大量の心拍変動データに基づく自律神経機能と気象との関係

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科　〒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 20 万件の大量の心拍変動データから自律神経機能と気象との関係を調査した．
自律神経機能と気温との関係では，気温が高いほど自律神経の交感神経機能が有意に低下する傾向がみられた．また，自律神経機能と気圧との関係では，気圧が高いほど，自律神経の交感神経機能が有意に上昇する傾向がみられた．これらの結果は，先行研究及び人間の生理現象とも一致する傾向がみられ，約 20 万件にも及ぶ自律神経の測定データから統計的に裏付けることができた．

キーワード：心拍変動解析，自律神経機能，大量データ，気象

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る．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 20 万件の大量の心拍変動データに基づき，自律神経機能と気象との関係について調査した．

先行研究では，気象の一要素である気温と生体の関連についての研究は比較的多い[5],[6]が，気圧の変動が生体に及ぼす影響に関する研究は少ない．また，どれも対象の被験者が少なく，数十万件のビックデータを用いて，自律神経機能と気象との関係について調査した論文は今までにないのが現状である．

そこで本研究では，53,800 名（男性：17,474 名，女性：36,326）の全 241,185 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[2]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[7]の手順に則り，0.04Hz～0.15Hz を低周波数成分(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[7].

本論文では, 53,800 名（男性：17,474 名, 女性：36,326）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	1,890	6,333	8,223
20代	2,530	8,746	11,276
30代	2,326	4,862	7,188
40代	4,584	8,723	13,307
50代	4,633	6,524	11,157
60代以上	1,511	1,138	2,649
合計	17,474	36,326	53,800

自律神経機能と気温との関係

本項では, 自律神経機能と気温との関係を調査した．平均気温データは気象庁の HP よりダウンロード[8]し，測定日及び都道府県情報をキーに気象情報の測定値（政令指定都市）の情報と付きあわせている．

ここでは，夏日[9]と呼ばれる 25 度を境に，25 度未満と 25 度以上で測定データを分離した. 気温毎の測定データ数を表 2 に示す．

また，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[10]，各測定データの LF/HF を対数変換（LnLF/HF）し，2 つの母平均の差の検定をおこなった．結果を表 3 及び図 1 に示す．

表 2　気温毎の測定データ数

温度	男性	女性	合計
25度未満	74,100	150,767	224,867
25度以上	3,818	12,500	16,318
合計	77,918	163,267	241,185

表 3　LnLF/HF と気温との T 検定結果

グループ統計量

	temparature_flag	度数	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差
LnLF/HF	25度未満	224867	.4172882519	.9265813055	.0019539825
	25度以上	16318	.3742237339	.8923584051	.0069856344

		等分散性のための Levene の検定	
		F	有意確率
LnLF/HF	等分散が仮定されている	32.266	.000
	等分散が仮定されていない		

独立サンプルの検定

2 つの母平均の差の検定						
					差の 95% 信頼区間	
t	df	有意確率 (両側)	平均値の差	差の標準誤差	下限	上限
5.747	241183	.000	.0430645180	.0074936701	.0283771254	.0577519105
5.937	18961.751	.000	.0430645180	.0072537670	.0288464883	.0572825476

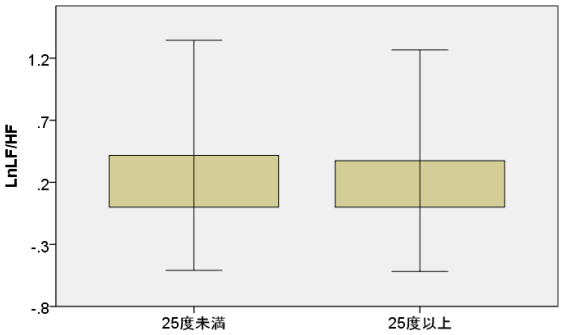

図 1　LnLF/HF と気温との関係

その結果，気温が高いほど交感神経機能が有意に低下する傾向がみられた（有意確率 ＜ 有意水準 0.05）.

一般的に，寒いときは交感神経の作用によって，血管が収縮し，体温の放散を防ぎ，暑いときは副交感神経の作用によって血管が拡張し，発汗を促して体温を下げる働きをすると言われている[11].

その為，本研究結果は人間の生理現象である自律神経の対寒，対暑反応と同様な傾向がみられ，約 20 万件にも及ぶ自律神経の測定データから統計的に裏付けることができた.

自律神経機能と気圧との関係

本項では，自律神経機能と気圧との関係を調査した．平均気圧データは気象庁の HP よりダウンロード[8]し，測定日及び都道府県情報をキーに気象情報の測定値（政令指定都市）の情報と付きあわせている.

ここでは，1 気圧は 1013hPa を境に，1013Hpa 未満と 1013Hpa 以上で測定データを分離した．気圧毎の測定データ数を表 4 に示す.

各測定データの LF/HF を対数変換（LnLF/HF）し，2 つの母平均の差の検定をおこなった．結果を表 5 及び図 2 に示す.

その結果，気圧が高いほど交感神経機能が有意に上昇する傾向がみられた（有意確率 ＜ 有意水準 0.05）. 先行研究によると，天候不順に関連した低気圧下では，徐脈，顆粒球減少，リンパ球増多，尿中アドレナリン減少，など，副交感神経活動が高まり，体がだるく，滅入った気分になり[12],[13]，良好な天気に関連した高気圧は，線条体のドパミン放出亢進，末梢カテコールアミン分泌亢進，顆粒球増多，など，交感神経活動が高まり，心地よい気分になるという報告がある[12],[14].

このように，本研究結果は先行研究の結果と同様な傾向を示すことができ，約 20 万件にも及ぶ自律神経の測定データから統計的に裏付けることができた.

表 4　気圧毎の測定データ数

気圧	男性	女性	合計
1013Hpa未満	40,984	87,558	128,542
1013Hpa以上	36,934	75,709	112,643
合計	77,918	163,267	241,185

表 5　LnLF/HF と気圧との T 検定結果

グループ統計量

	HPA_flag	度数	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差
LnLF/HF	1013Hpa未満	128542	.4008291866	.9162541925	.0025556033
	1013Hpa以上	112643	.4298319019	.9333033656	.0027808062

		等分散性のための Levene の検定	
		F	有意確率
LnLF/HF	等分散が仮定されている	32.387	.000
	等分散が仮定されていない		

独立サンプルの検定

2 つの母平均の差の検定						
					差の 95% 信頼区間	
t	df	有意確率 (両側)	平均値の差	差の標準誤差	下限	上限
-7.689	241183	.000	-.029002715	.0037721832	-.036396093	-.021609337
-7.679	235841.097	.000	-.029002715	.0037767700	-.036405084	-.021600346

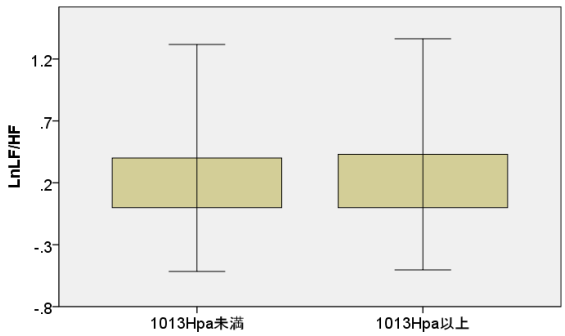

図 2　LnLF/HF と気圧との関係

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[2]，約 20 万件の大量の心拍変動データから自律神経機能と気象との関係を調査した.

自律神経機能と気温との関係では，気温が高いほど自律神経の交感神経機能が有意に低下する傾向がみられた．また，自律神経機能と気圧との関係では，気圧が高いほど，自律神経の交感神経機能が有意に上昇する傾向がみられた．

これらの結果は，先行研究及び人間の生理現象とも一致する傾向がみられ, 約 20 万件にも及ぶ自律神経の測定データから統計的に裏付けることができた．

現在，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[2]，日々数万件の自律神経データが蓄積されている. そのため, 今後の展開としては，より詳細な項目における，日常の自律神経機能の評価を進めたいと考えている．

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♥ココロ炉-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.COCOLOLO&hl=ja

[5] Masahiro Okada・Masayuki Kakehashi : Effects of outdoor temperature on changes in physiological variables before and after lunch in healthy women Int J Biometeorol Mar 6 2014 doi: 10.1007/s00484-014-0800-1

[6] Cizao Ren*, Marie S. O'Neill, Sung Kyun Park, David Sparrow, Pantel Vokonas, and Joel Schwartz, "Ambient Temperature, Air Pollution, and Heart Rate Variability in an Aging Population," Am. J. Epidemiol. (2011) 173 (9): 1013-1021. doi: 10.1093/aje/kwq477

[7] 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.

[8] 気象庁, http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/

[9] 気象庁，http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/yougo_hp/kion.html

[10] 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

[11] 小林弘幸著：なぜ，「これ」は健康にいいのか？　サンマーク出版

[12] Fukuda M., Moroda T., Toyabe S., Iiai T., Kawachi Y., Takahashi H., Iwanaga T., Okada M., Abo T. Granulocytosis induced by increasing sympathetic nerve activity contributes to the incidence of acute appendicitis. Biomedical Res.(1996), 17, 2, 171-181.

[13] 行岡正雄,七川歓次,行岡千佳子他．気圧の変動が関節リウマチの自律神経に及ぼす影響．臨床リウマチ．2010.9

[14] Fechtali T, Abraini JH, Kriem B, Rostain JC. Pressure increases de novo synthesized striatal dopamine release in free-moving rats. Neuroreport, 1994;5:725-728.