

# 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

指導教員 菅谷みどり

岸本 太郎

## 1. 研究の背景と目的

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や、プログラマのヒューマンエラーを事前に指摘する AI 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)によって業務の自動化・効率化も図られている。これらの動きにより、今後人が従事する作業は創造的であったり、複雑度が高かったりなど、高度に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かつ複雑なものになるため、未然に防ぐことが求められる。

和田らは運転シミュレータを用いた実験において、その実験結果が、生体情報とヒューマンエラーとの間に関係性があることを示唆していることを明らかにした [1]。また、西川らによる温度設定を変えて被験者に作業を行わせる実験から、不快感や覚醒具合がヒューマンエラーと関係がある可能性があることが示されている [2]。

そこで、本研究では、人の生体情報から不快感と覚醒度を計測・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感と覚醒度の特徴を見つけることを目的とする。

上に挙げた目的を達成するための提案は以下の通りである。

- ① 不快感・覚醒度の指標の検討
- ② 計測システム的设计・開発
- ③ ヒューマンエラーにおける不快感・覚醒度のモデル化

## 2. 計測システム

### 2.1 計測する指標

#### 2.1.1 不快感指標

本研究では不快感指標として pNN50 を採用した。pNN50 は、連続した隣接する脈拍の間隔が 50ms を超える脈拍の割合である。pNN50 の値が小さいほど、不快感が上がる。本研究では、脈拍計を用いて脈拍間隔を計測し、そのデータから pNN50 を算出する。

#### 2.1.2 覚醒度指標

本研究では覚醒度指標として Attention・Meditation を採用した。この値は NeuroSky 社製の脳波計である Mindwave mobile から取得される。

Attention・Meditation はそれぞれ、集中とリラクソスの指標として用いられている値である。

### 2.2 計測手順

本研究では作業を行なっている被験者の生体計測を行

う。作業は暗算課題である。本計測におけるヒューマンエラーは、暗算課題における計算ミスとする。計測は以下の手順で行う。

- ① 作業の練習を行う
- ② 作業課題についてのアンケートを行う
- ③ 生体情報安定のために1分間被験者の安静を保つ
- ④ 作業の本番を行う ここでは生体計測と作業結果を記録する
- ⑤ 作業負荷についてのアンケートを行う

一連の流れを図1に示す。

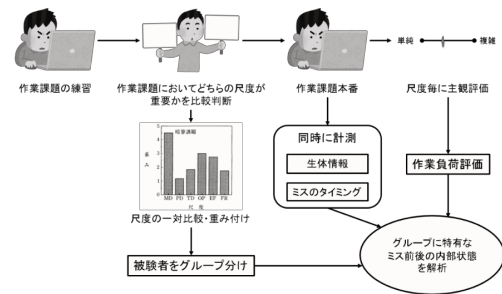


図1 計測手順概要

## 2.3 計測に用いるソフトウェア

### 2.3.1 暗算課題ソフトウェア

本研究での作業課題である暗算課題ソフトウェアを開発した。中央に示された数字を7で割った時の余りを実験協力者にボタン操作で解答させるプログラムで、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が行う。

### 2.3.2 アンケートソフトウェア

本実験ではアンケートソフトウェアに Android アプリ「NASA Task Load Index(TLX)」を用いた。



図2 暗算課題ソフトウェア (左)  
アンケートソフトウェア (中・右)

## 3. 予備実験

### 3.1 実験概要

本計測では、作業課題中の計算ミス前後の生体情報を記録・検証を目的とする。

対象者は1人で、(1)周囲に誰もいないとき(2)後ろから計測を見られているとき、の2つの条件下で計測を行った。

### 3.2 実験結果

各条件下での生体情報の推移と計算ミスしたタイミングを図3に示す。

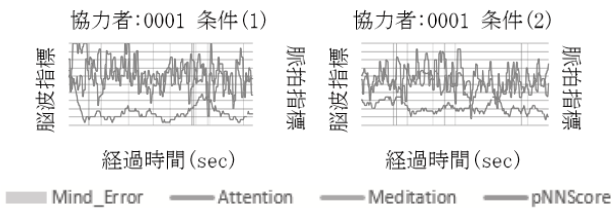


図3 計測中の生体情報とミスのタイミング  
左:条件(1) 右:条件(2)

条件(1), (2)のどちらも、計算ミス前後で生体情報の折れ線グラフの傾きが反転する傾向が見られる。この反転時の傾向を分析することで、計算ミスが起こりそうな状況の検知に繋がることが考えられる。

### 3.3 再設計・実装

#### 3.3.1 安静状態時の生体情報記録機能の実装

予備実験で用いた暗算課題ソフトウェアでは、安静状態時の被験者の生体情報を記録していなかった。作業中と安静状態の被験者の状態を比較することを目的として、安静状態時に表示する画面を作成し、この画面を表示中に安静状態の生体情報を記録する機能を暗算課題ソフトウェアに追加した。この画面は、予備実験時に設けた安静時間と同じく1分間表示し、スタートボタンを押すことで計測画面に移行し計測開始となる。

#### 3.3.2 暗算課題回答記録機能の改良

予備実験では、被験者が計算問題を間違えた時のみ、その回答時間を記録していた。そのため、正答時と誤答時の生体情報と比較することができないという課題があった。そこで、暗算課題ソフトウェアの誤答時のみその回答時間を記録する機能を改良し、回答したときの時間とその正誤を記録する機能を実装した。

#### 3.3.3 実験設定の外部ファイル化

予備実験では被験者が1人だったが、本実験では複数の被験者を対象とするため、迅速な準備と結果の確実な保存のため、結果の保存場所や被験者IDといった設定項目を外部のコンフィグファイルに保存する機能を実装した。

## 4. 本実験

### 4.1 実験概要

本実験では、予備実験に引き続き、作業課題中の計算ミス前後の生体情報を記録・検証を目的とした。

予備実験から改善した点は、作業開始前の安静状態の生体情報と、正答時の時間の記録に対応したことである。

対象者は20代男性12名で、気温23℃、湿度40%の実験室内で計測を行った。

### 4.2 評価

本実験では生体情報の「反転」に着目し評価を行った。暗算課題中の回答間における pNN50・Attention・Meditation の波形を分析し、回答間の指標の状態を以下

の4つの分類をした。

- ケース1: 値が上昇した後下降する反転があった
- ケース2: 値が下降した後上昇する反転があった
- ケース3: 上記の反転が2つともあった
- ケース0: 反転がなかった

回答間ごとに分類された3つの指標のケース番号を用いることで、回答間ごとの被験者の状態を64種類に分類し、被験者がそれぞれの状態になった回数を計上した。

### 4.3 実験結果

上の方法で評価した結果のうち、Attentionについて注目し抜粋したものを表1で示す。

表1 実験結果 (一部抜粋)

subjectID	次の回答で計算ミスをした回答間の被験者状態				
	010	012	210	310	312
01		16.7			
02					
03					
04					
05	50.0				
06					
07		33.3			
08	33.3	33.3			
09					
10			33.3		33.3
11					
12				25.0	(%)

表中の確率は、回答間の被験者の生体情報の状態になった回数、次の回答で被験者が計算ミスをする回答間の総数に対する割合である。被験者の状態を表す3桁の数字は、左から回答間における pNN50・Attention・Meditation の反転に関するケース番号を表している。

#### 4.3.1 考察

表中の全列に渡って2桁目の数字が共通しているが、これは「回答間でAttentionが上昇の後下降する反転があった」ことを示している。Attentionが下がった時に計算ミスが発生する傾向があることがこのことから示唆されている。

## 5. 結論

本実験の結果より、集中力が低下した状態を、Attentionの反転を調査することで検知することができる可能性が示唆された。今後は、アンケートによるグループ分けを用いることで、AttentionだけでなくpNN50やMeditationでも、ミスに至る回答間状態を検知できる可能性について調査していく。

## 参考文献

- [1] 和田一成, 守屋祥明, 横江隆司, 沖覚, 藤野秀則: “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~. 2011, vol. 3, no. 2, p. 16-19
- [2] 西川雅弥, 西原直枝, 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験者実験. 日本建築学会環境系論文集. 2009, vol. 74, no. 638, p. 525-530