

機械学習を用いた 生体情報からの学習者の心的状態のリアルタイム推定と学習支援の試み

Real time estimation of learner's mental state from biometrics using machine learning and attempts to support learning

宇野 達朗^{*1}, 田和辻 可昌^{*2}, 松居 辰則^{*2}
Tatsuro UNO^{*1}, Yoshimasa TAWATSUJI^{*2}, Tatsunori MATSUI^{*2}

^{*1} 早稲田大学 人間科学部
^{*1} School of Human Sciences, Waseda University
^{*2} 早稲田大学 人間科学学術院
^{*2} Faculty of Human Sciences, Waseda University
Email:katappo@fuji.waseda.jp

あらまし: 教授・学習過程において学習者の心的状態を把握することは教育効果・学習効果の観点から極めて重要である。本研究では、機械学習を用いて、教師の発話および学習者の生理指標と心的状態の関係の抽出を試みた。またリアルタイム学習支援のモックアップを行なった。学習者の生理指標については、NIRS、脳波、呼吸・皮膚コンダクタンス・容積脈波計を取得した。一方、学習者の心的状態は Achievement Emotions Questionnaire: AEQ を用いて、9つの感情状態で抽出された。本シミュレーションから、深層学習を用いることで、高い精度で教師の発話と学習者の生体情報から心的状態の推定が可能であることが示唆された。またモックアップの結果、本研究の目指す学習支援システムが有効である可能性が示唆された
キーワード: 生体情報、深層学習、感情推定、AEQ、学習支援

1. 背景と目的

教授・学習過程において学習者の心的状態を把握することは教育効果・学習効果の観点から極めて重要である。教育工学研究においても、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研究は多くの知見を蓄積している。

そこで、本研究の目的は学習に関わる多面的情報から深層学習を用いて学習者の心的状態の推定と、そのリアルタイムにおける学習支援を検討することにある。

2. 先行研究

松居ら⁽¹⁾は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研究を試みている。松居ら⁽¹⁾は、教師と学習者のインタラクションにおける教師の発話と学習者の生理データ、および学習者の心的状態との関係の形式化を試みている。一方、堀口ら⁽²⁾は機械学習アルゴリズムを用いて学習者の知識・理解状態、心理状態の両側面を推定する機能を実装し、適切な自動メンタリングを実現するために必要なモデルと技術基盤を開発している。堀口ら⁽²⁾はRyuら⁽³⁾の定義した、細かい粒度でサンプリングした行動的特徴であるLLI(Low-Level Interaction)リソースに基づき、それらの特徴に基づく行き詰まりの

推定システムを提案したが、ニューラルネットワークのトレーニングの最適化や学習者心理状態の取得方法の検討などの課題が残る結果となった。

3. 学習に関わる多面的情報取得の実験

被験者は個別指導塾の教師1名と、そこに通う生徒1名であった。生徒にはRyuら⁽³⁾の定義したLLIリソースに倣った生体情報(容積脈派、呼吸、皮膚コンダクタンス、脳血流、脳波)を計測しながら通常通りの授業を受けてもらった。分析者が授業映像を見ながら自作アプリケーションを用いて教師発話をPekrunら⁽⁴⁾の定義する9種類のカテゴリ(1:説明, 2:発問, 3:指示確認, 4:復唱, 5:感情受容, 6:応答, 7:注意, 8:雑談, 9:その他)を使用した。

心的状態を9種類(Enjoy, Hope, Pride, Anger, Anxiety, Shame, Hopelessness, Boredom, Relief)のカテゴリに分類した。生徒には後日、授業時のビデオを見ながら自作アプリケーションを用いて授業時の心的状態の内省報告を求めた。教師には実験後に、撮影していた授業の映像を見返しながら生徒の心的状態を自作アプリケーションを用いて予測してもらった。その結果、生徒による内省報告と教師による予測との一致率は、9感情において全134121個のデータのうち32342個で、一致率は24.11%であった。

4. 深層学習での分析

本節では、前節で得られた学習者の生体情報と心的状態との対応づけに用いた深層学習について述べる。入力には教師発話、生徒の皮膚コンダクタンス、呼吸、容積脈派、NIRSの5つとした。出力は生徒の心的状態(9カテゴリ)とした。実場面での応用を考慮し、サンプリングレートの異なる各入力情報の粒度を補完する点を除き、データの加工は行わなかった。

ネットワーク構造は入力層・中間層(4層)・出力層の6層からなる多層パーセプトロンであった。中間層のユニット数は探索的に、中間層1層目のユニット数を69、2層目を89、3層目を80、4層目を69とした。

python3.5, Tensorflow(ver 0.12.1) で実装し、それぞれの写像関係に関する学習を70000回行なった。活性化関数は中間層では tanh 関数を、出力層ではソフトマックス関数を用いた。また、損失関数にはクロスエントロピー誤差関数、オプティマイザーには Gradient Descent(最急降下法)を用いた。学習率は0.08とした。データ全体の6割を学習データ、4割を評価データとして交差検定を10回行なった。

その結果、76%の精度で生徒の生体情報から心的状態を推定することができ、人間教師の一致率である24.11%を大きく超える結果であり、深層学習を用いた学習支援の応用可能性が示唆された。

5. リアルタイム学習支援モックアップ実験

深層学習を用いた教師へのリアルタイム学習支援実験の効果を予備的に調査するモックアップを行なった。このモックアップでは教師がインターフェースの情報を元に教授行為を変化させるかを検証することを目的とした。被験者は教師役1名と生徒役1名とし対面の授業(10分×4回)を行ない、各授業の終わりに心的状態予測インターフェースの有効性を確かめるインタビューを行なった。リアルタイムでの生体情報取得、分析を行わずに、心的状態予測インターフェース(心的状態のそれぞれの深層学習の出力値をPositive(i.e. Enjoy, Hope, Pride, Relief)とNegative(i.e. Anger, Anxiety, Shame, Hopelessness, Boredom)に分類し、PositiveとNegativeの合計値を表示)の部分のみを擬似的に著者が手動で再現した。2.5秒毎にインターフェースの更新を行なった(図1)。

インタビューの結果、解説を行なっている際は学習支援システムを見れないという課題があげられたため、推定値の変化によって振動で警告を出すといった工夫が必要であることがわかった。しかし教師がインターフェースを参考に教授方略に変化を加え、生徒の理解度向上を図ったということから、本学習支援システムが有効である可能性が示唆された。

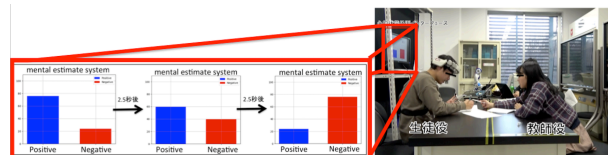


図1 モックアップとインターフェースの様子

6. まとめと今後の展望

生体情報計測機器を用いて学習に関わる多面的情報の取得実験を行なった。実験で取得したデータに加工を施し、深層学習での分析を試みた。結果は76%の精度で推定ができた。モックアップ実験を行なった結果、リアルタイム学習支援の有効性の可能性が示唆された。

多層パーセプトロンのトレーニングの最適化や、リアルタイムでの学習支援実験における一連の動作を実現するにあたって課題が残る結果となった。

モックアップの結果、生徒への生体計測機器の簡素化や教師への学習支援において、インターフェースの設置位置の最適化や、推定値の変化によって振動で知らせるなど様々な工夫が必要であることがわかった。

参考文献

- (1) 松居 辰則, 竹花 和真: 学習時の多様な情報の統合分析による関連性抽出に関する実験的検討, 第29回人工知能学会全国大会(2015)
- (2) 堀口 祐樹, 小島 一晃, 松居 辰則: e-learningにおける学習者の Low-Level Interaction 特徴に基づく行き詰まりの推定システム, 第24回人工知能学会全国大会, 2F1-3(2010)日本情報処理開発センター編: “CAIシステム”, 日刊工業新聞社, 東京 (1972)
- (3) Hokyung Ryu, Andrew Monk: Analysing interaction problems with cyclic interaction theory: Low-level interaction walk-through, PsychNology Journal, Vol.2, No.3, pp.304-330(2004)
- (4) Pekrun, R. Goetz, Frenzel, A. C. Barchfeld, P. and Perry, R. P.: Measuring Emotions in Students' Learning and Performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ), Contemporary Educational Psychology, Vol.36, No.1, pp.36-48(2011)