

音声信号に含まれる $1/f$ ゆらぎの算出法に関する研究

A study on the calculation method of $1/f$ fluctuation including sound signal

太田 真太郎¹⁾

指導教員 加藤 太朗²⁾, 古井 光明²⁾

1) 東京工科大学 工学部 機械工学科 材料グリーンプロセス研究室

2) 東京工科大学 工学部 機械工学科

キーワード： $1/f$ ゆらぎ, 音声信号, 快適性

1. はじめに

近年, 利用者にとって快適な音響環境をデザインする「快音化」において, 人間にリラックス効果を与えるとされている $1/f$ ゆらぎに関する研究が盛んに行われている⁽¹⁾. しかしながら, 音声に含まれる $1/f$ ゆらぎは聴取する者にリラックス効果を与えるとされている⁽²⁾にも関わらず, 音声信号に含まれるゆらぎ係数の算出に関する記述がないものや, 音声信号に関する情報が少ないものが多い.

そこで本研究では, 音声信号に含まれる $1/f$ ゆらぎについて, 1つの音声信号から時間的変動を離散フーリエ変換することで音声信号全体, 周波数, 振幅それぞれのゆらぎ係数を算出する手法について検討した.

2. 音声信号のゆらぎ係数の算出方法

2.1. 音声信号全体のゆらぎ係数

音声信号に含まれるゆらぎ係数について, 音声信号の時刻歴から次式に示す離散フーリエ変換を用いてスペクトルを算出し, ゆらぎ係数を求める.

$$F(k\Delta f) = \frac{N}{T_0} \sum_{n=0}^{N-1} x(n\Delta t) e^{-j\frac{2\pi}{n}kn} \quad (1)$$

上記の式において T_0 は音源の長さ[s], Δt はサンプリング時間[s], N はデータ点数, $x(n\Delta t)$ はサンプリングされた音源データ, Δf は周波数分解能, $F(k\Delta f)$ は各周波数において得られるスペクトルである. なお本研究において音楽のサンプリング周波数は44.1 kHzとした.

次に最小二乗法を用いてスペクトルの傾きを求める. なお周波数 f とスペクトラム F の関係を表す回帰直線を次式で表す.

$$F = af + b \quad (2)$$

このとき式中の傾き a と切片 b は次式で表される.

$$a = \frac{\sum_{i=n_1}^{n_2} \{(f_i - \bar{f})(F_i - \bar{F})\}}{\sum_{i=n_1}^{n_2} (f_i - \bar{f})^2} \quad (3)$$

$$b = \bar{F} - a\bar{f} \quad (4)$$

上記の式において f_i は離散化された周波数であり, F_i はその時のスペクトルである. また n_1 , n_2 は $fn_1 = 0.05$ Hz, $fn_2 = 0.5$ Hzとなる整数であり \bar{f} , \bar{F} はこの区間における周波数, スペクトルの平均値である. 本研究では, 算出したスペクトルの傾きを音声信号全体のゆらぎ係数 λ_m と定義する.

2.2. 周波数成分のゆらぎ係数

音声信号の周波数成分のゆらぎ係数を算出するため, ある時間における音声信号の周波数を検出する. 本研究では人間の最低可聴周波数である20 Hz以上の周波数を検出するため, 音声信号のゼロクロスをカウントする時間間隔は25 msとした.

次にそれぞれの区間における平均周波数を次式により求めた.

$$f_{zc} = \frac{1}{T_{zc}} \frac{n_{zc}}{2} \quad (5)$$

ここで f_{zc} は平均周波数[Hz], T_{zc} はサンプリング周期[s], n_{zc} はゼロクロスした回数である. 得られた周波数

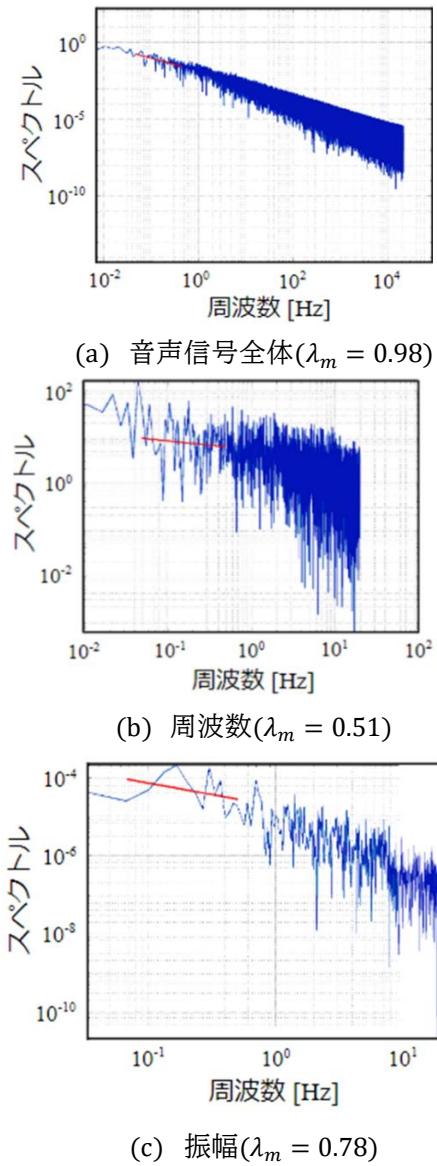


図 1 ピンクノイズのスペクトルとゆらぎ係数

の変動値であるゆらぎを解析するため、平均周波数の時刻歴に対し(1)～(4)式に示す離散フーリエ変換を用いてスペクトル算出し、得られたスペクトルの0.05 Hzから0.5 Hzまでのスペクトルの傾きを線形近似により算出する。本研究では、以上的方法で算出したスペクトルの傾きを周波数ゆらぎ係数 λ_f と定義する。

2.3. 振幅成分のゆらぎ係数

音声信号の振幅値の変動について検討するため、音声信号の時刻歴に二乗平均平方根(RMS)を用いて振幅値の検出を行った。なお振幅値の検出は、25 ms毎に算出した。得られた振幅値の変動であるゆらぎを解析するため、RMS の時刻歴に対し(1)～(4)

式に示す離散フーリエ変換を用いてスペクトルを算出し、得られたスペクトルの0.05 Hzから0.5 Hzまでのスペクトルの傾きを線形近似により算出する。本研究では、以上的方法で算出したスペクトルの傾きを振幅ゆらぎ係数 λ_a と定義する。

3. ゆらぎ係数の算出

本章では提案された算出式を用いて音声信号のゆらぎ係数を求める。検討では、ピンクノイズの音声信号全体、周波数、振幅それぞれのゆらぎ係数を算出する。ピンクノイズは音圧が周波数に反比例するノイズであるため音声信号全体のゆらぎ係数は-1に限りなく近くなることが予想される。

図1に算出されたスペクトルとゆらぎ係数を示す同図より(a)が音声信号全体のゆらぎ係数、(b)が周波数ゆらぎ係数、(c)が振幅ゆらぎ係数である。図1(a)より、ピンクノイズ全体のゆらぎ係数は-1より大きく離れた。ピンクノイズは、音声信号の再生時間が経過しても周波数と振幅が変化しないため、周波数と振幅の係数が-1より離れた数値になったと考えられる。以上の結果から、本研究で提案したゆらぎ係数の算出式により1つの音声信号から音声信号全体、周波数、振幅のゆらぎ係数の正確性が明らかになった。

4. おわりに

本研究では、人にリラックス効果を与えるとされる $1/f$ ゆらぎに着目し、音声信号のゆらぎ係数の算出方法を提案した。音声信号のゆらぎ係数の算出では、離散フーリエ変換やゼロクロス法、RMS を用いて1つの音声信号から音声信号全体、周波数、振幅それぞれのゆらぎ係数を算出する手法を明らかにした。今後はゆらぎ係数の違いが人の快適性に与える影響について実験的な検討を行う。

参考文献

- (1) 渋川美紀ら: $1/f$ ゆらぎをもつ音楽や模様が人間の感情に与える影響についての研究、人間工学特別号, 37(2001), 322～323
- (2) 武者利光: 生体情報と $1/f$ ゆらぎ、応用物理, 54(1985), 429～435