

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

岸本太郎^{†1} 吉田怜司^{†1} 菅谷みどり^{†1}

概要: 近年、AIによりヒューマンエラーを検知・修正する仕組みや、業務の自動化の取り組みなどが進んでいる。今後ますますヒューマンエラーは致命的なものになることも考えられ、未然に予測し、防ぐことが求められる。ヒューマンエラーを人の行動のモデルと、人の内部状態の変化である脳波から分析する研究も提案されているが、脳波のみを用いており、それ以外に有効な生体情報を考慮していない。そこで、本研究は生体情報として心拍から取得できる自律神経を加え、ミスの前後のパターンを観察することで予測や検知ができると考えた。実現のために、本研究では、計算課題を実施している作業者の脈拍と脳波を計測し、課題の出題やタイミング調査するための実験システムを開発し、計算課題時のヒューマンエラー発生時の脳波と脈拍を評価できるものとした。また、NASA Task Load Indexに基づくアンケートを実施し、タスクの主観評価を用いた分析を可能とした。評価実験を通じて、アンケートで特定の尺度を重視すると答えたグループにおいてヒューマンエラー発生の予兆検知が可能であることが示唆された。

キーワード: ヒューマンエラー、生体情報、生体計測

Examination of Evaluation Method on Human Error During Work by Bioinstrumentation

TARO KISHIMOTO^{†1} REIJI YOSHIDA^{†1} MIDORI SUGAYA^{†1}

Abstract: In recent years, mechanisms to detect and correct human errors by AI and efforts to automate business operations have been advancing. Human errors are expected to be fatal in the future, and they need to be predicted and prevented in advance. Researchs has also been proposed to analyze human errors from a model of human behavior and electroencephalograms, but no other useful biological information is considered. Therefore, in this research, we thought that prediction and detection could be performed by adding autonomic nerves that can be acquired from heart rate as biological information and observing patterns before and after mistakes. In order to realize it, we measured the pulse and EEG of the worker who is carrying out the computational task, developed an experimental system to investigate the question and timing of the task, assumed that it is possible to evaluate the electroencephalogram and pulse at the time of human error occurrence by the computational task. In addition, a questionnaire based on NASA Task Load Index was conducted to enable analysis using subjective assessment of the tasks. Through the evaluation experiments, it was suggested that it is possible to detect the occurrence of human error in the group that answered that emphasized a particular measure in the questionnaire.

Keywords: Human Error, Biological Information, Bioinstrumentation

1. はじめに

近年、会計上のヒューマンエラーをAIによって自動で提示する会計ソフト[1]や、プログラムのヒューマンエラーを事前に指摘するAI[2]など、ヒューマンエラーをAIによって指摘し、ヒューマンエラーの検知とその修正にかかる時間を削減する取り組みがなされている。また、RPA(Robot Process Automation) [3]による業務の自動化・効率化などが進められている。このように、人が従事する作業は将来的により複雑度が高く、高度なものとなることが予測される。そうした作業におけるヒューマンエラーは致命的となるため、未然に防ぐことが求められる。

ヒューマンエラー(human error)は、その重大さから多くの研究がなされている。特に原子力発電所などでのエラー

などをなくすことを目的とした Human Reliability Analysis(HRA)のプロジェクトをはじめとした重大事故の解析に関する研究では、人のミスに関する事例を長期的に集め、データベースとし、その分析を行っている[4]。しかし、事例解析が主な目的で、ミスの発生場所やドメインに依存した分析となる課題がある。Fedota らは、エラーは多くの異なる要因が積み重なり、また人の事前の状態や、エラー後の対応も関係する、としており、そもそも複雑な現象であることとしている[5]。Lin らは、汎用的にこれらの人の行動に影響を与える要因を理解するためには、人の認知状態に関わるエビデンスが必要であるとし、生体情報を用いた分析を行った[6]。具体的には、エラー時の行動分析のモデリングと脳波測定を双方を学習させることで、エラーを予測できることを示した[6]。Lin らは、脳波のみを人の

^{†1} 芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology

内部の状態を示す情報として用いていたのに対して、和田らは心拍・精神性発汗といった生体情報と運転操作などの記録・分析による相関が得られたことを報告した[7]。さらに、外部環境である温度設定を変化させた実験では、不快な室温であるほど不快申告が多くヒューマンエラーが頻発し、快適な室温であるほど不快申告が少なくヒューマンエラーの頻度が下がったことが報告された[8]。和田や西川らは、人に影響を与える外部環境と、ヒューマンエラー時の人の内部状態データとして、脳波以外の情報も有用であることを示した一方、Lin らのようにそれらのモデルを検討はしていない。

そこで、本研究では、人の生体情報として、Lin らが計測した脳波以外に、心拍から解析できる自律神経情報からミスの前後で発生するパターンをデータからモデル化し、それによりミスの予測が可能であるか検討を行うものとした。実現のために、本研究では、まずは予備的に実験を通じて調査を行うことを目的とした。調査のために、計算課題を実施している作業者の脈拍と脳波を計測し、課題の出題やタイミング調査するための実験システムを開発した。また、開発したシステムを用いて、計算課題時のヒューマンエラー発生時の脳波と脈拍を評価できるものとした。この時、NASA Task Load Index に基づくアンケートを実施し、タスクの主観評価を用いた分析を可能とした。結果、アンケートで特定の尺度を重視すると答えたグループにおいてヒューマンエラー発生の予兆検知が可能であることが示唆された。

本論文の構成は次の通りである。まず2節にて、状態推定と評価方法について生体情報についての説明し、3節にてヒューマンエラーの計測実験1、4節にて計測実験2について説明する。

2. ヒューマンエラーの状態推定

2.1 ヒューマンエラー

ヒューマンエラーにおいては、正常な人であってもミスをする事から、その時の状況が影響すると考えられる[9]。状況には、人のミスの行為と、その時の心理状態が含まれ、これらの傾向を分析し、汎用的な知見を得ることが求められる。芳賀は、特に慣れた動作の実行プロセスの中では、無意識に業務を遂行するとしている。十分に意識しないで体を動かすことが、ミスを誘発する原因の一つとしている。このことから、ミスを分析する際には、Lin をはじめとした研究[6]で行われている無意識の人の状態を計測することが課題である。しかし、Lin らは EEG で脳波は取得しているが、エラーとの相関が指摘されている快不快に関わる生体情報は用いていない。また、実際にヒューマンエラーを起こし、その際の生体情報を取得し、状態を観察する仕組み

は十分提供されていない。

2.2 目的と提案

本研究では、本研究は生体情報として EEG 以外に、心拍から取得できる自律神経を加えた情報を、ミスの前後で取得し、解析することを目的とした。また、ミスの前後でみられるパターンを観察することで予測や検知のための方法を検討する。実現のために、本研究では、計算課題を実施している作業者の脈拍と脳波を計測し、課題の出題やタイミング調査するための実験システムを開発し、計算課題時のヒューマンエラー発生時の脳波と脈拍を評価できるものとした。また、NASA Task Load Index に基づくアンケートを実施し、タスクの主観評価を用いた分析を可能とする。

2.3 提案システムの設計と開発

ヒューマンエラーを計測するために必要な手順として、まず、ヒューマンエラーを発生させやすい作業課題を出題する仕組みが必要となる。本研究では、暗算課題ソフトウェアを開発した(図1)。画面中央に示された数字を7で割ったときの余りを実験協力者にボタン操作で回答させるソフトウェアとし、課題時間は5分間とした。作業中の生体情報の取得・記録もこのソフトウェアで行うものとした。



図1 暗算課題ソフトウェア

実験開始とともに、時間を計測し、時間内であれば、生体情報を読み込み、問題の表示を行う。終了したのち、結果を出力する。

2.4 生体情報の取得

本研究では、EEG を用いて人の覚醒度、また、自律神経指標から、人の不快度を計測するものとした。特に、西川らは不快度とミスの相関について述べており[8]、この二つの指標を用いた調査は妥当であると考えた。

(1) 覚醒度指標

本研究では、覚醒度を表す指標として、NeuroSky 社の MindWave Mobile[10]で計測されたデータから独自のアルゴリズムで算出される Attention と Meditation を用いた。Attention は集中の大きさ、Meditation はリラックスの大きさを示しており、それぞれの値は 0~100 の間で表される。Attention, Meditation 値は、それぞれ β 波、 α 波からノイズを除去し、集中と安静を示す値である。ことから、これらの値を、覚醒度を表す指標として用いることができると考

えた。

(2) 不快度指標

本研究では、不快度を表す指標として心拍の RRI 分析をもとに算出する、不快を示すための pNN50 を用いた。心拍の RRI とは心電図波形における隣接する R 波の時間間隔でありミリ秒で表す。また RRI を基にしたスペクトル解析によらない心拍変動性指標として pNN50 がある。pNN50 は解析区間内の RRI が 50 ミリ秒を超えるものの個数を全区間内の RRI で割ったものである。pNN50 は主に副交感神経の活動指標であり、心拍間隔の揺らぎが小さいほど (pNNx の値が小さいほど) 不快感が大きいとされる。一般的に快・不快を示す指標として用いられる [11]。具体的には連続した隣接する RR の間隔の差が 50ms を超える脈拍の割合である。脈拍の取得には、スイッチサイエンス社の心拍センサ[12]と Arduino を用いた。隣接する RR 間隔の差取得し、30 個の RR 間隔の差 n のうち、50ms 以上のものの割合を算出し、この値が pNN50 なる。

2.5 アンケート情報

ヒューマンエラーは様々な要因が想定されることから、その分析のために生体情報芳賀らが行ったワークロード評価アンケート[13]を実施した。ワークロード評価アンケートによって、作業課題による精神的作業負荷を”知的・知覚的要求”、”身体的要求”、”タイムプレッシャー”、”作業成績”、”努力”、”フラストレーション”の 6 つの尺度を評価する。このアンケートは 2 段階に分かれている。第 1 段階では、作業課題における尺度の重要度を一対比較法によって判定する。実験協力者に対して、6 つの尺度の中から 2 つ選ぶ組合せ 15 対を提示し、「どちらの尺度がより重要であるか」という比較判断を行い選択させる。第 2 段階では、実験協力者に 6 つの尺度ごとに両極の間に引かれた線分のうちの適当な位置に印をつけさせる。印の位置は 0~100 の評定点に置き換えられ記録する。第 1 段階と第 2 段階で取得した各尺度の重要度と評定点は、ファイルに出力される。ワークロード評価アンケートの実施にあたっては、NASA Task Load Index[13]を使用した。なお、ソフトウェア中での設問は全て英語であるが、実験協力者に対しては和訳した上でアンケートを実施した。アンケートソフトウェアのインターフェイスを図 2 に示した。

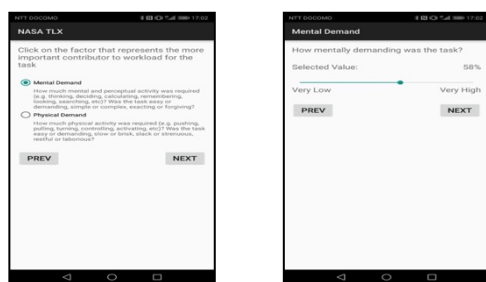


図 2 アンケートソフトウェア(左:第 1 段階, 右:第 2 段階)

3. ヒューマンエラーの生体計測実験 1

3.1 概要

本実験 (以下、実験 1 と表す) では、実験協力者が作業課題を行なっている間に脈拍と脳波の計測 (以下、生体計測と表す) を行い、作業中のヒューマンエラー前後の脈拍と脳波 (以下、生体情報と表す) の変化の特徴を把握することを目的とし、記録・検証を行なった。実験協力者は 20 代男性 1 名であった。ヒューマンエラーの発生に与える要因の一つとして周囲の人の存在を考え、周囲に人がいるかないか、という周囲環境による違いを見るため、(1)周囲に誰もいない時、(2)後ろから計測を見られている時、の 2 つの条件下で実験を行った。作業は暗算課題とし、作業中のヒューマンエラーは計算ミスとした。

また、実験 1 では実施者と実験協力者以外に誰もいない静かな部屋で行った。この理由は、周囲環境による生体情報への影響を最小限にとどめるためである。

3.2 計測実験に用いたソフトウェア

実験 1 を実施する上で生体計測をリアルタイムに計測するために以下のソフトウェアの開発を行った。

3.3 実験 1 手順

実験 1 の手順は以下の通りである。

- (1) 実験協力者は作業課題の練習をする
- (2) 実験協力者に対して、ワークロード評価アンケートの第 1 段階を行う
- (3) 実験協力者に生体計測機器を装着し、1 分間の安静時間を取る
- (4) 5 分間の作業課題本番を行う
- (5) 実験協力者に対して、ワークロード評価アンケートの第 2 段階を行う。

3.4 実験 1 結果

(1) 開始直後の生体情報の変動

実験 1 を行い収集した生体情報のうち、周りに誰もいない条件で行った際の各指標のグラフを図 3 に示す。

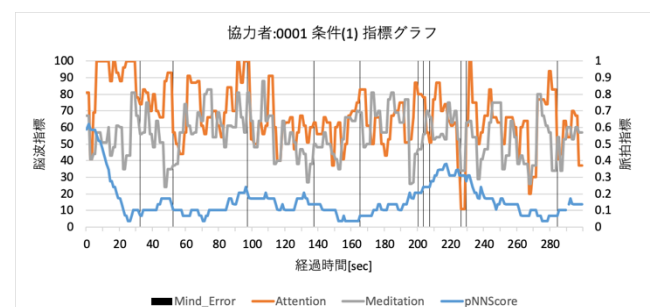


図 3 実験条件 1 の各指標グラフ

図 3 のグラフでは、開始直後に不快指標が約 0.6 から約 0.05

と大きく下降していることが見られる。不快指標である pNNS50 の大きな下降は、不快感が高まっていることを示している。このことから、作業課題の開始そのものへの不快感が大きいことがわかった。

(2) 計算ミス前後の各指標の傾向

実験を行い収集した生体情報のうち、実験条件 1 の各指標グラフを図 4 に、実験条件 2 の各指標グラフを図 5 に示す。

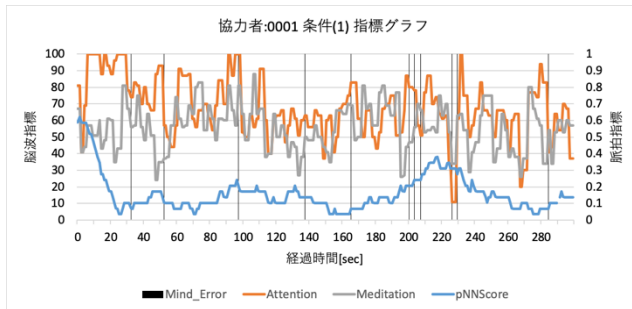


図 4 実験条件 1 の各指標グラフ

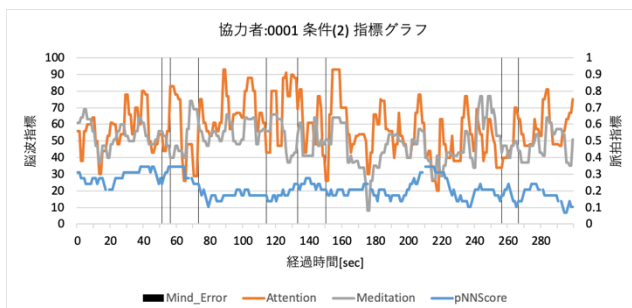


図 5 実験条件 2 の各指標グラフ

図 4 のグラフの実験開始約 50 秒後付近のミスにおいて、開始 50 秒から開始 60 秒にかけて 90 であった集中度 (Attention) が一旦 45 まで下がり、その後 90 まで戻るといふ「谷」型の反転が見られる。また、開始 280 秒付近のミスにおいてはリラクセス度 (Meditation) が 35 から 55 へ上がった後 35 へ下がるという「山」型の反転が見られる。図 5 のグラフにおいては開始 50 秒付近のミスにおいて不快度 (pNNScore) が 0.35 から 0.25 から下がった後 0.35 へ上がる「谷」型の反転、開始 150 秒付近のミスでは集中度の「谷」型の反転、開始 270 秒付近のミスではリラクセス度の「谷」型の反転が見られる。これらのことから、ミスの前後において指標の波形に特有な反転が見られることが考えられる。

3.5 実験 1 課題・考察

(1) 安静時の生体情報記録

実験 1 において、作業課題開始前の安静時の生体情報を記録していなかったため、開始時の大きな指標の変動について、安静時から指標が大きく変動していたのか、それとも開始時間周辺のみ大きく変動したのか、という考察ができ

ず不十分となった。このことから、記録に用いるソフトウェアに安静時にも記録する機能を実装する必要がある。

(2) 暗算課題正答情報の記録

実験 1 において、課題を間違えた時のみ、その時間と問題を記録していた。このため、正答時と誤答時の生体情報の記録を比較することができなくなり、正答・誤答問わず回答ごとに同じような生体情報の変化があるのか、正答・誤答で違う生体情報の変化の特徴があるのか、という考察ができず不十分なものとなった。このことから、正答時にもその時間と問題を記録する機能がソフトウェアに実装される必要があると考える。

(3) 実験設定の簡易化

実験において、実験協力者は 1 人であったが、アンケートによる実験協力者のグループ分けのために、実験協力者の人数を増やす必要がある。このとき、ソフトウェアの設定はできるだけ簡易に済ませる機構がソフトウェアに実装されていることが望まれると考える。

4. ヒューマンエラーの生体計測実験 2

実験 1 における課題を解決するためのソフトウェアの再設計・再実装を行い、それを元の実験 1 と同様の実験（以下、実験 2 と表す）を実施した。

4.1 ソフトウェアの再設計・再実装

実験 1 の課題を解決するために、計測システムで用いるソフトウェアに対して再設計・再実装を行なった。

(1) 安静時の生体情報記録機能の実装

実験 1 では作業中のヒューマンエラーを観測する上で、安静時の生体情報を記録していなかったことが課題となった。この課題を解決するため、暗算課題ソフトウェアへ図 6 の画面を計測前に追加した。この画面を表示している時にも生体情報を記録し、作業課題中の生体情報の記録先ファイルと別ファイルに記録することで、安静時状態の生体計測機能を実装した。



図 6 作業課題前の安静時状態に表示する画面



図7 改修後の暗算課題画面

(2) 暗算課題回答時の情報記録機能の改良

実験1では、誤答時の時間と問題のみ記録し、正答時の記録はされていなかったため、誤答時と正答時の生体情報が比較することができないことが課題となった。そこで、暗算課題ソフトウェアの誤答時記録機能を、回答時記録機能へ改良した。

(3) 設定の外部ファイル化

実験1では、実験協力者が1人のみだったため、CSVファイルに出力する際のIDや実験条件等はソフトウェアのソースコードに直接打ち込んでいた。この方法では、実験協力者を増やした際に変更箇所が多くなり、手順が煩雑になり、計測データにミスが多くなる可能性がある。そこで、実験協力者を変えた時に変更する部分を共通の変数で管理し、その変数を外部のコンフィグファイルによって変更できるようにソフトウェアを改修した。

(4) ソフトウェア改修

上で述べた3つの改善点を盛り込んだ再設計・実装を暗算課題ソフトウェアに対して行なった。

4.2 実験2概要

実験2では20代男性20人に実験1と同様の実験を行なった。一方、周囲環境の違いによる実験条件の分類は行わなかった。

4.3 実験2評価方法

実験2では、実験1の結果で見られた各指標の反転を評価の対象とした。以下に反転の評価方法の説明する。タイムスタンプを元に作業課題の回答記録と生体計測結果を1つのファイルに統合した。

- (1) 各指標のそれぞれの値と、1秒前の値との間の変異を計算する。この時、変異が正ならば1、変わらなければ0、負ならば-1を記録する。
- (2) (1)で挿入した列の値それぞれから、1秒前の値を引いた値を記録する。この値が、反転の有無とその種類を表している。この値が2であれば「山」型の反転、つまり、値が増えた後減る反転を表す。対して、この値

が-2であれば「谷」型の反転、つまり、値が減った後増える反転を表す。この値が0, 1, -1を示す場合、この変異は反転を表すものではないことを表している。

- (3) 回答と回答の間に注目する。(2)で挿入した列の値を元に、各回答間において各指標がどの種類の反転を持っているか、あるいは反転を持たないかを分類する。回答間の指標分類は以下の4つである。

- (ア) Type 0: その回答間においてその指標は「山」型の反転も「谷」型の反転も持たない
- (イ) Type 1: その回答間においてその指標は「山」型の反転のみを持つ
- (ウ) Type 2: その回答間においてその指標は「谷」型の反転のみを持つ
- (エ) Type 3: その回答間においてその指標は「山」型の反転と「谷」型の反転の両方を持つ

- (4) (3)で分類した回答間の中で、その回答間の後の回答が計算ミスに注目する。作業課題中における計算ミスの総回数に対する、その回答間の状態になった回数の割合を算出する。例として、実験協力者Aが作業課題において計算ミスを4回したと仮定する。1回目と3回目の計算ミス時の協力者Aの状態は「300」、2回目が「000」、4回目が「100」であった時、状態「000」と「100」の確率は25%、状態「300」の確率は50%となる。

4.4 実験2結果

4.3(4)にて求めた確率について、実験協力者が回答したアンケートソフトウェアから出力されたデータを用いてグループ分けをした上で比較を行った。グループ分けに用いるデータは、アンケート第1段階にて実験協力者が回答した内容である。出力されたデータの中の尺度重み付け係数(図8)から、その実験協力者が1番目・2番目に重視する尺度を抽出する。例として、図8の実験協力者は、1番に“知的・知覚的要求”(MD_Wt)、2番に“フラストレーション”(Frustration_Wt)を重視している。

MD_Wt	PD_Wt	TD_Wt	Effort_Wt	Performance_Wt	Frustration_Wt
0.33	0	0.2	0.07	0.13	0.27

図8 アンケート第1段階で出力される
尺度重み付け係数の一例

この重み付けグループのうち、1番目に“知的・知覚的要求”，2番目に“作業成績”を重視しているグループの結果が表1である。

表 1 1 番目に“知的・知覚的要求”，
2 番目に“作業成績”を重視したグループの結果

実験協力者 ID	次の回答で計算ミスをした回答間の協力者状態		
	100	200	300
3	0.0	0.0	100.0
6	0.0	50.0	0.0
11	0.0	0.0	25.0
14	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0
16	0.0	16.7	16.7
17	33.3	0.0	0.0
18	0.0	0.0	75.0
19	0.0	33.3	66.7
20	0.0	14.3	14.3

(%)

同様に，1 番目に“知的・知覚的要求”，2 番目に“努力”，もしくは“タイムプレッシャー”を重視しているグループの結果を表 2 に示した。

表 2 1 番目に“知的・知覚的要求”，2 番目に“努力”，
もしくは“タイムプレッシャー”を重視したグループの結果

実験協力者 ID	次の回答で計算ミスをした回答間の協力者状態		
	100	200	300
3	0.0	0.0	100.0
4	0.0	20.0	20.0
7	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	25.0
18	0.0	0.0	75.0
19	0.0	33.3	66.7

(%)

同様に，1 番目に“フラストレーション”，2 番目に“タイムプレッシャー”，もしくは“作業成績”を重視しているグループの結果を表 3 に示した。

表 3 1 番目に“フラストレーション”，
2 番目に“タイムプレッシャー”，もしくは“作業成績”
を重視したグループの結果

実験協力者 ID	次の回答で計算ミスをした回答間の協力者状態		
	100	200	300
14	0.0	0.0	0.0
16	0.0	16.7	16.7
19	0.0	33.3	66.7

(%)

表 1 より，グループ内 10 人の実験協力者のうち，4 人の実

験協力者が状態 200 において計算ミスを起こしていることがわかる．特に，実験協力者 ID6 番と 19 番の状態 200 における計算ミスの割合は 3 分の 1 を超えている．この傾向は表 2，表 3 でも見られる．表 2 においては 6 人中 2 人，表 3 においては 3 人中 2 人が状態 200 において計算ミスを起こしており，それぞれの表で 1 人が 3 分の 1 の割合であった．状態 300 でもこの傾向は見られる．表 1 では 10 人中 6 人が状態 300 において計算ミスを起こしており，特に，実験協力者 ID3 番が 100%，18 番が 75%，19 番が 66.7%と高い割合で状態 300 において計算ミスを起こしている．表 2 でも 6 人中 5 人が状態 300 において計算ミスを起こしており，実験協力者ごとに個別に見ても，先に挙げた 3 人以外の実験協力者 ID4 番と 11 番が 20%以上の割合で状態 300 において計算ミスを起こしている．表 3 では 3 人のうち 2 人の実験協力者が状態 300 において計算ミスを起こしており，うち一人，実験協力者 ID19 番は 66.7%の割合で状態 300 において計算ミスを起こしている．一方，状態 100 においては，表 1，表 2，表 3 ともに計算ミスを起こしている実験協力者がほぼいないことがわかる．計算ミスを起こしているのは，表 1 において，実験協力者 ID17 番が 33.3%の割合で状態 100 においてだけである．このように，実験協力者の状態が 200 か 300 の時に計算ミスが発生しているパターンが多い一方，状態 100 では計算ミスがほとんど起こっていないことがわかる．状態 100 は回答間において「山」型の反転が見られるときを，状態 200 は「谷」型の反転が，状態 300 は両方の反転が見られるときを表している．

4.5 実験 2 考察

実験 2 で得られた結果から，特定の尺度を重視するグループの実験協力者において，脳波指標の反転が見られず，かつ脈拍指標に「谷」型の反転，もしくは，「山」型と「谷」型の両方の反転が見られる時に計算ミスが集中していることがわかった．このことから，この計算問題のミスの兆候を掴むには脈拍をモニタリングしていけばよく，脳波をモニタリングする必要はない可能性が示唆されている．

4.6 実験 2 課題

実験 2 における課題は 2 点ある．1 点目は，作業課題練習の評価についてである．アンケートソフトウェアによって実施されるアンケートは，作業課題の練習をおこなった後に実施されるため，練習の結果次第では，アンケートの結果が変わってしまう可能性がある．このことから，作業課題の練習の結果についても評価をおこなった上でアンケート結果の評価を行わなければならない．本実験では練習の結果についての評価は行わなかったため，今後は練習中の生体計測やテスト結果の保存・分析をする必要があると考える．

2 点目は，計測精度である．実験 2 における生体計測は，1 秒に 1 回の計測であった．それに対し，回答時間の精度

は小数第3桁秒である。この精度の差から、回答時間周辺で記録された生体情報が回答時間より前にあったのか後にあったのか、という前後関係が曖昧になったことが課題となった。今後は、より頻繁に脈拍と脳波を取得できる装置と測定ソフトウェアを用いての生体計測をする必要があると考える。

5. まとめと今後の課題

本研究では、人の生体情報から不快度と覚醒度を計測・分析し、ヒューマンエラーが起こる確率が高い状態の時の不快度と覚醒度の特徴を見つけることを目的として、作業中におけるヒューマンエラーにおける生体計測実験をおこなった。その結果、特定の尺度を重視する実験協力者のグループにおいて、生体指標に特有な反転が見られる時にヒューマンエラーが起こることが確認された。本研究では、実験協力者から生体計測により得られた指標の波形がどのように反転するかによって、実験協力者の状態を分類した。この分類を用いて、状態のみではなく、前後で状態がどのように変わったかという状態遷移についても注目することによって、よりヒューマンエラーと指標波形の反転との関係性について関係性が明らかになると考える。

ヒューマンエラーと生体情報との関係性が明らかになることで、指標波形の反転を用いて、実際にヒューマンエラーが起こりそうな状態を検知できる監視システムが開発されることにつながると考える。

謝辞 本研究を実施するにあたり、株式会社日立製作所の高田尚子様、片桐幸徳様には多大なご協力をいただきました。謹んで感謝申し上げます。

参考文献

- [1] freee 株式会社, “freee が「AI 月次監査」機能をリリース | プレスリリース | freee 株式会社,” 2018. [Online]. Available: <https://corp.freee.co.jp/news/freee-aigetsujikanns>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [2] K. Matt, “Ubisoft’s AI in Far Cry 5 and Watch Dogs could change gaming | WIRED UK,” 2018. [Online]. Available: <https://www.wired.co.uk/article/ubisoft-commit-assist-ai>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [3] 株式会社アイ・ティ・アール, “ITR が RPA 市場規模推移および予測を発表 | ITR,” 2017. [Online]. Available: <https://www.itr.co.jp/company/press/1710050102PR.html>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [4] B. Kirwan, G. Basra and S. E. Taylor-Adams, "CORE-DATA: a computerised human error database for human reliability support," Proceedings of the 1997 IEEE Sixth Conference on Human Factors and Power Plants, 1997. 'Global Perspectives of Human Factors in Power Generation', Orlando, FL, USA, 1997, pp. 9/7-9/12.
- [5] J. R. Fedota and R. Parasuraman, “Neuroergonomics and human error,” Theor. Issues Ergonom. Sci., vol. 11, pp. 402–421, 2010.
- [6] C. Lin, C. Wu and W. A. Chaovalitwongse, "Integrating Human Behavior Modeling and Data Mining Techniques to Predict Human Errors in Numerical Typing," in IEEE Transactions on Human-Machine Systems, vol. 45, no. 1, pp. 39-50, Feb. 2015.
- [7] 和田一成, 守屋祥明, and 田所和孝, “ミスの連鎖の発生メカニズムに関する基礎的研究,” あんけん 研究成果レポート, vol. 5, pp. 23-26, 2012.
- [8] 西川雅弥, 西原直枝, and 田辺新一, “中程度の高温環境下の長時間作業が作業効率と疲労に与える影響に関する被検者実験,” 日本建築学会環境系論文集, vol. 74, no. 638, pp. 525-530, 2009.
- [9] 芳賀繁, ヒューマンエラーの基礎知識, ヒューマンエラーとは何か, 労働安全衛生広報, pp.25-p25, 2012 年
- [10] NeuroSky, “ニューロスカイの製品 | ニューロスカイ.” [Online]. Available: <http://www.neurosky.jp/products>.
- [11] F. Moscato, M. Granegger, M. Edelmayer, D. Zimpfer, and H. Schima, “Continuous monitoring of cardiac rhythms in left ventricular assist device patients,” Artif. Organs, vol. 38, no. 3, pp. 191–198, 2014.
- [12] スイッチサイエンス, “心拍センサ - スイッチサイエンス,” 2013. [Online]. Available: <https://www.switch-science.com/catalog/1135/>. [Accessed: 23-Jan-2019].
- [13] 芳賀繁 and 水上直樹, “日本語版 nasa-TLx によるメンタルワークロード測定: 各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度,” 人間工学, vol. 32, no. 2, pp. 71–79, 1996.
- [14] Google, “NASA Task Load Index (TLX) - Google Play のアプリ.” [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.backgate.flight_analysis&hl=ja. [Accessed: 23-Jan-2018].