

# 生体情報に基づき身体状態を反映するテーブルランプのプロトタイプ実装

沼澤 翠\*    五十嵐 悠紀\*†

**概要.** ウェアラブルデバイスによる生体データセンシングを活用した従来の自己状態可視化手法は、数値やグラフといったユーザによる「解釈」を要する情報提示に留まっている。このアプローチは、時に認知的な負荷となり、また、状態の多様性を捨象してしまう課題があった。本研究では、人の内的状態を解釈するものではなく「体感」するものにすることを目指す。その第一歩として、ユーザの自律神経の状態をリアルタイムでテーブルランプの光の色に反映するシステムを提案・実装する。具体的には、スマートウォッチで取得する心拍数データから「ストレス」「ニュートラル」「リラックス」の3状態を推定し、それぞれ異なる光の色によってフィードバックを行う。本システムは、人の注意を奪わないアンビエントな光を用いることで、ユーザが自己の状態を空間の雰囲気として無意識的に体感できる新たな自己認識のあり方を提示する。本稿ではその技術的実現可能性と、予備試行によるシステムの振る舞いを報告する。

## 1 はじめに

自己の感情や集中度といった内的な状態をいかに認識するかは、我々のウェルビーイングを維持する上で根源的なテーマである。近年、ウェアラブルデバイス技術の発展により、心拍数や睡眠時の呼吸数などの生体情報を容易に把握することが可能になった。しかし、それらの情報の多くはスマートフォン等の画面上で数値やグラフとして提示される。これらのデータは有用である一方で、そのデータが示す状態がポジティブなものかネガティブなものかを「解釈」する必要がある、自己の状態を過度に単純化してしまう可能性がある。

そこで我々は、自己状態を「解釈」の対象から「体感」の対象へとシフトさせるアプローチが必要であると考えた。その根拠は、私たちの自己認識が本来は身体感覚と地続きであるという点にある。「胸がざわつく」「地に足が着く」といった言葉が示すように、私たちの情動や精神状態は、思考だけでなく身体的な感覚として現れる。しかし、従来のデータ提示方法はこの身体感覚に結びつくものではない。もし、客観的な生体データを、思考を介さずに環境の雰囲気として知覚できるならば、自己状態は「解釈」する情報ではなく、身体で「体感」する情報となる。

上記のアプローチを実現するメディアとして、本研究では照明を採用する。照明すなわち光は、空間の雰囲気を支配する大きな要素である。光の色や点滅リズムといった非言語的で抽象的な情報は、我々の心に無意識的に働きかける。つまり、人の内的状態がその空間の環境光に反映されたとき、その場の



図 1. デスク作業時でのテーブルランプ設置例。

空気感を無意識のうちに感じ取るように、自身の状態を体感できるのではないだろうか。このように、アンビエントな特性を持つ光を、情報を提示するメディアとして用いる。

本研究の目的は、ユーザの内的状態を光によって体感可能にすることである。そして、そのプロトタイプとして、デスク作業時の使用を想定したテーブルランプを実装した(図1)。このテーブルランプでは、ウェアラブルデバイスを用いてユーザの自律神経の状態をリアルタイムで計測し、それを光でフィードバックする。本稿では、このプロトタイプの設計について報告し、客観的な生体情報が体感可能な環境情報に変換されることによる新たな自己認識のあり方を提案する。将来的には、より深い自己認識やセルフケア行動を可能にし、日々のウェルビーイング向上に貢献することを目指す。

## 2 関連研究

人のストレスや疲労といった心理状態は、自律神経系の活動に反映される。自律神経系の活動を評価する客観的指標として、心拍変動が広く用いられている[2]。HRVは心拍間隔の時間的なゆらぎを示し、このゆらぎが小さい場合は交感神経が優位なストレス状態、大きい場合は副交感神経が優位なリラック

ス状態にあるとされている [1].

また、生体情報を光で可視化する既存研究として、血管の拡大収縮に対応して LED が点滅するイヤリング型デバイス [3] が挙げられる。これはイヤリング装着者の心臓の「ドキドキ」を可視化し、周囲と心を共有することができるデバイスである。このような既存研究では、コミュニケーションツールとしての可能性が探求されているが、日常生活における個人の内省や自己認識に着目したアプローチは十分ではない。本研究ではこの点に着目したアプローチをとっている。

### 3 提案手法

#### 3.1 提案手法の概要

本研究では、ユーザの内的状態を光でフィードバックする手法として、ユーザの生体情報をウェアラブルデバイスでセンシングし、その数値に基づいて自律神経の状態を「ストレス」「ニュートラル」「リラックス」のうち当てはまるものを推定し、そして、それぞれの状態に応じて光の色をリアルタイムに変えるといった手法を提案する。尚、「ストレス」は交感神経が優位で自律神経に負荷がかかっている状態、「ニュートラル」は交感神経と副交感神経のバランスが取れており安定している状態、「リラックス」は副交感神経が優位で自律神経が回復している状態とした。

#### 3.2 プロトタイプの実装

本研究では、1 人のユーザが室内でデスク作業をしている場面での使用を想定したプロトタイプを実装した。プロトタイプは机上に置くことができるテーブルランプであり、ユーザの自律神経状態がストレスの際には赤色 (図 2a)、ニュートラルの際には白色 (図 2b)、リラックスの際には緑色 (図 2c) に光る。

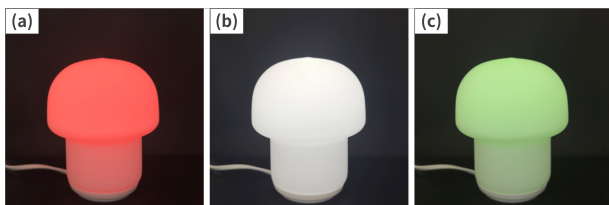


図 2. テーブルランプの色表現。

本システムの構成デバイスは Apple Watch Series 10, iPhone 15 Pro, M3 チップ MacBook Pro, Philips Hue ブリッジ, Philips Hue フルカラー E17 電球である。Apple Watch で計測した心拍数データを iPhone 経由で Mac に送信し、後述する独自のアルゴリズムで状態を推定後、Wi-Fi 経由で Philips Hue ランプの色を制御する。

自律神経の状態を推定する独自のアルゴリズムで

は 2 つの評価指標を用いた。一つは、身体的な負荷や覚醒レベルを反映する「平均心拍数」、もう一つは、自律神経のバランスを反映する「心拍数のばらつき (本研究では 15 秒間の心拍数群の標準偏差と定義する)」である。リアルタイムで計測する心拍数データから、これら 2 軸の指標と予め設定した閾値に基づいて表 1 のように分類した。本稿では、閾値は決め打ちの値である。

表 1. 2 軸指標による自律神経の状態分類。

| 平均心拍数          | 心拍数のばらつき       |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                | 小 <sup>4</sup> | 中 <sup>5</sup> | 大 <sup>6</sup> |
|                | 低 <sup>1</sup> | 中 <sup>2</sup> | 高 <sup>3</sup> |
| 低 <sup>1</sup> | ニュートラル         | ニュートラル         | リラックス          |
| 中 <sup>2</sup> | ストレス           | ニュートラル         | リラックス          |
| 高 <sup>3</sup> | ストレス           | ストレス           | ストレス           |

<sup>1</sup> 67.968 未満 <sup>2</sup> 67.968 以上 80 以下 <sup>3</sup> 80 より大きい

<sup>4</sup> 0.2 未満 <sup>5</sup> 0.2 以上 2.2 以下 <sup>6</sup> 2.2 より大きい

#### 3.3 テーブルランプの予備試行

第一著者による予備実験として、実装したテーブルランプを視界に入る位置に置き、Apple Watch を装着しながら、デスク作業 3 時間を 3 日間試行した。結果として、テーブルランプの色は、離席すると赤色 (図 2a)、集中時には白色 (図 2b)、眠気を感じると緑色 (図 2c) に光る様子が確認された。

第一著者は本研究活動を通して心拍数の観察を行っていたため、上記の結果に対して心拍数の変化に基づき定性的な考察を行った。離席時は、立ち上がる行為や歩行により、心拍数が表 1 における高程度となり、急な心拍数変化から心拍数のばらつきが大きくなったため、自律神経の状態がストレスと判定されてテーブルランプが赤色に光ったと考えられる。集中時は、心拍数が中程度であることを主観的に感じていた。そして、この時の心拍数のばらつきが中程度であったために、自律神経の状態がニュートラルと判定されてテーブルランプが白色に光ったと考えられる。同様に、眠気を感じていたときは、心拍数が低程度であることを主観的に感じていた。そして、この時の心拍数のばらつきが大きかったために、自律神経の状態がリラックスと判定されてテーブルランプが緑色に光ったと考えられる。

### 4 おわりに

本稿では、自己状態の「体感」に向けた、光による自律神経状態のフィードバック手法の提案と、デスク作業時の使用を想定したプロトタイプ実装を行った。具体的には、Apple Watch によるリアルタイム心拍数計測、2 軸評価による状態推定、そして Philips Hue による照明制御を組み合わせることで、提案手法が技術的に実現可能であることを示した。

今後の課題として、本システムの内的状態提示手法としての妥当性の検証や、状態提示のカラーリングの検討が挙げられる。

## 参考文献

- [1] R. Mccraty and F. Shaffer. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health Risk. *Global Advances in Health and Medicine*, 4(1):46–61, 2015. PMID: 25694852.
- [2] F. Shaffer and J. P. Ginsberg. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, Volume 5 - 2017, 2017.
- [3] 長谷川 清久, 山本 愛優美, 谷口 英俊. ウェアラブルセンサの試作とエレメカ設計環境を使った構造検討. エレクトロニクス実装学術講演大会講演論文集, 36:24B3–1, 2022.