

約 10 万件の大量の心拍変動データに基づく 自律神経機能の日内変動について

駒澤真人^{1,2} 板生研一^{2,3} 羅志偉¹

1 神戸大学大学院システム情報学研究所 〒657-0013 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1

2 WIN フロンティア株式会社 〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 新有楽町ビル 247

3 順天堂大学医学部 〒113-8431 東京都文京区本郷 3-1-3

概要

本研究では、著者らが先行研究で開発した、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムを利用して、約 10 万件の大量の心拍変動データから自律神経機能の日内変動に関して調査した。その結果、明け方に自律神経の活動量であるトータルパワー及び、交感神経機能が上昇する傾向がみられた。また、夜にかけて、交感神経機能が抑制されリラックスする傾向がみられた。これらの結果は、先行研究での自律神経機能の日内変動と一致する傾向となった。

キーワード: 心拍変動解析, 自律神経機能, 交感神経, 副交感神経, トータルパワー, 日内変動, 曜日変動, スマートフォン, カメラ, 輝度

背景と目的

現代はストレス社会と言われて久しいが、過度のストレスを長期間にわたって受け続けると、自律神経系や副腎皮質ホルモンなどの内分泌系にも変調を来すことが明らかになっている[1]。この自律神経系は、緊張・興奮を司る交感神経活動と、リラックスを司る副交感神経活動がバランスよく機能することで身体をコントロールしていると言われていた。そのため、自律神経の状態を日常的に日々把握することは自己管理をする上でも非常に重要であるといえる。

そこで先行研究で著者らは、一般に市販されているスマートフォンを用い、端末のカメラに指先を約 30 秒強という短時間当てることで、血流の輝度変化から脈波波形のピーク間隔を検出し、心拍変動解析を実施することで、自律神経の傾向を日常的に簡便に測定できるシステムを開発した[2]。

当システムは、Apple Inc.の iPhone アプリ[3]及び、Google Inc.の Android アプリ[4]として無料でリリースしており、実用的に多くの方に利用されている。

本研究では、蓄積された約 10 万件の大量の心拍変動データに基づき、自律神経機能の日内変動について調査した。先行研究では、心電計を利用して 24 時間の自律神経のリズムを研究したものがあ[5]、被験者は多くて数十人に留まっており、大量の測定データで分析した例はほとんどない。

そこで本研究では、27,307 名(男性:6,394 名, 女性:20,913 名)の全 130,638 の心拍変動データに基づき、自律神経と日内変動との関係について分析した。

方法

本研究では、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システム[1]を利用した。使用したシステムでは、スマートフォンのカメラ部分に指先を当て、皮膚の血流の輝度を連続的に取得することで、輝度の変化から脈波波形を推定し、その脈波波形から検出されたピーク間隔 (RR 間隔に相当) のゆらぎを周波数解析し、自律神経指標を算出している。

また、周波数解析手法は論文[6]の手順に則り、0.04Hz~0.15Hz を低周波成分(LF)、0.15Hz~0.4Hz を高周波成分(HF)として算出している。LF/HF の値は

交感神経機能の指標として用いられ、緊張、興奮、ストレスを表す指標として用いられている[6]。また、LF と HF の総和はトータルパワー (TP) と呼ばれ、自律神経の活動量を表す指標とされている[6]。このトータルパワーは疲労と相関しているといわれ、値が小さいほど疲労が溜まっている状態を示すとされている[7]。

本論文では、27,307 名(男性:6,394 名, 女性:20,913)による自律神経データに基づき分析をおこなった。測定データの利用に関しては、WIN フロンティア株式会社の倫理規定に基づき測定者の同意を得ている。

表 1 に、測定者の年代と性別を示す。本研究の統計処理は、IBM SPSS Statics Version22 を使用した。また、検定の有意水準は 5%とした。

表 1 測定者の年代と性別

年代	男性	女性	合計
10代	1,058	9,448	10,506
20代	1,433	7,621	9,054
30代	1,342	1,856	3,198
40代	1,406	1,404	2,810
50代	884	528	1,412
60代以上	271	56	327
合計	6,394	20,913	27,307

トータルパワーの日内変動について

本項では、自律神経機能のトータルパワーと日内変動との関係を調査した。ここでは、1 日を 3 時間毎に 8 区間に区切り分析をおこなった。本分析で用いた測定データの内容を表 2 に示す。

表 2 時間帯毎の測定データ数

時間帯	男性	女性	合計
0時~3時	3,428	10,617	14,045
3時~6時	1,295	2,949	4,244
6時~9時	4,716	8,653	13,369
9時~12時	4,267	9,323	13,590
12時~15時	5,064	10,516	15,580
15時~18時	4,862	10,776	15,638
18時~21時	6,195	16,617	22,812
21時~24時	8,203	23,167	31,370
合計	38,030	92,618	130,648

自律神経の活動指標であるトータルパワーを対数化すると、正規性が高まると言われているため[8]、各測定データのトータルパワーを対数変換 (LnTP) した。

次に、3 時間毎に 8 グループに分類し、グループ間の差を調べるために、Games-Howell の手法により多重比較をおこなった。

その結果を図 1 に示す。その結果、早朝の 3 時～6 時で、トータルパワーが有意に上昇する傾向がみられた ($p<0.01$)。これらの傾向は、男女別でも同様な傾向がみられた。先行研究では、自律神経機能の日内変動により、明け方の起床前や起床後で自律神経のトータルパワーが高まる傾向がみられており[5]、本研究での結果と一致する傾向がみられた。

また、副腎疲労と相関があるといわれる唾液コルチゾールは、早朝に最高値となり、夜間に最低値となる日内変動を示すといわれているが[9]、疲労と相関しているといわれる自律神経のトータルパワー[7]の日内変動と、概ね一致する傾向がみられた。

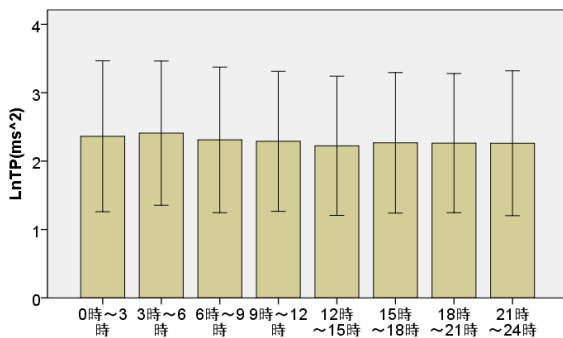


図 1 LnTP と時間帯との関係

LF/HF の日内変動について

本項では、自律神経機能の交感神経活動と日内変動との関係を調査した。交感神経機能の指標である LF/HF を対数化すると、正規性が高まると言われているため[8]、各測定データの LF/HF を対数変換 (LnLF/HF) し、Games-Howell の手法により多重比較をおこなった。その結果を図 2 及に示す。

その結果、早朝は交感神経機能が有意に上昇する傾向がみられ、夜になるほど交感神経機能が抑制される傾向がみられた。これらの傾向は、男女別でも同様な傾向がみられた ($p<0.01$)。

先行研究では、自律神経機能の日内変動により、朝から昼間にかけては交感神経機能が高くなり、逆に夜にかけて感神経機能が抑制される傾向がみられており[5]、本研究での結果と一致する傾向がみられた。

結論

本研究では、著者らが先行研究で開発した、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムを利用して[1]、約 10 万件の大量の心拍変動データから自律神経機能の日内変動について調査した。

その結果、明け方に自律神経の活動量であるトータルパワー及び、交感神経機能が上昇する傾向がみられ

た。また、夜にかけて、交感神経機能が抑制されリラックスする傾向がみられた。これらの結果は、先行研究での自律神経機能の日内変動と一致する傾向となった。本研究では、一般の被験者を対象として、他に類をみない約 10 万件にのぼる大量の測定データから、上記のような傾向がみられたことは非常に有益であると考えられる。

今後の展開

今後の展開としては、スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システム[1]にて、日々蓄積される自律神経のビックデータを基に、以下の項目に関して研究を進め、日常生活における自律神経機能について評価を進めていきたいと考えている。

- 自律神経機能と気温との関係
- 自律神経機能と気圧との関係
- 自律神経機能と季節変動との関係

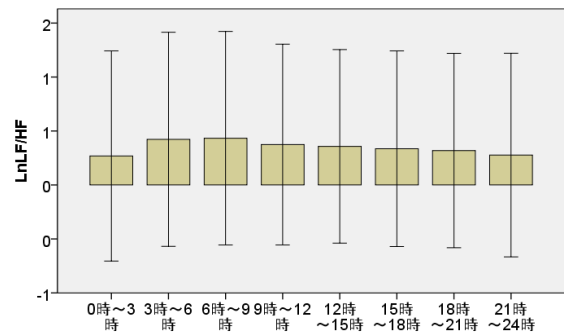


図 2 LnLF/HF と時間帯との関係

参考文献

[1]Tatsushi Onaka, Stress and its neural mechanisms. Journal of Pharmacological Sciences 2005 ; 126(3) : 170-173
 [2] 駒澤真人, 板生研一, 羅志偉: “スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムの開発,” 第 20 回人間情報学会ポスター発表集, pp. 19 - 20, 2015 年
 [3]WIN フロンティア株式会社, “COCOLOLO-心拍のゆらぎで 8 タイプのキモチをチェック-” , <https://itunes.apple.com/jp/app/cocololo-cafe-kimochishea/id973325431?mt=8&ign-mpt=uo%3D4>
 [4]WIN フロンティア株式会社, “COCOLOLO♥ココロ畑-心拍のゆらぎでストレスチェック-” , <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.winfrontier.COLOLOLO&hl=ja>
 [5] 清水徹男 (2008) 24 時間の自律神経活動リズム, 生体医学 46(2), 154-159, 2008 , Japanese Society for Medical and Biological Engineering
 [6] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation, 93, 1043-1065.
 [7]倉恒弘彦. 自律神経異常を伴い慢性的な疲労を訴える患者に対する客観的な疲労診断法の確立と慢性疲労診断指針の作成 厚生労働科学研究障害者対策総合研究事業 (精神の障害/神経・筋疾患分野)平成 21-23 年度総合研究報告書 pp1-pp114, 2011 年 3 月
 [8] Yukishita T, Lee K, Kim S, Yumoto Y, Kobayashi A, Shirasawa T, Kobayashi H: Age and sex-dependent alterations in heart rate variability: profiling the characteristics of men and women in their 30s. Anti-Aging Medicine 7: 94-100, 2010
 [9]石田直理雄, 本間研一編集: 時間生物学. 東京. 朝倉書店. 2-9(2008).