

長期学習の行動データの解析と学習度合い予測モデルの開発と検証

1200025 伊藤 佑香 (Soft Intelligent System on Chip 研究室)

(指導教員 星野 孝総 准教授)

1. 背景・目的

近年、脳に関するデータを取得可能なMRIなどの計測機器が活用されている。これらの計測機器を活用して、人間の認知機能に含まれる遂行機能を解明すべく、学習に関する様々な研究が行われた[1]。本研究室でも、三谷をはじめ、2011年頃から人間の学習に関する研究を行ってきた[2-4]。その中で、長期的な学習を観測する実験において、全学習期間の生体信号を計測することは時間的・金銭的なコストが高くなる問題があった。そこで佐野らは、学習期間や生体計測のタイミングを決定するための予備実験を行い[3]、それをもとに本実験を行った[4]。しかし、この場合も適切なタイミングであるか不明で、実験参加者毎の個人差に対応しているとはいえない。

したがって本研究では、長期間の生体計測の問題解決を目的とし、学習度合いを予測するモデルの作成、検証を行った。

2. 実験課題

学習に関する研究でよく用いられているハノイの塔を課題として実験を行った。実験は約1.5か月(週2回、計13回)の期間で、研究室内で作成された疑似fMRI実験用インターフェースを用いて行った。学習の収束には、RasmussenのSRKモデル[5]とCardのモデルヒューマンプロセッサ[6]を基準とした。まず、佐野が行った実験の結果から学習度合い予測モデルを作成した。その後モデルの検証を行うために同様の実験を行い、解析した。

3. 学習度合い予測モデルの作成

初めに課題遂行によって得られたボタン押下平均時間(AVG)、標準偏差(SD)、手数評価(Score)、手順評価(Pe)について解析を行った。その結果、8名の実験参加者のうち7名のAVGの値が人間の運動最短時間に近い値に収束し、ScoreとPeの理想限界値が82点から87点となった。次に、学習度合い予測モデル作成のために、成長曲線A、ゴンペルツ曲線、ロジスティック曲線の3つの成長曲線をScoreに近似させた。得られた近似式において、 x を十分大きくしたときの y の値を収束値としたとき、3つの成長曲線による収束値と、観測値に対する予測値の説明力を示す決定係数 R^2 は表1のようになった。

表1 近似曲線の収束値と決定係数 R^2

実験参加者番号	1	2	3	4	5	6	7	8
成長曲線A								
収束値	84	138	81	$10^4 >$	77	92	72	$10^4 >$
決定係数 R^2	0.90	0.87	0.76	0.71	0.89	0.85	0.84	0.81
ゴンペルツ曲線								
収束値	77	72	75	46	74	71	68	103
決定係数 R^2	0.90	0.87	0.75	0.72	0.89	0.87	0.86	0.81
ロジスティック曲線								
収束値	75	66	73	40	73	68	67	89
決定係数 R^2	0.89	0.87	0.74	0.71	0.88	0.86	0.85	0.80

表1から、3つの成長曲線はあまり違いがないことから、数式の扱いやすい成長曲線Aをモデル作成に用いた。成長曲線を近似して得た近似式の係数について解析を行うと、表1で収束値が極めて大きくなった実験参加者群と100に近い実験参加者群(Convergence)で差があることが確認できた。よって、Convergenceの係数の平均値とSDから学習度合い予測モデルを作成した。この学習度合い予測モデルでは、学習が進み、学習曲線が収束した場合、近似式の係数がConvergenceの平均値 $\pm 2SD$ に収束すると考えられる。

4. 学習度合い予測モデルの検証

過去と同様の実験を行い、作成した学習度合い予測モデルの検証を行った。本実験の5名の実験参加者のうちの4名のAVGは人間の運動最短時間に収束し、Score・Peが理想限界値に収束した。1日実験が終了するごとに成長曲線でScoreを近似させ、得られた近似式の係数を作成した学習度合い予測モデルに適用した。図1にScoreの収束が見られた実験参加者の結果と収束が見られなかった実験参加者の結果を示す。

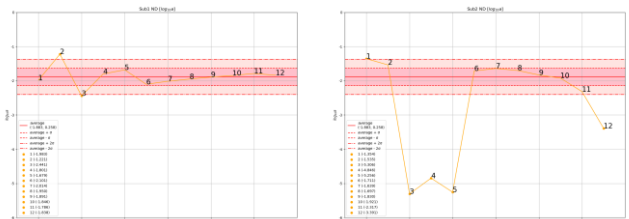


図1 収束が見られた実験参加者(左)と収束が見られなかった実験参加者(右)

なお、図1における赤の実線がConvergenceの平均値である。また、Scoreが収束した他の実験参加者においても、図1左と同様の結果となった。

5. 考察

学習度合い予測モデルを適用した結果、学習曲線が収束した実験参加者はConvergenceの平均値 $\pm 2SD$ に分布し、収束しなかった実験参加者はConvergenceの平均値 $\pm 2SD$ の範囲から外れたことから、学習度合いの予測はおおよそできていると考えられる。

6. まとめ

ハノイの塔を課題として行った実験結果から学習度合い予測モデルの作成と検証を行い、おおよその予測は可能であった。しかし、予測モデル作成、検証、どちらにおいても実験参加者数が少ないため、信頼できる結果とはいえない。したがって引き続き実験参加者を増やす必要があると考えられる。

参考文献

[1] Jordan Grafman, I Litvan, S Massaquoi, M Stewart, A Sirigu, and M Hallett. Cognitive planning deficit in patients with cerebellar atrophy. *Neurology*, 42(8):1493–1493, 1992.

[2] 三谷慶太. 計画ゲームを用いた遂行機能タスクに関する脳賦活の検証, In 日本知能情報ファジィ学会 システム シンポジウム講演論文集 第31回ファジィシステムシンポジウム, pages 733–736. 日本知能情報ファジィ学会, 2015.

[3] 佐野友哉. fMRIを用いたモグラたたきリハビリテーション実験とArduinoを用いた疑似実験環境の開発と検証. 平成28年度 高知工科大学 卒業研究報告, 2017.

[4] 佐野友哉. 教示の有無における長期学習前後の脳活動と行動データの関係性の解析, 平成30年度 高知工科大学 特別研究報告, 2019.

[5] Jens Rasmussen. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, (3):257–266, 1983.

[6] Stuart K Card. *The psychology of human-computer interaction*. Crc Press, 2018.