

ベイジアンネットを利用した e-Learning システム「BELS」の試作と検証

矢吹 守† 大木幹雄‡
日本工業大学 工学部 情報工学科‡

1. はじめに

近年, e-Learning (electronic-learning) は企業内研修, 遠隔地への教育提供等で広く用いられるようになり, より質の高いものが求められている. しかし, 既存の e-Learning システムでは学習者の状況を, web 上で行われた試験の解答結果や内容理解状況(アンケート等によって得られたもの)等, データのみによる判断で行っている. そのため, 学習者の理解していない点に対する考慮がされていないのが実状である. そこで, 以下の問題点の解決を目的にシステム (Bayesian network E-Learning System: 以下, BELS) を試作し, その有用性を検証するための実験を行った.

(1) 各学習者を対象に, 問題の解答結果から確率計算を行い, 誤答原因を推測し, 学習者に合わせた誤答原因を提示することで, 学習の効率化を図る.

(2) 学習者に合わせた誤答原因を提示し, 学習の優先順位を明確にする事によって, 学習時間の短縮化を図る.

2. BELS の概要

e-Learning にベイジアンネットワークを用いた研究は行われているが (例えば[1]), 誤答原因の推定に用いる尤度の集計と提示方法について深く考察した研究は少ない.

BELS は, ログインしたユーザが問題の誤答を行う度, その問題に関連した知識を推定し, 「不足知識の確率」として, ユーザに提示する. 取り扱う学習テーマは「C言語」とする.

学習者の不足知識の推定は, ベイジアンネット (Bayesian network or Bayesian belief network) を用いている.

2.1 BELS の特長

BELS には次のような特長がある.

- ・新規ユーザのアカウントを発行する場合, DB の「不足知識の確率」テーブルに, そのユーザの解答結果による誤答原因の比率を示したレコードを追加する. この確率の値は, 問題が不正解になる度に变化する.

- ・ログインしたユーザの不足知識の確率を元に, 不足知識の確率を降順に並び替え, 成績一覧ページに表示する.

ユーザが問題を誤答した原因 (不足している知識) としては, 以下を想定する.

- (1) 基礎項目
- (2) 演算子の優先順位
- (3) 制御文
- (4) 配列
- (5) 関数
- (6) 構造体

2.3 BELS におけるベイジアンネット

ベイジアンネットは, 対象とする現象を構成するそれぞれの事象(確率変数)をノード(node)で, そのノード間を単なる線ではなく矢印で表すアーク(arc)で非循環有向グラフ (noncyclic directed graph) として表す確率モデルである.

BELS は不足知識の推定に, 次の確率計算式 (1) を用いる.

$$P(X_k | a) = \frac{P(a | X_k) P(X_k)}{\sum_i P(a | X_i) P(X_i)} \dots (1)$$

a : ある問題に対して, 誤答であったという結果.

X_k : k 番目の関連知識.

X_i : i 番目の関連知識.

$P(X_k)$: 不足知識 X_k の確率.

$P(a)$: 結果 (誤答) a が起こる確率.

$P(X_k | a)$: 結果 a が起こった際, 関連知識 X_k が不足している確率.

$P(a | X_k)$: 関連知識 X_k が不足している際, 結果 a が起こる確率.

$P(a | X_i)$: 関連知識 X_i が不足している際, 結果 a が起こる確率.

誤答であったという結果から式(1)の計算を行い, 結果 a が起こった際, 関連知識 X_k が不足している確率 $P(X_k | a)$ を新たな値に更新する.

2.4 尤度について

BELS が結果から原因を推定する条件付確率計算を行う際に用いる尤度の統計方法, 統計に用いたテスト用紙の内容について以下に述べる.

(1) 被験者: 情報工学科より 3~4 年生 7 名を選出した.

† Mamoru Yabuki and Mikio Ohki

‡ Nippon Institute Of Technology

(2) テストの内容：C言語に関する内容である。テスト問題は2部構成であり、1部が基礎に関する事項、2部が1部の基礎事項を応用させた問題となっている。

(3) 統計方法：テストの正答数から1部と2部の問題の相関係数を算出し、その値を正規化することで、尤度とした。この場合、2部の問題が「結果」であり、1部の問題が「原因」である。

3. 評価実験

3.1 実験概要

以下の内容で実験を行った。

(1) 被験者：情報工学科の学生、4学年より計7名を選出した。

(2) 評価項目：下記の2点について、ヒアリング形式で調査を行った。

① ベイズの理論を用いて、不足知識の確率を降順で並び替える事によって、その提示方法が学習に役立つかどうかの5段階評価、及び提示された知識に対する意見。

② 下記2つの提示方法においてどちらが学習しやすいかの選択とその提示方法を選んだ理由。

- ・ベイズ理論を用いて推定した、不足知識を確率の降順で一覧表示する方法。

- ・不正解の度に、問題に関連した知識の解説を行う提示方法。

3.2 実験方法

被験者に次の手順でBELSを使用させ、実験を行った。

(1) BELSを使用し、問題を解いてもらう。

(2) 問題を解き終わったら、再度ログインしてもらい、成績表示画面を表示してもらう。その際、前節における評価項目に対する質問の解答を義務付けた。

4. 結果と考察

(1) 尤度統計における考察

尤度統計の際に算出した相関係数を、有意水準1%及び5%を基準として検定した結果から、以下の事実を述べる事が出来る。

(a) ある項目の知識が不足している場合、その原因はその知識単一に原因があるのではなく、それ以前に学習したもの(例：「構造体」には「配列」の概念も理解が必要)にも原因がある。

(b) 配列と関数、構造体とアドレス・ポインタの知識は単一ではなく、1つのセットとしての知識である。これは学習する時期が同じためだと考えられる。

表1 不足知識の提示に対する代表的な意見と評価

代表的な意見	評価点
自分が意識していなかった不足知識が、提示されたため参考になった。	4
関数、配列は苦手な為、確率が高く表示され、その通りだと思った。しかし、基礎事項はどの範囲を取り扱っているかが不明瞭だったため、なぜ不足知識の確率が高く提示されるのかが分からなかった。	4

表2 提示方法別の意見

提示方法	理由
不足知識の確率による一覧表示	(1) 不正解の度に解説が表示されるより、確率で表示されたもので、数値が高いものから見ていく方が、頭に残ると思う。 (2) 確率で表示してもらの方が、自分のスタイル(例として20%以上のものだけやる)で学習する事が可能となるため、効率良く学習出来ると感じたため。
問題に関連する知識の解説表示	(1) 不正解をその場で確認し、学習する事ができるため。

(2) 実験結果

不足知識の提示に対する、代表的な意見、及び5段階評価を表1に示す。平均評価点は「3.71」となった。被験者が選んだ学習しやすい提示方法、及び代表的な理由を表2に示す。提示方法1を選んだ人数が7人中5人という結果になった。

(3) BELSの有用性

実験結果より、平均評価点が「3.71」と比較的高い事から、ベイジアンネットによって提示された不足知識の確率が学習の効率化に繋がる事が分かる。又、ベイジアンネットを用いて、不足知識の確率を降順で一覧表示する方が、学習しやすいという結果になり、この結果から学習時間の短縮化を図ることが可能であることが分かる。よって、ベイジアンネットによる誤答原因の提示は有用であると結論付けることが出来る。

5. おわりに

本稿では、ベイジアンネットを利用する事で、従来のe-Learningシステムの問題点を解決できることを述べた。今後、応用分野を広げる試みが必要である。

参考文献

[1] 寿真田崇志, 松本哲也, 大西昇(名大): e-Learningにおけるベイジアンネットワークを用いた学習者特性の推定, 信学技報, vol.106, no.583, ET2006-141, pp.203-208 (2007年)