

色彩環境下での心拍変動と作業能率との相関に関する検討

神田 尚子 佐久間 大輝 吉永 努 入江 英嗣*

概要. 我々は、心拍変動からユーザの作業能率を予測した結果に基づいて、リアルタイムに作業環境の色彩を変換し、作業能率を向上させるシステムを提案する。本提案では、従来指摘されているような、心拍変動と作業能率の相関、色彩と心拍変動の相関を利用し、ユーザの心拍変動を望ましい状態へ促すように色彩を変更する。このようなフィードバックのため、心拍変動と作業能率の相関を検証した。加えて、赤、緑、青の色彩環境について作業能率の時間変化、および心拍変動を観察した。実験では、HF 成分、LF/HF 比とクレペリン検査の成績の相関について試行毎のばらつきが大きく、一定の傾向とはならなかったが、フィードバックに利用できると思われる傾向が見られた。

1 はじめに

近年、生体情報を手軽に計測できるウェアラブルデバイスの利用が広がっている。また、色彩環境は人間に心理的・生理的な影響を与えるものとし、心拍変動・作業能率の相関について研究が進められている [1][2]。

我々はこの二点に着目し、心拍変動解析の結果からユーザの作業能率をリアルタイムに推定し、その状況に応じたフィードバックを行うシステムを提案する。ユーザの心拍変動を作業能率が上昇するように色彩環境を動的に変更する(図 1)。図 1 中の②を実装するためには心拍変動から作業能率を推測する必要がある。③には、加えてユーザの作業能率の上昇に効果的に働く色彩環境を調査する必要がある。

本稿では、この二つを実装するために検証実験を行った。赤、緑、青の色彩環境下での作業中のユーザの作業能率・心拍間隔を取得し、作業成績と心拍変動解析の結果との相関係数を求め、議論した。

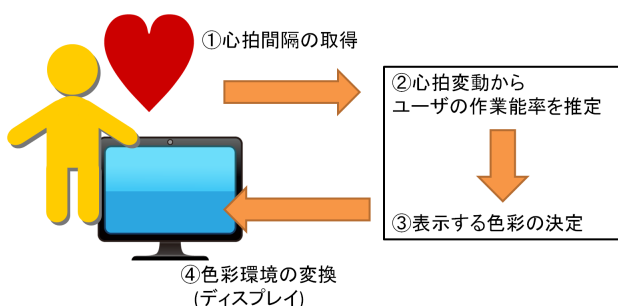


図 1. システム概略

2 心拍間隔の取得・解析

2.1 測定機器

心拍間隔の測定には、GARMIN 社のプレミアムハートレートモニターを使用する。このデバイスは胸部に巻くタイプの測定器であるため、作業中の被験者に負担をかけずに心拍変化を計測することが可能である。

取得した心拍間隔を補正 (2.3 にて後述) し、スプライン補間を行った上でウェーブレット変換による周波数解析を行うことにより、副交感神経と交感神経の賦活度の時間変動を解析することが可能である。

2.2 ウェーブレット変換による心拍変動解析

0.06Hz~0.15Hz のパワーの総和を LF 成分 (低周波成分)、0.15Hz 以上~0.475Hz のパワーの総和を HF 成分 (高周波成分) とし、ウェーブレット変換を用いて、1 秒ごとの HF 成分、LF/HF 比を求める。これにより、HF 成分からは交感神経の賦活度について、LF/HF 比からは副交感神経と交感神経の賦活度についての時間変化を処理することが可能となる。

2.3 心拍間隔の補正

ハートレートモニターは、HF 成分、LF/HF 比の値に著しい異常値を引き起こす値を発信することがある。この値は、心拍間隔として誤った値である。

正しい値のみを得るために、スプライン補間を行う前に、データに対して心拍間隔の補正を行った。まず、450~1250 を除く値は全て除去した。次に、前後の値と 400 以上差がある値の除去と、150 以上差がある値の除去を、補正対象の値がなくなるまで交互に行った。

以上により、誤った値が多いデータであっても、異常値が出ることなく解析することが可能となった。

Copyright is held by the author(s).

* Naoko Kanda, Daiki Sakuma, Tsutomu Yoshinaga and Hidetsugu Irie, 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報ネットワークシステム学専攻

3 実験方法

赤, 緑, 青の色彩環境における作業中の心拍変動・作業能率を取得するために, 実験を行った。

20代の健常な男性4人(A, B, C, D)を被験者とし, 2回実験を行った。5分間閉眼状態・座位姿勢を保ち心拍を安定させた後に開眼させ, 赤, 緑, 青の3つの色彩環境において, 座位姿勢で内田クレペリンテストを行い, 心拍間隔と成績を取得した。

3.1 実験色

実験色として, 赤, 緑, 青の3色を選択し, 色彩環境としてディスプレイと答案用紙に適用した。

赤はLF/HF比を上げ, 青は下げる, とされているため[3], 採用した。緑については, 色彩心理学においてストレスを和らげリラックスする色とされるため, HF成分の上昇が見られることを期待して選択した。

3.2 内田クレペリンテスト

作業能率を時間経過と共に数値化する手段として, 内田クレペリンテストを使用する。このテストは, 1~9までの数を並べ, 隣同士の数を演算する計算を行うものであり, 作業者の作業能率の時間変移をみる手段として広く使われている。

今回の実験では, 1分を単位として4回, 休憩を挟まない4分間実施し, 作業能率の数値化として正答数を計測した。

3.3 色彩環境の構築

ディスプレイに表示する色と答案用紙の色を実験色で統一し, 色彩環境を構築した。実験色が視界に環境色として入るようになるために, 被験者の正面にディスプレイを設置し, ディスプレイと被験者を白い箱で覆い実験色が反射するようにした。WebセーフカラーのうちHTML3.2で色名が定義されている, Red(FF0000), Green(008000), Blue(0000FF)の3色を使用した。答案用紙には, 実験色3色に対応したコピー用紙を使用した。

4 結果

被験者ごと(A,B,C,Dとする), 実験色ごとのHF成分・LF/HF比の1分ごとの平均と, 正答数との相関係数を表1に1回目と2回目についてそれぞれ示す。

HF成分は副交感神経の賦活度を, LF/HF比は交感神経の賦活度を示し, 正答数は作業能率を示す。このため, 正答数との相関について, リラックスを示すHF成分とは負の相関が, 集中を示すLF/HF比からは正の相関がみられると見込んでいた。24データのうち, HF成分については9つに負の相関(54%)が, LF/HF比については13に正の相関(38%)が見

られたことになり, 全体としては見込み通りの相関は見られなかった。しかし, 個人の色ごとの結果をみると, 被験者Dの色環境-赤, 緑は, 見込み通りの正負の相関がみられた。これにより, 実験の回数を重ねることで, 心拍変動から作業能率を推測できる可能性があり, 色彩環境ごとの心拍変動と作業能率の相関性の強さを得られる可能性もある。

表 1. HF成分, LF/HF比の平均と正答数との相関係数

	HF-1	HF-2	LF/HF-1	LF/HF-2
A-Red	0.72	0.63	0.70	0.09
A-Green	0.81	0.58	0.76	-0.61
A-Blue	-0.90	0.01	-0.88	-0.20
B-Red	0.45	0.25	-0.47	-0.16
B-Green	-0.70	0.57	-0.13	0.34
B-Blue	0.41	-0.32	0.40	0.88
C-Red	0.68	0.96	0.28	0.11
C-Green	0.79	0.56	-0.14	-0.26
C-Blue	0.98	-0.58	-0.56	0.89
D-Red	-0.85	-0.58	0.74	0.27
D-Green	-0.84	-0.69	0.08	0.14
D-Blue	-0.57	0.49	-0.53	-0.70

5 まとめ

提案システムの状況推定, フィードバック部分の実装のために, 3の色彩環境で心拍変動と作業能率の相関について計測した。結果, 全体としては統一された傾向は見られなかった。しかし, 1人の被験者の2の環境色について見込み通りの相関が得られたため, 心拍変動と作業能率の相関を取ることができ, 色彩環境ごとの違いをみることもできる可能性もある。

今後, 色彩環境における作業能率を心拍変動からみるために, 試行回数を十分に増加させる, 内田クレペリンテストの実施時間を長くするなどして, より詳細な調査を行い, フィードバックシステムへの組み込みを行なっていく。

参考文献

- [1] 鳥谷部 達 斎藤 兆古 加藤 千恵子. 心拍変動を用いた色彩環境の心身に与える影響の解析—性格特性・嗜好による個人差の測定—. 第36回 可視化情報学会, pp. 143-146, 2008.
- [2] 水野谷 梯子 田口 亮. 色彩環境が心理と作業能率に及ぼす影響に関する検討. 電子情報通信学会技術研究報告. SIS, スマートインフォメディアシステム 110(445), pp. 23-26, 2011.
- [3] 佐藤 都也子 深澤 奏子. 健康な成人が色彩にもつイメージと生理的反応. 山梨大学看護学会誌 Vol.8 no.1, pp. 23-27, 2009.