

学習者の心的状態と生体情報に関する概念記述の試み

Study on Conceptual Descriptions of Mental States and Physiological Information

村松 慶一*¹ 田中 英一郎*¹ 綿貫 啓一*¹ 松居 辰則*²
Keiichi MURAMATSU Eiichirou TANAKA Keiichi WATANUKI Tatsunori MATSUI

*¹埼玉大学 理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

*²早稲田大学 人間科学学術院

Faculty of Human Sciences, Waseda University

Recently, the research in intelligent educational systems has much interest in exploring data from academic settings to understand learners behavior and mental states. We have been developing Intelligent Mentoring System which performs automatic mentoring by using an ontology to provide a specification of learner models. To identify learners mental states, the ontology covers theoretical and data-driven knowledge of the emotions. Thus, the current study aims to conceptualize association rule, a data mining model, extracted by association analysis of physiological and psychological data in learning.

1. はじめに

近年、e-Learning システムを利用した際に得られるシステムログや学習者の顔画像、視線、その他の生理指標などのデータから、学習者が課題に取り組む状況を把握する試みが進められている。このようなデータの取得・分析によって、学習対象に関する知識や学習者の理解状態の把握という知的チューティングシステム (Intelligent Tutoring System; ITS) 研究において従来から行われてきた観点とは別の角度から学習者の状況を把握することが可能となる。学習者の知識・理解状態に加えて心的状態を考慮した支援を行う知的メンタリングシステムの実現に向けて、例えば多肢選択問題を回答中の学習者の視線情報と回答の確信および選択肢の迷いに関する実験的検討 [小島 14] や、教師と学習者のインタラクションの中で教師の発話および学習者の生体情報と学習者の心的状態との関係を形式化する試み [竹花 15] が行われてきた。このような取り組みによって、学習者の生体情報を学習行為や心的状態と関係付けるための基礎的な知見が蓄積されており、今後は IoT (Internet of Things) が進むにつれて取得可能な生体情報の種類と量が増大することが見込まれる。そのため、学習者の心的状態と生体情報の関係を記述するための概念基盤が必要とされており、学習者の感情に関するオントロジー記述 [Muramatsu 16] が行われてきた。ただし、その研究では統計的手法を用いて表される学習に関連する感情に焦点が当てられており、データマイニングの手法を用いた関係記述が課題のままである。そこで、本研究では学習者の心的状態と生体情報に関するデータから抽出される相関ルールについての概念記述を試みる。

2. 個別学習におけるアソシエーション分析

竹花ら [竹花 15] は、データマイニングの手法であるアソシエーション分析によって教師の発話および学習者の生体情報と学習者の心的状態に関する情報から相関ルールの抽出を行っている。分析に用いられたデータは、教師の発話、学習者の生理情報 (脳血流、脳波、呼吸、発汗、脈波)、学習者の心的状態に関するものである。これらのデータは教師 1 名と学習者 1 名の個別学習中に取得され、学習者としての実験参加者は中学生 2 名

であった。ただし、脳血流計測のための多チャンネル NIRS (近赤外線分光法) 装置と脳波計測装置は同時に装着できないため、それぞれ 1 名ずつについて計測された。計測実験においては、学習者には通常通りの授業を受けてもらうように教示し、授業の様子は 3 か所から 3 台のビデオカメラで撮影された。教師の発話に関しては、撮影されたビデオ映像を基に実験者が 9 つのカテゴリ (D1: 説明, D2: 発問, D3: 指示確認, D4: 復唱, D5: 感情受容, D6: 応答, D7: 注意, D8: 雑談, 9: その他) に分類した。また、学習者の心的状態については、後日に学習者が授業のビデオ映像を見ながら学習時の感情を 9 つのカテゴリ (E1: Enjoy, E2: Hope, E3: Pride, E4: Anger, E5: Anxiety, E6: Shame, E7: Hopelessness, E8: Boredom, E9: Other) から当てはまるもの回答した。ビデオ映像の再生と同時にボタンを押すことで回答が行われたため、授業を通して時系列のデータが取得されている。

分析の対象は、約 60 分授業の中で教師と学習者のインタラクションが比較的多く確認できた一部であった。実験で得られたデータは形式や粒度が異なるため、あらかじめ定性的なカテゴリカルデータに変換された。脳血流は 5 つのカテゴリ (A1: 高い, A2: やや高い, A3: 中, A4: やや低い, A5: 低い)、発汗および呼吸も同様の 5 つのカテゴリ (それぞれ B1~B5, C1~C5) である。また、それぞれの生体情報はサンプリングレートの違いによってデータ総数が異なるため、低いサンプリングレートについては次の計測点までを同値とすることで補完を行った上でカテゴリカルデータに変換された。支持度 0.02、確信度 0.89、リフト 2.2 以上で相関ルールを抽出した結果、12 個のルールが抽出された (1)。ルール 1 は右辺部に「心的状態 = E1 (Enjoy)」を含む相関ルールを抽出した結果である。同様に、ルール 2 から 4 は右辺部に「心的状態 = E3 (Pride)」, ルール 5 は右辺部に「心的状態 = E5 (Anxiety)」, ルール 6 から 12 は右辺部に「心的状態 = E6 (Shame)」を含む相関ルールを抽出した結果である。

ルール 1 については、教師の発話は「注意」に分類されるものの冗談を交えたものであり生徒の笑いを誘発させたために結果として、脳血流および呼吸が上昇し「Enjoy」という感情が喚起されたと考えられる。ルール 2 から 4 については、教師の「指示確認」によって学習者が課された課題を達成した状態を認識した結果として「Pride」という感情が喚起されたものと考えられる。ルール 5 については、脳血流が下降するこ

と「Anxiety」の感情の直接的な関係が示唆されるが、測定部位が限定されているため追加の検証が必要である。ルール6から12については、教師が発言した内容が生徒の応答を要するものであり、それに対して学習者が十分な応答ができなかったために「Shame」の感情が喚起されたものと考えられる。

表 1: 抽出された相関ルール (一部のシーン)

ルール	左辺部	右辺部	supp	conf	lift
1	脳血流=A2, 教師の発言=D7, 呼吸=C1	⇒ 心的状態 =E1	0.027	0.943	6.039
2	脳血流=A2, 教師の発言=D3, 呼吸=C4,	⇒ 心的状態 =E3	0.047	0.906	3.380
3	発汗=B3	⇒ 心的状態 =E3	0.030	1.000	3.730
4	脳血流=A2, 教師の発言=D9	⇒ 心的状態 =E3	0.029	1.000	3.730
5	脳血流=A5, 呼吸=C1	⇒ 心的状態 =E5	0.026	0.891	7.164
6	脳血流=A4, 呼吸=C1	⇒ 心的状態 =E6	0.047	1.000	2.289
7	脳血流=A4, 教師の発言=D1	⇒ 心的状態 =E6	0.043	1.000	2.289
8	脳血流=A4, 教師の発言=D3, 呼吸=C1	⇒ 心的状態 =E6	0.041	1.000	2.289
9	脳血流=A4, 呼吸=C1, 発汗=B4	⇒ 心的状態 =E6	0.041	1.000	2.289
10	脳血流=A4, 教師の発言=D1, 呼吸=C4	⇒ 心的状態 =E6	0.037	1.000	2.289
11	脳血流=A4, 教師の発言=D3, 呼吸=C1, 発汗=B4	⇒ 心的状態 =E6	0.036	1.000	2.289
12	脳血流=A4, 教師の発言=D1, 発汗=B4	⇒ 心的状態 =E6	0.024	1.000	2.289

3. 相関ルールに関するオントロジー記述

これらの相関ルールの抽出によって得られた知見について、学習者の心的状態と生体情報の関係を記述するためのオントロジー記述を図1に示す。構築に際しては、オントロジー構築環境の一つである法造^{*1}を用い、統計モデルなどの数理的な表現についての概念 [Muramatsu 16] を参照した。数式を用いたデータと関係に関する表現は「mathematical model(数理モデル)」として定義され、「mathematical expression(数式表現)」と「quality data representation(性質データ表現)」から構成される。これらはすべてYAMATOにおける複合表現の下位階層に位置付けられる。YAMATOの複合表現では component ロールが定義されており、このスロットによって複数の表現を部分とした複合 (composite) の表現が定義されている。「数理モデル」は component スロットを継承した「model formula」スロットと「quality data」スロットによって定義され、それぞれのスロットのクラス制約は「数式表現」と「性質データ表現」である。数理モデルのコンテキストにおいて、性質データ表現の内容を担うデータが「モデル化された属性値」として扱われることが明示されている。次に、数式表現は component スロットを継承した複数の「変数」スロットと「定数」スロットによって定義され、それぞれのクラス制約は「表現」と「数」である。また、変数スロットのサブスロットには「数」をクラス制約とする「係数」サブスロットが定義されている。

データマイニングの手法によって得られた知見はある種のモデルに基づいて表現されていると考えることができるため、「mathematical expression」の下位概念として「data mining

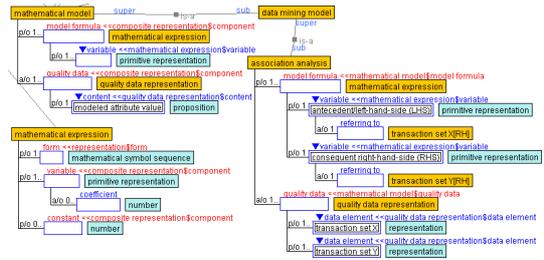


図 1: 相関ルールによるデータの表現に関するオントロジー記述

model」が定義され、さらにその下位に相関ルール抽出を行う「association analysis」が定義される。「association analysis」を構成する「model formula」スロットのサブスロットとして前件部と後件部を示す「antecedent/left-hand-side (LHS)」と「consequent right-hand-side (RHS)」がロールホルダーとして定義されている。さらに、それらは「quality data」を構成する「transaction set X」と「transaction set Y」というロールホルダーを参照している。このような概念化を行った場合には、「quality data」は「transaction set X」と「transaction set Y」というアイテムを含むトランザクションに相当するデータ表現を部分としてもつことになるため、前件部のトランザクションが後件部と重複して「quality data」に存在することになる。相関ルールの前件部および後件部がそれぞれ何を示すかということを明示することが目的であれば、このような概念化で問題ない。しかし、実際にデータベースに存在するトランザクションを正しく表現することができないため今後の検討が必要である。

4. おわりに

本研究では、学習者の心的状態と生体情報の関係を記述するための概念基盤を構築するために、データマイニングの手法によって抽出される相関ルールについての概念記述を試みた。具体的には、「mathematical model(数理モデル)」[Muramatsu 16] という表現の概念を援用し、相関ルール抽出を行う「association analysis」の記述を行った。しかし、実際にデータベースに存在するトランザクションを正しく表現することができないため、別の視点からの概念化を検討する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、JST・RISTEX「問題解決型サービス科学研究開発プログラム」の成果によるものである。

参考文献

[小島 14] 小島一晃, 村松慶一, 松居辰則: 多肢選択問題の回答における視線の選択肢走査の実験的記述, 教育システム情報学会誌, 32(2), 197-202 (2014)
 [竹花 15] 竹花和真, 田和辻可昌, 村松慶一, 松居辰則: 学習時における学習者の生体情報と心的状態の関係の形式化の試み, 第74回先進的学習科学と工学研究会, B501-7, 34-39 (2015)
 [Muramatsu 16] Keiichi Muramatsu, Eiichirou Tanaka, Keiichi Watanuki, Tatsunori Matsui: Framework to describe constructs of academic emotions using ontological descriptions of statistical models, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 11(5), 1-18 (2016)

*1 <http://www.hozo.jp/>