

学習履歴情報の知識化による学習プロセス評価支援

Knowledge Discovery from Learning History Data and its Effective Use for Learning Process Evaluation

N-39

松居 辰則
Tatsunori Matsui岡本 敏雄
Toshio Okamoto

1. はじめに

コンピュータ・ネットワーク技術・基盤の発展により学習環境に大きな変革が求められている。特に、インターネット学習環境は、その上で多種多様な学習メディア・ツールを利用可能とし、従来の学習環境では実現困難であった様々な形態の学習環境を提供可能となった。一方、教育観は行動主義から構成主義へとパラダイムが変化し、これに伴い教育評価観も総括的評価から形成的評価、そして学習プロセス評価へとパラダイムが変化している。そして、これらの新しいパラダイムは、情報通信技術がもたらす新しい自由度の高い学習環境において実現可能であるとの仮定のもとに様々なシステム開発・実践が行われている。

2. 研究の目的

本研究の目的はインターネット学習環境において学習プロセス評価を可能とするための支援に関する枠組みを提案することにある。

形成的評価も学習プロセス評価を指向した概念であるが、評価のための情報を取得する時系列的な時間間隔において、総括的評価との相対的な概念として位置づけられ、実現の困難さが指摘されている。すなわち、学習プロセス評価を実現するためには、学習者の学習活動に関する情報を絶対的に短い時間間隔で取得する必要がある。一方、コンピュータ支援による学習環境（インターネット学習環境も含む）においては、学習者の学習履歴やメディア・ツールの操作履歴を容易に、かつ任意の時間間隔で取得し蓄積することが可能である。したがって、これらの情報は学習プロセス評価の情報としては極めて重要であると考えられる。

そこで、本研究では学習履歴情報への新しいアプローチとして Digital Portfolio を定義し、インターネット学習環境における Digital Portfolio の構成方法を提案し、学習プロセス評価の可能性を検討する。具体的には、多種多様なメディア・ツールの利用履歴として収集可能な異なった形式の情報、すなわち異種情報を統合的に管理・運用する学習履歴データベースの構成方法、およびデータマイニング手法を用いた新しい学習履歴データベースの利活用に関する可能性を、情報の構成・共有・可視化の観点から総合的に検討を行う。特に本稿では、Digital Portfolio 構成時における学習履歴情報から教育的観点からの有意味な情報の抽出（知識化）を発見科学的に行う手法に関して述べ、学習プロセス評価支援システムへの実装に関して述べる。

3. Digital Portfolio 構成への発見科学的アプローチ

3.1 Digital Portfolio の定義と構成手法

本研究では Digital Portfolio を「各種学習ツールを利用した学習履歴に関する情報をメタ表象上に記述し統合的記述のもとで管理したもの、およびそこから抽出された意味のある情報との総体」と定義する。Digital Portfolio は次のような手順で構成される。

(1)各学習ツールの利用履歴、学習履歴を蓄積

電気通信大学 大学院情報システム学研究所

- (2)蓄積された履歴情報を時系列的に系列化
- (3)履歴データベースから意味のある情報を抽出
- (4)履歴データベースと(3)を統合管理 (Digital Portfolio)

Digital Portfolio からは学習者や教授者の要求に応じてフィードバック情報が生成される。ここで、Digital Portfolio における履歴データ集合から抽出される意味のある情報とは、学習活動に関するルール、時系列的な学習活動の推移状態（パターン）などを意味する。意味のある情報の抽出には、関連ルール抽出および決定木学習の手法を用いる。

3.2 発見科学的アプローチ

ここで、関連ルールを抽出する意義に関して述べる。従来の数理モデルに基づく学習評価は、そのモデルへの当てはまりの良さによって行われてきた。しかし、前提となるモデルの妥当性の保証は不可能である。そこで、本研究では、評価においてモデルへの当てはまりの良さを基準とするのではなく、モデルをボトムアップに構成し、適切な解釈を評価者が与えるという評価の枠組みを提案している [松居 00a]。これを発見科学的アプローチと呼んでいる。モデル構成のための最小単位は履歴属性値の共起性であり、関連ルールは属性値間の共起性に基づいて抽出されるため、妥当な手法であると考えられる。

4. 履歴データベースにおけるフォーマット統合と精練化手法

Digital Portfolio の構成過程では履歴データベースから関連ルール抽出と決定木学習によって意味のある情報の抽出を行う。しかし、学習履歴データを対象とする場合、次の問題点が存在する。

- ・データベースに蓄積されるデータはフォーマットが統一されていない。従来の決定木学習では分類能力の高い決定木が生成されない。
- ・決定木学習には多くのデータが必要である。

以下では、これらの問題点への対処に関して述べる。

4.1 履歴データベースのフォーマット統合

履歴データベースの精練化過程 (4.2 で述べる) においては、Apriori [Agrawal 94] により属性間の関連ルールを抽出し、これらをもとに新規属性の生成を行う。しかしながら、Apriori は本来 2 値属性を前提とした関連ルール抽出アルゴリズムであるため、本システムのように多値属性で構成されるデータに適用することができない。そこで、従来の Apriori を次のような点において拡張を行った。結果、より確信度の高い関連ルールが抽出されるとの知見を得ている [松居 00b]。

- (1)多値属性へ適用可能 (エントロピーによる調整)
- (2)属性値数を考慮した関連ルール抽出
- (3)連続値属性へ適用可能 (AIC の利用)

4.2 履歴データベースの精練化手法

決定木学習において分類性能の高い決定木を得るために

は膨大なデータを必要とする。しかし、教育データを対象にした場合、膨大なデータを収集することは非現実的である。そこで、比較的少ない数(量)のデータからより分類性能の高い決定木を得るために履歴データベースの精練化手法を提案した。履歴データベースの精練化の流れは次のとおりである。結果、従来の決定木学習と比較して少ない量のデータから分類性能の高い決定木が得られるとの知見を得ている[松居 00a]。

- Step1 履歴データをトランザクション形式に変換
- Step2 属性間の相関ルールを抽出
- Step3 相関ルールをもとに新規属性候補を生成
- Step4 新規属性候補を含めて決定木の有用性を評価
- Step5 評価基準に基づき属性を統廃合

5. 学習プロセス評価支援システムへの実装

本研究で提案する Digital Portfolio の構成、Digital Portfolio の構成過程で行われる履歴データからの意味のある情報の抽出手法を学習プロセス評価支援システムとして実装し、学習プロセス評価の可能性を検討する。

5.1 システムの概要

図 1 にシステムの初期画面を示す。ここでは、処理可能な学習履歴データベースの属性とその属性のタイプ(フォーマット)が示され、情報抽出のための前処理(離散属性値数の情報量調整, 連続値属性の多値離散属性化, 欠損値の処理), 履歴データベースの精練化を行うことが可能である。その後、評価目標を設定し、相関ルール抽出と決定木の構成を行うことができ、図 2 のように出力される。評価目標を設定すると、評価目標に関連した相関ルール、評価目標を分類目的属性とした決定木が構成される。

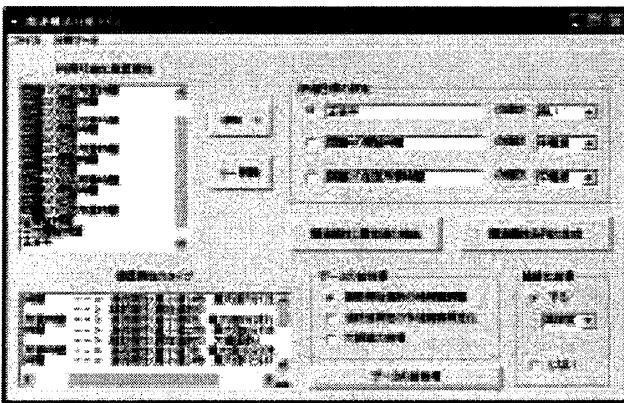


図 1 システムの初期画面

5.2 知識化された情報の可視化の試み

図 3 にグループ学習支援システムの学習履歴情報から構成された 2 人の学習者の学習プロセスを可視化したものを示す[松居 02]。これは、本システムによって抽出された相関ルールの中で確信度が高く、かつルールの前件部と後件部が一致しているものを連続的に接続し、学習過程を状態遷移図として表現したものである。各ノードは使用した学習ツールを示す。2 人の学習者は異なる形態の学習プロセスを経ていることが示唆される。これらに対する解釈の付与、共有の支援は今後の重要な課題である。

ここで、この状態遷移図は学習履歴からボトムアップに構成されたものであることに注意する必要がある。

6. まとめと今後の課題

本稿では、Digital Portfolio の定義と構成、およびそれらの学習プロセス評価への可能性について述べた。現在、本システムは「統計解析」を題材にしたグループ学習支援システムの機能として実装しており、提案手法の妥当性、有効性の検証を行っている。これらの知見を踏まえて Digital Portfolio の汎用的な構成手法の開発を試みる予定である。また、掲示板やチャットの入力情報の Digital Portfolio 化と学習プロセス評価への利用も検討中である。

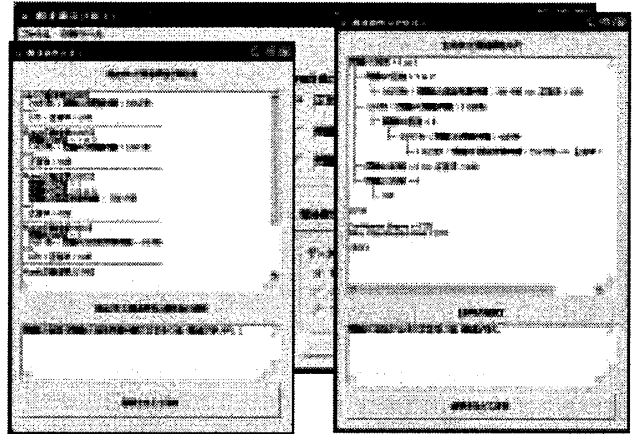


図 2 抽出された相関ルールと構成された決定木

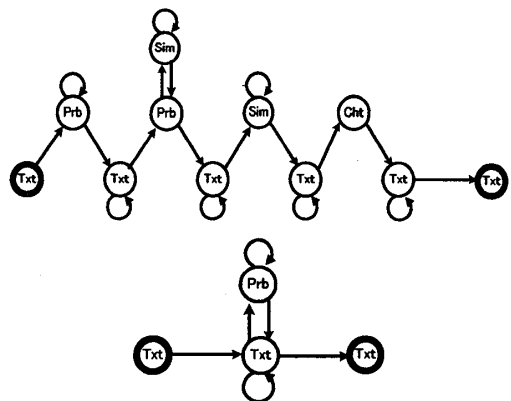


図 3 構成された学習プロセスの可視化

参考文献

- [Campbell 97] D.M. Campbell, "How to Develop A Professional Portfolio", Allyn and Bacon, pp.3-39, 1997.
- [Cole 95] D.J. Cole, "Portfolio Across the Curriculum and Beyond", Corwin Press, Inc., pp.5-25, 1995.
- [Shaklee 97] B.D. Shaklee, et al., "Designing and Using Portfolio", Allyn and Bacon, pp.3-27, 1997.
- [松居 00a] 松居, 岡本; "Digital Portfolio の発見科学的扱い", 信学技報, ET2000-88, pp.87-94, 2000.
- [松居 00b] 松居, 岡本; "決定木学習を用いた Portfolio の概念に基づいた学習者モデル構築手法", 信学技報, ET2000-31, pp.71-78, 2000.
- [Argawal 94] Argrawal, R. and Srikant, R., "Fast Algorithms for mining association rules", Proc. of the 20th VLDB Conference, pp487-499, 1994.
- [松居 02] 松居, "発見科学的アプローチによる学習履歴情報の知識化", 人工知能学会第 16 回全国大会, 3D5-04, 2002.