

機械学習を用いた学習者の生体情報からの心的状態推定の試み

Trial Study on Prediction of Learner's Mental States from Physiological Indexes by Machine Learning

松居 辰則^{*1}, 宇野 達朗^{*1}, 岡崎 桂太^{*1}, 田和辻 可昌^{*1}
Tatsunori Matsui^{*1}, Tatsuro Uno^{*1}, Keita Okazaki^{*1}, Yoshimasa Tawatsuji^{*1}

^{*1}早稲田大学

^{*1}Waseda University

Email: matsui-t@waseda.jp

あらまし：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。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つの感情状態についての内省報告を求めた。中間層を2層とする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。

キーワード：深層学習、学習者の心的状態、生体計測、インタラクション、リアルタイム処理

1. はじめに

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。著者らは、教師と学習者のインタラクションにおいて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きている⁽¹⁾。そこでは、生体情報、発話情報、内省報告等、学習に関わる情報を多面的に用い相関ルールにより関係の形式化を試みている。一方、機械学習アルゴリズムの学習支援を含めて様々な分野への応用可能性も示されてきている。そこで、本研究では、文献(1)と同様の学習に関わる多面的情報から Deep Learning (以下、DL) を用いて学習者の心的状態の推定の可能性を検討した、

2. 学習に関わる多面的情報の取得

学習に関わる多面的情報の取得を目的として生体計測機器を用いた計測を中心に実環境での実験を行った。被験者は個別指導塾（教師1名、学習者1名の個別学習）に通う中学生1名であった（本実験の実施にあたっては当該塾の講師を通して被験者（生徒）および保護者の許可を得ている）。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⁽²⁾を用いて、9つの感情状態についての内省報告を求めた。詳細については文献(1)を参照されたい。

3. DL を用いた心的状態推定の試み

3.1 リアルタイム性処理と時間的側面の検討

著者らの先行研究⁽³⁾では、ある一つの単位時刻における生体情報と心的状態に関する入出力の写像関係を三層のニューラルネットワークを用いて学習させた。その結果、90%以上の精度で学習者の生体情報から心的状態の推定が可能であるとの結果を得た。

しかし、このニューラルネットワークでは、以下の二点において課題が残っていた。一点目は、リアルタイム処理への対応である。リアルタイム性の高い処理が求められる状況では、NIRS などから得られた情報に対して大域平均基準化や、生体情報に対する標準化を適用することが困難である。したがって、リアルタイムに入力される NIRS などの生体情報データをそのまま使用する必要がある。二点目は、生体情報の表出および教師の発話があった時刻から心的状態の認知に至るまでの時刻遅れへの対応である。したがって、入力から出力に至るまでの時間遅れを考慮した入出力の関係を学習する必要がある。

3.2 データ構造とネットワーク構造

入力データは文献(3)と同様、インタラクションが多く確認できた 63 秒間に存在する①NIRS、②呼吸 (32Hz)、③皮膚コンダクタンス(32Hz)、④教師の発話であった。ただし、DL での学習においては、生体情報に関するデータの標準化は行っていない。また、出力データは⑤内省報告であった。ネットワーク構造は、入力層・中間層 (2層)・出力層の4層ニューラルネットワークとした。時間遅れを表現するために、入力層では時刻 $t-\tau$ から時刻 t までの①②③④のデータを、また、出力層では時刻 $t-\tau$ の心的状態を出力することで時間遅れを表現した (図1)。なお、中間層のユニット数は中間層1と中間層2のユニット数を変化させながらシミュレーションを行い、Loss 値と Accuracy 値を比較することで、一層目 19次元、二層目を 20次元と決定した。図2に、中間層2のユニット数を20として、中間層1のユニット数を段階的に変化 (10~19) させながら、シミュレーションを行った際の Loss 値と Accuracy 値を示す。また、本シミュレーションでは、3および10ステップ、つまり $\tau=2, 9$ でシミュレーションを行ったが、 $\tau=2$ のときは、中間層1のユニット数を変化させても、Accuracy が $\tau=9$ のときを超えることがなか

った。したがって、以降本シミュレーションでは、 $\tau=9$ の場合について述べる。

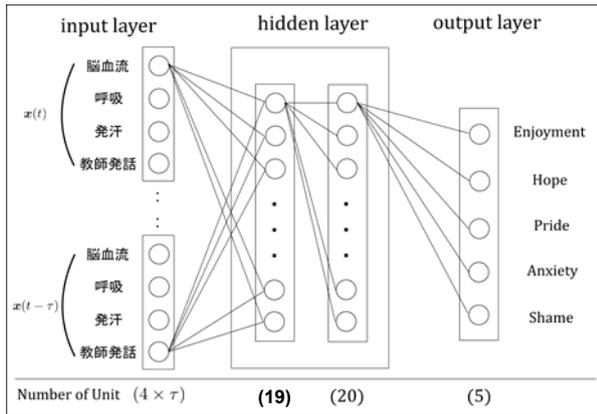


図1 ネットワーク構造

3.3 シミュレーション方法と結果

Python3.5, Tensorflow (ver 0.12.1) (4)で実装した。中間層の活性化関数は二層とも 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、オプティマイザには Gradient Descent (最急降下法)を用いた。学習率は 0.05 とした。中間層 1 のユニット数 19, 中間層 2 のユニット数 20 でシミュレーションを行った。対象データ (2049 データ) を 6:4 で分割し、6 割のデータを学習データ, 4 割のデータを評価データとして 10 回の交差検定 (Cross-Validation) を行った。また、学習にあたっては 5000 回繰り返し学習させた。学習では交差エントロピーが最小になるように学習させた。その一部を図 3 に示す。早い段階で学習が収束していることがわかる。また、10 回の交差検定において Accuracy を算出 (小数点第 4 位で四捨五入) した結果、「0.799, 0.842, 0.797, 0.793, 0.764, 0.811, 0.789, 0.829, 0.768, 0.808」となり、平均 0.8, 標準偏差 ± 0.023 となった。このことから、入力データを標準化していなくとも 8 割程度の精度で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。

3.4 シミュレーション結果の考察

DL を用いた本シミュレーションから、標準化していない生体情報から 8 割近くの心的状態が推定可能であることが実験的に確認された。このような高い推定可能性の要因として、本シミュレーションで取り扱った該当シーンに存在する感情状態が 5 つの状態と、推定する対象が少なかったこと、が考えられる。実際に、シミュレーションの学習に伴う Accuracy の値は極めて速く収束している。すなわち、今回のシミュレーションでは、過学習が起こっている可能性が否定できない。

4. まとめと今後の課題

本研究では、DL を用いて学習時の生体情報と心的状態の関係のシミュレーションを行った。この結果として、計測機器から得られるデータに対して標準化などの処理を行わずとも、8 割程度心的状態が

推定されることがシミュレーションから示唆された。一方で、本シミュレーションでは、学習データにおける感情状態の少なさから、過学習が起こっていることが示唆された。したがって、今後は今回の 63 秒のデータに加え、実験によって取得した全体のデータを使用することや、感情の分類にその程度を設定することも検討する必要がある。さらに、今回の結果から機械学習による心的状態の推定の可能性が示唆されたが、学習・教育文脈でのデータの解釈には因果関係に関する説明が必要である。この観点からは、DL の中間層や重みの状態の可視化と解釈が重要な課題である。

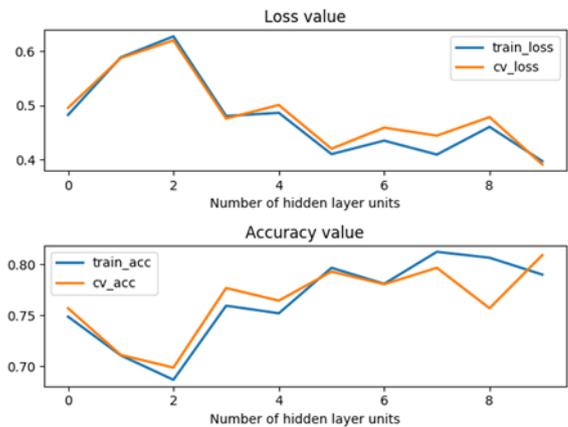


図2 中間層1のユニット数を10から19まで段階的に変化させたときの Loss 値と Accuracy 値

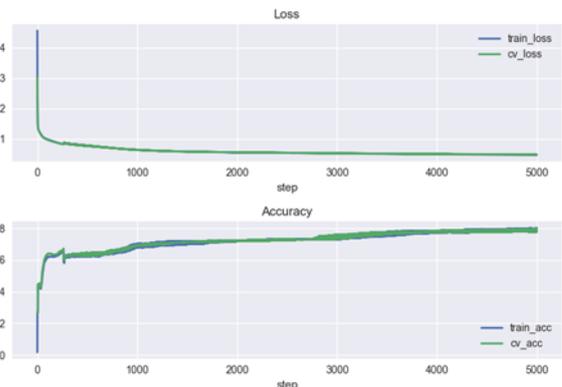


図3 5000回学習時の Loss 値と Accuracy 値の変化

参考文献

- (1) Takehana, K. & Matsui, T.: "Association Rules on Relationships Between Learner's Physiological Information and Mental States During Learning Process", In Proceedings of HCI International (HCII2016), LNCS 9735, 209-219 (2016)
- (2) Pekrun, R., Goetz, Frenzel, A. C., Barchfeld, P. & Perry, R. P.: "Measuring Emotions in Students' Learning and Performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ)", Contemporary Educational Psychology, 36(1), 36-48 (2011)
- (3) 松居辰則, 田和辻可昌: "機械学習を用いた学習者の生体情報と心的状態の関係性抽出の試み", 第 31 回人工知能学会全国大会, 1F2-OS-26b-2 (2017)
- (4) Tesorflow. <https://www.tensorflow.org> (2016.3.7 参照)