

カード操作によるプログラミング学習支援システムにおける ベイジアンネットワークを用いたラーニングアナリティクス - トグルを用いた場合の分析 -

Learning Analytics with Bayesian Network on Card Operation-Based Programming Learning Support System - Analysis of the case of using toggling -

清瀧 壽一^{*1}, 田辺 七海^{*2}, 松本 慎平^{*1}

Toshikazu KIYOTAKI^{*1}, Natsumi TANABE^{*2}, Shimpei MATSUMOTO^{*1}

^{*1} 広島工業大学情報学部

^{*1} Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

^{*2} 広島工業大学大学院工学系研究科

^{*2} Graduate School of Science and Technology, Hiroshima Institute of Technology

Email: bm21045@cc.it-hiroshima.ac.jp

あらまし: 本研究では、ベイジアンネットワークによりカード操作によるプログラミング学習支援システムのラーニングアナリティクスを実践することを目的とする。具体的には、先行研究において今後の課題として残されていたトグルなどの学習課題が有する特性を考慮した場合における分析を行う。そして、推定された学習者の思考パターンの妥当性を検証するための実験を行った結果、トグルを有する学習課題においても、ベイジアンネットワークは有用であることを明らかにした。

キーワード: カード操作によるプログラミング学習支援システム, ベイジアンネットワーク

1. はじめに

昨今、Learning Analytics(以降、LA)と呼ばれる取り組みが注目を集めている。LAにより、数多くの教育改善が試みられている^(1,2)。例えば、学習履歴データの集計と統計による提示に基づき、学習者の進捗状況や学習状況を把握した上で、脱落の恐れがある学習者の早期発見などが実現されている。

LAの有用性に着眼し、先行研究において、カード操作によるプログラミング学習支援システム(Card Operation-Based Programming Learning Support System, 以降 COPS)⁽³⁾のLAによる教育改善の可能性が示されている。例えば、カード操作回数と学習者の理解度の間に統計的に有意な関係があることが示唆されている⁽⁴⁾。また、COPSの学習ログをベイジアンネットワーク(Bayesian Network, 以降 BN)を用いて分析する研究も行われている。これにより、学習者の思考パターンを推定するための方法が提案されており、その有用性が部分的に確認されている⁽⁵⁾。しかし、BNを用いたCOPSのLAにおいては、学習課題の制約を考慮したBNのモデルによる分析や、トグルなどの学習課題が有する特性を考慮した場合の学習ログ分析は十分に行われていない。

そこで本研究では、BNによりCOPSのLAを実践し、先行研究⁽⁵⁾において先行研究において今後の課題として残されていたトグルなどの学習課題が有する特性を考慮した場合における分析を行う。そして、推定された学習者の思考パターンの妥当性を検証するための実験を行うことで、COPSのLAにBNが有用であることを明らかにする。

2. カード操作によるプログラミング学習支援システムと分析方法の概要

2.1 システムの概要

COPSは、部分間の関係を考えることに焦点を当てたプログラミング学習において、非本質的な認知負荷の影響をできる限り減らすことを意図したRuby on Railsで動作するWebアプリケーションである。COPSが採用するカード操作方式は、問題文とプログラムコードの書かれたカードを提示し、学習者は問題文の処理に合うようにカードを並び替え、プログラムを組み立てる演習方式である。カード操作方式は、プログラミングを分割した後、間接的に一部の活動を減らし、各活動に認知資源を集中させる仕組みである。

2.2 分析方法の概要

学習課題ごとに、正誤診断イベントが発生した際に解答欄に設定されているカード順列の状態を取得する。このカードの状態をカードパターンと呼ぶ。カードパターンは、例えば正しい3枚のカード順列を求める問題であれば、3桁の数字で表現される。ここで、正解は1, 2, 3番のカードであり、ダミーカードは-1番の問題があったとする。このとき、正解の状態は([1][2][3])とする。なお、トグルを持つカードが存在する場合、トグルごとに別カードとみなす。例えばカード番号3が3つトグルを持っていた場合は、([3_1][3_2][3_3])の3パターンが存在していたとみなして入力する。このような問題のログデータに対して、どのような学習者がどのようなカードパタ

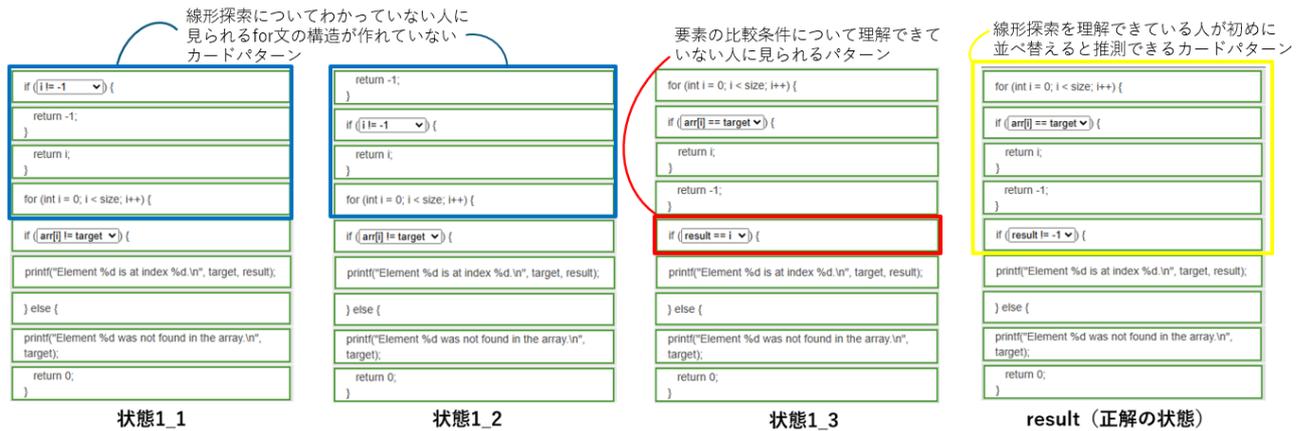


図1 それぞれの状態と result のカードパターン

ーンを出現させていたかを表すバイナリマトリックスを作成する。学習者を行、カードパターンを列としたマトリックスを生成する。バイナリマトリックスの値は、学習者 X でカードパターン Y が出現していれば 1, そうでなければ 0 とする。また、最終列に[result]という列を追加する。COPS の操作ログを確認しながら回答回数に閾値を設け、2 回以内の回答で正解しているものには 1 を設定し正解、正解するまでにそれ以上回数がかかっているものには 0 とし不正解扱いとする。このようなマトリックスを分析対象の学習課題数だけ作成し、BN の入力とする。

次に、入力データを用いて構造学習を行い、BN のモデルを構築する。構造学習の際、正解のカード順列([1][2][3])以外のカード順列のノードは正解のカード順列を持たないように禁止ノードとして設定する。また、そのほかのノードはすべて候補ノードとして設定する。アルゴリズムは Greedy Search(欲張り法)、評価基準は AIC(赤池の情報量)、クロス集計の平均値が閾値 0.01 以下になったら探索を終了させる。以上によって構築された BN モデルを用いて正解のカード順列ノードを目的変数、そのほかのノードを説明変数として、正誤の予測を行う。また、正解のノードにエビデンスを設定して、目的変数の確率の変化を調査し、正解不正解それぞれの時の確率の高いカードパターンに基づき考察を行う。

3. 実験結果

C 言語の基本を理解しており、情報学を学ぶ大学 3, 4 年生、院生 20 名に対して実験を行った。実験に用いた問題の内容としては、プログラミング初学者を対象とした難易度であり、1. 線形探索、2. 配列の要素の合計と平均、3. 配列の要素の最大最小、4. 昇順ソートの問題である。操作ログを提案手法を用いて分析・可視化した。

result と因果関係があったカードパターンを図 1 に示す。図 1 の状態 1_1 から状態 1_3 のいくつかのエビデンスを設定すると、result の確率は変化した。図 1 から、カードの並びは正しいがトグルの中身を間違えているものや、for 文外に条件や return の処理カードを配置しているものが確認できる。これらの

カードパターンがみられる学習者は、探索構造を理解できておらず、インデックスの返却がループと関連していることを認識できていない可能性がある。線形探索では配列要素の全体巡回と条件判定が必要である。今回の分析により、for 文から条件判定、return の順にカードを並べ替えることで正解につながりやすく、そうでない場合は不正解に結びつきやすい状態を明らかにできた。

4. おわりに

本研究では、COPS のログデータを BN を用いて分析する方法を提案し、提案方法が COPS のトグルを含めた学習ログ解析に適用可能であることを明らかにするため、実験を行った。実験の結果、提案手法は COPS のトグルを含めた学習ログ解析に適用可能であることを、学習者の更なる支援に向けて有用であることを明らかにした。

謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(C)23K02697, 22K02815)の助成を受けて実施した成果の一部である。

参考文献

- (1) K.E. Arnold and M.D. Pistilli. Course signals at Purdue: using learning analytics to increase student success. Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge, pp.267-270 (2012).
- (2) 植野真臣. e ラーニングにおけるデータマイニング. 日本教育工学会論文誌, Vol.31, No.3, pp.271-283, 2007.
- (3) 重松大志, 奥平泰基, 松本慎平, カード操作によるプログラミング学習支援システムにおけるコンパイラとの接続機能の実装, 情報処理学会論文誌, 65(6), pp.1102-1115 (2024).
- (4) 岩本颯, 森永笑子, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗. カード操作方式によるプログラミング学習支援システムにおけるラーニングアナリティクス. 教育システム情報学会 2019 年度学生研究発表会, pp.187-188 (2020).
- (5) 奥平泰基, 重松大志, 松本慎平. カード操作によるプログラミング学習支援システムにおける確率モデルを用いたラーニングアナリティクスの検討. HISS 2023, pp.115-118 (2023).