

ウェアラブル端末を用いたリラククス度の計測と複数の照明環境における リラククス効果の基礎的検証

提中 慎哉

Shinya DAINAKA

1 はじめに

我々は、オフィスにおいて執務者が要求する照度と色温度を、執務者ごとに個別に実現する知的照明システムの研究・開発を行っている。しかし、実証結果から、目標照度を変更する執務者は少なく、オフィスでは休憩時も執務時と同じ照明環境で作業をしている。また、休憩の質を向上させることはオフィスの快適性や、その後の執務の知的生産性の向上につながる¹⁾。そこで、我々は、休憩時の照明を変更させ、休憩時のリラククス効果の向上を目指した研究を行っている。休憩の質を向上させるためにはリラククス度合い（以下リラククス度）を測定する必要がある。そこで、リラククス度を測定するために、本研究において、ウェアラブル端末を使用する。本研究のウェアラブル端末は、着用型心電計のHitoeを使用する。このHitoeは、着用者の心電図や心拍数といった生体情報を1日中取得することができる。

本研究ではリラククス度を計測するために心拍情報を用いる。心拍情報はリラククス度と大きく関係があり、リラククス度を推定することが可能である。そこで、本稿では、ウェアラブル端末から取得した心拍情報からリラククス度を測定した実験結果とその考察を示す。そして、休憩時における照明環境とリラククス度の関係を明らかにするため、複数の被験者に被験者実験を行った。

2 生体情報の応用

本研究では、リラククス度の測定に心電図を用いる。心電図は電極が検出した電位の変化を示すため、正負の値に変化する波のような形状となる。心電図の波にはP波、Q波、R波、S波、T波が存在する。各波は左右の心房、心室の筋肉の伸縮で発生する。リラククス度の測定にはR波とR波の間隔であるR-R Interval（以下RRI）を使用する。ストレス時にはRRIの変動が小さくなり、リラククス時にはRRIの変動が大きくなるという特性がある。これらの心電図の特性を利用し、休憩時の心電図から読み取れる情報から、執務者のリラククス度を測定する。

RRIには個人差があり、RRIの平均を用いた推定では、個人差が大きくなる可能性がある。そのため、リラククス度の測定には変動係数を用いた。変動係数とは、時

系列データの標準偏差を平均で割った値である。すなわち、変動係数の値はデータのばらつきの大きさを示す。以下に変動係数の数式を示す。

$$CVRR = \frac{\sigma \times 100}{\overline{HR}} \quad (1)$$

CVRR:変動係数 σ :心拍数の標準偏差

\overline{HR} :心拍数の平均

(1)の式で表す変動係数の値は、大きいほどデータ列のばらつきは大きく、CVRRの値が小さいほどデータのばらつきが小さいことを示す。人は、リラククス時はRRIの変動が大きく、ストレス時はRRIの変動が小さい。このことから、RRIの変動係数が大きいほどリラククス度が高いことがわかる。また、RRIの変動係数が小さいほどリラククス度が低く、ストレスがかかった状態であることがわかる。本稿で示す実験では、東レ株式会社と日本電信電話株式会社が共同開発したウェアラブル心電計(hitoe)を用いる。

3 様々な照明環境におけるリラククス効果の基礎的検証

休憩中の照明環境が心電図に及ぼす影響を検証するため、被験者実験を行った。本実験では、実際のオフィスの執務者を想定し、執務者がストレスのかかる作業を行った後に、休憩を行う。その休憩時に照明環境を変化させることでどのような影響があるかを検証する。

実験はけいはんなオープンイノベーションセンターにあるメタコンフォートラボで行った。各実験室の気温、湿度はそれぞれ25℃、40%に調整した。実験室にはそれぞれ机が3台置いてあり、高さはすべて床から700mmにしている。各実験室には3名ずつ被験者がいる。実験は視覚健常者である18歳から50歳までの男性18名、女性12名に対して実施した。

リラククス時の効果を検証するために、ストレスを受ける作業（以下ストレス作業）を被験者に行わせた後に、リラククスを促進するような作業（以下リラククス作業）を行わせる。自分が選択した照明環境でのリラククス作業時、他人が選択した照明環境でのリラククス作業時でのリラククス度を比較することで、照明環境がリラククス度に及ぼす影響を確認する。実験の手順はストレス作

業を8分間行った後にリラックス作業を行い、そのリラックス作業時に被験者の1人が照明環境を選択します。この手順を3回繰り返す、実験室にいる3名の被験者がそれぞれの照明環境を選択する。各被験者は自ら選択した照明環境で1回、他人の選んだ照明環境で2回リラックス作業を行う。照明環境の変更では照度と色温度を変更する。照度は200 lxから800 lxの範囲で100 lxごとに変更できる。また、色温度は2700から6000 Kの間で8段階で変更できる。照明環境を選択させる際、各被験者は、リラックス作業を行う際に、自身が最もリラックスできると感じる照明環境を選択する。また、ストレス作業時の照明環境は、標準的なオフィスの照明環境である照度が750 lx、色温度が4500 Kとした。また、各作業の間で行うアンケートで、各被験者は眠気、疲労感、集中度、リラックス度を7段階で評価する。

ストレス作業では、各被験者にタブレットを配り、作成したアプリケーションで、3種類の作業を行わせた。作業には2桁×2桁の計算問題(問題A)、ランダムな数字の羅列から指定された数字の数を答える問題(問題B)、日本語の文章からランダムに文字をランダムなひらがなに変換し、元の文章と異なる文字数を数える問題(問題C)の3種類の問題がある。また、各問題には15秒間の制限時間があり、制限時間を過ぎると自動的に次の問題に移行する。リラックス作業では塗り絵と折り紙からリラックス作業の度に被験者が自由に選択するようにさせた。

全被験者のリラックス作業時3回分の各区間ごとの変動係数を、各実験室で照明を選択した順番(以下被験者番号)でグループに分け、Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3に示す。

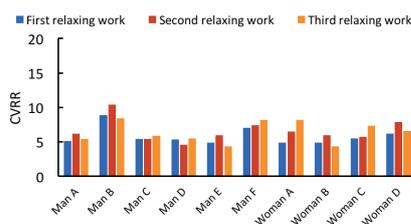


Fig. 1 Experimental result of subject number 1

Fig. 1に示した実験結果は1回目のリラックス作業時に照明環境を選択した被験者である。自分がか最もリラックスできると感じる照明環境を選択したにもかかわらず、自分の選んだ照明環境でのCVRRが最も高い被験者は0人であった。しかし、Fig. 2とFig. 3から、1回目のリラックス作業で最もCVRRの値が高い執務者は少ない。また、アンケートから、実験の初めの方は緊張していたという結果が多い。このことから、リラックス作業1回目は被験者が緊張していたため、CVRRの値

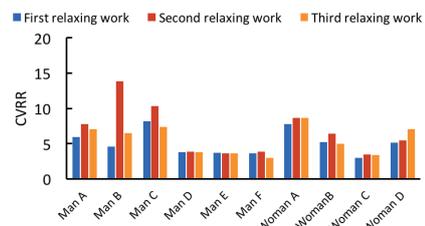


Fig. 2 Experimental result of subject number 2

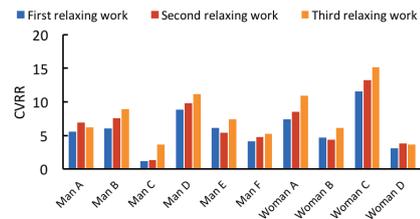


Fig. 3 Experimental result of subject number 3

が低くでたと考えられる。

次にFig. 2とFig. 3について考察する。Fig. 2は2回目のリラックス作業時に照明環境を選択した被験者である。2番目のリラックス作業時に照明環境を選択した被験者は、10人中8名が自分の選んだ照明環境でCVRRの値が高く、リラックスしていることがわかる。自分が選んだ照明環境にも関わらず、CVRRが最も高い値ではない被験者男性Eは、すべての照明環境において、CVRRに大きな変化はみられない。そのため、照明環境の変化でCVRRが変化しない執務者であると考ええる。また、Fig. 3は3回目のリラックス作業時に照明環境を選択した被験者である。3番目のリラックス作業時に照明環境を選択した被験者は、10人中8名が自分の選んだ照明環境でCVRRの値が高く、リラックスしていることがわかる。自分が選んだ照明環境にも関わらず、CVRRが最も高い値ではない被験者女性Dは、すべての照明環境において、CVRRに大きな変化はみられない。そのため、照明環境の変化でCVRRが変化しない執務者であると考ええる。

これらのことから、リラックス時に自分のリラックスできると感じる照明環境を選択することで、リラックス度が高くなることがわかる。これらの結果から休憩時に照明環境を変化させることによってリラックス効果を向上させることができると考える。

参考文献

- 1) 稲葉優太, 谷口歩, 中益朗子, "仕事効率を最大にする休憩のタイミングと長さ," 数理解析研究所講究録, pp.18-22, 2015.