

携帯電話を利用した情報技術学習支援システムの開発

- ベイズの定理を利用した学習者の評価方法の検討 -

Information Technology Learning Support System Using Mobile Phone

Examination of method of evaluating learner using Bayes's theorem

金子 勇太† 久津間 啓右† 泉 隆†
Yuta Kaneko, Keisuke Kutsuma, Takashi Izumi

1. まえがき

近年、携帯端末の性能の向上および利用者数増加に伴い、携帯端末を利用した e-Learning システムの実現が容易になった。「いつでもどこでも利用できる」という点においてより高いサービスの実現が期待される。これまで主として PC 端末を利用した基本情報技術者試験対策の e-Learning システムの開発を行ってきた^[1]。本研究では、PC 端末に加えて、携帯端末を利用したシステムを検討、構成する。本報告では、e-Learning システムを利用した学習者の評価方法について検討した。

2. システム概要

利用者は PC または携帯電話を利用してサーバ上の Web ページにアクセスする。その際に PC からのアクセスの場合は PC 用システム、携帯電話からのアクセスからの場合は Mobile 用システムへとユーザーエージェントを用いて自動で振り分けられる。ユーザーエージェントとは、利用者がブラウザで Web ページにアクセスする際に使用されるプログラムで、キャリア、利用端末(ブラウザ)の情報を申告するものである。振り分け後、ID、PW を用いて認証を行いログインする。ログイン後、利用したいモードを選択する。出題される問題データおよび各ページデータはデータベース上に格納されている。また、各種モードで生成されるデータはサーバ上に保存され、PC 用システムでも利用可能である。

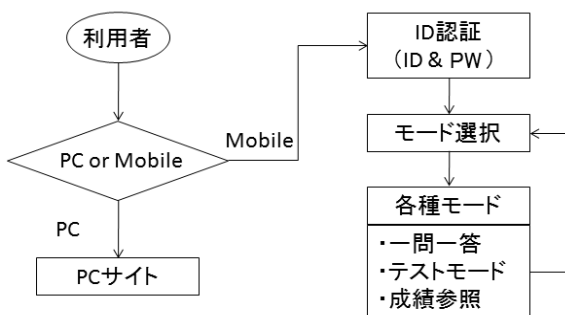


図 1. システムのフローチャート

3. 学習者の評価

3.1 ベイズの定理^[2]

ベイズの定理では、事象 A が起こったという条件のもとで事象 B が起こる確率を、 A のもとで B が起きる条件確率

とし、 $P(B|A)$ として(1)式のようになる。

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \quad (1)$$

ここで、 $P(A \cap B)$ は A と B が同時に起こる確率である。

(1)式の両辺に $P(A)$ を乗じると(2)式のようになる。

$$P(A \cap B) = P(B|A)P(A) \quad (2)$$

(2)式を乗法定理と呼ぶ。 $P(A \cap B)$ は A と B が同時に起こる確率であるため、(2)式を変形すると(3)式のようになる。

$$P(A \cap B) = P(A|B)P(B) \quad (3)$$

(3)式を(1)式に代入すると、(4)式のようになる。

$$P(A|B) = \frac{P(A)P(B|A)}{P(B)} \quad (4)$$

(4)式がベイズの定理である。 A を原因、 B を結果とすると、 $P(A|B)$ は結果 B が得られたときに、その原因が A であることを示す。 $P(A)$ は結果 B が起こる前の確率、 $P(A|B)$ は B が起こった後の確率であるため、 $P(A)$ を事前確率、 $P(A|B)$ を事後確率と呼ぶ。また $P(B|A)$ は A と B の役割が逆転している(B を原因、 A を結果とする)ため、 $P(A|B)$ の逆確率という。ベイズの定理では、事前確率を利用することで目的の事後確率を求める。

ベイズの定理には性質として以下の2点がある。

- (1) 理由不十分の原理が利用可能
- (2) ベイズ更新が利用可能

(1)にある理由不十分の原理とは、事前確率を設定する際に事象に対する情報が無い場合、全ての事前確率が同様に確からしく起こるという原理である。この原理により事前確率が未知の場合であっても事後確率を求めることが可能である。

(2)にあるベイズ更新とは、既に得られている確率情報に新たなデータを加えて、更に新しい確率情報を得るというものである。したがって既に蓄積した確率情報を活用し逐次的に確率情報の更新が可能である。

3.2 評価方法

学習者の評価は、PC 用 e-Learning システム内のテストモードを利用した学習者を対象とし、解答情報を送信した際に保存される成績を用いて行う。保存される成績は、学習者 ID、解答時間、学習者が出題問題に対する確信度合いを示す確信度、出題問題名、正誤情報からなり、本報告の評価では、学習者 ID、出題問題名、正誤情報から学習者および出題問題にランク付け評価を行った。学習者が所属するランクを学習者ランク、出題問題が所属するランクを出題問

† 日本大学, Nihon University

題ランクとし、各ランクは A~E の 5 段階に分けた。以下にそれぞれのランクのランク付けの概要を示す。

表 3. 各ランクのランク付け概要

| | 学習者 | 出題問題 |
|----|------------------|-------------------|
| 指標 | 学習者の 問題正解率[%] | 出題問題の 問題正解率[%] |
| A | 81 ~ 100 | 81 ~ 100 |
| B | 61 ~ 80 | 61 ~ 80 |
| C | 41 ~ 60 | 41 ~ 60 |
| D | 21 ~ 40 | 21 ~ 40 |
| E | 0 ~ 20 | 0 ~ 20 |

以下に、計算手順を述べる。

- ① 全ての学習者に対して学習者ランクを算出する。
- ② 全ての出題問題に対して出題問題ランクを算出する。
- ③ (4)式を用いて、各出題問題ランクに対して正誤情報を用いて学習者ランクの所属確率を求める。ここで学習者ランクの所属確率は、理由不十分の原理より、存在する学習者ランクが全ての事前確率が同様に確からしく起こると考える。
- ④ (3)で求めた各出題問題の学習者ランクの所属確率と学習者の 1 回分のテストの出題問題と正誤情報を用いて、全ての学習者のランクを決定する。ここで決定したランクを最終的な学習者のランクとして評価結果とする。

新たに成績を得た場合、それを加味して計算を繰り返す。繰り返し計算を行うことにより全ての成績を利用した評価が可能である。確率に着目した評価を行うことにより、出題問題の難易度に応じた評価が可能であると考えられる。例えば、同様の問題が出題されるテストを受け、同様の点数であっても正解問題、不正解問題が異なっていれば、評価が異なると考えられる。また、成績情報が蓄積するにしたがって確率を求める判断材料となる正誤情報が増加し、最もらしい評価が可能であると考えられる。

4. 評価実験

3.2 で述べた評価を実際に得られた成績を利用して行った。以下に、実験の概要を示す。

表 2. 実験概要

| | |
|--------|---------------------------|
| 期間 | 2011 年 3 月上旬 ~ 6 月中旬 |
| 学習者数 | 12 名 |
| 問題数 | 160 問 |
| 平均利用回数 | 13 回 |
| 備考 | 出題数:20 問 日付ごとに同様の問題を出題 |

3 月中の成績で評価したものを評価 a、3 月から 6 月までの全ての成績で評価したものを評価 b とする。表 4、5 に評価 a、b で得られた、各学習者ランクの学習者の各出題問題ランクの出題問題に対する正解、不正解確率を示す。(単位は

全て[%])

表 4. 評価 a

| | | 出題問題ランク | | | | | | | | | |
|------------|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | A | | B | | C | | D | | E | |
| | | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 |
| 学習者 ランク | B | 38 | 14 | 45 | 14 | 49 | 21 | 55 | 23 | 49 | 31 |
| | C | 37 | 16 | 39 | 23 | 41 | 27 | 33 | 33 | 29 | 34 |
| | D | 25 | 70 | 16 | 63 | 10 | 52 | 12 | 44 | 22 | 35 |

表 5. 評価 b

| | | 出題問題ランク | | | | | | | | | |
|------------|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | A | | B | | C | | D | | E | |
| | | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 | 正 | 誤 |
| 学習者 ランク | B | 37 | 12 | 39 | 22 | 47 | 23 | 48 | 27 | 41 | 33 |
| | C | 34 | 30 | 36 | 29 | 38 | 29 | 30 | 35 | 34 | 33 |
| | D | 29 | 58 | 25 | 49 | 15 | 48 | 22 | 38 | 25 | 34 |

表 4、5 から出題問題ランクの最も高い A 問題を間違えると、学習者ランクが低い D に所属している確率が高いことがわかる。また、最も低い E の問題を間違えても、学習者ランクはほぼ同確率であることがわかる。次に評価 a、b を用いた学習者 1 の評価を例に評価 a、b の比較を行う。学習者 1 のあるテストにおける正解数は 20 問中 10 問であった。評価 a で学習者 1 を評価すると学習者ランクは C、評価 b で評価すると B である確率が高いという結果になった。この結果から、成績情報が増加したことにより学習者 1 が学習者ランク B の学習者に最も近い解答を行ったことがいえる。このように学習者全体の成績が増加することでより近い解答を行った学習者の発見が可能となり、評価につながるができる。しかし、学習者によっては、学習者ランクの所属確率が一定になってしまい判断できない場合があったため、ランクの設定について検討する必要がある。

5. まとめ

ベイズの定理を用いた学習者の評価を行った。評価の為に学習者ランク、出題問題ランクを設定し、それらを用いて学習者が所属する確率が高い学習者ランクを決定し、評価結果とした。評価実験を行ったところ成績情報が増加すると評価結果が変化することが確認できた。しかし、学習者によっては、学習者ランクが判断できない場合があったため、ランクの設定について検討していく。

今後は、出題問題ランクが高い問題からケアレスミス、低い問題からは、無作為解答といった学習者の傾向を分析し、より学習者に有効な評価を行う。

参考文献

- [1] 久津間啓右, 佐々木龍, 泉隆: 「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」, 第 9 回情報科学技術フォーラム, pp.(4-461)-(4-462), N-006 (2010)
- [2] 涌井良幸: 「道具としてのベイズ統計」 日本実業出版(2009)