.18	0.19
4	0.32	0.31	0.31	0.31	4	0.11	0.16	0.18	0.20
5	0.42	0.31	0.35	0.44	5	0.32	0.53	0.56	0.61
6	0.67	0.68	0.67	0.67	6	0.09	0.27	0.26	0.26
7	0.51	0.44	0.46	0.52	7	0.36	0.66	0.73	0.88

表3 学習状況の評価結果の遷移

(左側が5日、右側が25日 対数型注意係数の評価の欄の上は全体、下は正解・不正解側の評価)

学習者番号	注意係数の評価	対数型注意係数の評価
1	良好 → 良好	良好 → 要注意 良好 → 両側要注意
2	要注意 → 良好	要注意 → 異質的 正解側注意 → 両側要注意
3	要注意 → 良好	要注意 → 良好 両側要注意 → 良好
4	良好 → 良好	良好 → 良好 良好 → 良好
5	良好 → 良好	良好 → 要注意 良好 → 両側要注意
6	要注意 → 良好	要注意 → 良好 両側要注意 → 良好
7	要注意 → 良好	良好 → 要注意 不正解側要注意 → 両側異質的

#### 5. まとめ

e-Learningシステムを利用した学生の学習状況に対する評価方法について検討した。

提案した式を用いた対数型注意係数から、極端な値をとる結果を補正し、正常な評価が可能となった。これにより、S-P表分析法と組み合わせることで、全体の傾向だけでなく正解・不正解の対数型注意係数によってより詳しく傾向を分析し、学習状況を評価することができた。

今後は、評価結果の妥当性とフィードバックの方法、対数型注意係数のパラメータの最適値について検証していく。

#### 参考文献

- [1] 及川亮介, 泉隆:「情報技術演習システムの構築に関する検討」, 電気学会産業応用部門大, Y-91, p.91(2008)
- [2] 佐藤隆博:「S-P表の作成と解釈～授業分析・学習診断のために～」, 明治書店(1975)
- [3] 藤垣雅司, 藤垣康子:「対数型注意係数によるS-P表の解析」, 岐阜工業高等専門学校紀要, Vol.22, p.55-58(1987)
- [4] 藤垣雅司, 藤垣康子, 中島光洋:「注意係数の規格化:S-P表における反応パターンの指数について」, 日本科学教育学会, Vol.9, p.260-261(1985)