

生体情報を用いた感情推定手法による運転時の人の反応の評価

渡辺 一生[†] 菅谷 みどり[†]

概要: 自動車を運転する際には、様々な要因により多くのストレスがある。運転における負の感情（不安、苛立ち、悲しみ、焦りなど）が大きく運転操作に影響を及ぼすことから、感情のコントロールが重要である。感情推定は近年自動運転技術やドライバーモニタリングシステムに取り入れられているが、カメラ等による画像解析では、感情表出における個人差を十分考慮することはできない。これに対して脳波、心拍などの反応から推定され生理反応を用いた感情分析手法が提案されている。しかし、その有効性は明らかではない。そこで本研究は、運転に関する負の感情に着目し、これを生体情報から取得される感情情報を用いて分析、検証を行うことを目的とした。実際に、ドライビングシュミレータを用いて、複数のヒヤリハット事例の際の感情反応を生体情報から推理した値を用いて分析を行った結果について述べ、最後に今後の応用について議論を行う。

キーワード: 運転, DMS, 感情推定, 生体情報, 脳波, 心拍, 計測

Evaluation of Human Reaction during Driving by Emotion Estimation Method using Biometric Information

ISSEI WATANABE[†] MIDORI SUGAYA[†]

Abstract: When driving a car, there are many stresses due to various factors. Since negative feelings in driving (anxiety, irritation, sorrow, impatience, etc.) are large and affect the driving operation, control of emotion is important. Although emotion estimation has been adopted in automatic driving technology and driver monitoring system in recent years, it is impossible to sufficiently consider individual differences in emotional expression in image analysis by cameras etc. On the other hand, from reactions such as electroencephalograms, heartbeats Emotion analysis methods estimated using physiological responses have been proposed. However, its effectiveness is not clear. Therefore, in this research, we focused on negative emotions concerning driving and aimed to analyze and verify this using emotion information obtained from biological information. In fact, using the driving simulator, we will analyze the emotional reactions in case of multiple incident cases using values estimated from biological information, and finally discuss future applications.

Keywords: Driving, Driver Monitoring System, Emotion Estimation Method, Biometric Information

1. はじめに

自動車の事故の多くはヒューマンエラーであり、安全不確認、わき見運転が挙げられる。近年の研究ではイライラ、焦り、怒りなどの負の感情がリスクテイキング行動や確認省略などの不安全行動を誘発し、事故要因の一つとなることが明らかになってきている[1]。車両操作に優れ、危険予測に優れた技能を有したとしても、感情認識とその制御が不十分であれば、無理な追い越し、走行速度の超過、一時不停止、狭い車間距離など、リスクを伴う行動が誘発される[1]。Myounghoon らは、感情は大きく運転に影響し、負の感情が交通事故の発生確率の上昇を招くことを指摘している[2]。このように、自動車運転において感情の認識は今後重要となると考えられる。

車が人の状態を認識する手法としてドライバーモニタリ

ングシステム(DMS)がある。DMSでは、様々なセンサから人の状態を把握することで、安全運転を促すことが目的とされる。実現のためにカメラを用いてドライバーの多種多様な行動や状態をセンシングして運転に適した状態をリアルタイムに判別し、異常検知や操作権の切り替えを行うシステムが提案されている[3]。また、眠気制御技術[4]では、カメラ画像から測定した、瞬目(瞬き)、表情などをAI処理することにより、初期段階の浅い眠気を非接触で高精度に検知可能としている。こうしたDMSの多くは、カメラセンサによる画像入力と、その解析技術による表情や動作の解析から状態を推定するものである[3-6]。

しかし、カメラのセンシングの場合、表情における感情の表出は個人差が多く、特定の感情と、個人の表情の対応づけを学習するコストが大きい。また、人により、感情が表情に出るとは限らない場合など、本質的に困難な問題があ

[†] 1 芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology

る。また、発話音声に基づいた感情推定では[7]、発話を元にした音声データのセンシングを行うことから、発話がない場合や、運転時のノイズが入りやすい問題がある。このように、DMS において感情の把握に関するセンシング技法および分析手法は十分議論されていない。そこで本研究では、運転に関する負の感情に着目し、これを生体情報から取得される感情情報を用いて分析、検証を行う。生体情報は、表情や音声などの行動や表出された情報ではないことから、安定してセンシングできる利点がある。また、生体感情推測手法については、運転時の感情推定は十分に適用の議論がなされていない。このことから、本研究ではドライビングシュミレータを用いて、複数のヒヤリハット事例の際の生体情報から取得できる生体感情推定値を利用し、分析を行い、その適用可能性について研究することを目的とした。

本論文は以下の構成となる。2 節で提案手法である感情分析手法、3 節にて評価実験 1、4 節にて評価実験 2、5 節にて実験 2 の分析、6 節で今後の課題、7 節でまとめを述べる。

2. 提案

2.1 目的

本研究では、車載に適した感情センシング技術を検討することを目的に、ドライビングシュミレータを刺激呈示とし、この際に取得された生体情報を取得し、ドライバーの特徴分析を行うことで運転における感情反応の影響を明確にすることを目的とする。生体データはここでは、脳波計 (Electroencephalography; EEG) 及び脈拍計から取得されたデータを対象とする。また、生体情報感情分析の評価のために既存の評価指標である iiSA(運転場面から運転時の感情とコントロール、バランス、タイプを診断する自己診断アンケート、以後 iiSA)を実施し、その結果と照合することでその有効性について議論するものとした。

2.2 概要

本研究の手順は次の通りである。評価実験を通じて

- (1) ヒヤリハット時の生体情報(脳波、心拍)を取得する
 - (2) 取得したデータから、負の感情を推定する
 - (3) 推定した値と iiSA によるドライバーの特徴分析
- 特徴分析にあたり、回帰分析、クラスタ分析、主成分分析を行った。また、性格特性と感情データの特徴を明確にする目的により、クラスタ間における実験で収集した感情データの主成分負荷量、主成分得点の違いについて比較検証を行うものとした。

2.3 システム概要

目的を実現するため、本研究ではドライビングシュミレータとリアルタイムの測定ツールを開発し、これらの計測環境を構築した(図 1)。本研究では、リアルタイムに運転時の生体情報を取得し、感情を予想判定する必要があることから、生体情報からの感情のリアルタイム推定手法を用いるものとした。

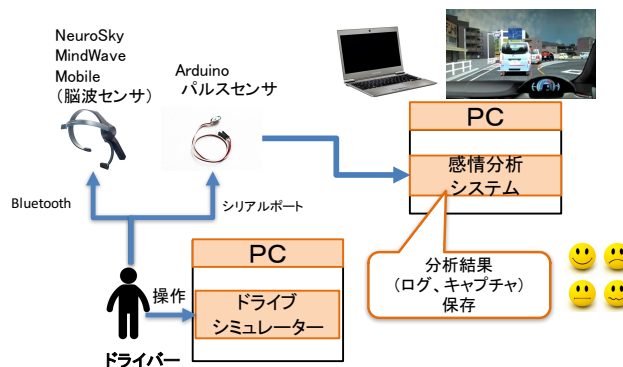


図 1 システム概要

2.2 生体情報による感情推定

生体情報による感情推定手法は、心拍に脳波を追加した Russell 感情円環モデル[8]をベースとした生体感情推定手法を用いた。生体情報は、刺激に対する人の生理的な反応を一次的に示すものと考えられることから、ヒヤリハットなどの運転時の負の感情を、表情や声といった行動反応よりもリアルタイムでかつ正確に測定できると考えた。

生体情報を用いた感情推定手法は、人の表情の特徴解析よりも、安定的に感情推定が出来ていることが知られており[9]、今回、池田ら[9]の手法を改善した平松[10]らの手法を用いるものとした。

本手法は、Russell モデルの二次元座標上に、脳波と心拍の値を対応づけることで、“緊張”、“イライラ”などの感情を推定する。感情の分類モデルに従い、本研究で用いる脳波計から算出される Attention と Meditation の値をもとに覚醒度を計算した値を用いる。また、横軸は快-不快とし、心拍計から得られるデータから pNN50 の値を計算し、それらの値を用いて生体情報からの感情推定値を算出するものとした。

3. 評価実験 1

3.1 概要

本実験は、ドライビングシュミレータを操作している最中の生体情報を取得し、そのデータを分析する。運転時に事故や、ヒヤリハットを体験した際にどのような感情が増減するか、変化のタイミングを検証することを目的とした。対象とした交通シナリオを表 1 に示した。また、シナリオ(以降 S) ごとの提示画面を図 2 に示した。

S1 は、人飛び出し、S2 は前方車両急ブレーキ、S3 は、無理な車線変更、S4 は他車の逆走とした。それぞれのシナリオで表示した画面を図 2 に示した。また、ヒヤリハット発生は人飛び出し、前方車両急ブレーキ、無理な車線変更、他車の逆走がランダムに発生するよう設定を行った。生体情報から推定される感情については、イベント発生前後 10 秒間のデータを対象に分析した。また、運転時の負の感情の反応として感情分類モデルの第 2・3 象限「驚き」

「緊張」,「不愉快」,「退屈」,「眠気」,ヒヤリハット発生時に変化が考えられる「落ち着き」の感情を分析対象とした。

表 1 交通シナリオ

シナリオ	天候	交通密度	交通の様子	ヒヤリハット
1	晴れ	30%	ゆっくり	なし
2	路面凍結	30%	ゆっくり	なし
3	晴れ	90%	激しい	なし
4	晴れ	30%	激しい	あり

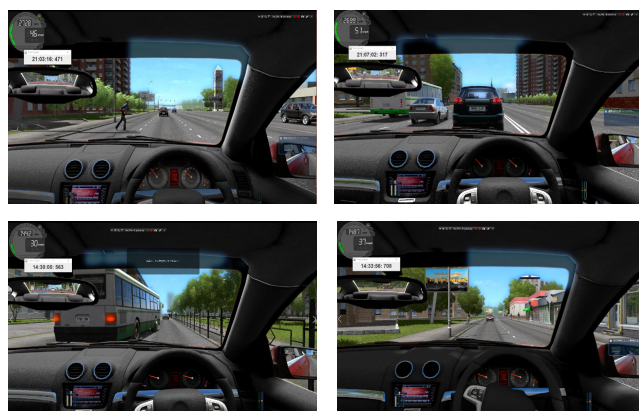


図 2 シナリオ別画面例

平松らの感情分類モデルでは[10], ラッセルの円環モデルの第 2 象限を代表する感情として「緊張」(tense)としているが, 本研究では運転中に経験しやすい負の感情に着目することから, 「イライラ」(angry)を第 2 象限の代表の感情とした。感情分類モデルの X 軸(快不快)と Y 軸(覚醒度)における各感情の快不快状態と覚醒度から推定される感情を用いて評価するものとした(表 2)。

表 2 計測した感情と, 覚醒-眠気/快-不快の状態

感情	覚醒-眠気/快-不快の状態
驚き	快不快状態が中立かつ覚醒度が高い
イライラ	不快状態かつ覚醒度がやや高い
不愉快	不快状態かつ覚醒度が中立
退屈	不快状態かつ覚醒度がやや低い
眠気	快不快状態が中立かつ覚醒度が低い
落ち着き	快不快状態が中立かつ覚醒度がやや低い

3.2 実験環境

実験協力者は 4 人(20 代男性)とした。実験環境は PC 上にドライビングシミュレータ: Car City Driving [11]をインストールし, ハンドルコントローラー(Thrustmaster T500 RS [11]), シフター(Thrustmaster TH8A [12])を設置して動作させた。実験の様子を図 3 に示す。



図 3 実験の様子

3.3 実験手順

実験手順は以下の通りである。

- (1) 生体情報から取得した値を用いた感情推定のため脳波計, 心拍計を装着。
- (2) シミュレータの操作に慣れるまで任意の時間運転
- (3) 各シナリオ(表)を順に 10 分ずつ運転
その時の映像を画面キャプチャーソフトで記録する。
- (4) シミュレータ操作後, 実験者がキャプチャーを見てヒヤリハット発生時刻を記録
- (5) ヒヤリハット発生時刻前後 10 秒間の感情データをもとに感情反応を分析

3.4 実験結果および考察

S1 でヒヤリハットが発生前後 10 秒間の 6 つの感情の増減を分析した。結果を図 4 に示した。グラフの縦軸は感情の大きさ, 横軸はヒヤリハットイベント発生からの経過時間(単位: 秒)を表している。

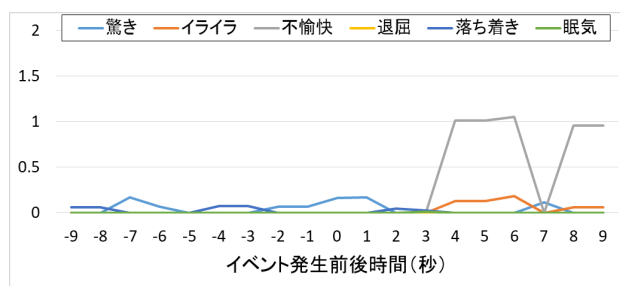


図 4 実験協力者 1 歩行者飛び出し時の感情変化

実験協力者 1 の歩行者飛び出し再現の 1 回目ではイベント発生 3 秒後に「不愉快」, 「イライラ」の感情において増加が見られ, 「不愉快」はイベント発生 6 秒後に感情の大きさがピークになり, 「イライラ」はイベント発生 4 秒後にピークになった。つまり, 「不愉快」と「イライラ」の増加からイベント発生後に不快状態へ変化したことが見受けられる。また, 「不愉快」の感情のほうが「イライラ」より大きくなっていることから, 覚醒度は中立に近いと示唆される。

図 5 に実験協力者 4 人の実験時間の 10 分間における S1, 4 の時に現れたそれぞれの負の感情の比率を示した。この感情の比率とは, 6 つの感情の合計比率に対し, どの程度示されたかを示すものである。S1 はヒヤリハットの再現がなく, 交通量が少ないシナリオで, S4 はヒヤリハットの再現があり, 交通量が多いシナリオである。S1 では通常運転しているときの感情状態を取得し, S4 では交通量が多く

のヒヤリハットを体験しやすいことから、比較がしやすいと考えた。また、ここでいう「事故再現」とは、実験協力が者がヒヤリハットイベントに回避行動をとることができなかった場合を示す。

X 軸はそれぞれの感情が示す比率(%)であり、Y 軸は各感情について、青(左)がヒヤリハットや事故の再現あり(S4)、オレンジ(右)がヒヤリハット再現なし(S1)を示している。図 5 より、ヒヤリハット・事故再現があるほうが「不愉快」が 3%をはじめ、「イライラ」も 3%程度、負の感情が高い結果となった。しかし、実験協力が者が 4 名という少ない数で実験を行ったため、S1 と S4 での 6 つの感情の分散分析では統計的に有意な差は見られなかった($p < 0.5$)。

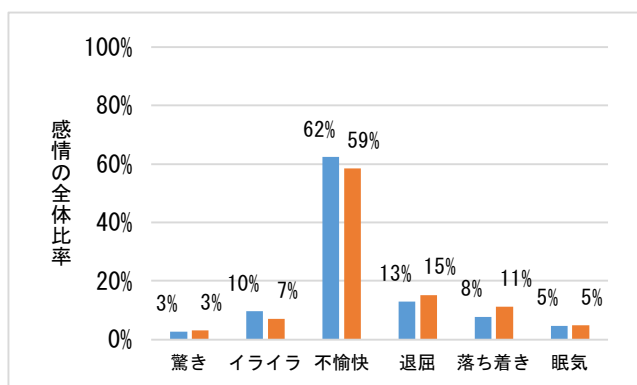


図 5 全実験協力が者における生体情報から推定された負の 6 感情におけるヒヤリハット再現有無の比較

4. 評価実験 2

4.1 実験 1 からの改善点

実験協力を者を 20 人 (20 代男性) 対象として行った。また、ドライビングシミュレータで再現するシナリオパターンを再構成し一人 20 分と短縮化した。S2, S3 ではヒヤリハットの発生が稀なことから分析には S1 と S4 のみを対象とした。本評価実験では、ヒヤリハット発生時の感情変化と時間の関係、生体情報による感情変化の特徴、さらには運転中における性格特性診断の結果と収集した感情データの関係を明確にすることを目的とした。なお、評価実験 1 では 6 感情を対象としたが、評価実験 1 からヒヤリハット発生によって、「驚き」、「緊張」、「不愉快」に大きな変化が見られたため、本実験では負の生体感情の中で、上記の 3 感情を対象とした。

4.2 実験手順

実験手順は 3.3 節の手順に追加して

- (1) 協力が者に自己コントロール診断テストへ回答。
- (2) 実験者ヒヤリハット発生時刻後 10 秒間の生体感情データと自己コントロール診断テストの結果にて感情反応を分析。なお、ヒヤリハット再現の種類は評価実験 1 と同一とした。

5. 分析

5.1 分析手法の概要

本実験では、実験で集めたデータと iiSA をもとに以下の 4 種類の分析を行った。

- (1) 単回帰分析：経過時間と感情の増加の特徴を検証するため、イベント発生後 10 秒間の 3 感情の大きさと経過時間 (秒) を対象とした。
- (2) クラスタ分析：被験者の運転時における性格特性を分類するために iiSA の結果を分析した。
- (3) 主成分分析：感情の変化の特徴を明確にするために 3 感情に対して各感情を対象とした。分析には、主成分負荷量、主成分得点を用いた。
- (4) 比較：性格特性と感情データの特徴を明確にするために、2 の結果を用いて、クラスタ間における実験で収集した感情データの標準偏差と平均値や(3)で得られた主成分負荷量、主成分得点の違いを比較検証した。

5.2 単回帰分析

感情変化と経過時間について検証した。実験協力を者 20 人について、ヒヤリハット発生後 10 秒間の「驚き」、「イライラ」、「不愉快」の覚醒度が高い 3 つの負の感情を対象とした。「イライラ」や、「不愉快」は、ストレスを感じている状態である。また、「驚き」は同じ覚醒度が高い状態であるが、ストレス状態がないことから、対比のために、比較対象として評価する。個人ごとに単回帰分析の結果の例として有意差があった協力を者の結果について述べる(表 3,4)。

表 3 実験協力を者 5 回帰分析結果

変数	X 値	切片	重決定 R2	有意 F
驚き	0.005	0.015	0.023	0.291
イライラ	-0.009	0.066	0.117	0.015*
不愉快	-0.047	0.525	0.130	0.010*

表 4 実験協力を者 6 回帰分析結果

変数	X 値	切片	重決定 R2	有意 F
驚き	-0.007	0.059	0.075	0.014*
イライラ	0.002	0.058	-0.011	0.729
不愉快	0.029	0.141	0.081	0.010

表 3 は、実験協力を者の生体情報から得られた感情(生体感情)を示す。「イライラ」と「不愉快」に有意傾向が見られた。重回帰の決定係数(R2)が、0.117 ($p < 0.015$) と 0.130 (0.010) と、時間と感情変化に弱い相関がみられている。このことから、協力を者 5 については、イベント後覚醒度が高く不快な状態が低下していることがわかる。これに対して、表 4 に示した協力を者 6 は、「驚き」に有意傾向が見られた。X 値は -0.007 で、決定係数 (R2)は 0.075 ($p < 0.014$) となり、

経過時間に対して、「驚き」が低下している。なお、この時有意差はないものの、「不愉快」「イライラ」が上昇した。

5.3 考察

以上の結果より、次の傾向が示唆された。

- (1) 時間経過とともに、覚醒度が高く、不快である「イライラ」「不愉快」が低下する傾向の人（実験協力者 5）と、一方で時間経過に伴って「イライラ」や「不愉快」が上昇する傾向の人（実験協力者 14）がみられた。
 - (2) 時間傾向とともに、「驚き」が低下する（実験協力者 6, 実験協力者 15）。なお、この時有意差はないものの、「不愉快」「イライラ」が若干上昇する傾向が見られている（実験協力者 6）。
- (1), (2)よりイベントが発生した時点で「驚き」が上昇（つまり、覚醒度があがる）し、時間経過とともに減少するが、「イライラ」と「不愉快」の時間経過に伴う変化（つまり、不快から中立あるいは快方向へ戻る時間）は実験協力者によって異なることが示された。

また、実験協力者によってヒヤリハット発生時に対象とした感情以外の感情である、喜び、楽しみなどの感情が生体情報から計測された。要因として、実験協力者のうち数人は「シミュレータゲーム」という感覚があったと考えられる。また、個人特性に着目すると傾向にばらつきがみられることから実験協力者の運転時の負の感情を、運転適性検査の診断結果をもとに特徴分類するものとした。

5.4 クラスタ分析

5.4.1 分析概要

実験協力者の運転時における特性を分類するために自己コントロール診断テスト iiSA（以降、iiSA）の結果を対象にクラスタ分析を行うものとした。iiSA は、研究調査報告書 [1]や国際交通安全学会の“安全運転のための「感情コントロール教育プログラム」” [16]などでも用いられていることから、信頼性が高いと考えた。

5.4.2 自己コントロール診断テスト iiSA

iiSA とは 27 の運転場面から運転時の感情とコントロール、バランス、タイプを診断するアンケート形式のテストである [15]。テストの問題、運転場面がイラストで示され、その場面に会ったときのドライバーの「感情(感情度)」と「行動(運転度)」が書かれている。それを読み、普段、同じ場面に会ったときの気持ちと行動を比べて、どの程度当てはまるかを 4 段階で回答する自己診断テストである。iiSA から判定される総合評価は、自己コントロール能力について 4 段階評価また、各評価項目には、「感情度」と「運転度」がある。感情度は、運転時における感情の変化の大きさの指標であり、A-E の 5 段階で示す。本研究では言葉の意味をわかりやすくするため「感情度」を「感情変化」と言い換え、1~5 段階で変化の度合いを表す。具体的には、(1) 他人への「むかつき度」(2) 時間的プレッシャーによる「あせり度」(3) 事故発生への「不安度」(4) 他人との関係による「あせり度」(5) 自分自身に起因する「イライラ度」(6) 同乗者との関係で生ずる「ふきげん度」となる。また、「運転度」は運転行動の特性の指標であり、A-E の 5 段階

で示す。本研究では、「運転度」は「危険運転」と言い換え、1~5 段階で危険性を表す。それぞれの数値が大きいほど変化が大きい、危険度が高いとした。なお、各評価項目については変更していない。

5.4.3 iiSA 結果と分析

運転における自己コントロール能力を示す総合評価では、今回 A 判定が 6 人、B 判定が 10 人、C~E 判定は 0 人となり、今回の実験協力者は比較的高い自己コントロール能力があることがわかった。分析の手順は以下の通りである。(1) iiSA の結果の各評価項目の感情変化度、危険運転度を対象にクラスタ分析を行う(2) クラスタ分類結果と収集した感情データの主成分分析、平均値および標準偏差の比較を行った結果を示した。感情変化度の平均値と危険運転度の平均値を表 5 に示す。

表 5 全実験協力者の感情変化度と危険運転度の平均値

評価要素	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
感情変化	2.35	2.20	4.20	3.20	2.25	3.10
危険運転	2.10	2.45	2.50	2.90	2.20	2.50

表より、感情変化度については「事故発生への不安度」が最も大きく、「時間的プレッシャーによるあせり度」が最も小さい結果となった。一方、危険運転度については各評価項目ともに 3 以下となり、「他人との関係によるあせり度」から生ずる危険運転度が最も大きく、「他人へのむかつき度」から生ずる危険運転度が最も小さい結果となった。実験協力者 20 人の全体的な特徴がわかった。

しかし、一人ずつ結果を見ると類似傾向のある実験協力者が多数見受けられる。このことから、類似の傾向をもつ特徴をまとめて評価するために、iiSA の感情変化度の結果のクラスタ分析を行うものとした。分析の結果、実験協力者のうちクラスタ 1 が 12 人、クラスタ 2 とクラスタ 3 が 4 人となった。以下に、クラスタごとに iiSA の結果の各評価項目の感情変化度の平均値と標準偏差を示す。

表 6 4 のクラスタ(C1-C4) 感情変化度 平均値

*	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
C1	2.44	1.44	4.44	3.44	1.44	4.00
C2	2.75	4.25	4.50	4.00	4.00	4.25
C3	1.75	1.75	2.75	1.50	2.00	1.00
C4	2.33	2.33	5.00	3.67	2.67	1.67

表 7 4 クラスタ(C1-C4) 感情変化度 標準偏差

*	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
C1	1.01	0.53	0.73	1.13	0.73	1.00
C2	0.50	0.50	1.00	0.82	1.15	0.96
C3	0.50	0.96	0.96	0.58	1.15	0.00
C4	1.53	1.53	0.00	0.58	1.53	0.58

*表の列はそれぞれ (1) 他人への「むかつき度」(2) 時間的プレッシャーによる「あせり度」(3) 事故発生への「不安度」(4) 他人との関係による「あせり度」(5) 自分自身に起因する「イライラ度」(6) 同乗者との関係で生ずる「ふきげん度」を示す

5.4 主成分分析

5.4.1 分析概要

さらに特徴を明確にするため評価実験 2 で収集した生体情報から得られた 3 感情データに対して主成分分析を行った。手順は以下の通り。

- (1) 実験協力者全員分のヒヤリハット発生後 10 秒間の生体感情データをひとつにまとめて、主成分分析する
- (2) (1)の結果とクラスタ分析結果をもとに、クラスタ間の主成分得点を比較する
- (3) 実験協力者一人ずつヒヤリハット発生後 10 秒間のデータをまとめて、主成分分析する

まず、(1)により実験協力者全員の感情データを用いて主成分分析を行い、実験協力者全体のヒヤリハット発生時における、生体情報での感情反応の特徴を明らかにする。次に(2)により、クラスタ化された分類ごとの特徴を明らかにする。

このような手順を行った理由として本研究では、負の感情を生体情報で計測し、評価することが目的であることから、iiSA の診断結果で評価される特徴分類と、生体情報から得られた感情情報とを対応させて、その分類ごとの特徴を明らかにすることで、生体情報の有効性を検証することができると考えたことが挙げられる。

このことから、iiSA の「感情変化度」「危険運転度」をもとに 4 つに分類されたクラスタごとに、生体情報から算出した感情（以降生体感情）のデータを対応づけ、主成分分析を行う。(3)については、(1)で行った実験協力者全員の感情反応の特徴と個人の特徴を比較し、全体と個人の感情反応の特徴の比較検証を行う。

5.4.2 分析結果

iiSA の感情変化度を 4 つのクラスタに分類した結果とヒヤリハット発生後 10 秒間の生体感情データの標準偏差と平均値を一元配置分散分析したが、統計的に有意な差は見られなかった。理由として、同クラスタ内でも各感情の変化の特徴は同じ個人差が大きかったことが考えられる。一方、主成分得点と iiSA の感情変化度のクラスタ分析結果の関係に統計的に有意差 ($p < 0.001$) が得られた。

なお、表 8 は節感情変化について 4 クラスタと、そのクラスタごとの実験協力者におけるヒヤリハット発生後 10 秒間の生体感情データの第 1 成分得点、第 2 成分得点の平均値である。また、主成分分析ができなかった 9 人を除いた実験協力者 11 人分のヒヤリハット発生後 10 秒間の第 1 成分得点の平均を計算すると 0.158、第 2 成分得点の平均は 0.191 となった。第 1 成分を「他車へのむかつきやすさ」、第 2 成分を「他車の行動への驚きやすさ」として全員の第 1 成分得点、第 2 成分得点とクラスタごとの第 1 成分得点平均、第 2 成分得点平均をもとに、感情変化度を比較した結果、以下の 2 つの傾向がみられた。

(1)iiSA の感情変化が大きい傾向にあるクラスタでは、生体情報から得られた値である「イライラ」や「不機嫌」の値が大きいと第 1 成分得点が大きくなる傾向があった。

(2)また、iiSA の結果で「不安」の感情変化が大きかったクラスタ 1, 2, 4 を見ると、第 2 成分得点が正でかつ、iiSA の結果で「不安」の感情変化が最も大きかったクラスタ 4 が第 2 成分得点も最大であることから、「不安」の感情は第 2 成分に関係することが考えられる。

これらのことから、感情データの主成分得点と iiSA の関係は、第 1 成分得点は iiSA の「イライラ」と「不機嫌」の感情変化度と関係し、第 2 成分得点は iiSA の「不安」の感情変化度と関係していることが指摘できる。

表 8 クラスタごとの主成分得点平均値

記述統計					
	度数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
第一成分	770	0.16	1.15	-2.42	5.98
第二成分	770	0.19	1.15	-0.43	7.65
感情変化度クラスタ	770	1.86	1.05	1.00	4.00

検定統計量 ^{a,b}		
	第一成分得点	第二成分得点
カイ 2 乗	67.302	31.122
自由度	3	3
漸近有意確率	0.000	0.000

a. Kruskal Wallis 検定

b. グループ化変数: 感情変化度クラスタ

5.5 iiSA と生体感情の比較

iiSA の感情変化度を 4 つのクラスタに分類した結果と生体感情データを用いて、クラスタごとの生体感情データの特徴について考察するものとした。iiSA は、平均値、標準偏差の参照(表 6,7)を行った。なお、感情変化度は数値が 3 の場合に「普通」を意味するため、ここでは、標準偏差が 1 以下かつ平均値が 3 以上の場合に変化が大きい、標準偏差が 1 未満かつ平均値 3 以下の場合に変化が小さいとした。また、標準偏差が 1 より大きい場合は変化に個人ごとのばらつきがあるとした。

生体感情推定手法により得られた値については、ヒヤリハット発生後 10 秒間の生体感情データの標準偏差と平均値を比較検証するものとした。ここでは iiSA における感情変化度についてクラスタ分類した場合の生体感情である「驚き」、「イライラ」、「不愉快」感情の大きさの平均値と標準偏差についてまとめ、特徴を述べる。また、iiSA における「不安」は、感情測定項目にないことから比較対象としないことにした。ここで、表 9-12 における(1)(2)はそれぞれ、(1) 他車へのむかつきやすさ、(2)他車への驚きやすさとした。また、図 6-9 に iiSA の感情変化度のガントチャートに掲載し、視覚的に傾向を把握できるようにした。

・クラスタ 1:

iiSA:「不機嫌」と事故に対する「不安」の平均値が大きく、標準偏差が小さい。「焦り」、「イライラ」の平均値と標準偏

差ともに小さく、それらの感情変化は小さい。「むかつき」と他人との関係による「あせり」の感情変化は標準偏差が大きく、個人差がみられた。

生体感情:各感情の標準偏差、平均値ともにクラスタ内の半数以上が全実験協力者の平均以上と高い傾向にあったことから負の感情が増加しやすい。さらに、「イライラ」と「不愉快」の標準偏差、平均値がともに高い。

比較:iiSA の感情変化度について分類した結果でも”クラスタ 1 事故に対する「不安」と同乗者による「不機嫌」の変化が大きい”という特徴があった。よって、クラスタ内の半数の実験協力者で自己コントロール診断テストと類似傾向が生体感情データからも得られた。

表 9 生体感情の主成分得点の平均点

生体感情の主成分得点	(1)	(2)
クラスタ 1	0.254	0.293

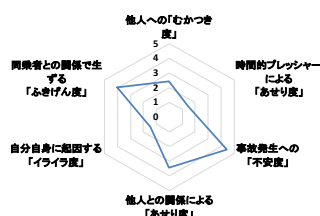


図 6 クラスタ 1 の iiSA の感情変化度

・クラスタ 2 :

iiSA:「むかつき」以外の平均値が 4.0 を超えて、全体的にどの感情も変化度の平均値が大きい。「焦り」、「不安」、「あせり」「不機嫌」の感情変化が大きく、標準偏差が小さいことから、それらの感情変化度が大きい。一方「むかつき」の感情の変化は小さい。「イライラ」の変化度の平均値は 4.0 が、標準偏差が 1.15 より、個人差がみられた。

生体感情:「不愉快」の平均値が大きく、4 人中 2 人が「イライラ」、「不愉快」とともに標準偏差と平均値が全実験協力者の平均より大きい。また、クラスタ 1 と同様に標準偏差が大きい場合平均値も大きくなっていることから、それらの感情が増加しやすい傾向がわかる。

比較:iiSA の感情変化度について分類した結果の”クラスタ 2 は全体的に感情の変化が大きく、「不安」と「不愉快」の変化が大きい。「イライラ」は、ばらつきがある、という特徴と類似の結果が得られた。

表 10 生体感情の主成分得点の平均点

生体感情の主成分得点	(1)	(2)
クラスタ 2	0.380	0.107

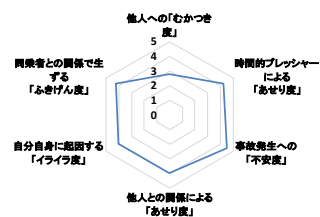


図 7 クラスタ 2 の iiSA の感情変化度

・クラスタ 3 :

iiSA:各評価項目の感情変化度の平均値が 3.0 を下回っている。このことから、どの感情も変化が少なく、安定している。ただし「イライラ」の標準偏差が大きく、個人差がみられた。

生体感情:各感情の標準偏差と平均値ともに小さく、全実験協力者の平均を下回っている者が多い。

比較:iiSA の感情変化度について分類した結果の”クラスタ 3 は全体的に感情の変化が小さいが、「不安」の変化が大きい。”という特徴と比較すると、1 人を除いて、各感情の標準偏差と平均値ともに全体平均より下回っており、診断テスト結果と感情データの特徴に類似傾向がみられた。

表 11 生体感情の主成分得点の平均点

生体感情の主成分得点	(1)	(2)
クラスタ 3	0.112	-0.202



図 8 クラスタ 3 の iiSA の感情変化度

・クラスタ 4 :

iiSA:「不安」の感情変化が 5.0 で、4 クラスタ内で最も大きい。「不機嫌」の感情変化度は小さいと示唆される。その他の感情変化度は標準偏差が 1.0 以上となり、個人差がみられた。

生体感情:クラスタ 4 の実験協力者の特徴として、実験協力者 1 人の「驚き」以外、3 人ともすべての感情の標準偏差と平均値が全実験協力者の平均を下回っている。よって、それらの感情が増加しにくいと考えられる。

比較:iiSA の感情変化度について分類した結果のクラスタ 4 は「不安」の変化が最も大きく、「イライラ」と「不愉快」の変化が小さい。という特徴と比較すると、3 人とも iiSA の結果と感情データの特徴に類似傾向がみられた。

表 12 生体感情の主成分得点の平均点

生体感情の主成分得点	(1)	(2)
クラスタ 4	0.112	-0.202



図 9 クラスタ 4 の iiSA の感情変化度

5.6 考察

4つのクラスタごとに実験協力者のiiSAの感情変化度と生体感情データからの感情推定結果に着目して比較検証を行った。その結果、各クラスタにおいて半数以上の実験協力者の診断テスト結果と生体情報から推定された感情と類似性がみられた。しかし、4つのクラスタと各感情の標準偏差と平均値を対象に分散分析をしたところ、統計的に有意な差は得られなかった。この要因として、クラスタの分類結果で1クラスタあたりの実験協力者数に偏りが生じたことや実験協力者の数人で分析対象の感情の反応が得られずデータ不備が発生したことが考えられる。

6. 課題

本研究では、ドライビングシミュレータを用いてヒヤリハット発生時を再現し、Emotion Visualizerを用いての負の感情を可視化、分析を行った課題について述べる。

6.1 計測方法についての課題

本研究で用いた脳波計は装着時の運転のしやすさを重視し、Bluetooth通信を用いた。このことから、心拍データとの時間のずれが若干発生した状態で計測データを取得した。この環境でも自己コントロール診断テスト結果のグループごとの傾向と生体情報から算出した感情の傾向に類似点が見受けられたことから、こうした遅延が発生しない場合より精度の高い分析ができると考えられる。

6.2 シミュレータの課題

本研究では、ドライビングシミュレータに市販のものをを用いたため再現できるヒヤリハットなどのシチュエーションが限られてしまった。さらに、再現可能な国に日本がなかったため、日本と同じ左側通行、右ハンドルのオーストラリアに設定したが、交通標識や信号などが日本と異なるためやりづらいことやシミュレータでヒヤリハットを再現しても「あくまでもゲーム」という意識によって、現実のヒヤリハットほど恐怖やパニックが出にくい、「ゲーム」として楽しんでしまうことを実験協力者に指摘された。今回1画面にフロントガラス映像のみ出力し、左右視点はボタン操作で確認という方法をとっていたため視認性が悪い、リアル性が低いという課題がある。そのため、以上の2つの課題を解決し、実車により近いリアル性を高めた実験環境を検討する必要がある。

6.3 実験協力者についての課題

その他本研究では実験1, 2ともに20代男性のみを対象とした。しかし、女性や世代を超えた人のデータを考慮できることでより汎用的な結果が得られると考えられる。

7. まとめ

本論文では、運転時における感情変化を生体情報に基づいて分析し、リアルタイムにドライバーの感情をモニタリングする方法の調査を目的とした。実現のため(i)リアルタイムに運転時の生体情報を取得し、感情を予想判定、(ii)ヒヤリハット時の感情の特徴分析が必要だと提案した。ドラ

イビングシミュレータを用いた実験により、生体情報に基づいたドライバーごとの運転時の性格特性を調査し、安全運転と性格特性の指標について調査を行った。その結果、クラスタ分析により得られたクラスタの特徴において、類似性が認められた。今後、課題を改善することで、指標を利用せずに、感情反応からドライバの負の感情特性を明らかにする手法を検討する。

謝辞 本研究はJSPS 科研費15K00105の助成を受けて実現したものです。ここに厚く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 小川 和久, 太田 博雄, 蓮花 一己, 阿部 隆一, 小島 康稔, 「ドライバーの感情特性と運転行動への影響 感情コントロールのための教育プログラム開発を目指して」, 財団法人国際交通安全学会, 2008
- [2] Myounghoon Jeon, Bruce N. Walker, Jung-Bin Yim “Effects of specific emotions on subjective judgment, driving performance, and perceived workload”
- [3] オムロン株式会社, ニュースリリース “ドライバー運転集中度モニタリング技術”, 2016年6月6日
- [4] パナソニック株式会社, プレスリリース “眠気を検知・予測し、快適に覚醒状態を維持させる眠気制御技術を開発”, 2017年7月27日
- [5] E&M Report, “ドライバーモニタリング, ADASや自動運転向けの新技術開発”, <https://em.ten-navi.com/article/12409/>, 2017年11月24日
- [6] 三菱電機株式会社, “「広角カメラ型ドライバーモニタリングシステム」を開発”, <http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2017/pdf/1005.pdf>, 2017年10月5日
- [7] 目良和也, Tang Ba Nhat, “音声に含まれる感情を考慮した自然言語対話システム”, HAIシンポジウム2014, P-11, 2014
- [8] James A. Russell, “A Circumplex Model of Affect”, Journal of Personality and Social Psychology 1980, vol.39 No.6 pp1161-1178
- [9] Yuhei Ikeda, Ryota Horie, Midori Sugaya, Estimate Emotion with Biological Information for Robot Interaction, 21st International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES-2017), Marseille, France, 6-8, Sep, Procedia Computer Science, Vol.112, pp.1589-1600, Year 2017.
- [10] 平松拓也, 池田悠平, 保科篤志, 馮晨, 高橋裕也, 菅谷みどり, 生体情報による感情推定手法とステージの観客反応による評価, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2017)シンポジウム, 2017年6月28日-30日, 北海道, pp.857-864
- [11] スイッチサイエンスの製品紹介 <https://www.switch-science.com/catalog/789/>
- [12] ニューロスカイジャパン <http://www.neurosky.jp/products>
- [13] Car City Driving <http://citycardriving.com/>
- [14] 太田博雄, 小川和久, “安全運転のための自己コントロール診断テスト iiSA”, 企業開発センター 交通問題研究室, 2005
- [15] 公益財団法人 国際交通安全学会 “安全運転のための「感情コントロール教育プログラム」” http://www.iatss.or.jp/common/pdf/research/h2290_ppt.pdf
- [16] 松井裕子, 池田利夫, “車両運転における要注意運転傾向に関する質問紙調査”. INSS JOURNAL Vol.23, 2016