

生体リズムと同期した 1/f ゆらぎ刺激による自律神経活動について

A Consideration on Autonomic Nervous Activity using 1/f Fluctuation Stimulation Synchronized with Biological Rhythm

中島竜馬¹⁾, 多田大希²⁾

指導教員 森幸男¹⁾

¹⁾サレジオ高専 機械電子工学科 信号処理研究室

²⁾サレジオ高専 専攻科 生産システム工学専攻 信号処理研究室

1/f ゆらぎには人間の副交感神経活動を優位にさせる効果があると言われている。しかし、その効果は万人に認められるものではない。我々は、その原因を、生体リズムとの同期ではないかと推測している。そこで本研究では、1/f ゆらぎ特性を持つ人間の心拍に同期した刺激音と、他人の心拍、すなわち自分のリズムと同期していない刺激音を被験者に聴かせる実験を行った。その結果、被験者の心拍と同期した方が、副交感神経を優位になることを明らかにした。

キーワード: 生体リズム, 心拍, 1/f ゆらぎ, 自律神経活動, LF/HF 指標

1. 諸言

人間の自律神経系には交感神経系と副交感神経系があり、この2つは天秤の様に釣り合っている。運動している時など活発に動いている時は交感神経活動が優位になり、睡眠時などリラックスしている時は副交感神経活動が優位になる。副交感神経活動には身体の疲れやダメージを回復させる効果があるため、本研究室では 1/f ゆらぎ音という刺激を用いて、副交感神経活動を優位にさせる研究を行っている。

1/f ゆらぎとはパワー（スペクトル密度）が周波数 f に反比例するゆらぎのことで、一般にはピンクノイズとも言われている。先行研究では、可聴域における、1/f ゆらぎ音を被験者に聴かせた時の副交感神経活動を調査したが、音楽の嗜好の影響のため 1/f ゆらぎ音の自律神経活動への影響については明確にできなかった^[1]。そこで音の嗜好をなくすため、非可聴領域の 1/f ゆらぎ音を生成し、自律神経活動への影響について調査した。しかしながら、ここでも 1/f ゆらぎ音の自律神経活動への影響については明確な関係性が得られていない^[2]。

一方、武者利光によると、人間の生体リズムは 1/f 特性を有しており、またゆらぎと生体リズムが一致したゆらぎ音を提示したとき快適を感じるとも言われている^[3]。我々は、このことが 1/f ゆ

らぎの効果を与える要因と考えている。そこで、本研究では、1/f ゆらぎ特性を持つ人間の心拍に同期した刺激音と、他人の心拍、すなわち自分の生体リズムと同期していない刺激音を被験者に聴かせる実験を行い、自律神経活動について調査した。

2. 手順

Fig. 1 はシステム構造図である。心拍センサを用いて心拍の波形を取り出し、増幅回路、パルス化を通してデジタル化する。そして信号を DSP のデジタル入力に入力させ、予め 40kHz の波形を配列で作っておいた正弦波（トーンピップ）を、アナログ出力で心拍の立ち上がりと同じタイミングで出力している。その後ハイパスフィルタ、アンプを通して最終的に超音波用のスピーカーで被験者に聴かせる仕組みになっている。

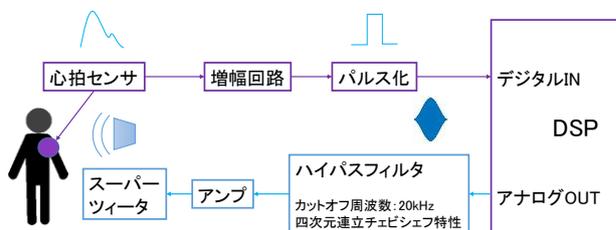


Fig1. システム構造図

また刺激音を提示する手順は次の通りである。

- 1) Synchronous-pulse (被験者の心拍に同期した刺激音)
- 2) Rest (休憩)

- 3) No-modulation (一定間隔で提示する刺激音)
- 4) Rest (休憩)
- 5) Asynchronous-pulse (被験者とは別の心拍に同期した刺激音)

各区間は 120sec で合計 600sec である。刺激音を与えている間、被験者の心拍変動を測定し、心拍変動から自律神経活動の指標である LF/HF 指標 (交感神経活動を表す指標) を算出する。刺激音を与えるセッションは被験者ごとにランダムで測定を行った。また被験者は 10 代から 20 代の男性 20 名である。

ここで、実験に用いた心拍のゆらぎ特性を確認する。Fig. 2(a), (b) は別々の人間の心拍変動パワースペクトルである。傾きは (a) が -0.9495、(b) が -1.0506 であった。1/f ゆらぎの名称通り、傾きは -1 に近いことから人間の心拍リズムは 1/f ゆらぎを持っていることが確認できる。

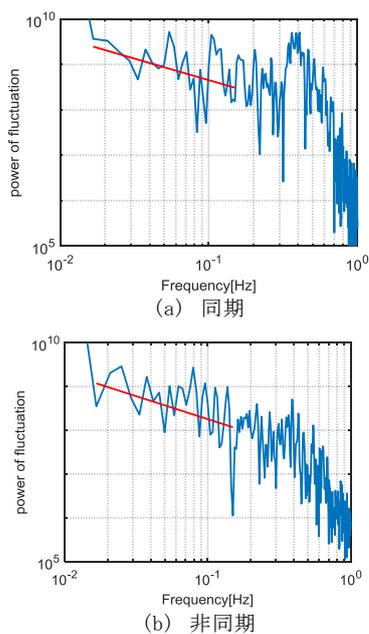


Fig2. 心拍リズムによるスペクトル解析結果

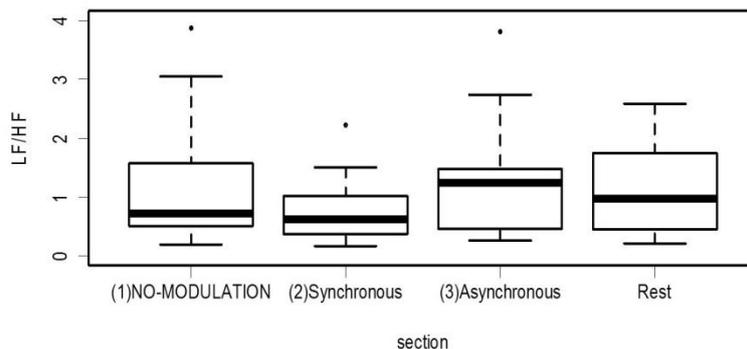


Fig3. ストレス指標における箱ひげ図

3. 結果

Fig. 3 は各セッションごとの LF/HF 指標の値を箱ひげ図を用いて表したものである。LH/HF 指標が低いと副交感神経活動が優位であることを示す。図中、上の線が最大値で、四角の箱が上から第三四分位範囲、中央値、第一四分位範囲で、一番下の線が最小値である。またひげの上にある点は外れ値である。図から心拍と同期しているセッションでは、最大値、四分位範囲、最小値ともに他の結果と比べても LF/HF 指標が低いことが分かる。

4. 今後の課題

本実験から、生体リズムに同期した 1/f ゆらぎが副交感神経活動を優位にさせることを示したが、被験者の数が少なく、さらなる検討が必要である。今後は人数を増やして再実験を行い、より明確な結果を出せるようにしたい。

5. 参考文献

- [1] 渡邊志, 松本有二, 富田雅史, 森幸男, ” 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 ” , BMFSA 学会誌, 15(2), pp. 1-10, 2013.
- [2] 多田大希, 佐巻優太, 渡邊志, 白濱成希, 中谷直史, 富田雅史, 森幸男 : ” QOL 向上のための超音波ゆらぎのパラメータ ” , 第 30 回 BMFSA 学会年次大会講演論文集, pp. 37-40, 2017
- [3] 武者利光 : ” 1/f ゆらぎと快適性 ” , 日本音響学会誌, 50(6), pp, 485-488, 1994.