

心拍情報から得られる生理指標を用いた照明制御システムの基礎的検討

杉浦 創

Sou SUGIURA

1 はじめに

我々は複数の執務者が個別に選好する照度を実現しつつ、消費電力を抑える照明制御システムの提案及び、効果の実証を行っている¹⁾。現在、執務者の選好照度を実現するにあたり、執務者が自ら判断して照度の入力を行い、その照度を実現するといった制御方法をとっている。しかしこの選好照度は天候や体調などによって変化する可能性があり、一定照度のままだと、状況に応じた適切な照度を設定し忘れることが考えられる。そして仮にその度に照度を入力するとしても設定の手間を考えると利便性が低くなってしまおうという問題点がある。したがって執務者の選好照度を自動的に評価し、照度の設定を行うことを検討する。

2 心拍変動から得られる生理指標

心拍情報は心臓の拍動間隔の変動であり、この間隔を RRI という。心電図と RRI の図を Fig. 1 に示す。R 波が観測されるごとに RRI を取得していくことで RRI が時間的に変動していく様子が分かる。この変動は自律神経系の制御をうけた結果生じたものであり、人の心理状態を推定可能な特徴量として利用されている²⁾。具体的には RRI の平均や標準偏差、周波数スペクトル等の生理指標が算出され、これらを用いて心理状態が推定される。

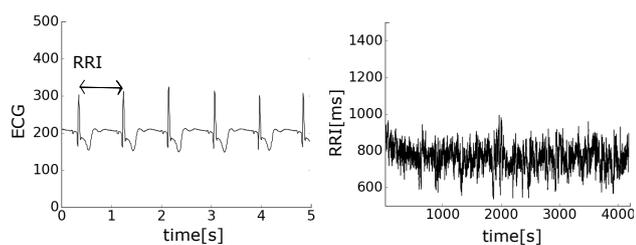


Fig. 1 心電図 (左) と RR 間隔 (右)

生理指標は数多く提案されているが、予備実験によってこれらの内変動係数 cv および平均心拍数 HR によって多くの心理状態を説明可能であることが明らかとなった。これらの生理指標は 4~5 分の RRI の変動データを用いて算出される。 cv は RRI の標準偏差を RRI の平均で割って 100 を掛けて算出する。 HR は観測された心拍数を 4~5 で割って 1 分間当たりの拍動の回数に直した値である。 HR は作業負荷・緊張の度合い (以下「緊張度」)、 cv は集中力の無さ (以下「散漫度」) の指標と

して一般的に利用されており、本研究においてもこれらの指標を用いる。

3 心拍情報を基に制御する照明システム

3.1 提案手法の構成

提案する照明システムは被験者に取り付けられた心拍センサとコンピュータと照明制御装置からなり、コンピュータは心拍センサから得られた心電図を取得し、照明の光度を決定する信号値を照明制御装置に送信する。心拍情報を基に制御する照明システムの構成を Fig. 2 に示す。

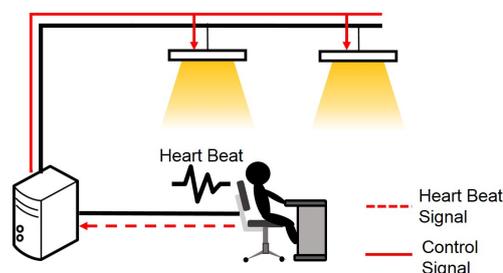


Fig. 2 心拍情報を用いた照明制御

3.2 提案手法の制御手順

次に心理状態を示す指標を基に散漫度および緊張度が小さい、執務者に快適な照度を実現させるための制御手順の検討を行う。提案する手法の制御手順を以下に示す。

1. 照明を初期光度で 250 秒間点灯させる。
2. 現在光度における変動係数 (cv) および平均心拍数 (HR) を取得する。
3. 後述する評価関数式 (1) に基づき、現在光度における評価値を計算する。
4. 次光度を生成し、次光度で点灯させる。
5. 次光度における cv および HR を取得する。
6. 次光度における評価値を計算する。
7. 評価関数の評価値が改良された場合は次光度を受理し、そうでない場合は元の光度に戻す。
8. 項目 (4) に戻る。

以上の項目 (4) ~ (8) を探索の 1 ステップ (約 5~10 秒) とし, この処理を繰り返すことで照度を変化させ, 執務に適した照度を実現する. また, このときに用いる評価関数を以下に示す.

$$f_i = \begin{cases} cv_i & (HR < T) \\ \frac{cv_i}{cv_{i-1}} + \frac{HR_i}{HR_{i-1}} & (HR \geq T) \end{cases} \quad (1)$$

cv_i : i ステップ目の変動係数 [%], HR_i : i ステップ目の平均心拍数, T : 平均心拍数のしきい値

この評価関数になるべく小さくなるように光度制御を行う. 具体的にはこの評価関数を用いて散漫度を下げようとする制御を行い, また執務者が緊張しているときに緊張度を下げる評価関数を設定した. しきい値が T 以上の値になった場合, 執務者に負荷がかかっているとみなして, 評価関数に HR の項を付け加えた評価関数を用いて HR が小さくなるような照明制御を行う. 各項を前ステップの値で割っているのは生理指標間の値の大きさの影響を小さくするためである. このようにその時の状況に応じて評価関数を切り替えることで照明の制御を行う.

4 提案手法の検証実験

4.1 本実験の概要

本実験は被験者は提案システム下と一定照度下で PC 作業を 30 分ずつ行い, その時の生理指標を比較し, 生産性の改善がなされたかの検証を行うことを目的としている. 提案するシステムについて心拍センサから得られた cv , HR を用いて照明制御実験を行い, cv , HR の値が照度の制御によってどのような影響を与えられたかをみる.

4.2 提案手法による照度の推移

本実験では被験者が 30 分ずつ提案手法による照明環境と, 選好照度一定の場合で PC 作業を行っている時の照度の比較を行った. 被験者の照度履歴を Fig. 3 に示す.

このように被験者 B の選好照度を最大で 150lx ほど上回っていることが分かる. しかし, 最大値付近で照度が上下していることが確認でき, 照度の上方硬直性が確認できる.

4.3 提案手法による生理指標の効果

生理指標を記録できた 3 名の被験者 A, B, C の変動係数 cv の平均を Table 1 に示す. いずれの被験者でも 30 分間の実験の比較で cv の平均が低くなっており, 散漫度が下がったため, 執務生産性の改善がみられたとい

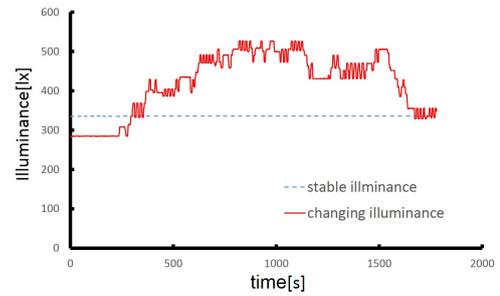


Fig. 3 照度履歴

える. これにより一定照度の場合より本提案手法を用いて照度を提供することで, より生産性に優れ, 照度センサを必要としない利便性の高い照明制御システムが期待できると考えられる.

Table 1 変動係数 cv [%] 平均

	subjectA	subjectB	subjectC
stable illuminance	8.509	5.519	5.693
changing illuminance	7.137	5.271	5.366

5 結論と今後の展望

以上の結果から提案システムにおいて変動係数 cv の改善の効果が若干見られ, 集中しやすい照度環境を提供できた. しかし照度を変化させる時間幅は 5~10 秒であったため, このわずかな時間に照明の影響を人が受けたかどうかは定かではない. 被験者の作業内容に依存して照度とは関係ないところで作業生産性の評価が行われていた可能性も十分にあると考えられる. また, この実験では cv , HR とも 4~5 分のデータを用いていることから生理指標が過去の影響を受けすぎてしまい, 現在の心理状態を反映していない可能性を考慮する必要がある. 本提案手法では, 評価関数のしきい値, 照明の光度制御間隔, 生理指標の算出に用いるデータ長を適切なものに設定せねばならない. 今後これらの変数を変えて検証を行うことでこのシステムの有効性はより明らかになるのではないかとと思われる.

参考文献

- 1) 三木光範, 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3(2007), pp.399-410.m
- 2) 横山清子, 高橋一誠, 心拍変動時系列による自動車運転時の主観的疲労感推定の基礎的検討, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J96-A No.11(2013), pp.756-762