

生体計測に基づく状況判断への情動の影響に関する研究

A Study of the Influence of Emotion

on Situational Judgment Based on Biometric Measurements

○高橋宗汰, 高橋信

○Sota Takahashi, Makoto Takahashi

東北大学

Tohoku University

キーワード : 情動(emotion), 心拍変動(heart rate variability), 皮膚電気活動(electrodermal activity),
メンタルワークロード(MWL)

連絡先 : 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-11 総合研究棟 904 号室 高橋・狩川研究室
高橋宗汰, Tel: (022)795-7921, Fax: (022)795-7921, E-mail: sota.takahashi.q7@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

人間と機械が協働して一つあるいは複数の目的を達成するようなシステムを, 人間機械協調システムというが, 原子力発電所等の発電プラント, 航空システム, 自動運転車等, 規模の大小に関わらず多岐にわたるシステムがこの範疇に入る. 人間機械協調システムの安全性向上の方策として, エラーを犯す人間を排除する方向での自動化が進められてきた. しかし, 自動化システムが対応出来る範囲が限定されるため, その範囲を逸脱した場合人間への操作権限の委譲が必要になる. その中で重要になるのが, 人と機械の役割分担である. これを機能配分というが, 適切に機能配分を行うためには, 人間の状態やシステムを取り巻く周囲の環境などに合わせて人間と機械へのタスク配分を動的に調整する必要があり, このような機能配分をアダプティブオー

トメーションと呼ぶ[1]. システムの主導権を人間が保持するか, 機械が保持するかという権利の選択と受け渡しを行うことを権限委譲という. アダプティブオートメーションでは, 人間の信頼性に応じて権限委譲が行われるようなシステムが要求される. このようなシステムの実現には「人間が機械の状態を把握すること」と「人間の状態を機械が把握すること」が不可欠である. 前者についてはインタフェースの改良などにより改善されてきており, 後者については生理指標データを用いた研究が進められている.

本研究グループではアダプティブオートメーションを実現するための研究として, 人間の信頼性が低下している状態を生体計測に基づいて推定する手法の検討を行ってきた. これまでは主に認知負荷に着目し認知的な側面からの研究を行ってきた[2][3]. しかし, 現実における人間の信頼性が低下すると思われ

る状況下では「焦り」「恐怖」「不安」などの強い情動の生起も伴うと考えられる。情動の人間の判断能力への影響や認知的な負荷との関連性などの検討はほとんどされていない。

先行研究[4][5]より、緊急事態下ではほとんどの場合において情報の生起が伴い、人間の認知処理能力を低下させる可能性があると考えられる。その場合には平時では容易にこなすことのできるようなタスクであっても十分に実行できない可能性がある。これは人間の信頼性が低下した状態であり、認知的な負荷が大きくない場合でも十分に発生しうることが予想される。

本研究では、情動が認知能力に与える影響を生体計測を用いて分析し、その適用可能性を明らかにすることを目的とする。基本的な認知タスクを用いて、情動的な負荷と認知的な負荷を独立して与えることで、情動的なストレスと認知的なストレスの関連性、それらが判断能力に与える影響をタスク成績と比較することで評価した。さらに、生体計測による判断能力低下の推定可能性を検討した結果を述べる。

2. 手法

本研究では、人間の基本的な判断能力を適切に評価することのできるようなタスクとして、前頭葉及び前頭連合野機能の評価に用いられるタスクであるウィスコンシンカード分類課題 (Wisconsin Card Sorting Test: WCST) [12]を用いた。

2.1 認知タスク

2.1.1 WCST

WCSTは、4枚の刺激カードと96枚の反応カードから構成され、各々のカードは色(赤・緑・黄・青)、形(三角・星型・十字・丸)、数(1・2・3・4)のどれかの組み合わせからな

る。以下の図1に実験画面を示す。上の4枚のカードが刺激カード、下のカードが反応カードである。被験者は、その時の選択ルールに従って、上の4枚の刺激カードの中から1枚をクリックして選択していく。例えば、図1の場合、選択ルールが「色」であれば、

下の反応カードと色が等しい右から2番目の黄色のカード、選択ルールが「形」であれば左端の三角のカード、選択ルールが「数」であれば右端の図形の数4つのカードが正解のカードとなる。この選択ルールは明示的には示されないため、被験者は選択した後のフィードバックを参考に帰納的推論を行う必要がある。この左側の×印がそのフィードバックとなる。このフィードバックは、前のカードの回答に対するもので、正答、誤答、タイムオーバーの場合でそれぞれ異なる。6連続正解で選択ルールが変更されるが、被験者にはランダムに変更されると教示した。

2.1.2 タスク条件

タスク条件として、認知負荷のみを与える認知負荷条件、情動負荷のみを与える情動負荷条件を設定した。さらに比較検討する目的で、どちらの負荷も与えないベース条件、両方の負荷を与えた認知×情動条件の2条件も加え、計4つのタスクを行う。

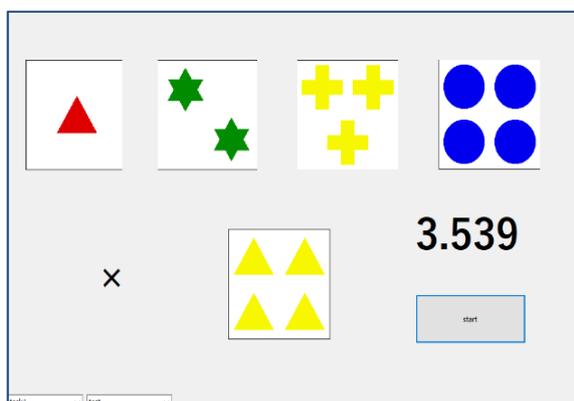


図1 実験タスク画面例

○認知負荷条件

認知負荷として高いタイムプレッシャーを設定する。ベース条件と情動負荷条件では回答時間を5秒、認知負荷条件と認知×情動負荷条件では回答時間を直近5枚の回答時間平均×1.3倍として設定する。予備実験において平均時間以下に設定するとほとんどの回答が不可能になったことから、回答時間と比較して若干の余裕がある1.3倍が妥当だと判断した。

○情動負荷条件

情動負荷条件では、音のフィードバックによる情動の生起を促す。ベース条件と認知負荷条件では無音、情動負荷条件と認知×情動負荷条件では音のフィードバックを付加する。具体的には、正答時と誤答時、タイムオーバー時にそれぞれ異なるフィードバックを与える。また、5回誤答するごとに警報音[7]、20回の誤答で不快音のフィードバックを与えることとした[8]。

2.1.3 タスク成績

判断能力の指標としてタスク成績を用いる。本研究では、WCSTにおける標準的な指標である正答率とカテゴリー達成数を用いる。正答率は、選択したカードの内、正答であったものの割合である。タイムオーバーとなったものについては選択したカードの中に含まない。算出が容易である上に経時変化も検討することができるので指標として採用した。

カテゴリー達成数は、6連続正解で選択ルールが変更となるが、それが為された数である。WCSTにおいては、認知能力の全体的な指標とされる。適切に判断能力が維持されていれば、一度選択ルールが確定すれば、6連続正解で選択ルールが変更されるまではカードの選択を誤らないはずである。つまり、判断能力が維持できればカテゴリー達成数は最大化される。被験者間の比較も容易である

ことから、指標として採用した。

2.2 主観指標

本研究では、認知的ストレス、情動的ストレスの評価手法として主観評価アンケートを用いた。

2.2.1 認知的ストレスの評価

認知的ストレスの評価として、精神的作業負荷を測定する標準的な手法である NASA-TLX を用いる。各条件の終了後に、6つの尺度についての順位付けと、それぞれの尺度の個別評価を行った。その後、順位付けに基づきそれぞれの尺度に重み付けを行い、WWL得点を算出し、認知的ストレスの指標として用いた。WWL得点はメンタルワークロードを測定するものであるが、情動的ストレスの対比としてメンタルワークロードを認知的ストレスと呼び替えても差し支えないと判断し、本研究では認知的ストレスの指標として扱う。

2.2.2 情動的ストレスの評価

情動的ストレスの評価として、Visual analogue scale (VAS) という情動評価の標準的な手法を用いる。VASとは、図2のような10cm線分を用いて、左端から被験者がプロットした点までの長さをスコアとする主観評価手法である。各条件終了後に、タスクに対しての情動評価を、このVASを用いて行なう。

情動評価の基準について説明する。大まかに、情動処理の神経基盤は、大脳辺縁系にある。大脳皮質で処理された感覚情報は、大脳辺縁系に伝達され、大脳辺縁系の、特に扁桃体



図 2 VAS 質問紙

で「有益か有害か」という生物学的価値評価がなされる。その結果は視床下部に送られ、自律神経活動を含む種々の情動反応が表出される。扁桃体における有益・有害という価値評価はそれぞれ快・不快情動を発現し[9]、反応表出の根源となるものであることから、評価基準を「快」「不快」とする。

2.3 生理指標

2.3.1 心拍変動

心拍変動とは、心臓が拍動した際に生じ、心臓の電気活動を測定した心電図に現れる鋭いピーク (R 波) の間隔 (RRI) の変動である。心拍変動は自律神経機能と関連しており、一般的に交感神経活動が活発化することで心拍変動が小さくなり、副交感神経活動が活発化することで大きくなるとされる。交感神経はストレスによって亢進し、副交感神経はリラックス時に亢進する。[6]

本研究で自律神経機能を推定する際に導出した心拍変動性指標を以下に示す。

○時系列指標

▷交感神経指標

- ・ HR : 瞬時心拍数

▷副交感神経指標

- ・ SDNN : RRI の標準偏差
- ・ pNN50 : 隣接 RRI の差が 50msec を超えた比率
- ・ RMSSD : 隣接 RRI の差の二乗平均平方根
- ・ CVRR : RRI の変動係数

○幾何学的指標

幾何学的手法に基づく指標は、時系列 RRI において、n 番目の RRI を横軸、n+1 番目の RRI を縦軸とした 2次元直交座標上にプロットしていく。これを LP(Lorentz Plot)と呼ぶ(図 3)。その後、各軸において原点からの標

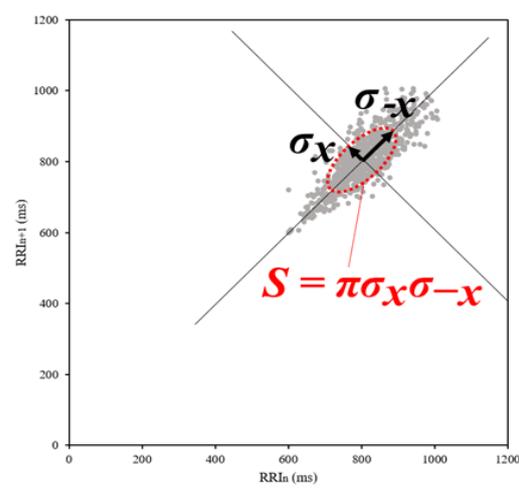


図 3 ローレンツプロット

準偏差を求め、それぞれ σ_x 、 σ_{-x} とし、以下の LP 面積を算出した。

$$(LP \text{ 面積}) = \sigma_x \times \sigma_{-x} \quad (1)$$

LP 面積は、副交感神経活動の指標とされ、LP 面積が大きいほど副交感神経活動が亢進状態にあると解釈される。さらに、先行研究を参考に以下の交感神経指標である CSI を算出した。

$$CSI = \sigma_{-x} / \sigma_x \quad (2)$$

2.3.2 発汗

皮膚電気活動(electrodermal activity: EDA)についても検討した。EDA は交感神経支配下の汗腺活動を電氣的に測定したものである。

本研究では、EDA の指標として皮膚コンダクタンス水準(Skin conductance level : SCL)と皮膚コンダクタンス反応(Skin conductance response : SCR)を指標として用いた。計測した EDA 波形に対し遮断周波数 1Hz のローパスフィルタを通し、高域周波数成分を取り除いた後に、以下の指標を算出した。

○皮膚コンダクタンス水準 (skin conductance level : SCL)

SCL は一定時間の皮膚コンダクタンスの平均値である[10]. 一般に, 交感神経の覚醒レベルの指標とされており, 比較的変動が少ない指標となる.

○皮膚コンダクタンス反応 (skin conductance response : SCR)

SCR は, EDA の急峻な反応をピークとして検出したものである. 刺激に対する反応や, 被験者の情動状態, 認知状態の変化を表す指標とされる[10]. 本研究では, 振幅が $0.1\mu\text{S}$ 以上のものを SCR として検出し, ピークの検出数を指標として用いた.

3. 実験概要

本研究においては9名の被験者が実験に参加した. 内訳としては男性9名, 平均年齢22.44歳, SD=1.16であった.

最初に実験に関する説明を10分程度行い, その後48枚のカードからなる練習課題を1~2回行なった. 練習課題の回答時間は10秒であった. その後, 機器を装着した後に, 心拍変動ベースライン測定のための黙読と計算課題をそれぞれ7分程度行い, 本番課題を, 条件を変えて計4回行なった. 各条件のタスクが終わった後には, 主観評価アンケートを行なった. 実験条件については, 順序効果を考慮して被験者ごとに順番を変えて行なった. 心拍計測には, UNION TOOL 社製のウェアラブル心拍センサ my Beat WHS-1 を使用した. 皮膚電気活動計測には, Empatica 社製の E4 wristband を用いた.

4. 結果

4.1 タスク条件の妥当性評価

条件ごとの WWL 得点の平均を図4に, VAS 得点の平均を図5に示す. WWL 得点の

二要因分散分析の結果, 交互作用が有意であった($F(1,8)=6.26, p<.05, \eta^2=0.014$). そこで, 単純主効果の検定を行なった結果, 情動負荷がない場合の認知負荷の単純主効果が有意であり($F(1,8)=25.05, p<.01, \eta^2=0.54$), 情動負荷がある場合の認知負荷の単純主効果が有意であった($F(1,8)=14.73, p<.01, \eta^2=0.32$). これは, 被験者は認知負荷が高い条件で強い認知的ストレスを感じていたことを意味している. 従って, 認知負荷の条件の設定は妥当であったと判断した.

次に, VAS 得点の二要因分散分析を行なった. その結果, 交互作用が有意であった($F(1,8)=6.42, p<.05, \eta^2=0.033$). そこで, 単純主効果の検定を行なった結果, 情動負荷がない場合の認知負荷の単純主効果が有意であり($F(1,8)=37.27, p<.001, \eta^2=0.60$), 情動負荷がある場合の認知負荷の単純主効果が有意であった($F(1,8)=26.70, p<.001, \eta^2=0.49$).

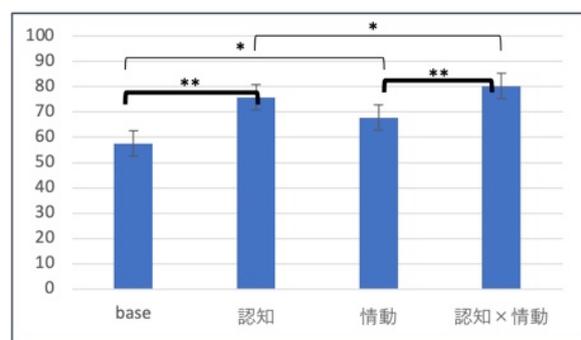


図4 各条件における WWL 得点平均

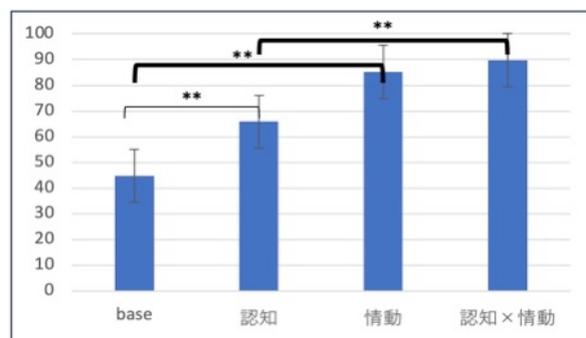


図5 各条件における VAS 得点平均

これは、被験者は情動負荷が高い条件で強い情動的ストレスを感じていたことを意味している。従って、情動負荷の条件の設定も妥当であったと判断した。

4.2 認知ストレスと情動ストレスの関連

認知ストレスと情動ストレスの関連を考察するために、WWL 得点と VAS 得点の相関分析を行なった。その結果、両者には有意な正の相関($r=0.68, p<.01$)が見られた。図 6 に WWL 得点と VAS 得点の散布図を示す。この結果から、認知ストレスと情動ストレスは相互に関連している可能性が示唆された。

4.3 認知ストレスと情動ストレスが判断能力に与える影響

4.3.1 タスク成績の平均値の比較

条件ごとの正答率の平均を図 7 に、カテゴリ達成数の平均を図 8 に示す。

正答率の二要因分散分析の結果、情動負荷の主効果のみが有意であった($F(1,8)=6.51, p<.05, \eta^2=0.050$)。また、カテゴリ達成数の二要因分散分析の結果、認知負荷の主効果が有意($F(1,8)=57.89, p<.01, \eta^2=0.563$)、情動負荷の主効果が有意であった($F(1,8)=23.81, p<.01, \eta^2=0.035$)。

この結果から、情動負荷、認知負荷の両方とも人間の基本的な判断能力に影響を与える可能性が示唆される。特に、正答率においては情動負荷の主効果のみが有意であった。主観評価と合わせて判断する必要があるが、情動負荷はより強く判断能力に影響を与える可能性が示されたと考える。

4.3.2 主観評価とタスク成績の相関分析

情動ストレス、認知ストレスと判断能力の関連の考察のために、主観評価とタスク成績

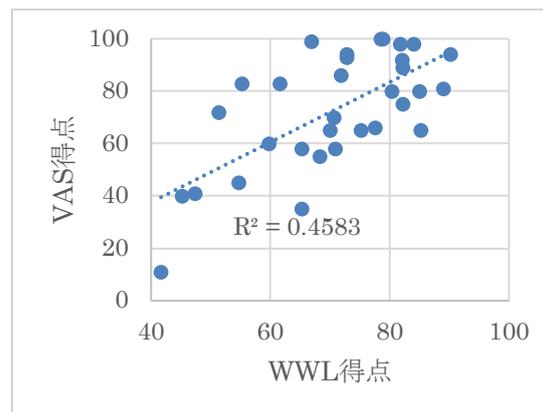


図 6 WWL 得点と VAS 得点

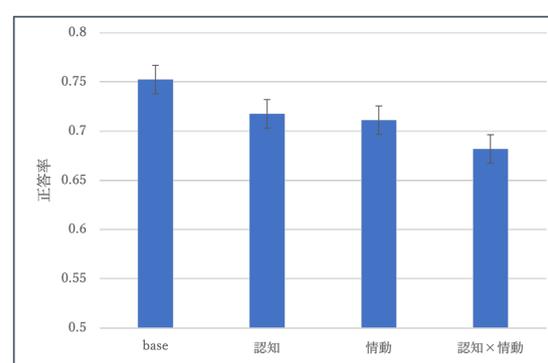


図 7 正答率の条件ごとの平均

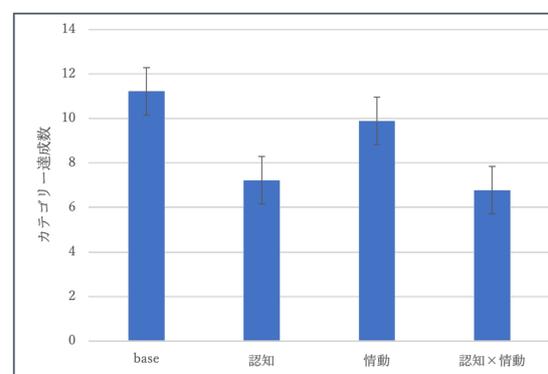


図 8 カテゴリ達成数の条件ごとの平均

の相関分析を行なった。結果を表 1 に示す。カテゴリ達成数と WWL 得点、カテゴリ達成数と VAS 得点の両方において有意な相関が見られた($p<.05$)。正答率と WWL 得点の相関は有意傾向であり($p<.10$)、正答率と VAS 得点の相関は見られなかった。

以上の結果から、認知ストレスと情動ストレスが判断能力に与える影響について考察

表1 主観評価とタスク成績の相関分析結果

	WWL 得点	VAS 得点
カテゴリー 達成数	-0.70	-0.40
正答率	-0.33	-0.18

する。最初に 4.3.1 のタスク成績の分散分析の結果から、認知負荷、情動負荷のどちらにおいても判断能力が低下する可能性が示唆される。また、4.3.2 の結果では、カテゴリー達成数と正答率どちらにおいても、VAS 得点よりも WWL 得点との相関の方が高い。さらに、VAS 得点と正答率との相関はほとんど見られなかった。これらを総合すると、判断能力は情動ストレスよりも認知ストレスに強い影響を受ける可能性が示唆される。

また、4.1 の条件間の主観評価の平均値の分散分析の結果、WWL 得点は認知負荷の大きい認知負荷条件だけでなく、情動負荷のみを与えた情動負荷条件においても、ベース条件と比較して有意に大きくなった。これは、情動負荷によっても認知ストレスを強く感じるということを示している。さらに、4.2 の WWL 得点と VAS 得点の相関分析において非常に高い相関が得られたことから、認知ストレスと情動ストレスは相互に関連していると考えられる。以上の結果を踏まえると、情動ストレスの増大は認知ストレスを増大させ、その結果として判断能力に影響を与える可能性が示唆される。

4.4 自律神経指標に基づく状態推定可能性の検討

被験者 8 名の自律神経指標データを用いて種々の解析をした。一名の被験者については計測の不備により除外した。

4.4.1 タスク条件間の比較

○心拍変動

平均値の比較をするにあたって、LP 面積

や SDNN, CVRR では、急激な自律神経活動の変化に伴い、不当に値が高くなってしまいう可能性が考えられる。例えば SDNN は交感神経が亢進すると小さくなるとされる指標である。しかし、交感神経亢進によって RRI が急激に小さくなると SDNN は大きくなってしまふ。そこで、急激な変化による影響が小さいと考えられる、HR, RMSSD をそれぞれ交感神経指標、副交感神経指標として選定した。

HR と RMSSD に関して、黙読及び計算課題時のデータを用いて正規化した。HR の平均値を図 9, RMSSD の平均値を図 10 に示す。二要因分散分析を行った結果、どちらも情動負荷の主効果、認知負荷の主効果、交互作用のいずれも有意ではなかった。

さらに、タスク条件ごとに RMSSD と HR の平均値を比較したが、顕著な差は見られなかった。被験者ごとに見ても、条件ごとの指

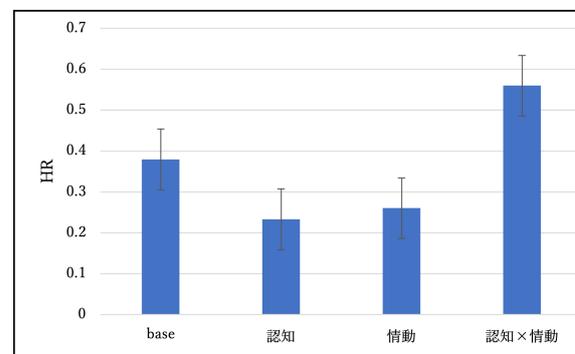


図 9 各条件における正規化 HR の平均

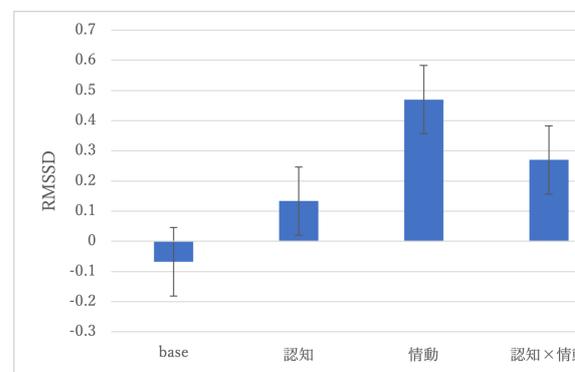


図 10 各条件における正規化 RMSSD の平均

標の変化は被験者ごとに全く異なり、一貫した傾向は見出せなかった。

○皮膚電気活動

SCLの条件ごとの平均値を図10、SCR検出数の条件ごとの平均値を図11に示す。SCLの二要因分散分析を行なった結果、情動負荷の主効果、認知負荷の主効果、交互作用のいずれも有意ではなかった。SCR検出数の二要因分散分析を行なった結果、情動負荷の主効果、認知負荷の主効果、交互作用のいずれも有意ではなかった。SCLを被験者ごとに比較したところ、大きく以下の4グループに分けられた。

- ① 認知負荷条件でSCLが上昇
(被験者 2,3,4,5,8)
- ② 情動負荷条件で大幅に上昇(被験者 4,5,6)
- ③ ベース条件が最も高い(被験者 1,3)
- ④ ほぼ変化なし(その他)

一般的にSCLは交感神経の覚醒レベルを表すとされている。①、②のグループの被験者については、それぞれ認知負荷、情動負荷によって上昇したと考えられる。③のグループについては、ベース条件で最もSCLが大きくなっているが、認知負荷と情動負荷によって却ってSCLが小さくなったとは考えにくい。他の要因としては、内発的動機が考えられる。被験者1,3はベース条件をそれぞれ最初と最後に行っていた。タスクに臨む前の緊張や、「やっと実験が終わる」という心理から内発的な動機が高まったことが反映された可能性などが考えられる。

SCRは何らかの刺激に対する情動や認知状態の変化を表すとされる。SCR検出数を被験者ごとに比較したところ、大きく以下の3グループに分けられた。

- ① 認知負荷によって減少(被験者 5,7,9)
- ② 情動負荷によって増加(被験者 2,4,6,8,9)
- ③ ほぼ変化なし(被験者 1,3)

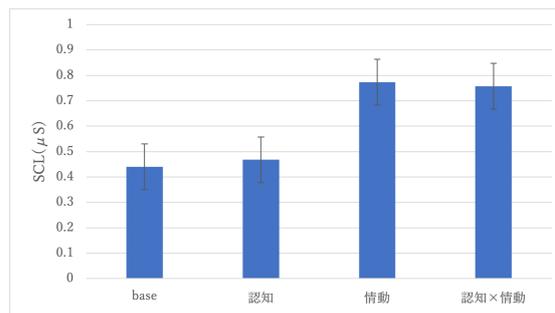


図10 タスクごとのSCLの平均値

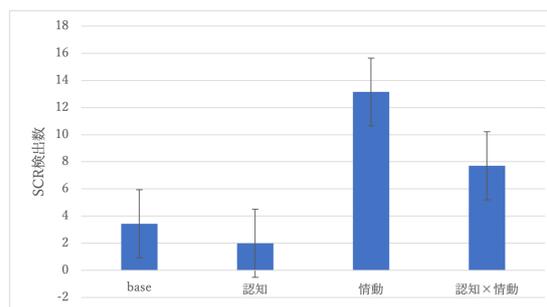


図11 タスクごとのSCR検出数の平均値

①のグループについては、認知負荷によって他の刺激に対して注意が向けられなかった可能性が考えられる[11]。認知負荷が低いベース条件などでは、課題に対して多くの注意を向ける必要がないので、その他の対象に注意を配分することができる。例えば、ベース条件では自己の内面に注意を向けたり、タスクに対する自己評価をすることが結果としてSCRの表出を引き起こしたと考えられる。②のグループについては、情動負荷条件のフィードバック音によってSCR検出数が増加したと考えられる。個人差はあるが、情動負荷条件でSCR検出数が著しく増加している被験者(4,8)も確認できた。さらに、図12に被験者4の、図13に被験者8の時間経過に伴うEDAとSCR検出結果のグラフを示す。赤い点がSCRを示し、青色の垂直な線は、誤答に対する警報と不快音のフィードバックのタイミングを表す。フィードバックの直後にEDAが急激に上昇し、SCRとして

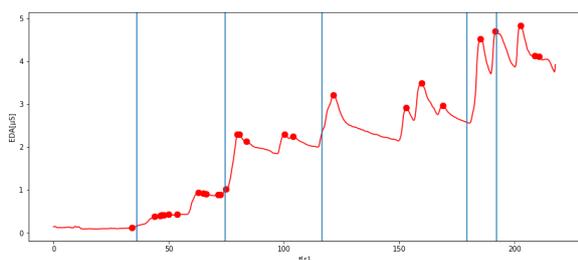


図 12 EDA の経時変化と SCR 検出
(被験者 4)

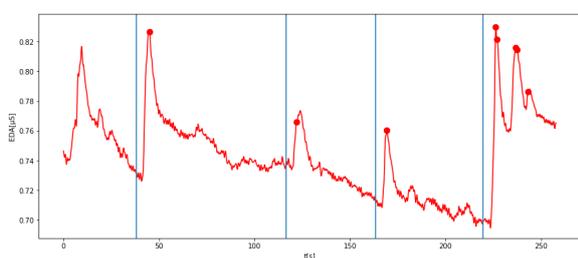


図 13 EDA の経時変化と SCR 検出
(被験者 8)

検出されていることが示されている。また、振幅は平時の SCR 検出と比較しても著しく大きい。この振幅が大きければ大きいほど、刺激に対して強い生体反応を示していると考えられる、また、フィードバック後の SCR は極めて頻度が高いことが観察される。このことから、SCR 振幅や SCR のピーク検出数が情動の生起の推定に有用である可能性が示唆される。

4.4.2 自律神経指標と正答率の重回帰分析

以上に示した結果では、一貫した傾向は見いだせなかった。しかし、複数の指標を用いて多面的に評価することで、自律神経指標から判断能力の説明ができる可能性がある。そこで、正答率を目的変数、自律神経指標を説明変数として重回帰分析を行う。具体的には、30 秒ごとに指標の算出をし、3 秒ずつスライ

ドさせてデータを取得した。説明変数として利用した自律神経指標については、HR, RMSSD, SDNN, pNN50, CVRR, LP 面積, CSI, SCL を用いた。以上の条件で、被験者ごと、タスク別に重回帰分析を行い、自由度調整済みの決定係数を算出した。その結果を表 2 に示す。結果より、ほとんどの被験者で認知×情動条件における自由度調整済み決定係数が最も大きくなっていることがわかる。この結果は認知負荷が高く、正答率が低くなるタスクにおいては、自律神経指標から正答率が予測できる可能性を示している。そこで、自由度調整済み決定係数とタスクごとの正答率の相関分析を行った結果、有意な相関がみられた ($r=-0.51$, $p<.01$)。自由度調整済み決定係数と正答率の散布図を図 14 に示す。この理由として、決定係数の性質が考えられる。自由度調整済み決定係数の式を以下に示す。

表 2 自由度調整済み決定係数

被験者 番号	Base 条件	認知 負荷	情動 負荷	認知× 情動
1	0.399	0.793	0.503	0.785
2	0.204	0.311	0.684	0.629
3	0.736	0.521	0.724	0.903
4	0.195	0.270	0.422	0.854
5	0.300	0.473	0.548	0.575
6	0.293	0.315	0.460	0.131
7	0.294	0.469	0.386	0.510
9	0.628	0.774	0.517	0.622

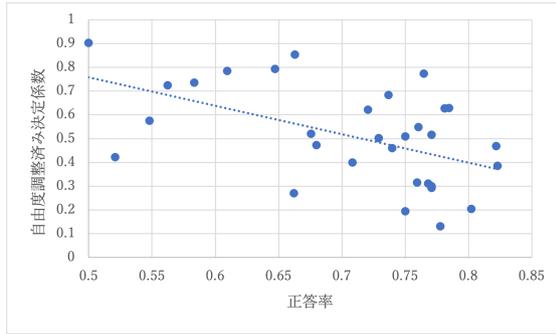


図 14 正答率と自由度調整済み決定係数

$$R_f^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k-1} \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

n : データ数 k : 説明変数の数 y_i : 実測値
 \hat{y}_i : 推定値 \bar{y} : 実測値の平均

この式より、残差に対して実測値の変化が小さければ、決定係数は著しく低下してしまうことがわかる。つまり、タスクを通して正答率が一貫して高い場合には、実測値の変化が小さく、残差はそれと比較して大きいので、決定係数は小さくなりやすい。よって、決定係数は被験者にとって容易な正答率が下がらないようなタスクでは小さくなってしまったと考えられる。しかし、正答率の小さい、判断能力が低下していると考えられるようなタスクにおいては、自律神経指標から正答率が説明できている。この結果は自律神経指標が判断能力の低下を推定できる可能性を示唆している。

5. まとめ

本研究では、基本的な認知タスクである WCST を用いて、判断能力低下の認知的な要因と情動的な要因を検討する実験研究を行った。主観指標、タスク成績、生理指標を総合的に評価することにより、以下の知見が得られた。

- 情動ストレスと認知ストレスの関連性
 WWL 得点と VAS 得点の相関分析の結

果から、情動ストレスと認知ストレスは相互に影響しあう可能性が示唆された。

- 情動ストレスと認知ストレスが人間の判断能力に与える影響

主観評価とタスク成績の相関分析から、認知ストレス、情動ストレスのどちらも基本的な判断能力に影響を与えるものの、認知ストレスの方が強く影響を与えることが示唆された。WWL 得点と VAS 得点の相関分析の結果を考慮すると、情動ストレスは、認知ストレスの増大によって間接的に判断能力に影響を与える可能性が考えられる。

- 生体計測に基づく状態推定可能性

情動の生起の推定には、SCR が有用である可能性が示唆された。条件間の心拍変動指標の顕著な差はみられなかった。しかし、重回帰分析の結果から、多面的に評価することで、自律神経指標に基づく判断能力の推定可能性が示唆された。

以上より、本研究を通じて、情動が判断能力にどのように影響を与えるのかということに関する基礎的な知見を得ることができた。さらに、自律神経指標の状態推定への利用可能性を示すことができた。

しかし、本研究において判断能力の指標としたタスク成績は、人間の内部状態を直接反映しているわけではない。また、自律神経指標は変動が大きい上、自律神経の細胞の活動周期のために、交感神経は 6~7 秒、副交感神経は 4 秒程度の周期の活動しか反映できない。そのため、人間状態推定に活用するためには、演算ウィンドウやデータの処理方法をさらに工夫する必要がある。今後は黙読や計算課題などの基本的な状態を推定できるかを

検討したうえで、徐々に実環境への適用可能性を検討する必要があると考える。

6. 参考文献

- 1) 稲垣敏行, 人と機械の共生デザイン, 森北出版, 2012.
- 2) 小川剛史, 佐藤博則, 狩川大輔, 高橋信
“ライフログデバイスを用いた複雑タスク環境下におけるワークロード推定に関する研究”, ヒューマンインタフェース学会, 2017
- 3) 小川剛史, "多面的情報に基づく人間状態の推定に関する研究", ヒューマンインタフェース学会, 2017
- 4) 細田聡, 井上枝一郎, “緊急事態での人間行動の特徴に関する一考察”, 労働科学 76 巻 12 号, 2000
- 5) Sven C. Mueller, The influence of emotion on cognitive control: relevance for development and adolescent psychopathology , frontiers in Psychology 2011
- 6) 順. 早野, 眞. 山田, 隆. 藤浪, 清. 横山, 與. 渡辺 , 和. 高田, “心拍変動と自律神経機能,” 生物物理, 第 28 巻, 第 4, p p. 198-202, 1988.
- 7) 西村律子, 浅岡章一, “警告音の再評価が選択的注意に与える影響”, 日本心理学会 2019
- 8) 川口哲弘, 松本哲也, 工藤博章, 大西昇, “スティックスリップ音の不快要因”, 電気学会論文誌, 2010
- 9) 西条寿夫, 堀悦郎, 小野武年, “ストレス反応の身体表出における大脳辺縁系—視床下部の役割”, 日本薬理誌, 126, 184~188, 2005
- 10) 吉田康貴, “実環境における心拍データによる人間状態推定に関する研究,” 2019.
- 11) 大井瞳, 望月聡, “持続的注意課題の認知的負荷および課題への慣れが課題中の反芻思考に与える影響”, 日本心理学会第 81 回大会, 2017
- 12) 加戸陽子, 松田真正, 眞田敏, “Wisconsin card sorting test の諸手法と発達障害への臨床応用”, 岡山大学教育学部研究収録, 第 125 号 (2004) 35-42

謝辞

本研究は、JST、未来社会創造事業、JP19216516 の支援を受けたものである。