

心拍変動スペクトル解析によるパジャマの着用快適感に関する検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/9555

心拍変動スペクトル解析による パジャマの着用快適感に関する検討

金沢大学 松平光男
高野成子
ダイワボウ(株) 麻生典雄

1. 緒言

衣服の快適性に関しては、既に多くの研究報告があるが¹⁻³⁾、いずれも定性的研究あるいは一部の現象のみに関する定量的研究であり、人が感じる快適性を客観的に定量化した研究は少ない。最近、快適感を生理学的に客観評価すべく、血流量測定⁴⁾、脳波測定^{5, 6)}、筋電図測定⁷⁾、等が検討されているが、再現性や信頼性の点、あるいは測定や解釈の困難性の点で、必ずしも満足できる結果は得られていないと考えられる。一方最近では、快適性をうたい文句にした各種機能性繊維が多数開発されており、衣服の着用快適性を客観的に判定可能な、何らかの方法や指標が必要とされている。

本研究では、人の心拍変動をスペクトル解析し、快適なパジャマ着用時と不快なパジャマ着用時のパワースペクトルを比較検討することにより、それが衣服の着用快適感の客観的な指標となりうるかどうかを検討する。

2. 実験

2-1 試料

着用に供したパジャマは、快適なパジャマ1点、不快な(ちくちくする)パジャマ1点で、その概略をTable 1に示す。これらのパジャマは、快適性客観評価式の開発のために作成した婦人秋冬用パジャマ合計12点の中から選び出した、最も快適と感じたパジャマと最も不快と感じたパジャマである⁸⁾。最も不快であるパジャマは、着用時にちくちくする点で被験者12名全員が一致して最も不快であると選んだパジャマであり、最も快適であるパジャマは、被験者12名のうち数名が最も快適であると選んだパジャマ数点の中から、最も不快なパジャマと布地の保温率が同程度(サーモラボII⁹⁾)で測定したドライコンタクト法¹⁰⁾による結果)であり、温熱的に差が小さいと思われたパジャマである。これらは女性用L寸のパジャマ(長袖、衿付きシャツタイプ、長ズボン)であり、被験者1人が着用後は洗濯して次の実験に供した。

2-2 実験方法

パジャマ着用時の心拍数の測定は(株)GMS社製のメモリー心拍計(LRR-03)を用い、健康な女子学生11名(年齢:20~22歳)を対象に、Fig.1に示すように、左乳房下(+), 胸骨上(-), 右乳房下(アース)の3点に電極をセットして、23±0.5℃, 65±5%RH条件下の恒温恒湿室内で行った。測定中は安静を維持したが、ちくちく感は不動状態では薄れてしまうため、快適パジャマ着用時も不快パジャマ着用時も、約5分ごとにベッドの上で座っている状態と横になっている

Table 1 Outlines of Best and Worst Fabrics for Women's Autumn/Winter Pajamas

Name of Fabric	Density(/m)		Counts(tex) Warp/weft	Structure	Fiber* (%)	Thickness** (mm)	Weight (g/m ²)
	Warp	Weft					
Best: Selpy	3150	1890	18.5/18.5	Plain	C:70,P:30	0.844	142.7
Worst:Herringbone	2680	2130	40.7/45.8	2/2-Twill	W:100	0.744	211.3

*C:cotton, P:polyester, W:wool. **Thickness is measured at the pressure 0.5 gf/cm²

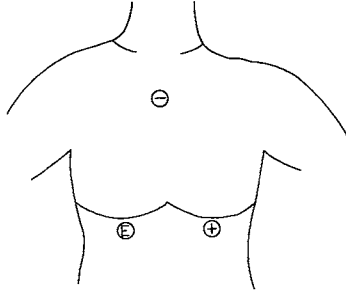


Fig.1 Three positions of the electrode to measure heart rate variation.

状態を交互に繰り返すことによって身体を動かし、合計1時間計測した。パジャマ着用の順番は、ちくちく感の影響を除くため、最初に快適なパジャマを着用した。パジャマの下にはパンティ(ショーツ)(綿100%)のみ着用とした。また、被験者の身体サイズとしては、11名のうち9名が通常女性用L寸のパジャマを着ており、2名が女性用M寸のパジャマを着ているとのことであった。これらの着用実験は、全て10月中に行った。着用実験手順をまとめると、以下のようになる。

- ①被験者は恒温恒湿室に入り、約10分間安静を保つ。
- ②快適なパジャマを着用し、電極をセットする。但し、セット部の皮膚表面は70%エタノールで除脂肪、洗浄する。
- ③ベッドの上で約5分ごとに座っている状態と横になっている状態を繰り返す。
- ④1時間後、不快なパジャマに着替え、同様の測定を1時間行う。
- ⑤電極を取り外して終了とする。

3. 心拍変動解析法¹¹⁾

3-1 スペクトル解析¹²⁾の基本原理

計測される心電図をFig.2に示すが、心拍変動解析では、連続するR波-R波間隔の変動を対象とする。各R-R間隔データの時間変化をFig.3に示すが、スペクトル解析では、R-R間隔を補間し(Fig.3上図の実線)、等間隔データとして再サンプリングした値(Fig.3下図の破線)を用いる。スペクトルの計算には、高速フーリエ変換法(FFT)、自己回帰モデル(AR)、最大エントロピー法(MEM)、などがあるが、ここでは最

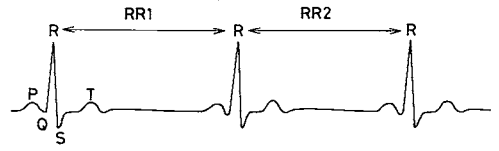


Fig.2 Examples of electrocardiogram.

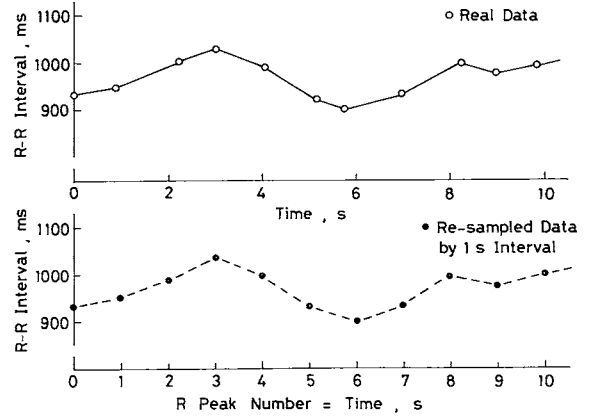
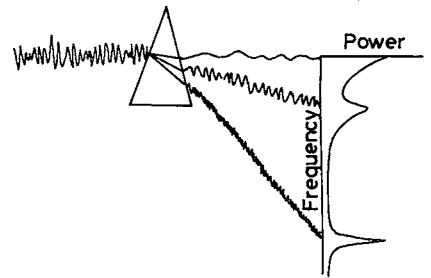


Fig.3 Changes of R-R spike wave interval with time.



Spectral Analysis

Fig.4 Basic principle of spectral analysis.

大エントロピー法を用い、データの補間及び波素(個々の変動成分)は1次式で近似する。スペクトル解析の基本原理図をFig.4に示すが、パワースペクトルの計算は(株)GMSのソフトをそのまま利用した。

3-2 心拍変動の発生原因¹¹⁾

心拍変動は心臓の洞結節に対する自律神経系のゆらぎ活動によるものと考えられており、一般に高周波数成分(HF:0.15~0.40 Hz)のパワーは心臓迷走神経活動の定量的指標になると言われており、交感神経機能には関与しないことが自律神経遮断剤や刺激剤を投与したときの[HF]の変化によって確認されている。一方、低周波

数成分(LF:0.04~0.15Hz)の発生原因については必ずしも明確化されてはおらず、循環系を支配する自律神経の複合的活動の結果(血圧変動に起因する二次的心臓自律神経活動(交感及び迷走),血管運動性交感神経活動,圧受容器反射感受性)であるが,[LF]/[HF]が体位変換や運動時に増加することから,現時点では,[LF]/[HF]が血管運動性交感神経活動及び心臓交感神経活動の指標になると考えられている。それ故,本研究では,心臓迷走神経の活動指標として,[HF]パワーを用い,交感神経の活動指標としてパワー比[LF]/[HF]を用いる。心拍数そのものについても比較検討する。また,人がリラックスしている時に成立すると言われている^{13,14)},パワースペクトル密度と周波数との関係が両対数プロットで(1/f)になっているかどうかについても検討する。

4. 結果

被験者11人の平均心拍数,平均パワー[HF],平均パワー比[LF]/[HF],及びパワースペクトル密度と周波数との両対数プロットにおける平均傾斜をTable2に示す。これらの値は,快適パジャマ及び不快パジャマ着用状態で各々1時間ずつ計測した値を,10分ごとに分割して計算した値である。また,被験者Gが不快なパジャマ着用時に示した最初の10分間のR-R間隔の変動及び両対数プロットの解析例をFig.5に示す。

平均心拍数では,快適パジャマと不快パジャマで有意な(有意水準5%)相違が認められたのは11人中2人に過ぎなかった。二人とも快適パジャマの方で小さな心拍数を示しており,快適パジャマ着用時に心臓迷走神経活動が強く働いている可能性が示唆されている。しかしながら,快適パジャマ着用時に大きな心拍数を示した人もおり,また,11人全体の平均値の比較では,有意差は認められなかった。

パワー[HF]については,11人中2人が快適パジャマ着用の方が不快パジャマ着用時に比べて大きな値を示しており(有意水準5%),有意

Table 2 Results of Heart Rate and R-R Interval Variation Measured by Each 10 min.

Panel	Sample No.	Heart Rate(/min)		[HF](ms ²)		[LF]/[HF]		log(PSD):log(Hz)	
		Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.
A	1	64.0	7.5	639.2	285.2	3.14	2.37	-1.03	0.32
	2	73.6	9.2	478.4	181.2	3.42	1.21	-1.05	0.20
B	1	62.4	2.7****	490.3	131.6***	1.64	0.39****	-0.79	0.24**
	2	71.0	1.4	275.1	36.5	5.58	1.12	-1.16	0.24
C	1	64.7	3.5	561.1	128.5	1.01	0.36	-0.85	0.28
	2	65.4	1.7	551.0	116.5	1.21	0.56	-1.06	0.23
D	1	68.9	3.9	362.8	109.9*	4.44	1.37	-1.55	0.17
	2	68.5	6.3	247.9	56.9	5.44	1.92	-1.50	0.09
E	1	63.3	3.3	449.9	94.4	3.80	1.66	-1.45	0.18
	2	63.3	2.8	550.9	96.5	3.04	1.69	-1.33	0.09
F	1	71.3	3.7	212.5	23.1	5.58	1.66	-1.25	0.18
	2	71.1	1.4	210.5	17.0	5.34	1.14	-1.24	0.13
G	1	56.9	3.4	1986.1	429.5	0.86	0.19*	-1.14	0.14
	2	60.0	3.7	1759.4	428.2	1.11	0.18	-1.11	0.06
H	1	85.5	3.5	275.2	33.8**	1.55	0.26**	-1.06	0.17
	2	83.9	2.8	207.8	44.6	2.29	0.47	-1.14	0.07
I	1	81.4	3.1***	290.0	63.9***	2.44	0.48*	-1.04	0.13
	2	88.4	3.5	171.6	34.0	3.03	0.43	-1.00	0.13
J	1	59.7	3.3	872.5	240.9	1.10	0.21**	-0.98	0.11
	2	61.4	2.6	755.5	123.6	1.49	0.25	-1.08	0.09
K	1	68.3	3.1	636.5	14.8	1.61	0.34	-0.95	0.09
	2	65.7	1.3	712.5	149.5	1.42	0.55	-0.97	0.09
Average	1	67.9	8.4	616.0	470.9	2.47	1.50	-1.09	0.22
	2	70.2	8.6	538.2	434.6	3.03	1.66	-1.15	0.16

Sample No.1; the most comfortable, No.2; the most uncomfortable (prickly)
Significance level: ****;0.1%, ***;1%, **;5%, *;10%

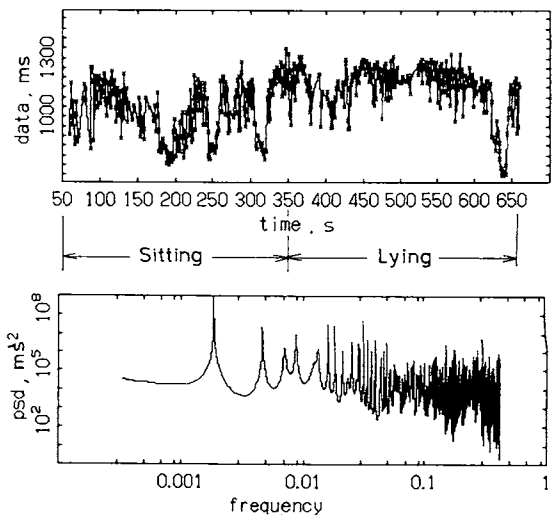


Fig.5 An example of real data. Upper; R-R spike wave intervals. Lower; relationship between log(PSD=power spectrum density) and log(frequency).

水準を10%にした場合、4人がそうであった。また、他の7名の結果も、有意差は認められなかったものの、5人が大きな値を示し、2人が小さな値を示した。このことは明らかに心臓迷走神経活動が快適なパジャマ着用時に増大している傾向を意味している。11人全体の平均値では有意差が認められなかったが、[HF]は個人差が大きく、Table 2に示されているように、最小値と最大値との間には約10倍の差があるため、単純な平均化は意味がないと考えられる。

パワー比[LF]/[HF]については、11人中3人が快適パジャマ着用時の方が不快パジャマ着用時に比べて小さな値を示しており(有意水準5%)、有意水準10%では、5人となった。他の6人の結果は、有意差は認められなかったが、3人が小さな値を示しており、残る3人が大きな値を示した。このことは明らかに交感神経の働きが快適なパジャマ着用時に抑制されている傾向を意味している。11人全体の平均値では有意差が認められなかったが、快適パジャマの方がやや小さな傾向が示されている。しかし、最小値と最大値の間には約5倍の差があり、平均化については疑問である。

傾斜については、快適パジャマと不快パジャマの相違は全く認められず、わずかに1人だけが、快適パジャマの方が大きな傾斜を示した。平均値では、全く差が認められず、快適パジャマ着用時も不快パジャマ着用時も共に-1の傾斜を示した。

5. 考 察

心臓迷走神経活動の指標と考えられているパワー[HF]が快適パジャマ着用時の方が不快(ちくちく感)パジャマ着用時に比べて増大していること、及びパワー比[LF]/[HF]が快適パジャマ着用時に減少していることから、快適パジャマ着用時に、交感神経活動が抑制され、心臓迷走神経活動が促進されていると考えられる。被験者11人のうち、有意水準10%で考えた場合、前者が成立したのは4人であり、後者は5人であり、必ずしも多くの人で成立しているとは言いがたいが、それぞれ他の7人及び6人については差異が認められなかった結果であり、有意に逆

転している被験者は一人もいなかった点を考えると、快適パジャマ着用時に交感神経活動が抑制され、心臓迷走神経活動が促進される傾向があると結論できる。このことは、心拍変動のスペクトル解析によって求まる、[HF]及び[LF]/[HF]が、衣服着用感の快適—不快の客観的指標となる可能性を示唆している。心拍数そのものも、快適パジャマ着用時に減少している人が11人中2人いたことも、交感神経活動の抑制を裏付けている。

パワースペクトル密度と周波数との両対数プロットの傾斜は、快適パジャマ着用時も不快パジャマ着用時も-1になっており、いわゆる(1/f)ゆらぎを示している。このことは、今回使用したパジャマは両者とも快適であり、人の安静状態を変化させるほどの不快(ちくちく)感は無かったと考えられ^{13, 14)}、より快適—不快の差の大きい衣服での検討が必要であることを示唆している。上記の[HF]及び[LF]/[HF]の増減の傾向が多くの人で成立しなかった理由はこの点にあると考えられる。

今後は、より快適—不快の差の顕著な衣服着用時における検討、あるいは環境条件を変えた時の検討、などを通して、心拍変動解析の有効性を確認していきたい。

6. 結 論

衣服の着用快適感の客観的指標を見出すべく、快適なパジャマ着用時と不快な(ちくちくする)パジャマ着用時の心拍変動パワースペクトルを比較検討し、以下の結論を得た。

- (1) 心拍変動スペクトル解析は、快適な衣服と不快な衣服との相違を客観的に判定する有効な手段となりうる。
- (2) 快適なパジャマ着用時にはパワー[HF]は増大する傾向がある。これは心臓迷走神経活動が増大したことによる。
- (3) 快適なパジャマ着用時にはパワー比[LF]/[HF]は減少する傾向がある。これは交感神経活動が抑制されたことによる。
- (4) 快適なパジャマ着用時も不快なパジャマ着用時も共に、パワースペクトル密度と周波数との両対数プロットは-1になっている。

謝 辞

実験に協力頂いた、当時金沢大学教育学部4年生の中田陽子さんに感謝致します。

文 献

- 1) 原田隆司：織消誌, 36(1), 24 (1995).
 - 2) 菅井, 鎮西：織消誌, 36(1), 95 (1995).
 - 3) 稲村, 中西, 丹羽：織消誌, 36(1), 109 (1995).
 - 4) 平田耕造：織消誌, 36(1), 12 (1995).
 - 5) 武者利光：日経サイエンス, 26(4), 20 (1996).
 - 6) 吉田倫幸：「快適科学」, 長町三生編, 海文堂出版, p.107 (1992).
 - 7) 平尾, 八木：織消誌, 38(4), 228 (1997).
 - 8) 松平, 麻生：織消誌, 39(2), 117 (1998).
 - 9) 川端季雄：織機誌 (論文集), 37(8), T130 (1984).
 - 10) 松平光男：家政誌, 39(9), 987 (1988).
 - 11) 早野順一郎：「循環器疾患と自律神経機能」, 井上博編, 医学書院, p.58 (1996).
 - 12) 日野幹雄：「スペクトル解析」, 朝倉書店, p.183 (1987).
 - 13) 武者利光：「ゆらぎの発想」, NHK出版会, (1994).
 - 14) 武者利光：応用物理, 54(5), 429 (1985).
-