

作業難易度と金銭的報酬が作業中のストレスとポジティブな心理に与える影響の解明

Clarification of the Influence of Difficulty and Reward on Mental Stress and Positive Feeling

東京大学 ○成川 文堂 温 文 濱田 裕幸 本田 幸夫 神田 真司
トヨタ自動車株式会社 西尾 匡弘 吹田 和嗣 吉川 勝久 槇野 浩司
東京大学 山下 淳 浅間 一

Abstract 労働者の作業におけるストレスの軽減・ポジティブな心理の向上は検討すべきであるが、この2つを同時に解析した研究はあまり蓄積されていない。そこで、作業難易度と金銭的報酬に着目し、作業中のストレスとポジティブな心理（やる気・集中度・達成感）に与える影響をアンケートと生理信号（脳波・心電位・皮膚電気信号）によって評価した。結果として、主観的な評価や生理信号において作業難易度と金銭的報酬による有意な変化がみられた。

1. 序論

ストレスは健康被害に加えて、職務に関するミスや事故、組織全体の生産性・パフォーマンスの低下にもつながる[1]。また、製造業におけるメンタルヘルスの需要が高まっている[2]ことから、製造業従事者のストレスを軽減することは重要である。

ストレスに加えて作業意欲や職務満足感などのポジティブな面についても検討が必要であるが、従来研究で扱ったものはほとんどなく、明らかになっていない[3]。そのため、ストレスとポジティブな心理の両方を同時に検討した研究が求められている。

労働者のストレスについて、アンケートを用いた調査が多く行われているが、アンケートは主観に依存しており、作業中の精神状態を反映できない。一方で生理信号は、アンケートによって得られた主観的な評価を裏付ける客観的・定量的な指標となる。また、作業中に一貫して生理信号を取り続けることで、作業中の精神状態の評価を行うことができる。さらには、本人が主観的には気づいていない、または報告することができない変化を捉えられる可能性がある[4]。

そこで本研究では、ストレスの要因として作業難易度を、ポジティブな心理（本研究ではやる気、集中度、達成感を考える）の要因として金銭的報酬を取り上げる。そして、この2つを同時に検討し、作業中のストレスとポジティブな心理に与える影響をアンケートと生理信号による評価によって解明する。

2. 作業難易度と金銭的報酬が作業中のストレスとポジティブな心理に与える影響を調べるための手法

2.1 手法の概要

本研究では、製造業における作業の例としてスタンダードなピッキング作業を模した課題を作成し、自己評価によるアンケートと生理信号の測定を行う実験系を設計した。ピッキング作業とは、指定された物品を保管場所から取り出す作業のことで、1セット分の部品を箱に入れることを繰り返すような作業を考える。

実験課題の作業難易度として、簡単または困難の2水準、金銭的報酬の大きさとして、低報酬、中報酬、または高報酬の3水準を設定した（表1）。また、作業難易度と金銭的報酬を組み合わせ、正相関、負相関、無相関の3種類のブロックを設定した（表1）。この2×3パターンの結果および3種類のブロックにおける結果を比較することで、作業難易度と金銭的報酬による主効果、交互作用、対応関係による影響を調べる。

2.2 作業中の精神状態の評価方法

本研究では、作業中のストレスとポジティブな心理に対する主観的な評価を取るためにアンケートを用いる。アンケートは

表1 試行ブロックと試行パターンと試行数

試行ブロック	試行パターン	試行数
正相関ブロック	簡単&低報酬	16 試行
	困難&高報酬	16 試行
負相関ブロック	簡単&高報酬	16 試行
	簡単&低報酬	16 試行
無相関ブロック	簡単&中報酬	16 試行
	困難&中報酬	16 試行

7段階評価で行う。また、集中度の推定に用いられる脳波[4]とストレスの推定に用いられる心電位と皮膚電気信号[5]を実験中一貫して測定する。

3. 実験手法

3.1 実験課題

製造業におけるピッキング作業を模した課題を作成し、実験課題とした。課題はPC上でを行い、画像はモニターに表示され、被験者は固定椅子に座りながらマウスとキーボードで操作する。

試行開始時、その課題の難易度（簡単または困難）と金銭的報酬の大きさ（1円、50円、または100円）が画面に提示され、その後無作為にアルファベットの書かれた6個の正方形が画面の左側に表示される。被験者はこの6個の正方形を画面右側のボックスの中にアルファベット順に並べるように指示された（図1）。制限時間は60秒で、残り時間は画面下部の黒いバーで示される。正方形の移動はクリックとマウス移動によって行う。簡単の場合、1回のクリックで正方形を拾い、そのまま動かせるのに対して、困難な場合は1〜5回ランダムに決められた回数クリックする必要がある。課題が完了すると、その課題における報酬の金額が画面に表示される。そして最後に、ストレスとポジティブな心理に関するアンケートを行い、これで1試行とする。

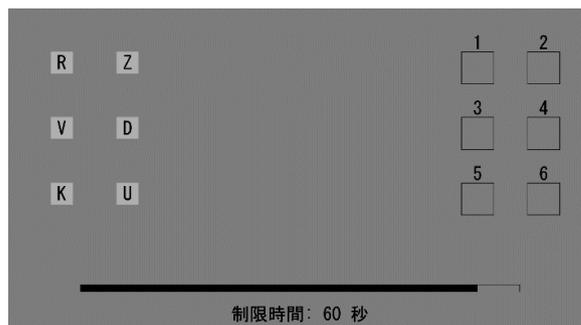


図1 実験課題

3.2 実験条件

本研究では、一般の健常者 26 名（男性 19 名，女性 7 名，平均年齢 22.9±1.7 歳）を対象に実験を行った。本実験は東京大学工学系研究科研究倫理委員会の承認を得て実施された。

作業難易度 2 水準と金銭的報酬 3 水準を組み合わせた 6 種類の試行パターンを 16 試行ずつ，3 種類の試行ブロックを 32 試行ずつ，全部で 96 ずつ行った（表 1）。被験者はこの 3 つのブロックごとの試行に取り組んだ。ブロックの順番による効果を無くすために，被験者間でその順番を入れ替えて，カウンターバランスをとった。

3.3 解析方法

アンケートでは主観的なストレス，やる気，集中度，達成感の評価を行った。各項目におけるスコアを条件ごとに平均し，反復測定分散分析法により検定を行った（有意水準 5 %）。

また，脳波に関して，前頭と後頭における β 波 / α 波のパワー比が集中時に大きくなると報告されている[1]ため，測定した脳波データの各周波数におけるパワーを計算し，アンケートのスコアと同様に条件ごとの反復測定分散分析法により検定を行った。なお，解析には前頭と後頭に相当する 6 チャンネルを用いた（前頭:AFz, F7, F8, 後頭:PO7, PO6, Oz, 国際 10-20 法に基づく）。心電位は HR（1 分あたりの心拍数）と RMSSD（連続した 2 つの RRI 値の差の二乗平均平方根）がストレスの指標となることが報告されている[6]ため，同様に分散分析を行った。皮膚電気信号は，SCL や SCR が緊張や覚醒を反映することが報告されている[6]ため，SCL の平均値，SC の最大値，SCR の最大振幅を計算し，同様に分散分析を行った。

4. 実験結果と考察

4.1 アンケート

検定を行ったのち，有意差の認められた結果について述べる。ストレスの主観的な評価が作業難易度によって有意に高くなった。主観的なやる気が金銭的報酬によって有意に高くなった。主観的な集中度に対して，作業難易度と金銭的報酬のどちらも主効果が有意であった。また，主観的な集中度に対するブロックの効果が有意であり，下位検定の結果，無相関が正相関に比べて有意に高かった。主観的な達成感の評価に対して，作業難易度と金銭的報酬のどちらも主効果が有意であった。アンケートによる主観的な評価の分散分析の結果を表 2 に示す。

4.2 生理信号

集中度の指標として用いた β 波 / α 波は，作業難易度によって前頭の F7 と F8 においては有意に増加し，後頭の PO7 と Oz においては有意に減少した。作業難易度と金銭的報酬の交互作用について，AFz で有意であり，作業が簡単なとき，金銭的報酬によって大きくなり，作業が困難なとき，金銭的報酬によって小さくなった。ブロック間の効果は AFz と F7 で有意であった。下位検定の結果，AFz における負相関が正相関に比べて

表 2 アンケートの検定結果

(* は $p < .05$, ** は $p < .01$, *** は $p < .001$ を表す)

項目	作業難易度	金銭的報酬	交互作用	ブロック間の効果
ストレス	***	n.s.	n.s.	n.s.
やる気	n.s.	***	n.s.	n.s.
集中度	***	***	n.s.	*
達成感	**	***	n.s.	n.s.

表 3 生理信号の検定結果

(* は $p < .05$, ** は $p < .01$, *** は $p < .001$ を表す)

項目	作業難易度	金銭的報酬	交互作用	ブロック間の効果
β 波 / α 波	前頭**, 後頭**	n.s.	AFz**	AFz*, F7*
HR	**	n.s.	n.s.	n.s.
RMSSD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
SCL の平均値	**	n.s.	n.s.	n.s.
SC の最大値	**	*	n.s.	n.s.
SCR の振幅	***	n.s.	n.s.	n.s.

有意に増加したとわかった。ストレスの指標として用いた HR は 作業難易度によって有意に増加した。同様にストレスの指標として用いた皮膚電気信号について，SCL の平均値は作業難易度によって有意に減少した。SC の最大値は作業難易度と金銭的報酬によって有意に増加した。SCR の最大振幅は作業難易度によって有意に増加した。生理信号の分散分析の結果を表 3 に示す。

5. 結論

本研究では，作業難易度と金銭的報酬が作業中のストレスとポジティブな心理に与える影響を解明するために心理学実験を行った。実験では，被験者に実験課題を行ってもらい，アンケートによる評価と生理信号の計測を行った。作業難易度によって主観的なストレス・集中度・達成感の向上，前頭における β 波 / α 波の増加，SC の最大値・SCR の最大振幅の増加などがみられた。また，金銭的報酬によって主観的なやる気・集中度・達成感の向上，SC の最大値の増加などがみられた。さらに，作業難易度と金銭的報酬の対応関係によって，主観的な集中度と AFz における β 波 / α 波へが有意に変化した。

今後の展望として，実験室内での測定から，実際の生産現場での生理測定を実現するための策定や作業難易度や金銭的報酬以外の要因についての検討などが挙げられる。

参考文献

- [1] 松本真作，長沼裕介，浅井千秋，町田秀樹，太田さつき，佐藤舞，音山若穂: "中小企業における人材の採用と定着 -人が集まる求人、生きいきとした職場/アイトラッキング、HRM チェックリスト他から-," 労働政策研究報告書 no. 147, p. 264, 2012.
- [2] 中央労働災害防止協会健康快適推進部: "『事業場におけるメンタルヘルス対策に関するアンケート』調査結果," 2012, <https://www.jisha.or.jp/PressRelease/pdf/20121113.pdf>, (参照 2021-10-22) .
- [3] 島津明人: "職業性ストレスとワーク・エンゲイジメント," ストレス科学研究, vol. 25, pp. 1-6, 2010.
- [4] Seokbeen Lim, Mina Yeo and Gilwon Yoon: "Comparison between Concentration and Immersion Based on EEG Analysis," Sensors, Vol. 19, No. 7: 1669, 2019.
- [5] Alberto de Santos Sierra, Carmen Sanchez Avila, Javier Guerra Casanova, and Gonzalo Bailador del Pozo: "A Stress-Detection System Based on Physiological Signals and Fuzzy Logic," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 58, No. 10, pp. 4857-4865, 2011.
- [6] 福田玄明: "生理計測で何がわかるのかー環境心理学への応用ー," MERA, vol. 41, pp. 67-75, 2018.