

照度の色温度が生体情報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^{?)}、心電図を用いた研究は少ない。

本研究では、照明の色温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^{?)}。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 variation of R-R interval) が広く用いられている^{?)}。CVRR は式 (1) で求めることができる。σ 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

ス状態であると推定できる。また、変動係数が大きくなるとリラックス状態であると推定できる。

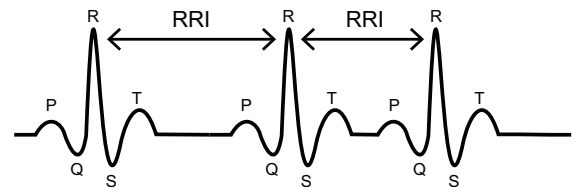


Fig.2 心電図

3 照明の色温度とストレスに関する実験

3.1 実験概要

色温度の違いが作業時の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、快適性が最も高い色温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 の窓のないオフィス環境を模擬した空間であり、机の高さは JIS が推奨するオフィスの机の高さである床高 7.0 m とした。実験は、照度が 700 lx、色温度が 300 K、4500 K、6000 K の照明環境で行った。照度と色温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 20 代の男性 10 人に対して行った。

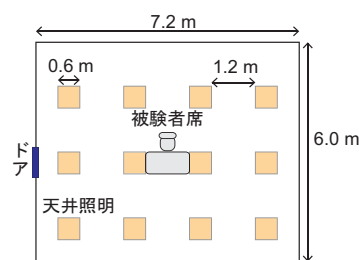


Fig.3 実験環境の平面図

3.3 実験手順

以下に実験の手順を示す。

1. 照明の条件を変更する
2. 安静状態で 10 分間待機させる
3. 作業を 10 分間行わせる
4. アンケートに回答させる

照明の条件を変更した後は、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。本実験は、順序による影響を考慮し、被験者によって色温度の順序を入れ替えて行った。

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。この結果から、被験者 C, E, H が 4500 K, 被験者 B, D, G, I, J が 6000 K を最も快適と感じることがわかった。また、被験者 A と被験者 F は 4500 K と 6000 K の両方を快適と感じることがわかった。したがって、3000 K を快適と感じる被験者はいなかったため、作業時には低色温度よりも高色温度のほうが快適性が高いということがわかる。

作業中の CVRR の平均を Fig. 5 に示す。CVRR が小さいほどストレスが大きく、CVRR が大きいほどストレスが小さいということを表している。この結果から、被験者 E, J は 3000 K, 被験者 C, F, H, I は 4500 K, 被験者 A, B, D, G は 6000 K のときに CVRR が最も高いことがわかった。したがって、生体的にストレスが小さい色温度は人によって異なることがわかる。また、Fig. 4 と Fig. 5 の結果から、被験者 A, B, C, D, G, H, F が最も快適性が高い色温度のときに CVRR が高いことがわかる。したがって、快適と感じる色温度にすることで作業時のストレスを軽減できると考えられる。

クレペリン検査の回答数を Fig. 6 に示す。被験者 B, C, D が 4500 K, 被験者 A, E, F, G, H, I, J が 6000 K でクレペリン検査の回答数が最も多いということがわかった。3000 K のときに回答数が最も多い被験者は一人もおらず、低色温度よりも高色温度のほうが作業に適していると考えられる。また、被験者 B, F, G, H は 3000 K, 被験者 A, E, I は 4500 K, 被験者 C, D, J は 6000 K で最も回答数が少ない。これは各被験者が最初に作業を行った色温度であり、順序による影響であると考えられる。実験の最初は作業に慣れておらず、回答数が少なくなったと考えられる。また、回答数に関して、快適性と CVRR との関係性は見られなかった。

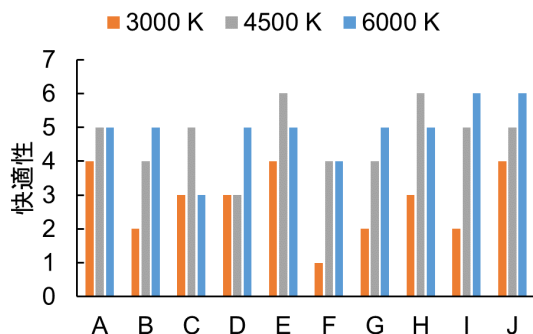


Fig.4 快適性に関するアンケートの結果

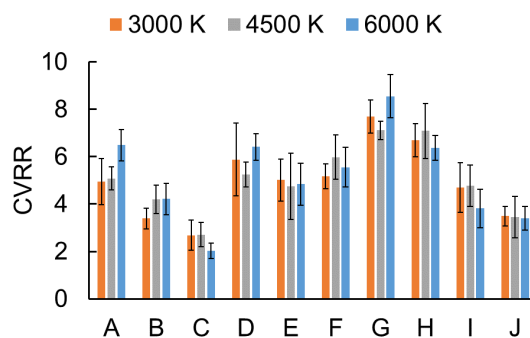


Fig.5 作業中の CVRR の平均

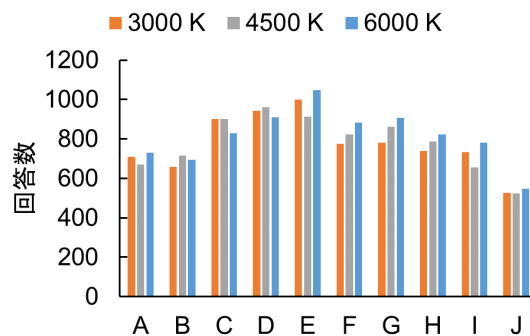


Fig.6 クレペリン検査の回答数

4 結論と今後の展望

本実験では、色温度の違いが作業時のストレスに与える影響について検証を行った。その結果、10人中7人が快適性が最も高い色温度で CVRR が最も大きいということがわかった。したがって、快適と感じる色温度にすることで作業時のストレスを軽減できると考えられる。また、クレペリン検査の回答数に関しては低色温度で最も回答数が大きい被験者はおらず、高色温度のほうが作業に適しているということがわかった。しかし、快適性や CVRR とクレペリンの回答数に関しては関係性が見られなかった。

今後は被験者数を増やしてさらなる検証を行っていきたいと考えている。また、本実験では高照度で実験を行ったが、今後は低照度で同様の実験を行う予定である。低照度で同様の実験を行うことで、作業時のストレスを最も軽減できる照度と色温度を明らかにできると考えている。

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.