

[Original article]

(2013年 7 月25日 Accepted)

1/f ゆらぎ楽曲聴取時の心拍変動解析および

Visual Analog Scale による主観評価

渡邊 志¹, 松本有², 富田雅史², 森 幸男²

1) 静岡産業大学・情報学部・情報デザイン学科

2) サレジオ工業高等専門学校・機械電子工学科

要約： 1/f ゆらぎがあるとみなせる楽曲（モーツアルト作曲「レクイエム」第7曲・「ラクリモサ」）を聴取させたときの心拍変動（HRV）解析を行い、合わせて被験者が感じた「リラックス度」および「聴取した楽曲についての印象」についての主観調査をそれぞれ Visual Analog Scale（VAS）により実施した。被験者としては21名の男女に依頼し、市販システムにより HRV 解析を行った（アルテット（ユメディカ社製）：指尖脈波を二次微分して得られる加速度脈波のピーク間隔を抽出し、FFT 解析を行う）。その結果、1/f ゆらぎ楽曲の聴取により交感神経活動の指標である LF/HF が有意に減少することがわかった。また、1/f ゆらぎ楽曲聴取による LF/HF の減少と VAS による主観評価値により被験者を分類した結果、聴取した楽曲の「好き嫌い」と LF/HF の変動傾向に相関が認められた。このことは被験者の個性（嗜好）を考慮して分類して考察することの有益性を示唆する結果であると考えられる。

キーワード： 1/f ゆらぎ楽曲、心拍変動解析、Visual Analog Scale、被験者の個性（嗜好）

Heart Rate Variability Analysis and the Subjective Evaluation

by Visual Analog Scale for Subjects Listening 1/f Fluctuation Music

Satoshi WATANABE¹, Yuji MATSUMOTO¹, Masashi TOMITA² and Yukio MORI²

1) Department of Information Design, School of Information Studies, Shizuoka Sangyo University

2) Department of Mechanical and Electronic Engineering, Salesian Polytechnic

Abstract: This paper describes correlation between the subjective evaluation by using visual analog scale (VAS) and heart rate variability (HRV) for the effects of the 1/f fluctuation music. The experiment employed 21 healthy subjects. HRVs of the subjects when they listen to the 1/f fluctuation music and when they do not, are recorded separately. Furthermore, in order to investigate the psychological state change, the subjects are required to answer VAS questionnaire for both cases (listening to the 1/f fluctuation music, and not). When the subjects listen to the 1/f fluctuation music, their LF/HF values are decreased. And the experiment result shows that there exists relationship between VAS data ("Like or Dislike") and HRV data. Therefore, the proposed method is very useful.

Keywords: 1/f fluctuation music, heart rate variability, visual analog scale, taste of the subjects

Satoshi WATANABE

4-1-1 Suruga-dai, Fujieda-Shi, Shizuoka, 426-8668, Japan

Phone: +81-54-645-0191, Fax: +81-54-645-0195, E-mail: watanabe@ssu.ac.jp

1. はじめに

現代社会において、人はさまざまな精神的あるいは肉体的負荷によってストレスを受けている。ストレスは、精神的健康を阻害する原因のひとつであり、生活の質 (Quality Of Life, 以下 QOL) 向上を阻害する要因になり得る。そのため、健全な生活、あるいは QOL 向上の実現を果たすべく、ストレスを軽減する方法の確立が望まれている。

そのような背景の下、音楽聴取がストレスを軽減し、QOL 向上にとって効果的であることは経験的に支持されている。とはいえ、(音楽聴取時の) 直接的なストレス測定法については確立しているとは言い難い。そのため、生体信号解析を応用した手法 (間接的にストレスの増減が示唆される) で研究されてきているのが現状である。そこで、著者らは、楽曲聴取、特に吹奏楽曲聴取の影響を心拍変動 (HRV) 解析により研究し [1, 2, 3], 複数人の同時聴取による交感神経活動の沈静化 [1], 反復聴取における副交感神経活動の亢進の示唆 [2, 3] といった成果を得てきている。

これら著者らの既報 [1, 2, 3] においては、比較的躍動的な楽曲である吹奏楽曲の聴取の影響について研究し、一定の傾向が示唆されたものである。一方で、いわゆる「癒し効果」が期待される楽曲聴取、中でも、1/f ゆらぎ音楽の聴取が QOL 向上に寄与することについて、音楽療法 [4] の分野などで報告されてきている。

そこで、本論文では、1/f ゆらぎ楽曲の聴取の影響についての定量的な知見を得ることを目的として、住環境において健康人に 1/f ゆらぎ楽曲を聴取させた場合における加速度脈波を利用した HRV [5, 6, 7] の測定・解析を行う。

ところで、最近では、このような感覚刺激を被験者に与えた場合の影響について、被験者全体の動向を考察するという従来の手法に加え、客観的指標や主観的指標によって被験者を分類して考察することの有益性の示唆が得られた報告もなされてきている [8, 9, 10]。そのため、本論文においても被験者全体の動向に加えて、被験者を分類して考察を試みることとした。

具体的には 1/f ゆらぎ楽曲聴取時の心拍変動解析 (客観的指標) に加え、臨床でよく利用されている Visual Analog Scale (VAS) [11, 12, 13, 14, 15] を利用した主観調査を被験者に対して実施し、それらの相関について考察を行うこととした [8, 9, 16]。

2. 1/f ゆらぎ

1/f ゆらぎとは、一定の時間長を有する音響信号がその時間軸上の任意の部分で示す変動パターンと全体の変動パターンにおいて自己相関が成り立つ状態のことを言う。アナログ回路におけるピンクノイズ (中波ラジオの局間ノイズを含む)、心拍・脳波などの生体信号など、定常的あるいは同期的と思われる信号が示す変動の中に観察されることが知られている。また、楽曲においてもその構造が自己相関を持つ場合に 1/f ゆらぎが観察されることが知られている。一方、1/f ゆらぎが心地よさをもたらすとの意見を展開する研究者もあるが、その生理的意義、心理学的効果については不明な点が少なくない [17, 18, 19, 20]。

3. 加速度脈波 [5, 21]

指先のセンシングにより得られる指尖容積脈波は装置が簡単であることにより、種々の分野で広く活用されている。この手法では、ヘモグロビンの吸光度変化を測定することで血流変動を検出するものである。指尖容積脈波については、その付近の動脈の圧脈波を反映していることが明らかにされており、主に抹消血液循環動態や自律神経機能を反映する検査として臨床的に用いられている。しかし、

1. 基線が不安定である

2. 単調な波形のため評価可能な情報量に乏しい

といった点が欠点とされている。そこで、こういった欠点を克服するため、測定された指尖容積脈波を二次微分波形とするものが加速度脈波である [5, 21]。本論文では、より正確なピーク抽出を行ったうえでの HRV 解析を行うため、市販システム (アルデット (ユメディカ社製)) による加速度脈波による HRV 解析を行うこととした。本システムで測定された波形例を図 1 に示す。図 1 からは、指尖容積脈波のピークに比べ加速度脈波のそれが明瞭になっていることが観察される。

4. 実験

4.1 被験者

被験者として、心身ともに健康であると自己申告した 19~22 歳の男性 16 名・女性 5 名の合計 21 名 (平均年齢: 20.3 歳) を依頼した。なお、被験者には文書及び口頭にて研究の目的を説明し、調査において個人が

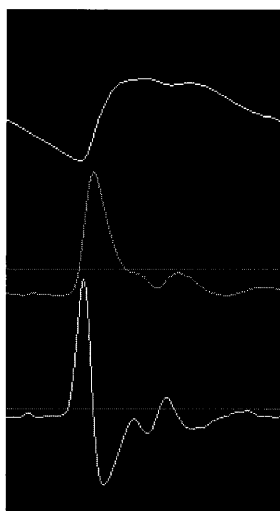


図1 観測された脈波の例

上：指尖容積脈波

中：速度脈波（指尖容積脈波の一次微分脈波）

下：加速度脈波（指尖容積脈波の二次微分脈波）

特定されないことを保証し，今回の調査内容は研究発表のみに使用することに同意と協力を得た．

4.2 1/f ゆらぎ楽曲

聴取させた楽曲は，モーツアルト作曲「レクイエム」・第7曲「ラクリモサ」（演奏時間：160s，市販CD）である．同曲の瞬時周波数の時間変化（図2）をゆらぎ信号とみなし，そのパワースペクトルを周波数に対して対数プロットしたもののについての回帰直線の傾き λ を求めたところ $\lambda=0.956$ となった（図3）．すなわち，同曲は周波数（音程）の変化が1/f ゆらぎ特性である楽曲とみなせる．

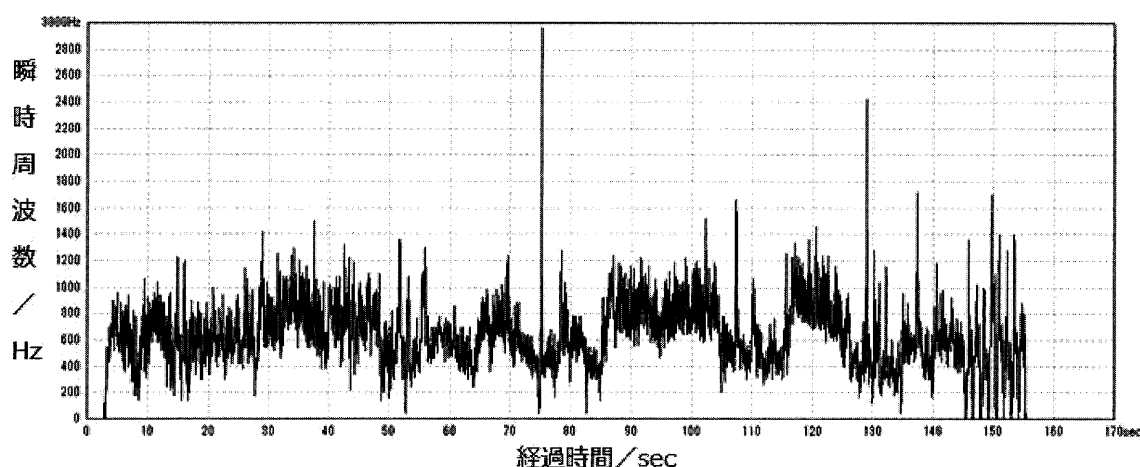


図2 聴取させた楽曲の瞬時周波数の時間変化

「レクイエム」・第7曲「ラクリモサ」（モーツアルト作曲・演奏時間160s・市販CD）

4.3 加速度脈波の計測

被験者にヘッドフォンを装着させ，同時に指尖脈波センサに指を置かせた．実験中は閉眼着座とし，楽な気持ちで実験に臨んでもらうようにした．実験sequenceは，無音75秒～楽曲聴取160秒～無音75秒であり，その間，加速度脈波を計測し，解析した．脈波測定のsequenceについて図4に示す．

なお，楽曲聴取実験は40dB(A)以下の静寂な実験室で平日の夕刻に行われた．また，楽曲以外に意図的な感覚刺激は与えていない．また，空調機により室温を26～28℃に保った．

本論文では，加速度脈波解析により得られるLF/HF（交感神経活動の指標[20]）を利用して考察していくこととする．加速度脈波の測定と解析については，市販ノートパソコン（Hewlett-Packard・Pavillon dv4 Notebook PC, OS: Windows7 Home Premium 64bit）上で（株）ユメディカ製の「アルテットCDN」を実行させて実施した．その技術仕様を表1に示す[22]．

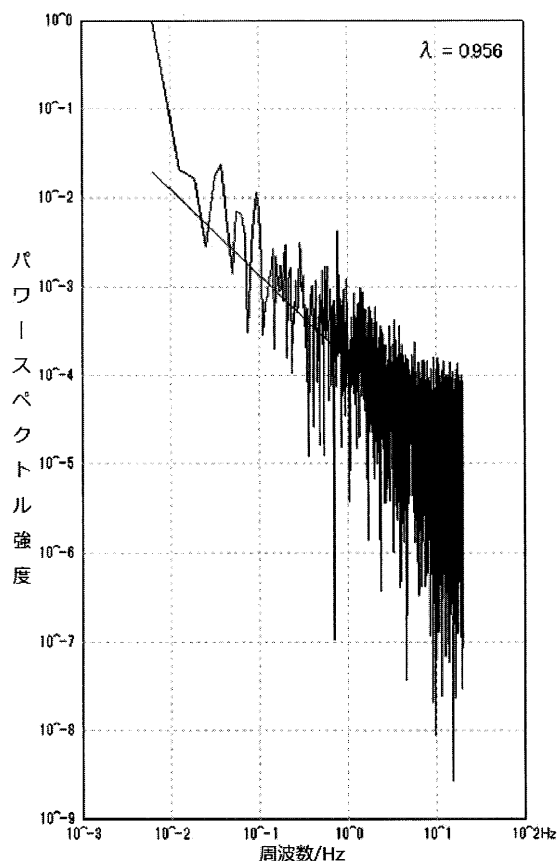


図3 図2のパワースペクトルの対数プロット
回帰直線の傾き $\lambda=0.956$

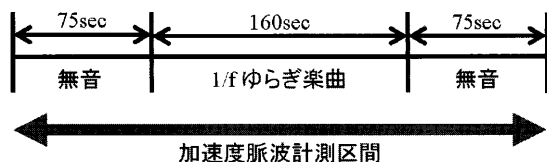


図4 脈波計測の sequence

4.4 VAS による主観評価測定[15,16]

VAS とはスケール調査 (評点尺度) の一手法である。近年医療分野[11,12,13]や教育分野[14,15]を中心に多数の適用例が見られ、その有用性が報告されている。また、VAS は従来の手法 Likert Scale (順序尺度) に比べより柔軟な、離散的でない回答が可能であるので、VAS によるスケール調査は被験者の感覚的な「量」をよりの確に示すことが可能な手法と言える。

今回使用した VAS による主観評価測定を図5および6に示す。図中の直線の長さは10cm であり、被験者は各項目に対し、それぞれの直線上の任意の点を plot することで主観評価測定に回答する。この回答については、左端を0、右端を1とした数値として定量化する。

表1 加速度脈波測定システム「アルテット」の技術仕様 ([22]より抜粋)

センサ	形式：赤外光センサ・反射型 中心波長：940nm
増幅回路	中心最大振幅：±3.3V 直流カット時定数：1.5s
AD 変換	変換周波数：1000Hz 分解能：3.23mV/digit
時間精度	誤差：0.01%以下
インターフェース	方式：USB Ver.1.1 電源：バスパワード 60mA
USB ケーブル	A-B タイプ 0.9m
フィルタ処理	方式：ソフトウェアによる デジタルフィルタ 遮断周波数：-6dB at 20Hz 電源周波数除去率：60dB 以上
安全性	クラス I
定格電圧	AC100V
定格電力	68VA
定格周波数	50/60Hz

今回は、4.3 の後に、楽曲聴取前・楽曲聴取中・楽曲聴取後のそれぞれにおける「リラックス度」について VAS による主観評価を測定した。ここでの「リラックス度」は、被験者の主観による精神の弛緩の感情の程度 (言い換えれば、被験者が感じたリラックスの程度) を VAS により主観評価させたものである。その VAS について図5に示す。

一方、聴取させた「楽曲の印象」について、表2に示す7項目の主観指標[1, 23]を設定し、これらについても VAS による主観評価をさせることとした。表2を基に作成した VAS を図6に示す。ここで、選定した項目 (形容詞対) については、楽曲の雰囲気と情緒に関する因子分析的研究[24, 25, 26]によって共通して抽出された明一暗、緊張一弛緩、興奮一沈静、情緒的評価の次元に、複雑さと明瞭さの尺度を加えたものであ

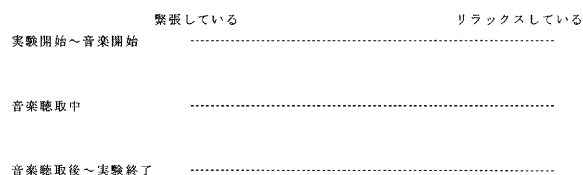


図5 「リラックス度」についての VAS

表2 「楽曲の印象」についての主観指標[1, 24]

「明るいー暗い」(明 - 暗)
「緊張感があるーリラックス感がある」(緊 - リ)
「単純であるー複雑である」(単 - 複)
「活気があるー静かである」(活 - 静)
「はっきりしているーぼんやりしている」(は - ぼ)
「楽しいー悲しい」(楽 - 悲)
「好きー嫌い」(好 - 嫌)

() 内は今後使用する略称を示す。

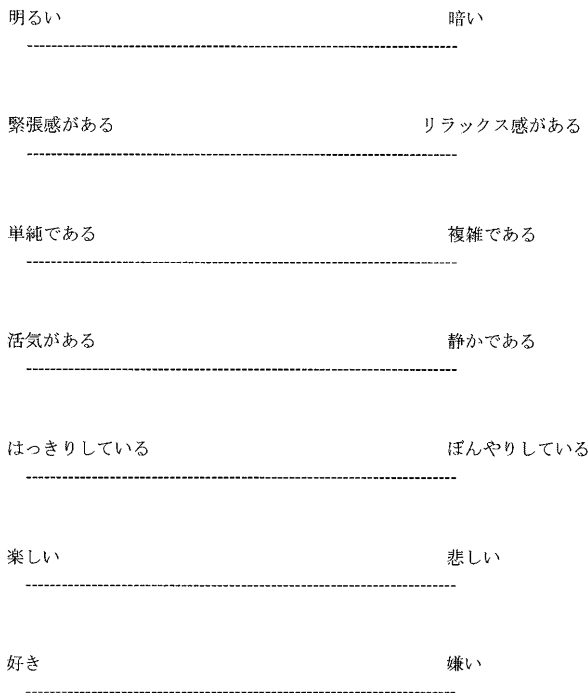


図6 聴取させた楽曲の印象についての VAS

る[23].

5. 結果と考察

5.1 楽曲聴取中の HRV 解析による LF/HF

対象とした 21 名の被験者の加速度脈波解析により得られた LF/HF (交感神経活動の指標[20]) の平均値を楽曲聴取前・聴取中・聴取後について、それぞれ plot したものを図 7 に示す。これによると、被験者の LF/HF について t 検定を適用した結果、楽曲聴取により有意に低下し ($p<0.01$)、楽曲聴取後に有意に増大する ($p<0.05$) ことがわかった。すなわち、この楽曲の聴取により交感神経活動が有意に沈静化されることが示された結果といえる。このような楽曲聴取による交感神経活動の沈静化については、例えば、著者らが吹奏

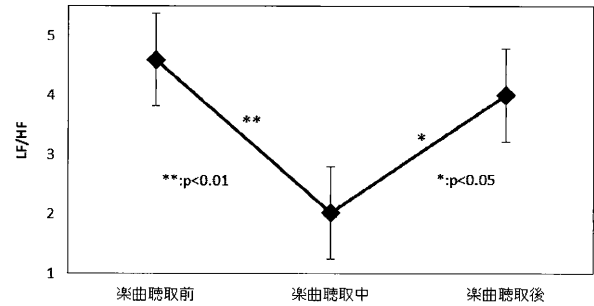


図7 楽曲聴取前後の LF/HF の平均値 (n=21)

楽曲 (躍動的な楽曲) の聴取により引き起こされることを報告している[1]. 今回の楽曲は管弦楽と声楽による楽曲でどちらかといえば静寂な楽曲であり、かつ 1/f ゆらぎを有するとみなせる楽曲である。この結果だけからは、1/f ゆらぎを有する楽曲聴取による交感神経活動の沈静化であるといえる。したがって、得られた結果は著者らの既報[1]と一見矛盾するような結果とも考えられるが、このことは、交感神経の沈静化の要因について、単に音楽の聴取に起因するものか、あるいは、楽曲の性質によるものかという点を解明するための示唆だと考えられる。よって、この点については、1/f ゆらぎの有無や聴取させる楽曲のジャンルを変えるなど、今後同様な計測を繰り返していくことにより検証をしていきたいと考えている。

また、楽曲聴取後の LF/HF の有意な増加は、交感神経活動の有意な亢進とみなせるが、これについても著者らの既報[1]でも観察されている。この要因は楽曲聴取後の感動であるとか、実験終了に伴う興奮 (解放感のようなもの) などと考えられる[1]が、この点も明確でないため、今後の研究課題である。

5.2 被験者の分類による LF/HF および VAS による主観評価値との相関

ここでは、楽曲聴取の効果を直接に反映すると考えられる楽曲聴取前 - 楽曲聴取中の LF/HF および VAS による主観評価について考察していく。

21 名の被験者の中で、楽曲聴取中に LF/HF が増加した被験者が 7 名あった。そこで、楽曲聴取により LF/HF が減少した被験者 (14 名) と分類して図 7 と同様な plot を行い、図 8 に示した。これによると、LF/HF が増加した被験者については、楽曲聴取後もさらに LF/HF が増加 (交感神経活動が亢進) する傾向が観察されるが、これらの間には有意差が見いだされなかった。また、

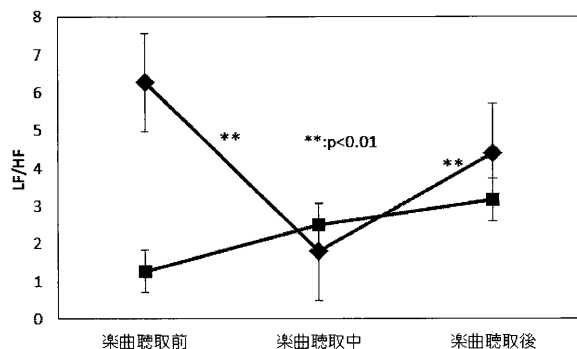


図8 楽曲聴取前後のLF/HFの平均値(LF/HFの増減によって被験者を分類した；◆：n=14(楽曲聴取中にLF/HFが減少)・■：n=7(楽曲聴取中にLF/HFが増加))

楽曲聴取中のLF/HFはある値に収束しているように観察されており、これは楽曲聴取効果といえるかもしれない。いずれにしても、有意差がなかったとはいえ、被験者の1/3の者が楽曲聴取中にLF/HFの増加が観察されたことは無視できないものとする。そこで、楽曲聴取前から楽曲聴取中にかけてのLF/HFの増減と、4.4で測定したVASによる主観評価から楽曲聴取前から楽曲聴取中にかけての「リラックス度」の増減により被験者を分類し考察することを試みた。表3にその結果を示す。すると、LF/HFの増減と「リラックス度」の主観評価値の増減との間に「矛盾」が感じられる被験者が少数ながら存在することがわかった。それは、

(1)LF/HFが上昇-「リラックス度」上昇

→交感神経活動は亢進し、リラックス度は上昇(弛緩)したと主観評価した被験者；3名

(2)LF/HFが下降-「リラックス度」下降

→交感神経活動は沈静化し、リラックス度は下降(緊張)したと主観評価した被験者；3名

という2つの分類に属する被験者である。このことからまずは、それぞれの分類に属する被験者のLF/HFの変化量と「リラックス度」の変化量の両者について、LF/HFの変化量を正規化した値を横軸、リラックス度の変化量を正規化したものを縦軸として、その回帰直線の傾き(=相関係数)[2]を求めて表4にまとめた。その結果、上記(1)および(2)被験者に関してある程度の相関が認められることがわかった(LF/HF↑・VAS↑

(n=3):0.996, LF/HF↓・VAS↓(n=3):0.490)。また、上記では「矛盾」が感じられなかったので指摘しなかった「LF/HFが上昇-「リラックス度」下降(n=4)」(交感神経活動は亢進し、リラックス度は下降)の相関係数も高いことがわかった(-0.871)。

ここで、このような被験者が生じた理由を考察するため、表3の被験者の分類により、4.4で測定したVASによる「楽曲の印象」(それぞれの分類に属する被験者の主観評価値の平均値)をまとめ、表5に示した。

表5によると、「楽曲の印象」を尋ねた主観評価(7項目)のうち、「好-嫌」の主観評価値について、他の主観評価項目にない特徴が見出せるのではないかと考えた。その理由として、まず、その範囲が他の項目よりも広いことが挙げられる。というのも、他の項目の範囲は0.117から0.340であるのに対して、「好-嫌」の範囲は0.615と広がっているからである。このような相違が生じた要因としては、「好き嫌い」という他の項目に比べて主観評価しやすい(被験者が理解しやすい)項目であり、その結果、主観評価の範囲が広がったのではないかと考えている。言い換えれば、「好-嫌」について、は被験者の個体差(嗜好)が表出しやすい項目ではないかと推察できる。次に、「リラックス度」が下降したと主観評価した被験者の値については「嫌い」と主観評価する傾向があることがわかつ

表3 LF/HFとVASによる「リラックス度」による被験者の分類

		VASによる「リラックス度」		
		↑	↓	
LF/HF	↑	3	4	7
	↓	11	3	14
		14	7	

↑：楽曲聴取前より楽曲聴取中の方が数値上昇

↓：楽曲聴取前より楽曲聴取中の方が数値減少

表4 表3の被験者の分類によるLF/HFの変化量と「リラックス度」の変化量との相関係数

被験者の分類	相関係数
LF/HF↓・VAS↑(n=11)	0.258
LF/HF↑・VAS↓(n=4)	-0.871
LF/HF↓・VAS↓(n=3)	0.490
LF/HF↑・VAS↑(n=3)	0.996

VAS：VASによる「リラックス度」の主観評価

表5 表3の被験者の分類による「楽曲の印象」についての主観評価値の平均値

被験者の分類	明 - 暗*	緊 - リ	単 - 複	活 - 静	は - ぼ	楽 - 悲	好 - 嫌
LF/HF ↓・VAS ↑(n=11)	0.655	0.469	0.652	0.517	0.322	0.725	0.335
LF/HF ↑・VAS ↓(n=4)	0.720	0.250	0.748	0.490	0.230	0.814	0.634
LF/HF ↓・VAS ↓(n=3)	0.729	0.205	0.838	0.455	0.343	0.693	0.950
LF/HF ↑・VAS ↑(n=3)	0.772	0.129	0.627	0.376	0.125	0.752	0.403
範囲	0.117	0.340	0.211	0.141	0.218	0.121	0.615

*：項目の略称については表2参照。表中の数値が大きいほど右側の印象が強い。

た (LF/HF ↑・VAS ↓(n=4) : 0.634, LF/HF ↓・VAS ↓(n=3) : 0.950) . そして, 「リラックス度」が上昇したと主観評価した被験者は「好き」と主観評価する傾向があることもわかった (LF/HF ↓・VAS ↑(n=11) : 0.335, LF/HF ↑・VAS ↑(n=3) : 0.403) .

以上を踏まえ, 同様な被験者の分類で, LF/HF の変化量と「好 - 嫌」の主観評価値について, LF/HF の変化量を正規化した値を横軸, 「好 - 嫌」の VAS 値を正規化した値を縦軸として, その回帰直線の傾き (= 相関係数) [2]を求め, 表6にまとめた. これによると, 楽興聴取により「予想される結果」である「LF/HF 下降 - 「リラックス度」上昇」に分類される被験者 (n=11) の相関係数は低い (0.196) もの, それに反する分類を (LF/HF ↑・VAS ↓(n=4)) をはじめとする他の分類の被験者については, ある程度の相関が認められた.

以上をまとめると,

- ・聴取した楽曲を「嫌い」と主観評価する被験者は, 楽曲聴取により LF/HF が増加する.
つまり, 交感神経活動が亢進する傾向にある.
- ・聴取した楽曲を「好き」と主観評価する被験者は, 楽曲聴取により LF/HF が減少する,
つまり, 交感神経活動が沈静化する傾向にある.

ことが示唆されたと考えている.

5.3 被験者の個性 (嗜好) を考慮した分類による考察の有益性

従来, このような感覚刺激下での人体への影響を探索する研究については, 被験者全体を一集団として捉え, それらから得られた指標 (生体信号解析や主観評価など) によって結果を導き出すという手法が多かった.

また, 生体信号などの客観指標と主観指標の両者を測定し, それらの相関を考察することで二つの指標を

表6 表3の被験者の分類による LF/HF の変化量と「好き - 嫌い」の主観評価との相関係数

被験者の分類	相関係数
LF/HF ↓・VAS ↑(n=11)	0.196
LF/HF ↑・VAS ↓(n=4)	0.600
LF/HF ↓・VAS ↓(n=3)	0.542
LF/HF ↑・VAS ↑(n=3)	0.948

相補しあって考察していくという手法も見られるようになってきているが, このような手法でも被験者全体を一集団としてとらえて考察していくものが主流といえる.

一方, 本論文の手法は, 客観評価とともに主観評価によって, 個性 (嗜好) を考慮した被験者の分類を行って考察することで, 被験者全体を一集団として捉えたのでは説明しにくい事象について, 説明しやすい事象へと変化するという有益性の表出であると考えている.

つまり, 従来の手法である被験者全体を一集団として捉えたのでは説明しにくい事象, 例えば, 「音楽聴取中の LF/HF の挙動が一致しない被験者が存在する」という事象について, 本論文のように主観評価を利用した被験者の分類によって, 5.2 で示したような検証が可能になるのではないかと考えている.

被験者をその個性 (嗜好) によって分類し考察することの有益性については, 新しい概念であり 2012 年に Fujimura[10]によって言及されているのが著者らの survey によれば初出である. 一方, 著者らも被験者を個性 (嗜好) によって分類することに注目し, 報告してきている[8, 9, 27].

以上により, 本論文の成果についても被験者を個性 (嗜好) により分類することの有益性を示しているものと考えている.

6. おわりに

21名の被験者に対して、1/f ゆらぎ楽曲を聴取させたところ、LF/HFが有意に減少する（交感神経活動が有意に沈静化する）ことがわかった。この結果が1/f ゆらぎに起因するかは明確でないため、今後同様な計測を繰り返すことで検証していきたいと考えている。

また、楽曲聴取によるLF/HFの増減とVASによる主観評価により被験者を分類し考察することで、被験者全体を一集団として捉えることでは説明しにくい事象についての検証が可能になるといった、被験者の個性（嗜好）を考慮して分類することの有益性を示唆するような結果を得られることもわかった。

したがって、このような生体信号解析（客観的指標）と主観評価測定が互いに相補することで、人間の個体差（嗜好）を考慮したうえでのQOL向上に寄与するパラメータを確定するための研究手法が確立できるのではないかと考えている。

参考文献

- [1] 渡邊志，高上僚一：複数の健康人に吹奏楽曲を同時聴取させた場合の心拍変動，バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌，Vol. 8, No. 1, pp. 41-48, 2006.
- [2] 渡邊志，高上僚一：音楽教育を受けた被験者に同一吹奏楽曲を反復聴取させた場合の心拍変動，バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌，Vol. 10, No. 1, pp. 19-25, 2008.
- [3] 渡邊志，高上僚一：同一吹奏楽曲の反復聴取による心拍変動の解析，バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌，Vol. 11, No. 1, pp. 57-60, 2009.
- [4] 中川雅文：耳鳴に対する1/f ゆらぎ音を用いた音楽療法，日本音楽療法学会誌，Vol. 9, No. 2, pp. 145-152, 2009.
- [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，Vol. 32, No. 6, pp. 504-512, 2005.
- [6] 山口浩二：新たな疲労の診断法 加速度脈波を用いた診断法，総合臨牀，Vol. 55, No. 1, pp. 57-64, 2006.
- [7] 山口浩二，笹部哲也，但馬世貴，渡辺恭良：疲労の生理学的計測：加速度脈波医学のあゆみ，Vol. 228, No. 6, pp. 6946-653, 2009.
- [8] 森幸男，小林慧太，森弘樹，富田雅史，松本有二，渡邊志：快音および不快音の対比聴取における主観評価と生体信号解析との相関，日本音響学会2012年秋季研究発表会講演論文集，2-Q-a13, pp. 541-542, 2012.
- [9] 森幸男，小林慧太，森弘樹，富田雅史，松本有二，渡邊志，中川雅文：快音および不快音の対比聴取における被験者の嗜好評価と生体信号解析との相関，バイオメディカル・ファジィ・システム学会第25回年次大会講演論文集，pp. 217-220, 2012.
- [10] T. Fujimura, W. Sato, K. Okanoya: Subcategories of positive emotion, Psychologia, 55, pp. 1-8, 2012.
- [11] 福岡正裕，米延策雄，山本利美雄，多田浩一：養護学校教職員と製造業従事者の腰痛の比較-VAS, PDによる腰痛の定義の導入-，日本腰痛学会雑誌，Vol. 7, No. 1, pp. 79-88, 2001.
- [12] 高橋真理子，関谷芳正，松田太志，寺田真紀子，村上信五：SF-36を用いた耳鳴患者におけるQOLの評価，Audiology Japan, Vol. 45, No. 5, pp. 375-376, 2002.
- [13] 高橋真理子，関谷芳正，松田太志，宮本浩行，日比野愛，牧野多恵子，渡邊暢浩，村上信五：TRT治療成績の検討，Audiology Japan, Vol. 49, No. 3, pp. 238-243, 2006.
- [14] 相良秀憲，名和秀起，千堂年昭，五味田裕：実務実習モデル・コアカリキュラムの習得・理解度評価の学生による自己評価におけるVisual Analog Scale法と5段階評価との比較，薬学雑誌，Vol. 127, No. 4, pp. 765-772, 2007.
- [15] 渡邊志，松本有二：情報スキルの定量的解析におけるVisual Analog Scaleの活用，バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌，Vol. 13, No. 1, pp. 57-62, 2011.
- [16] 渡邊志，安形将史，秋田谷研人，小川勇人，松本有二，富田雅史，近藤優輝，武内諭右大，森幸男：Visual Analog Scaleによる不快音聴取時の主観評価と心拍変動解析との相関，バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌，Vol. 14, No. 1, pp. 19-26, 2012.
- [17] 武者利光：音楽はなぜ楽しいか 自然音と人工音，数理科学，Vol. 25, No. 6, pp. 53-58, 1987.
- [18] 武者利光：1/f ゆらぎと快適性，日本音響学会誌，Vol. 50, No. 6, pp. 485-488, 1994.
- [19] 中川雅文，市川銀一郎：朗読音声の1/f ゆらぎの検討，医用電子と生体工学，Vol. 35, No. 1, 1-6, 1997.
- [20] 森忠三，安本義正：心拍ゆらぎと自律神経系，日本音楽療法学会誌，Vol. 2, No. 2, pp. 129-136, 2002.
- [21] 佐野祐司，片岡幸雄，生山匡，和田光明，今野廣隆，川村協平，渡辺剛，西田明子，小山内博：加速度

- 脈波による血液循環の評価とその応用, 労働科学, Vol.68, No.3, pp.129-143, 1985.
- [22] 加速度脈波システム「アルテット」取扱説明書, 株式会社ユメディカ, 2001.
- [23] 星野悦子: 歌の聴取印象と再認記憶一言葉とメロディの関係を探るー, 情報処理学会研究報告 2002-MUS-45, pp.109-114, 2002.
- [24] 岩下豊彦: 情緒的意味空間の個人差に関する一実験的研究, 心理学研究, Vol.43, No.4, pp.188-200, 1972.
- [25] 菅千索, 梅本堯夫: 音楽の情緒的意味次元の分析 (1), 日本心理学会第 47 回大会発表論文集, pp.155, 1983.
- [26] Murakami, Y.: The stratified semantic structure of music: A proposal of 3-levels hierarchical model in semantic differential technique, Japanese Pshychological Research, Vol.26, No.2, pp.57-67, 1984.
- [27] 杉森枉志, 遠藤彰悟, 小野昇平, 中山大輝, 成瀧伶矢, 萩原隆三, 正木彰吾, 山田琢也, 松本有二, 渡邊志, 富田雅史, 森幸男: 感覚刺激による加速度脈波解析および主観評価, バイオメディカル・ファジィ・システム学会第 25 回年次大会講演論文集, pp.92-95, 2012.

1/f ゆらぎ楽曲聴取時の心拍変動解析および Visual Analog Scale による主観評価



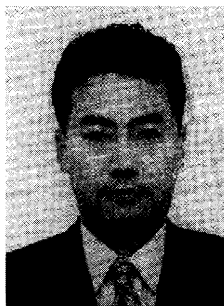
渡邊 志 (わたなべ さとし)

静岡産業大学 情報学部 情報デザイン学科 講師, 博士 (学術). 1993 年千葉大学工学部工業化学科卒業, 2008 年東亜大学大学院総合学術研究科情報システム専攻博士課程修了. 1993 年静岡県公立高校教諭, 2007～2009 年近畿大学高専特任講師, 東京理科大・サレジオ高専・工学院大・静岡県立大・愛知工業大 各兼任講師を経て 2010 年より現職. 生体情報・感性情報・情報教育に関する研究に従事. BMFSA・日本音響学会・日本人間工学会・情報処理学会・日本音楽知覚認知学会・日本化学会会員.



富田雅史 (とみた まさし)

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 准教授, 修士 (工学). 1992 年長岡科学技術大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻修士課程修了. 同年株式会社東芝, 1995 年～1997 年サレジオ学院中学校高等学校・技術家庭科非常勤講師, 1996 年～1997 年育英工業高等専門学校 (現サレジオ工業高等専門学校) 非常勤講師兼任を経て 1997 年より現職. パワーエレクトロニクス・組み込みシステム・電子制御および生体信号計測に関する研究に従事. 電気学会会員.



松本有二 (まつもと ゆうじ)

静岡産業大学 情報学部 情報デザイン学科 教授, 博士 (経営学) 大阪大学. 総務庁 (現総務省), 千葉県庁を経て 2004 年静岡産業大学情報学部准教授, 2011 年より現職. BMFSA 会員.



森 幸男 (もり ゆきお)

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 教授, 博士 (工学). 1985 年山梨大学工学部電気工学科卒業, 1987 年東京都立大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了. 同年育英工業高等専門学校 (現サレジオ工業高等専門学校) 講師, 2003 年同准教授, 2010 年より現職. デジタルフィルタの設計法, 教育工学および生体信号処理に関する研究に従事. BMFSA・IEEE・電子情報通信学会・日本音響学会・日本工学教育協会会員.