

## 鼻部皮膚温度に基づくワーク・エンゲイジメント推定モデルの導出 Derivation of Model for Estimating Work Engagement Based on Nasal Skin Temperature

嘉生 凌<sup>†</sup>  
Ryo Kasho

南雲 健人<sup>†</sup>  
Kent Nagumo

大岩 孝輔<sup>†</sup>  
Kosuke Oiwa

野澤 昭雄<sup>†</sup>  
Akio Nozawa

### 1. はじめに

労働人口が減少している我が国には、いかに労働者のメンタルヘルスを維持し労働生産性を向上させるか、という社会的課題がある。産業保健心理学は、これらの社会経済的状況を背景に新しく提唱された学問分野であり、労働者の健康と安全を保護し、心理学の知識を労働生活の質の向上に応用することを目的とした心理学の応用分野である。この分野におけるこれまでの研究のほとんどは、精神的・身体的不健康やストレスなどのメンタルヘルスのネガティブな要因を扱っているが、近年では、メンタルヘルスのポジティブな要因に関心が集まっている。ワーク・エンゲイジメント (以下 WE) は、この背景で新しく提案された概念の1つである。Schaufeli ら<sup>[1]</sup>は WE を「活力、熱意、および没頭を特徴とする前向きで充実した、仕事に関連した心の状態」と定義している。WE を定量化する尺度である Utrecht Work Engagement Scale (以下 UWES) が開発され、WE を計測する研究において多用されている。実際、WE とアウトカムとの関係を調べるメタ分析の結果、Halbesleben<sup>[2]</sup>は、身体的および精神的健康、コミットメント、離職の意思、および生産性と正または負の相関があることを報告している。しかしながら、これらの研究は中長期的に働いていた従業員を対象としていた。瞬間的な作業に対する WE を測定することができればその作業に対する適性評価などができると考えられる。また、従来の WE の計測は心理アンケートに基づく方法しかなく、生体メカニズムを考慮した計測法はなかった。我々は WE と生体応答のメカニズムを明らかにすることを目的として研究を行ってきた結果、WE を特徴づける活動水準及び仕事への態度・認知は自律神経系活動の指標及びパフォーマンス指標と関連することが示唆された。自律神経系活動の評価は生体システムの制御情報を実時間で解釈できる。中でも、鼻部皮膚温度 (Nasal Skin Temperature, 以下 NST) は遠隔で計測できる自律神経系活動の生理指標である。NST で WE を推定できれば、遠隔で労働・作業中の WE をセンシングできると期待される。そこで本研究では、NST に基づく遠隔 WE センシングの実現を目的として、作業課題中の NST の経時変動に基づく WE の推定モデルを導出した。

### 2. 実験方法

本研究では、被験者にモチベーションを要求する作業課題を課し、一般職業適性検査 (T.K.K.1306, 竹井機器工業社製) に使用される 2 つの指先器用検査盤を使用した。作業課題は 50 本のピンを移動とし、WE に対する生体応答の様々な情報を得るために 2 つの難易度を実施した。Simple

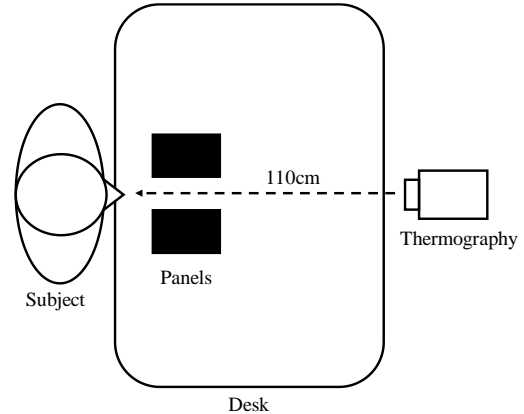


図1 実験システム

はピンの移動を、Complex はピンの組付移動及び分解移動を繰り返すものとした。実験は安静閉眼と作業課題で構成し、1 分間の安静閉眼 (Rest1), 作業課題 (Task1), 2 分間の安静閉眼 (Rest2), 作業課題 (Task2), 1 分間の安静閉眼 (Rest3) の順で行った。各作業課題は 4 つの区間に分割し (T1-1, T1-2, ..., T2-1, T2-2, ...), T1-1, T2-1 では右盤から左盤に、T1-2, T2-2 は左盤から右盤にピン移動の作業を行わせ、その後繰り返させた。被験者は健康成人男女 12 名 (21~23 歳) とし、実験開始 2 時間前から食事を統制し、室温  $26.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  の部屋で実験を行った。図 1 に実験システムを示す。計測した生理指標は NST とした。赤外線サーモグラフィ (FLIR A615 - Model: A615, FOV45°, FLIR Systems 社製) を被験者の前方 110cm に設置して、被験者の顔面熱画像を撮影した。赤外線サーモグラフィの撮影速度は 1fps であり、解像度は  $640 \times 480 \text{pixel}$  とした。顔面皮膚放射率は  $\varepsilon = 0.98$  とした。得られた顔面熱画像から鼻部を抽出し、抽出された領域内の平均温度値を NST とした。計測した心理指標は WE の活力、熱意、没頭及びそれらの総合得点とした。WE の各得点は UWES-J<sup>[3]</sup> を実験後に実施し、回答項目から得点を算出した。ただし、本研究では、中長期的な仕事に対する要因だと考えられる「4.職場では、元気が出て精力的になるように感じる。(活力 2)」, 「8.朝に目が覚めると、さあ仕事に行こう、という気持ちになる。(活力 3)」及び「15.職場では、気持ちちははつらつとしている。(活力 5)」の項目は評価の対象外とした。

### 3. 解析方法

#### 3.1 統計的評価

NST は全区間の平均値  $\pm 3\sigma$  ( $\sigma$ : 標準偏差) を閾値として外れ値処理を行い、区間ごとの平均値を Rest 1 の平均値で減算規格化したものを評価値とした。統計的な評価として、NST の区間及び難易度の要因に二要因分散分析 (ANOVA) を行い、要因の主効果及び要因間の交互作用を評価した。WE の各得点は、UWES-J の該当項目から算出した平均値を評価値とした。統計的な評価として、難易度間の標本に

<sup>†</sup> 青山学院大学  
Aoyama Gakuin University

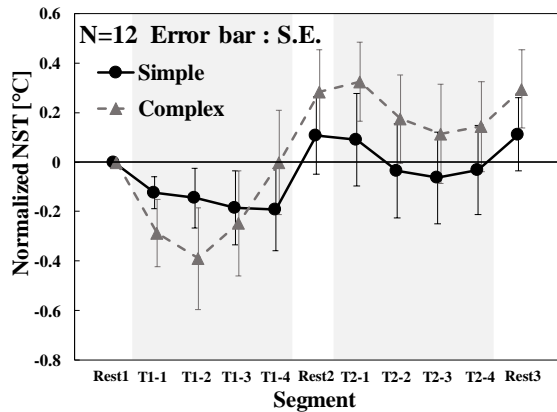


図 2 NST の区間変動

対して Wilcoxon の符号順位検定を行った。有意水準は  $p < 0.05$  とした。

### 3.2 重回帰分析

NST は情動ストレスによる心理状態が顕著に表れ、緩やかに経時変動する生理指標である<sup>[4]</sup>。したがって、NST の経時変動は WE を推定する特徴量としてふさわしいと考えた。NST の時系列データにおいて、時間間隔を 1, 5, 10, 15, 20s の 5 種類とし、その間隔の温度差分を NST の時間微分とした。本研究では、WE を推定する回帰モデルを重回帰分析に基づき構築した。重回帰分析は、目的変数を WE の各得点 (活力, 熱意, 没頭及び総合得点), 説明変数を各区間における NST の時間微分の平均値, 最大値及び最小値とした。回帰モデルを最適化するために、ステップワイズ法に基づく説明変数の選択を行い、その後、説明変数の有意性 ( $p < 0.05$ ) と多重共線性 ( $VIF < 5$ ) を考慮した説明変数の選択を行った。回帰モデルの精度として、決定係数を評価値とした。

## 4. 結果及び考察

### 4.1 統計的評価

図 2 に NST の区間変動を示す。縦軸は Rest1 で減算規格化した NST, 横軸は区間を表し, エラーバーは標準誤差とした。二要因分散分析の結果, 区間要因に主効果 ( $p < 0.001$ ) が見られ, 要因間に交互作用 ( $p < 0.01$ ) が見られた。このことから, NST の経時変動が難易度間で異なっていると考えられる。図 3 に WE の各得点を示す。縦軸は得点, 横軸は各得点を表し, エラーバーは標準誤差とした。Wilcoxon の符号順位検定の結果, 難易度間でどの得点にも有意差が見られず, 標準偏差が大きいことから, WE は個人差があると考えられる。

### 4.2 重回帰分析

表 1 に重回帰分析によって得られた最適化した回帰モデルの決定係数を示す。時間微分の間隔は 1s に比べ 20s の方が決定係数は大きかった。これは, NST の時定数が大きく, WE を説明する特徴量として 20s の時間間隔が適していたことが考えられる。また, 時間微分の時間間隔を 20s にした時の熱意及び没頭のモデルは決定係数が 0.8 以上であり, 推定精度が良かった。これらのモデル式を以下に示す。

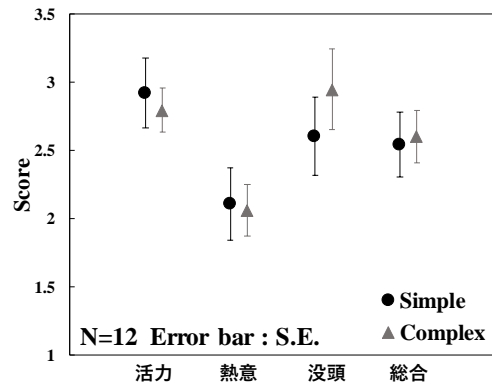


図 3 WE の各得点

表 1 回帰モデルの決定係数

	活力	熱意	没頭	総合
1s微分	0.5785	0.5881	0.7140	0.7372
5s微分	0.7100	0.4583	0.6034	0.6019
10s微分	0.3828	0.7459	0.6272	0.7795
15s微分	0.6564	0.5481	0.8401	0.7626
20s微分	0.7116	0.8454	0.8630	0.7678

$$\begin{aligned} \text{熱意} = & -6.05 \cdot x_{T1-1\text{ave}} + 6.74 \cdot x_{T1-1\text{max}} + 7.13 \cdot x_{T1-3\text{ave}} \\ & -8.85 \cdot x_{T1-4\text{max}} + 5.32 \cdot x_{T2-2\text{min}} + 3.04 \cdot x_{T2-4\text{max}} \\ & -2.42 \cdot x_{T2-4\text{min}} + 2.02 \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{没頭} = & -9.31 \cdot x_{T1-1\text{ave}} + 15.74 \cdot x_{T1-1\text{max}} \\ & -30.15 \cdot x_{T1-2\text{ave}} + 8.24 \cdot x_{T1-2\text{min}} - 9.58 \cdot x_{T1-4\text{max}} \\ & -2.03 \cdot x_{T1-4\text{min}} + 12.13 \cdot x_{T2-1\text{ave}} + 15.16 \cdot x_{T2-2\text{ave}} \\ & + 2.97 \quad (2) \end{aligned}$$

$x_{n\text{ave}}, x_{n\text{max}}, x_{n\text{min}}$  は区間  $n$  における NST の時間微分の平均値, 最大値及び最小値をそれぞれ表している。モデル式から, T1-4 で NST が低下するほど熱意が向上すること, T1-2 で NST が低下するほど没頭が向上することが読み取れる。以上の回帰モデルの結果より, 時間間隔 20s の NST の時間微分を用いることで WE を推定することが可能だと考えられる。

## 5. 結論

本研究では, NST を用いて WE を測定することを目的とした。その結果, WE は, NST の経時変動から得られる特徴量により推定が可能だと示唆された。今後は他の顔面領域の温度値から得られる特徴量を用いて, モデルの推定精度を向上させる予定である。

### 参考文献

- [1] Wilmar B. Schaufeli, Marisa Salanova, Vicente González-romá, Arnold B. Bakker: "The Measurement of Engagement and Burnout: A Two Sample Confirmatory Factor Analytic Approach", Journal of Happiness Studies, Vol.3, Iss.1, pp.71-92 (2002).
- [2] Jonathon R.B. Halbesleben: "A meta-analysis of work engagement: Relationships with burnout, demands, resources and consequences", Work engagement: Recent developments in theory and research, Psychology Press, pp.102-117 (2010).
- [3] Shimazu, A., Schaufeli, W. B., Kosugi, S. et al.: "Work engagement in Japan: Validation of the Japanese version of Utrecht Work Engagement Scale", Applied Psychology, Vol.57, No.3, pp.510-523 (2008)
- [4] 善住秀行, 田中久弥, 井出英人: 「鼻部熱画像の経時変化量を用いた快不快VASの推定」, 平成 13 年電気学会全大論文集, No.3, 3-096, p.982 (2001).