

## タスクパフォーマンスと生理的ストレス反応および性格特性との関係の調査 An Investigation of Relationships among Task Performance, Physiological Stress Responses and Personality Traits

大出 真也<sup>†</sup>  
Shinya Ode

小俣 昌樹<sup>‡</sup>  
Masaki Omata

### 1. はじめに

ユーザビリティテストにおけるパフォーマンス評価では、タスクを完遂するまでの時間やエラー回数を測定することが一般的である。しかしながら従来のパフォーマンス評価ではユーザの状態や個性が考慮されていない。従来ではこれらについて統計的に処理していたが(例: 男女別や年齢別など)、日によって変化するユーザの状態(例: 感情やストレス状態など)までを統計的に処理することは難しい。

ユーザの状態や個性がパフォーマンス評価に影響を与えるならば、これらの影響は考慮しなければならない。しかしこれらを正しく考慮するためには、ユーザの状態や個性がパフォーマンス評価の結果にどのような影響を与えるかを検証しておく必要がある。

ユーザの状態や個性がパフォーマンス評価に与える影響については次のような先行研究がある。Schneider らは、性格のポジティブな側面である外向性や開放性が主観的ストレス評価やタスクパフォーマンスに与える影響について、減算タスクを用いて調査した[1]。その結果、神経症傾向が高い人はストレスに対してネガティブになりやすくなること、開放性が高い人はストレスに対してネガティブになりやすく減算の回答数多いことを明らかにした。また、Kazmi らは、職務ストレスの増加により業務の効率や質といった職務パフォーマンスが低下することを報告した[2]。さらに鳥居塚は、縫製作業における作業パフォーマンスが神経症傾向の違いによって変化すると報告した[3]。

これらの先行研究から、ユーザのストレスや性格がパフォーマンス評価の結果に影響を与えることが考えられる。そして、ストレスと性格との間の関係性も示されているため[1]、ストレスによるタスクパフォーマンスへの影響の程度が性格によって異なると考えられる。本研究では、ストレスによるタスクパフォーマンスの変化や、ストレス下におけるタスクパフォーマンスと性格との関係性を明らかにする。先行研究ではストレスを主観的に評価していたのに対して、本研究ではストレスに対する生理的反応を指標とする。これによりストレスをより客観的に定量評価できると考える。

### 2. パフォーマンス評価実験

本実験の目的は、ストレスの程度によってタスクパフォーマンスがどのように変化するか、またストレス下において性格とタスクパフォーマンスとの間にどのような関係性があるかについて明確にすることである。本実験では被験者にストレスを与えた後に簡単なユーザビリティタスクを行

ってもらい、与えるストレスは強度を要因として 3 水準用意し、水準ごとのタスクパフォーマンスの差を比較する。被験者がストレスを受けたかどうかの客観的指標を得るため、実験中は被験者の生体信号を測定する。また、被験者の性格特性を質問紙調査によって収集し、ストレス下におけるタスクパフォーマンスとの相関を分析する。被験者はコンピュータ系の学科や専攻に所属する 21 歳から 24 歳の学生 7 名(男性 6 名, 女性 1 名)である。

#### 2.1 実験環境

図 1 に実験の様子を示す。ストレスラーの提示には 17 インチまたは 50 インチのディスプレイを用いた。ユーザビリティタスクを行う際は 17 インチのディスプレイとマウスを使用した。実験中の生体信号の測定には Thought Technology 社の ProComp Infiniti<sup>TM</sup>、脈波センサ、皮膚コンダクタンスセンサ、呼吸センサ、MediTECH Electronic 社の脳血流センサを使用した。

#### 2.2 ストレスラーと実験条件

本実験では、ストレスラーとして International Affective Picture System (IAPS) 画像を利用した[4]。IAPS 画像は覚せい度と感情価がそれぞれ 9 段階で評価されており、覚せい度が高く感情価が低い画像はストレスを与えるための不快刺激として利用される。本実験では、与えるストレスの強度を要因として 3 つの水準を設けた。この 3 水準について、本稿では強度が弱い順に、「ストレスを与えない条件」、「弱いストレスを与えた条件」、「強いストレスを与えた条件」とよぶ。ストレスを与えない条件では、被験者にストレスラーを何も提示しなかった。弱いストレスを与える条件では、覚せい度が 4.0~5.5 かつ感情価が 3.0~4.5 の IAPS 画像を 12 枚使用し、それを 17 インチのディスプレイを用いて提示した。強いストレスを与える条件では、



図 1 実験の様子

<sup>†</sup> 山梨大学大学院医工農学総合教育部修士課程コンピュータ理工学コース, University of Yamanashi

<sup>‡</sup> 山梨大学大学院総合研究部, University of Yamanashi

覚せい度が 5.5 以上かつ感情価が 3.5 未満の IAPS 画像を 36 枚使用し、それを 50 インチのディスプレイを用いて提示した。なお画像の提示時間は両条件ともに 1 枚につき 5 秒間とした。

### 2.3 ユーザビリティタスク

ユーザビリティタスクは、コンピュータディスプレイ上の指示されたマスを順番にマウスでクリックしていくターゲット選択タスクである。人間工学に関する JIS 規格 (2012) に示されている多方向のタッピング試験を参考にして設計した[5]。このタスクを選んだ理由は、なるべく簡単なタスクにすることで、タスクによって発生するストレスを極力抑えるためである。

図 2 にタスク画面を示す。正方形のマスが円周上に配置されており、指示されるマスは黄色く強調される。指示されたマスがクリックされると別のマスが黄色く強調される。この過程を、全てのマスがクリックされるまで続ける。タスクが開始されてから終了するまでの時間をタスク完遂時間として記録し、指示されたマス以外のエリアをクリックしてしまった回数をエラー回数として記録する。本実験ではこの 2 つの記録をタスクパフォーマンス評価指標とする。

### 2.4 測定する指標

#### 2.4.1 生理指標

測定した生体信号は脈波、皮膚コンダクタンス、呼吸運動、脳血流である。生体信号の多くは自律神経系によって制御されており、自律神経系はストレス時には交感神経、安静時には副交感神経が有意に働きかける。そのため生体信号による生理的反応はストレスを評価するための生理指標としてよく利用されている。本実験では脈波から心拍数・HF 成分・LF/HF を、呼吸運動から呼吸数を、脳血流から HEG 率を算出した。また脈波センサを被験者の左手の親指に、皮膚コンダクタンスセンサを左手の人差し指と薬指に、呼吸センサを腹部に、脳血流センサを額に取り付けた。

脈波は、心臓のポンプ作用によって生じる動脈系波動の伝播である[6]。周波数解析によって低周波数帯域 (LF 成分: low frequency) と高周波数帯域 (HF 成分: High frequency) に分けることができる。LF 成分は交感神経と副交感神経の両方に媒介されており、HF 成分は副交感神経のみによって媒介される。そのため HF 成分は副交感神経の指標として、LF 成分と HF 成分の比である LF/HF は交感神経の指標として利用することができる。本実験では 0.04~0.15 Hz を LF 成分、0.15~0.4 Hz を HF 成分とする。

皮膚コンダクタンスは、精神性の発汗を電気的にとらえたものである[6]。この汗腺活動を電気的に測定することで被験者の情動状態を評価することができる。

呼吸運動は、肋間筋や横隔膜による肺換気時の運動である[6]。呼吸を整えることで気持ちを落ち着かせたり集中できたりする場合があることから、ストレスや情動の研究に利用できる可能性がある。本実験では、息を吸い始めてから吐ききるまでの呼吸サイクルの数をカウントし、1 分当たりの呼吸サイクルの数から呼吸数を算出する。

脳血流とは、脳活動時に変化する酸化ヘモグロビンの相対量である。前頭葉大脳皮質の酸化ヘモグロビンと脱酸化

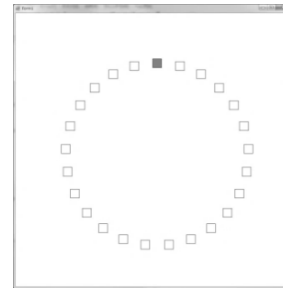


図 2 タスク画面

ヘモグロビンの増減量から HEG 率を算出し、脳がどの程度賦活しているかを知る。

#### 2.4.2 性格特性

質問紙調査を用いて被験者の外向性、神経症傾向、開放性、誠実性、協調性を測定した。この質問紙は和田の Big Five 尺度を参考にした[7]。Big Five 尺度ではこれらの性格特性に対し、それぞれ 12 個の性格特性語が割り当てられている。被験者はこの性格特性語に対し「まったくあてはまらない」の 1 点から「非常にあてはまる」の 7 点までの 7 段階で回答する。たとえば、外向性の「話し好き」という質問に対して、「まったくあてはまらない」なら 1 点、「ほとんどあてはまらない」なら 2 点、「あまりあてはまらない」なら 3 点、「どちらとも言えない」なら 4 点、「ややあてはまる」なら 5 点、「かなりあてはまる」なら 6 点、「非常にあてはまる」なら 7 点を回答する。

各性格特性に対応する性格特性語の回答値を合計してその性格特性の尺度得点とする。ただし性格特性語のなかには逆転項目が存在する。逆転項目に対しては 7 点を 1 点、6 点を 2 点……のように換算してから加算する。

### 2.5 実験手順

はじめに、ストレッサー提示前の被験者の安静状態の生体信号を測定した。ここでいう安静状態とは、椅子に座ったまま力を抜いた状態のことである。つぎに、2.2 節で説明したストレッサーを提示した。ストレッサー提示後、再度被験者の生体信号を測定した。最後に、被験者にユーザビリティタスクを行ってもらった。ストレッサー提示中やタスク実行中も生体信号を測定した。この手順を 1 水準につき 2 回行った。ただし同水準の試行は同日には行わず、1 日以上間をあけてから行った。順序効果を無くすため、水準の順番は被験者ごとに無作為とした。

## 3. 結果

### 3.1 ストレスによるタスクパフォーマンスの変化

図 3 と図 4 に、被験者全員のタスク完遂時間とエラー回数を示す。それぞれについて、ストレスの強度を要因としたフリードマン検定を行ったところ、どちらも 3 水準間に有意差はみられなかった(それぞれ  $p=0.42$ ,  $p=0.73$ )。

### 3.2 生理指標の分析

ストレスに対する生理的反応について分析するため、弱いストレスを与えた条件と強いストレスを与えた条件のそれぞれについて、ストレスを与える前と与えた後の各生理指標の差を t 検定により比較した。その結果を表 1 と表 2

に示す。表 1 と表 2 から、強いストレスを与えた条件の HEG 率に有意傾向がみられ、弱いストレスを与えた条件の HEG 率に有意差がみられた。このことから、両条件においてストレスを与えた後で HEG 率が上昇する傾向があることがわかった。一方、心拍数、HF 成分、LF/HF、皮膚コンダクタンス、および呼吸数については、有意差がみられなかった。

生理指標と性格特性との関係性について分析するため、各生理指標を標準化した後、弱いストレスを与えた条件と強いストレスを与えた条件について生理指標と性格特性との間で相関分析を行った。その結果、強いストレスを与えた条件において神経症傾向と HEG 率との間に有意傾向のある正の相関が、協調性と皮膚コンダクタンスとの間に有意傾向のある正の相関が、また協調性と HEG 率との間に有意な負の相関がみられた。強いストレスを与えた条件における相関分析の結果を表 3 に、協調性と HEG 率の相関図を図 5 に示す。一方、弱いストレスを与えた条件においてはどの生理指標と性格特性との間にも相関がみられなかった。

### 3.3 タスクパフォーマンスと性格特性との関連性

弱いストレスを与えた条件と強いストレスを与えた条件について、タスク完遂時間およびエラー回数と性格特性との間で相関分析を行った。その結果、強いストレスを与えた条件ではタスク完遂時間と協調性との間に負の相関がみられた。強いストレスを与えた条件における相関分析の結果を表 4 に、タスク完遂時間と協調性の相関図を図 6 に示す。一方、弱いストレスを与えた条件のタスク完遂時間およびエラー回数はどの性格特性とも相関がみられなかった。

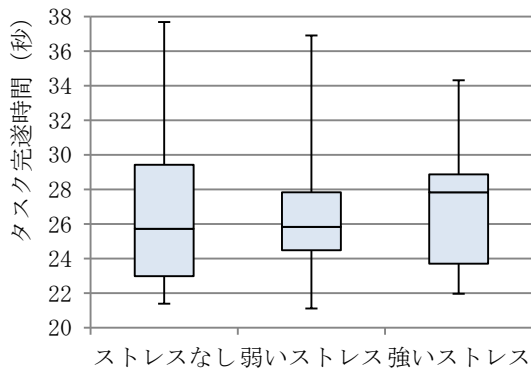


図 3 3 水準における被験者全員のタスク完遂時間

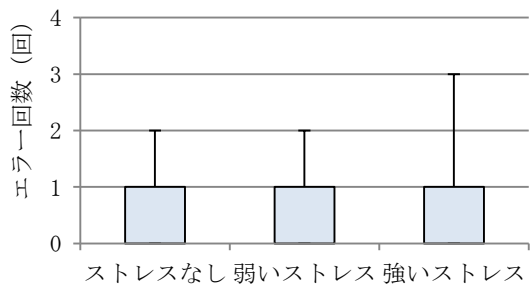


図 4 3 水準における被験者全員のエラー回数

## 4. 考察

フリードマン検定の結果から、単純なタスクに対しては、ストレスの有無によってタスクパフォーマンスは変化しないと考えられる。ストレスによる HEG 率の変化については嘉糠らが検証しており、不快画像の提示によって HEG 率が上昇することを示している。この研究結果は本実験の結果と一致するため、本実験でも確かに被験者にストレスを与えることはできたと考えられる。

ストレス下におけるタスクパフォーマンスと性格との関係性については、協調性が高い人ほどタスク完遂時間が短くなることが示された。強いストレスを与えた条件において協調性が高い人ほど HEG 率の上昇値が小さいことから、協調性が高い人はストレスを受けにくいと考える。この理由として、Xiayuan らが“協調性の高い人は楽観的である”と考察していることがあげられ[9]、本実験においても、同様に楽観的に捉えたと考える。一方鳥居塚の研究結果に反して、神経症傾向の高さはタスクパフォーマンスと相関がみられなかった。これは、タスクが確認を要したり、考え込んだりする必要がないほど単純なものであったためであると考える。

表 1 弱いストレスを与えた条件における、ストレス提示前後の各生理指標の t 検定の結果

	ストレス提示前		ストレス提示後		t 検定
	平均	SD	平均	SD	
心拍数	70.81	8.21	71.42	7.96	-0.73
HF 成分	324.62	262.52	394.77	386.11	-0.53
LF/HF	2.278	3.16	1.49	1.07	1.05
皮膚コンダクタンス	0.67	0.49	0.73	0.56	-0.49
呼吸数	11.78	3.54	11.55	2.90	0.45
HEG 率	134.09	42.12	140.90	43.65	-1.85 *

\* p < .10

表 2 強いストレスを与えた条件における、ストレス提示前後の各生理指標の t 検定の結果

	ストレス提示前		ストレス提示後		t 検定
	平均	SD	平均	SD	
心拍数	70.79	8.29	70.14	7.65	0.81
HF 成分	304.91	144.58	459.15	762.50	-0.72
LF/HF	1.24	1.69	1.11	0.824	0.34
皮膚コンダクタンス	0.59	0.41	0.68	0.53	-1.53
呼吸数	11.60	3.29	12.12	2.32	0.482
HEG 率	130.29	42.08	137.95	41.87	-2.90**

\*\* p < .05

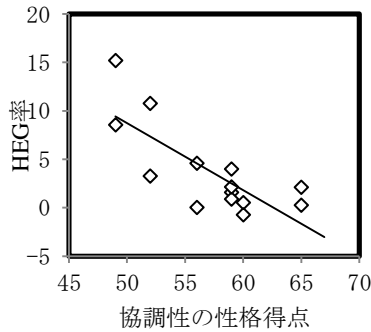


図 5 強いストレスを与えた条件における協調性と HEG 率の相関図

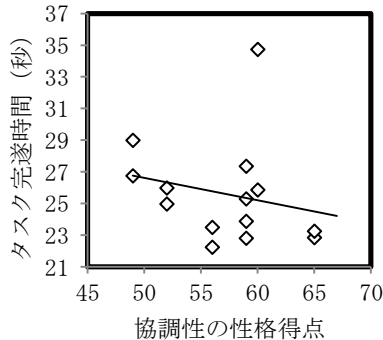


図 6 強いストレスを与えた条件における協調性とタスク完遂時間の相関図

## 5. まとめ

本研究では、ストレスによるタスクパフォーマンスの変化やストレス下におけるタスクパフォーマンスと性格との関係性について調査した。その結果、ストレスの有無によってタスクパフォーマンスは変化しないが、ストレス下に

おいて協調性が高い人ほどタスク完遂時間が短くなることが示された。

本研究から、パフォーマンス評価の際には被験者の協調性を事前に把握しておく必要があると考えられる。被験者の協調性が偏っていた場合、正しいパフォーマンス結果が得られない可能性がある。

今後の課題として、被験者にさまざまなタスクを課し、それぞれのタスクパフォーマンスがストレスや性格によってどのように変化するかを検証する。

## 参考文献

- [1] Schneider, T. R., Rench, T. A., Lyons, J. B. and Riffle, R.R., "The Influence of Neuroticism, Extraversion and Openness on Stress Responses", *Stress and Health*, Vol.28, No.2, (2012).
- [2] Kazmi, R., Amjad, S. and Khan, D., "Occupational Stress and Its Effect on Job Performance. A Case Study of Medical House Officers of District Abbottabad", *J Ayub Med Coll Abbottabad*, Vol.20, No.3 (2008).
- [3] 鳥居塚 崇, "作業パフォーマンスと性格との関連性に関する検討", *人間工学*, Vol.40, No.Supplement (2004).
- [4] Lang, P. J., Bradley, M. M. and Cuthbert, B. N., "International Affective Picture System (IAPS): Affective Ratings of Pictures and Instruction Manual", Technical Report A-8 (2008).
- [5] 日本規格協会, "JIS ハンドブック<37-3>人間工学 2012", 一般財団法人日本規格協会 (2012)
- [6] 宮田 洋, "新生理心理学<1 巻> 生理心理学の基礎", 北大路書房 (1998).
- [7] 和田 さゆり, "性格特性用語を用いた Big Five 尺度の作成", *心理学研究*, Vol.67, No.1 (1996).
- [8] 嘉糠 大輔, 小俣 昌樹, 茅 暁陽, 今宮 淳美, "感情推定に向けた感情喚起画像提示時の脳波と脳血流変化の測定", *日本バーチャルリアリティ学会第 18 回研究会論文集*, Vol.17, No.2 (2011).
- [9] Xiaoyuan Chu, Fuqiang Fan, Yuan Li, Jing Han, Ke Han, "Effects of Stressor and Personality Trait on Stress Response", *Research in World Economy*, Vol.6, No.2 (2015).

表 3 強いストレスを与えた条件における生理指標と性格特性との相関

	外向性	神経症傾向	開放性	誠実性	協調性
心拍数	.020	-.406	.009	.167	.112
HF 成分	.147	-.233	.057	-.049	.026
LF/HF	.117	-.168	.394	.138	-.126
皮膚コンダクタンス	-.446	-.442	-.314	-.209	.486 *
呼吸数	.444	-.160	.164	-.100	-.289
HEG 率	.364	.495 *	-.088	-.247	-.657 **

\*\*  $p < .05$ , \*  $p < 0.1$

表 4 強いストレスを与えた条件におけるタスクパフォーマンスと性格特性との相関

	外向性	神経症傾向	開放性	誠実性	協調性
タスク完遂時間	.221	.445	.116	-.172	-.529 **
エラー回数	-.066	-.164	-.346	.012	.108

\*\*  $p < .05$