

ヒューマンエラーの分析における ストロープ現象を伴う課題実施時の脳波分析手法の提案

鈴木圭† 草信達也† 菅谷みどり†
芝浦工業大学†

1. はじめに

近年、航空機のコックピット・原子力発電所の制御室などの様々な場面で、システムにより安全性が改善されてきている[1], [2]. しかし、依然としてエラーや障害があり、その中でヒューマンエラーは重大な事故のほぼ 80% の根本原因であるとの文献も存在しており、安全性においてヒューマンエラーが重要視されている[1].

こうしたヒューマンエラーを事前に予測することで、重大事故を未然に防止できる可能性が存在する. これを実現するために、ヒューマンエラーが生じやすい状態であるのかを、人の生体活動をセンサにより収集した生体情報により推定する研究が存在する.

これらの研究の1つとして、岸本らは脳波と脈波をセンサにより計測しつつ、エラーをしやすい計算課題を実験協力者に実行させた. その後、エラー発生前後における生体情報の変動をパターン化し、エラー発生前後におけるパターンごとの出現数を分析した[3]. しかし、かれらは解析にあたり、脳波の特徴を定量化した2つの脳波指標のみを分析に用いており、分析手法に余地があると考えられる.

斎藤らは、脳波と脈波をセンサにより計測しつつ、エラーをしやすいストロープ課題を実験協力者に実行させた. そして、課題の正解と不正解(エラー)の2値を脳波と脈波により推定するモデルを、機械学習により構築した. その結果、70%程度の精度を得た[4]. しかし、彼らはエラー発生後の脳波・心拍を推定に用いており、事前にエラーを予測する用途においては改善の余地がある. さらに、一概にエラーといってもエラーをしたことの自覚をしているか否かなどの種類が存在していると考えられているが、これが考慮されておらず、分析手法に余地があると考えられる.

以上の先行研究に見受けられるように、研究の課題として、分析手法には検討の余地があると考えられる. そこで本研究では、分析手法の検討を目的とした.

2. 提案

脳波を計測しながらエラーを生じやすいストロープ課題を実験協力者に課した. その最中にエラーの種類を判別するための質問票に回答した. 実験協力者は4名であった. 主な実験手順は次のとおりである. 1)脳波計の装着, 2)目を閉じた安静, 3)0.5-1.0秒の安静, 4)制限時間1.5秒のストロープ課題, 5)質問票, 6)手順2)-5)を150回程度繰り返す.

脳波計には両耳の外耳道に電極を配置するCyberneX社製の脳波計を装着した. 両耳の2つの電極から計測される脳波の差分を分析対象とした. 脳波は手順4)が始まる直前の5秒や0.5秒を分析対象とした. 分析対象の内、標準偏差が10以下、尖度・歪度が-0.5から0.5からの範囲に含まれていないデータをノイズに汚染されたデータと考え、分析対象から除いた.

ストロープ課題とは、文字意味と文字色といった同時に目にするふたつの情報が干渉しあうストロープ現象を利用した課題である. あか・みどり・あお・きいろの文字・色において、文字の色を回答する課題を課した. 例として図1を示す. 図1の場合、上の”きいろ”という文字が”あか”色で表示されているため、下の選択肢から”あか”と回答する. なお、この課題はノートPC上のディスプレイに表示され、マウスカーソルを選択肢に合わせた後、右クリックすることで回答する. 文字の色のみを課題として回答させるが、情報が干渉することでエラーが発生しやすくなる. 文字の色を回答した後に、エラーの種類を判別するための質問票を回答した. 質問票の選択肢は図2のとおりである.



図1 ストロープ課題の例

The proposal of EEG analysis method for human error with Stroop task

†KEI SUZUKI, TATSUYA KUSANOBU, MIDORI SUGAYA, Shibaura Institute of Technology

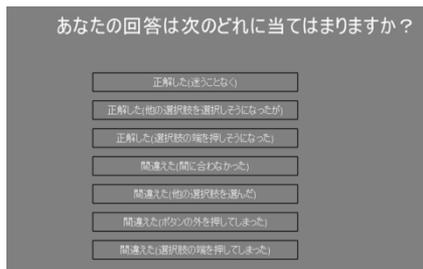


図 2 質問票

3. 結果・考察

実験協力者 4 名の質問票の集計結果を表 1 に示す。質問票の結果が”正解した”かつ”迷うことなく”である場合において、回答結果が”エラー”である結果は、エラーであるがエラーの自覚がない危険な状態であると考えられるため、分析上重要なデータであると考えられる。しかし、その数は 10 程度と少なく、機械学習による推定モデルの構築などや分析においては支障が生じる可能性があることが示唆された。

表 1 質問票の集計結果

質問票の結果		正解した		間違えた				
		迷うことなく	他の選択肢を選択しそらになった	選択肢の端を押してそらになった	間に合わなかった	他の選択肢を押してしまった	ボタンの外を押してしまった	選択肢の端を押してしまった
正解	正解	1273	135	5	1	0	2	2
	不正解	3	0	0	2	21	1	0
エラー	時間切れ	8	5	3	32	0	0	0
	選択肢外	5	2	0	2	0	6	2

脳波の解析結果の 1 例として、0.5 秒の脳波データにおける、実験協力者・回答結果ごとの $Low \beta / Low \alpha$ の値の分布を図 3 に示す。図 3 によると正解時は図の左側にデータが多く分布しており、エラー時(不正解・間に合わない・枠外)には、正解時と比較して右側に分布する傾向が示唆された。これにより、課題が始まる前の 0.5 秒の脳波における $Low \beta / Low \alpha$ によって、エラーが推定可能であることが示唆された。

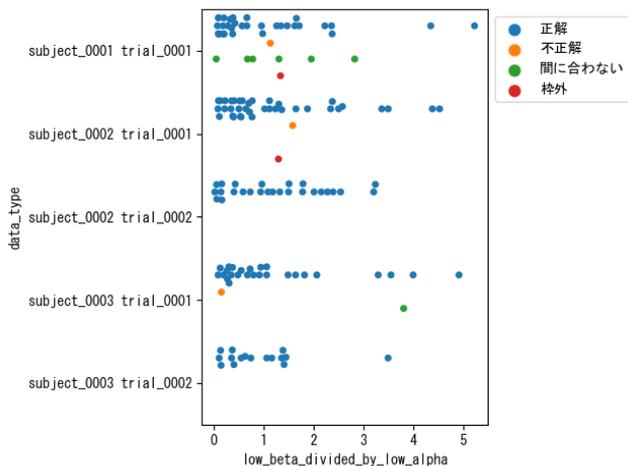


図 3 $Low \beta / Low \alpha$ の蜂群図

4. まとめと今後の課題

本研究では、外耳道に電極を配置する脳波計を装着し、ストループ課題のエラー発生時の脳波を計測した。ストループ課題の回答時には、エラーの種類を判別するために質問票を設けた。質問票の回答結果を集計した結果、エラーの種類の一部ではデータ数が少なく分析に悪影響が生じる可能性があることが示唆された。エラー発生時の脳波を分析した結果、エラー時には課題開始直前の 0.5 秒前の $Low \beta / Low \alpha$ でエラーが推定可能であることが示唆された。

エラーの種類として、眠気・疲労・他のことに考えを巡らせるなども考えられるが、本研究ではこれらの情報を収集していないため、今後はこれらの情報の収集方法を検討する。

課題への回答方法としてマウスカーソルを選択肢に合わせてクリックするという方法であったが、この方法だと選択肢の外を押す・選択肢の端を押す・マウス操作が間に合わなかったなどエラーの種類が増加することで、エラーごとのデータ数が少なくなり分析に支障が出ることが懸念される。そのため、回答方法がより簡単なクリックのみである go/no-go 課題などにすることを検討する。

本研究で用いた脳波計は電極を外耳道に設置するものであり、通常の脳波計で計測できるデータとは振幅のスケールが異なるなどの違いが存在する可能性がある[5]。そのため、脳波がノイズに汚染されたと考える閾値の再検討をする。

参考文献

- [1] P. Khaleghi, H. Akbari, N. Masoudi Alavi, M. Motalebi Kashani, and Z. Batooli, "Identification and analysis of human errors in emergency department nurses using SHERPA method," *Int. Emerg. Nurs.*, vol. 62, p. 101159, May 2022.
- [2] J. C. Le Coze, "The 'new view' of human error. Origins, ambiguities, successes and critiques," *Saf. Sci.*, vol. 154, p. 105853, Oct. 2022.
- [3] 岸本太郎, 吉田怜司, and 菅谷みどり, "作業中のヒューマンエラーにおける生体計測による評価方法の検討," 芝浦工業大学, 芝浦工業大学, May 2019.
- [4] 齋藤勇斗, 高田尚子, N. A. B. M. A. Muhammad, and 菅谷みどり, "脳波・心拍変動解析による機械学習を用いたヒューマンエラーの予測手法の提案," 芝浦工業大学, (株)日立製作所, 芝浦工業大学, 芝浦工業大学, Aug. 2021.
- [5] D. Looney *et al.*, "The in-the-ear recording concept: user-centered and wearable brain monitoring," *IEEE Pulse*, vol. 3, no. 6, pp. 32–42, Nov. 2012.