

# リラックスできる照明環境を提供する照明制御システムの構築 - 心電図を用いた照明制御 -

伊藤 稔

Minoru ITO

## 1 はじめに

近年、働き方改革の一環としてオフィス環境の改善に注目が集まっている。オフィス環境を改善することで執務者の快適性やリラックス効果が向上することが期待されている。また、IoT 技術の普及により、オフィスにおける様々なセンシングデータが取得可能となり、労働環境の改善への活用が期待されている。

本研究では、ウェアラブルデバイスを用いて心電図を取得することで、オフィス環境の改善を試みる。オフィス環境のうち、照明環境を改善することでストレスが軽減可能であるか検証する。本稿では、心電図を基にリラックス出来る照明環境を探索するシステムを構築し、システムの検証実験を行った。

## 2 心電図によるリラックス度合いの評価

本研究では、リラックス度の測定に心電図を使用した。心電図の波には R 波と呼ばれ大きな波が存在する。リラックス度の測定には R 波と R 波の間隔である R-R Interval (以下, RRI) を使用する。RRI の値は常に一定ではなく、自律神経の影響を受け変動する。Fig. 1 に心電図の特性を示す。

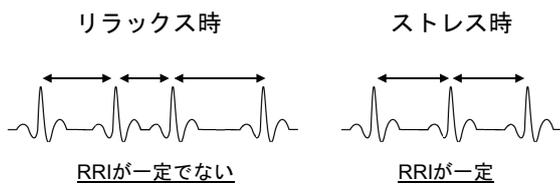


Fig. 1 心電図の特性

Fig. 1 のように、ストレス時には RRI の変動が小さくなり、リラックス時には RRI の変動が大きくなる。これらの心電図の特性を利用し、休憩時の心電図から執務者のリラックス度合いとして利用できる CVRR を測定する<sup>1)</sup>。

CVRR は、時系列データの標準偏差を平均で割った値である。CVRR の値はデータのばらつきの大きさを示す。値が大きいほどデータ列のばらつきは大きい。そのため、CVRR が大きいことは生体的にリラックスしていることを示す。本研究では CVRR を用いて生体的なリラックス度を計測した。

## 3 リラックス照明探索システム

### 3.1 システム概要

本システムでは、執務者の心電図を取得し、一定時間ごとに照明環境を変更することで、人が生体的にリラックスしている照明環境を探索する。本システムのシステム構成図を Fig. 2 に示す。

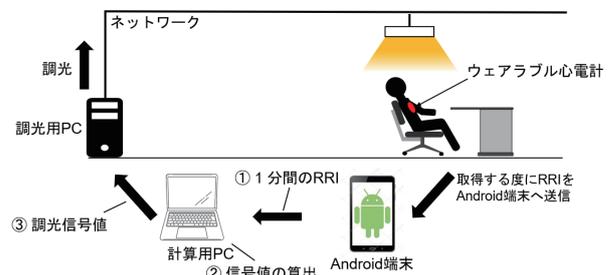


Fig. 2 システム構成図

Fig. 2 に示すように、本システムはウェアラブル心電計で取得した心電図を Android 端末を経由して 1 分毎に計算用 PC へ送信している。計算用 PC では Android 端末から送られてきた 1 分間の RRI データから CVRR を算出し、後述のアルゴリズムから制御用信号値を算出する。そして、算出した信号値を制御用 PC へ送信することで照明を変更している。

### 3.2 調光アルゴリズム

本システムでは、現在の照明環境 ( $Lighting_n$ ) と次の照明環境 ( $Lighting_{n+1}$ ) における CVRR を比較し、変更先の照明環境 ( $Lighting_{n+2}$ ) を決定する。次の照明環境における CVRR ( $CVRR_{n+1}$ ) が現在の照明環境における CVRR ( $CVRR_n$ ) よりも上昇した際の照明環境の変更先の候補を Fig. 3 に示す。

Fig. 3 に示す照明環境の候補のうちからランダムにどれか 1 つが選択され調光される。その際のアルゴリズムを以下に示す。

1.  $CVRR_n$  と  $CVRR_{n+1}$  を取得する
2.  $CVRR_{n+1} > CVRR_n$  の場合、 $Lighting_{n+2}$  のうち、どれか 1 つをランダムで選択
3.  $Lighting_{n+1}$  を  $Lighting_n$  に、 $Lighting_{n+2}$  を  $Lighting_{n+1}$  に設定して 1 へ戻る

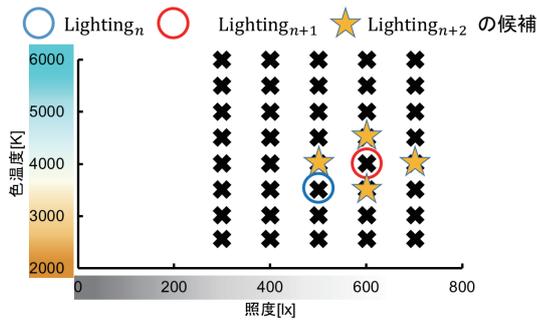


Fig. 3 照明環境の変更先候補 ( $CVRR_{n+1} > CVRR_n$ )

なお、手順2において  $CVRR_{n+1} < CVRR_n$  であった場合、現在の照明環境の周辺環境からランダムで選択される。本システムでは上記アルゴリズムを1分ごと複数回行い、最も CVRR が大きくなった環境を生体的に最もリラックスした照明環境とする。

## 4 システムの評価実験

### 4.1 実験概要

上述のシステムによって提供された生体的に最もリラックスしていた照明環境（以下、CVRR 最大環境）の評価を行うための実験を行った。実験では CVRR 最大環境と被験者が主観的に好みである環境（以下、選好環境）、一般的なオフィスの照明環境（以下、標準環境）での比較を行った。システムの評価には CVRR と主観評価を使用した。主観評価では、各照明環境が自分の好みであるかを7段階で評価する。実験は被験者10名に対して行った。

### 4.2 実験手順

本実験の実験手順を Fig. 4 に示す。

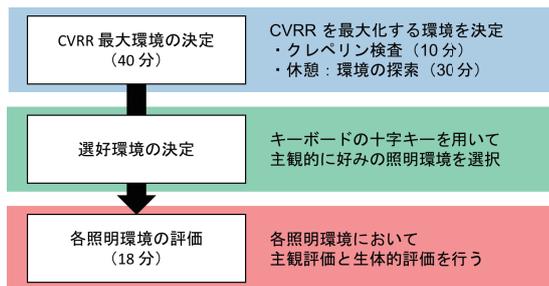


Fig. 4 実験手順

本実験では CVRR 最大環境と選好環境を決定した後、各照明環境の評価を行う。CVRR 最大環境を探索する際には、30分間システムを稼働することで CVRR 最大環境を決定する。選好環境は被験者がキーボードを用いて自身の主観的に好みの環境を探す。その後、各照明環境での評価を行う。各照明環境で5分間過ごした際の CVRR と主観評価を確認する。

### 4.3 生体情報によるシステムの評価

各照明環境での CVRR を Fig. 5 に示す。縦軸は大きいほど、より生体的にリラックスしていることを示す。

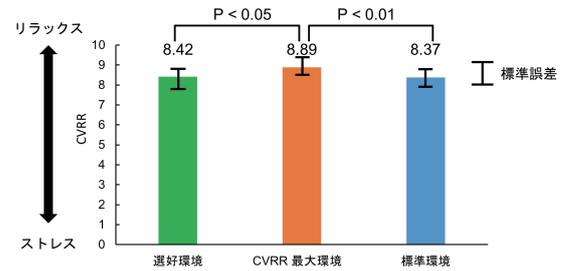


Fig. 5 CVRR の平均

Fig. 5 のように、生体情報による評価において CVRR 最大環境が最も高評価であることがわかる。また、Wilcoxon の符号付順位検定の結果、標準環境とは有意差1%で、選好環境とは有意差5%で差が見られた。

### 4.4 主観評価によるシステムの評価

各照明環境での主観評価を Fig. 6 に示す。縦軸は大きいほど、その照明環境が主観的に好みであることを示す。

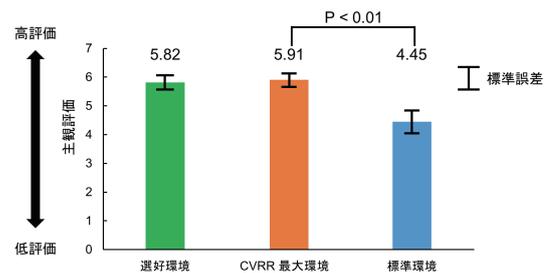


Fig. 6 主観評価の平均

Fig. 6 より、主観評価において CVRR 最大環境が最も高評価であることがわかる。また、Wilcoxon の符号付順位検定の結果、標準環境とは有意差1%で差が見られた。

## 5 まとめ

本研究では、心電図を活用し、人が生体的にリラックスできる照明環境を探索するシステムを構築した。実験により、本システムが提供した照明環境で主観的評価・生体的評価で共に最も高評価であることを示した。

## 参考文献

- 1) 高津浩彰, 宗像光男, 小関修, 横山清子, 渡辺興作, 高田和之, 心拍変動による精神ストレスの評価についての検討, 電気学会論文誌 C, pp.104-110(2000)