

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季節、天候、時間帯などによって変化する可能性があり、その度に照度を入力する必要があり、利便性を低くしている。したがって執務者の選好照度を定量的に評価し、生体情報を基に自動的に目標照度の設定を行う手法を検討する。今回は心拍情報を用いて人の集中度や緊張感・ストレス等の精神状態を推測し、これらに対応する生理指標の検討を行い、目標照度設定に有効である生理指標の探索を行う。

2 心拍変動から得られる生理指標

心拍変動は自律神経系の交感神経と副交感神経による調整を受けて、その間隔に変動が生じたものである。心臓の周りの電位を計測したものが心電図であり、周期的な波形を形成する。Fig. 1 に心電図の例を示す。また、心電図の最も電位が高い地点を R 波といい、この間隔を RR 間隔という。RR 間隔は R 波を検出した時点とその一つ前の R 波との時間間隔であり、不等間隔のデータである。データを扱う上で各生理指標の値の時間的変化を同期させ、比較を行うために RR 間隔を 3 次のスプライン補間を施したうえで再サンプリングを行い、データを等間隔化した RR 間隔を生理指標として用いる。

RR 間隔から得られる生理指標は時間領域の解析と周波数領域の解析に分類される。時間領域の解析として、

- 心拍数: ストレスの強さ^{2) 3)}
- RR 間隔分散: 自律神経全体の働きの強さ^{2) 3)}

が挙げられる。なお今回用いる RR 間隔の分散はある時点から 128 時点前のデータを用いて分散を計算してその時点の分散値として求めた。

また周波数領域の解析として、RR 間隔を高速

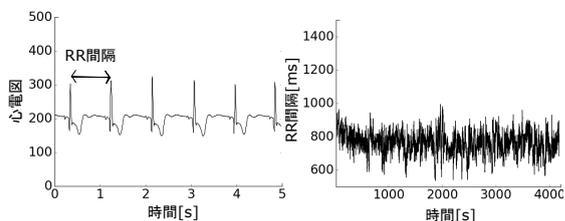


Fig.1 心電図 (左) と RR 間隔 (右)

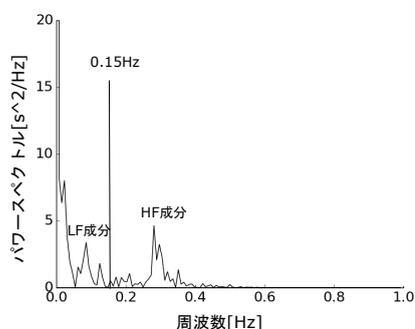


Fig.2 RR 間隔のパワースペクトル

フーリエ変換 (FFT) しその結果得られたパワースペクトルの低周波数領域 (0.04~0.15Hz) の積分値 LF, 同じく高周波数領域 (0.15~0.40Hz) の積分値 HF を用いて表された,

- LF/HF: 交感神経の働きの強さ⁴⁾
- HF: 眠気, 副交感神経の働きの強さ^{4) 5)}

が生理指標としてよく用いられる。RR 間隔のパワースペクトルを Fig. 2 に示す。サンプルは RR 間隔分散値との比較のため、ある時点の前の 128 点とし、各ステップごと (約 0.5 秒) に FFT を施して、値の更新を行う。

3 生理指標の検証

3.1 計算課題を行った場合の生理指標取得実験

生理指標のなかで、その人の精神状態を最も反映する指標はどれかを検証するために実験を行った。実験は KC111 で行い、12:00~17:00 の時間帯に行った。気温は $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度は $60\% \pm 5\%$ 設定し、机上面照度を 700lx として実験を行った。計算作業を行う場合、集中力を要すると考え、この

作業をしているときの生理指標を取得し、これを評価することにした。また、比較として計算作業の間に休憩時間を挟んで、そのときの生理指標との比較を行った。適応時間のうち、10分間の休憩、同じく10分の計算量の少ない計算課題を実施し、その後休憩を10分と最後に計算量の多い計算課題を行った場合のRR間隔分散をFig. 3に示す。

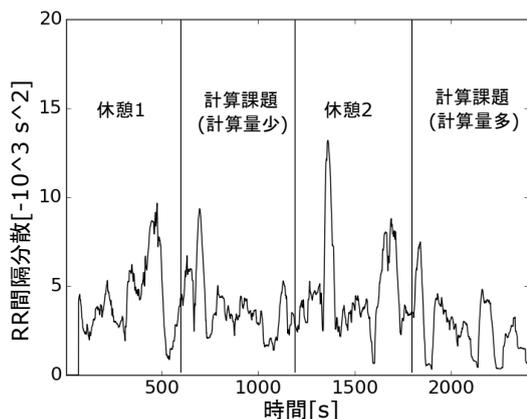


Fig.3 計算課題中のRR間隔分散値

この実験において、各10分間のサンプルのRR間隔の分散についてF検定(有意水準1%)を行った。その結果、計算量が多かった作業と比較したとき、計算量が少ないとき、1, 2回目の休憩のときと有意な差を検出した。またこの実験における生理指標の相関係数をTable 1に示す

Table1 生理指標間の相関係数

生理指標	心拍数	RR間隔分散	LF/HF	HF
心拍数	1	-0.06433	0.071286	-0.24852
RR間隔分散		1	0.355782	0.440267
LF/HF			1	-0.28021
HF				1

したがって、RR間隔の分散は集中力を要する場合に、その指標が有意に低くなることが示された。また生理指標の相関係数からRR間隔分散と大きな負の相関がみられる指標はなかった。特徴的な点として、心拍数との相関が低いことが示された。

3.2 照度と生理指標の対応

計算課題の実験より有効であると判断されたRR間隔分散を基準として各照度における生理指標の関係を検証する。計算課題を行った実験と同様の環境にて、照度を2000lx, 700lx, 100lxの順に変化さ

せ、それぞれ20分間のパソコン作業を行ったときの、各生理指標とRR間隔分散の相関係数をTable 2に示す。

Table2 RR間隔分散との相関係数

	2000lx	700lx	100lx
心拍数	0.140742	-0.09012	0.058252
LF/HF	0.029161	0.46895	0.072262
HF	0.681115	0.68391	0.524941

実験の結果、RR間隔の分散と心拍数の相関係数が低く、計算作業を行った実験と同様にこれらの変数を独立した指標として扱うことができる可能性が示された。

4 結論と今後の研究方針

計算課題の結果より、緊張かつ集中した状態においてRR間隔の分散が休憩時に比べ有意に低くなったことから、自律神経の総体的な働きの強さを反映するRR間隔の分散が集中力の指標として有効である可能性が示された。また、RR間隔の分散値と心拍数の相関が小さいことからこれらの指標を独立なものとして扱うことができるのではないかと考えられる。

今後は本検証を裏付けるために、生理指標の妥当性を検証しつつ、RR間隔分散値を基準とした生理指標とヒトの精神状態の対応を定式化する。最終的には照明の照度・色温度によってヒトの生理指標を制御することで快適な照明環境を実現させるためのシステムの検討を行う。

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) 松本佳昭, 森信彰, 三田尻涼, 江鐘偉, 心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究, ライフサポート学会 vol.22 No.3(2010)
- 3) 吉田豊, 横山清子, 石井直宏, 心拍変動時系列を用いた生体状態の実時間連続判定手法, IEEJ Trans.EIS, Vol. 126, No.12(2006)
- 4) 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
- 5) 高田晴子, 高田幹夫, 金山愛, 心拍変動周波数解析のLF成分・HF成分と心拍変動係数の意義-加速度脈波測定システムによる自律神経機能評価- 総合健診学会 Vol.32, No.6(2005)