

# ウェアラブル端末を用いたストレス度の推定と 作業時の照明環境がストレス度に与える影響の検証

平井 友樹

Tomoki HIRAI

## 1 はじめに

近年、オフィスでの労働におけるストレスや疲労に起因する作業効率の低下や疲労状態の慢性化が問題となっている。そのため、オフィス環境の改善に注目が集まっている。中でも、照明環境に注目した研究では、照明環境に注目した研究では、照明の明るさ（照度）とストレスに関する研究が行われているが<sup>1)</sup>、心電図を用いた研究は少ない。

本研究では、照明の照度の違いがストレスに与える影響を心電図から取得した心拍変動を用いて検証する。心電図の取得には、近年普及が進んでいるウェアラブル端末を使用する。使用するウェアラブル端末は Fig. 1 の衣服型のウェアラブル心電計である「hitoe」である。



Fig. 1 ウェアラブル心電計 (hitoe)

## 2 心電図を用いたストレス度の推定

Fig. 2 に心電図の概形を示す。心電図は心筋が収縮する際に発生する P, Q, R, S, T の五つの波によって構成されている。このうち、R 波は血液を左心室から大動脈に送り出す際に生じ、振幅が大きく、計測が容易であるという特徴がある。このため、心拍間隔はこの R 波と R 波の間隔である RRI (R-R Interval) を用いる。ストレスが高まると交感神経が興奮し、副交感神経が抑制されるため、RRI が短縮すると報告されている<sup>2)</sup>。また、RRI は一定ではなく、姿勢やストレスなどの影響を受け、変動するため、RRI の変動を観測することでストレスの推定が可能である。ストレスを受けることで RRI は低い値を示し、変動が大きくなる。

RRI の時間領域解析法として CVRR (Coefficient of

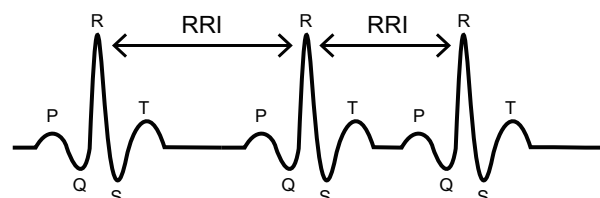


Fig. 2 心電図

variation of R-R interval) が広く用いられている<sup>3)</sup>。CVRR は式 (1) で求めることができる。 $\sigma$  は RRI の標準偏差、 $\bar{x}$  は RRI の平均である。これは、心電図を記録して、連続した 100 心拍の標準偏差と平均を用いる。

$$CVRR = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \quad (1)$$

心拍変動が小さくなり、変動係数が小さくなるとストレス状態にあると推定できる。また、変動係数が大きくなるとリラックス状態にあると推定できる。

## 3 作業時の照明環境とストレスに関する実験

### 3.1 実験概要

作業時の照明環境の違いが作業によるストレスにどのような影響を与えるのかを検証する実験を行った。また、照明環境の快適性についてのアンケートを行い、快適性が最も高い照度におけるストレスの度合いについても検証を行った。

### 3.2 実験条件

実験は図 Fig. 3 に示す実験環境で行った。実験環境は 7.2 m × 6.0 m × 2.6 m の窓のないオフィス環境を模擬した空間であり、机の高さ JIS が推奨するオフィスの机の高さである床上 7.0 m とした。天井照明には三菱製照明器具 (EL-G6004MM) を用いた。照度の計測にはコニカミノルタ株式会社製の色彩照度計 (CL-200) を用いた。実験は男性 10 人 (21 歳, 22 歳) に対して行った。

### 3.3 実験手順

以下に実験の手順を示す。作業によってどの程度ストレスを受けたかを計測するため、作業の前に安静状態で待機させ、その時の心電図の計測も行った。照明条件を

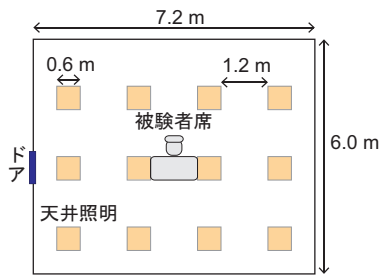


Fig. 3 実験環境の平面図

変更した後は、照度順応と作業による疲労を取り除くために安静状態で10分間待機させた。なお、作業にはクレペリン検査を用いた。クレペリン検査とは、1列に並んだ1桁の数字(3~9)の足し算を繰り返し、1分経ったら次の列に移動し、同様に足し算を繰り返していくものである。被験者に対するアンケートは、照明環境の快適性に関して7段階評価で行った。

1. 照明条件を変更する
2. 安静状態で10分間待機させる
3. 安静状態で10分間待機させ心電図を計測する
4. 15分間作業を行わせ心電図を計測する
5. アンケートに回答させる

### 3.4 実験結果及び考察

快適性に関するアンケートの結果を Fig. 4 に示す。快適性の値が高いほど快適、低いほど不快であるということを表している。アンケートの結果から被験者 A, B, C は 300 lx の時に快適性が最も高い。被験者 D は 500 lx, 被験者 E, F, G, H は 700 lx の時に快適性が最も高い。被験者 I は 300 lx と 500 lx, 被験者 J は 300 lx, 500 lx, 700 lx で快適性の評価が高く、複数の照度が快適であると感じる被験者であると考えられる。したがって、快適と感じる照度は人によって異なると考えられる。

作業による安静時からの CVRR の減少率を Fig. 5 に示す。減少が小さいほど作業によるストレスが小さいことを表している。被験者 A, C, J は 300 lx の時に CVRR の減少率が小さいため、作業によるストレスが小さいということが分かった。被験者 I は 500 lx, 被験者 B, D, E, F, G, H は 700 lx の時に作業によるストレスが小さいということが分かった。先ほどのアンケートの結果と比較すると、被験者 A, C, E, F, G, H, I が最も好みの照度の時に作業による負荷が小さいということが分かる。したがって、好みの照度にする事で作業によるストレスを小さくできると考えられる。被験者 J は、すべての照度で同じ快適性の評価をしており、CVRR の減少率でもすべての照度で同程度の値を示していた。したがって、照度の変化による影響が少ない被験者であると考えられる。被験者 B と被験者

D に関しては、好みの照度における作業による負荷への影響は見られなかった。

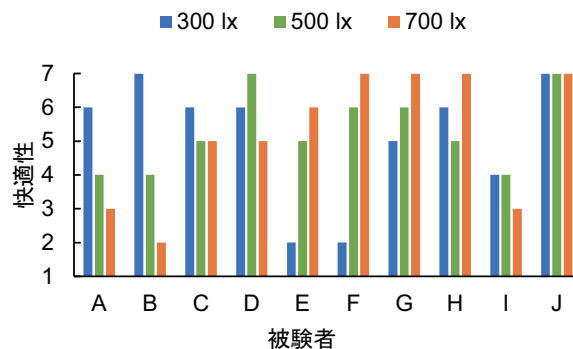


Fig. 4 快適性に関するアンケート結果

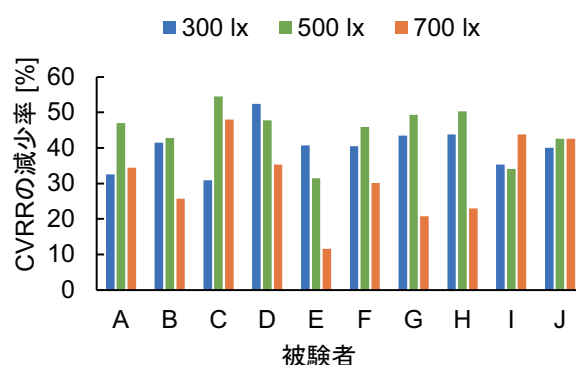


Fig. 5 作業による CVRR の減少率

## 4 結論と今後の展望

今回の実験より、最も快適と感じる照度にする事で、作業による負荷が小さくなる傾向を示すことができた。今回の実験は男性 10 人に対して行ったため、性差による検証は行っていない。今後、女性の被験者に対して実験を行うとともに、被験者数や実験回数を増やしてさらなる検証が必要であると考えられる。本実験では、照度に注目して実験を行ったため、色温度によるストレスへの影響の検証や照度と色温度を同時に変更した場合の検証を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 西原直枝, 田辺新一. 中程度の高温環境下における知的生産性に関する被験者実験. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 68, No. 568, pp. 33-39, 2003.
- 2) 博史林. 心拍変動の臨床応用: 生理的意義, 病態評価, 予後予測. 医学書院, 1999.
- 3) 麻生好正. 糖尿病性自律神経障害. 月間糖尿病, Vol. 8, No. 8, pp. 54-55, 8 2016.