第 51 回自動制御連合講演会
2008 年 11 月 22 日，23 日　山形大学工学部

サウンドデータにおける 1/ f ゆらぎ周波数の抽出

○菅井桂子　　齊藤兆古（法政大学大学院）

1/f fluctuation frequency extraction from sound data

* K. Sugai and Y. Saito (Graduate School of Hosei University)

Abstract－Most of the modern conveniences are designed to operate in a highly efficient manner with sophisticated human interface. According to the spreading use of micro-computers, modern conveniences are able to equip the human intelligent functions. Further, modern ergonomics have to take the mental environmental impression into account. Sound is one of the most effective signals appealing to human sensitivity. Therefore, it is possible to say that sound is an extremely important factor when we design the intelligent human interface of modern conveniences as well as ergonomics considering the human mental impressive effects into account.
Since 1/f fluctuation frequency characteristic may give a healing effect to the human, this article makes a study of the 1/f fluctuation frequency characteristics extracted from various types of music.

Key Words: 1/f　Fluctuation, human interface, sound

1.　緒論

現代の多くの機械は、単に高性能が要求されるだけで無く、より洗練されたヒューマンインターフェイスを備えなければならない．この意味で、現代の人間工学は取り扱い易さに加えて人間へ与える心理的・精神的な影響も考慮しなければならない．

音響は人間の感性へ訴える最も効果的な信号である．このことは近年、音楽療法が多くの医療施設で取り入れられるなど、音楽の効果的な作用が医学的に認められていることからもわかる．音楽には様々な病気の改善効果や癒し効果があるとされている．

音楽療法とは病気の改善や治療を目的に実施されるテラピーである．慢性分裂病や自閉症などの改善、高血圧や脳血管障害の克服、老人性痴呆症の予防や治療、がん患者の延命効果、心身の緊張や痛みの緩和効果など、種々の医学的作用を持つことが証明され、すでに多くの医療分野で導入されている．この音楽療法には、効果的な音楽を聴覚情報として耳から聞き入れる受動的音楽療法と、楽器演奏や歌を唄うといった能動的音楽療法がある．

人間が耳で感じ取れる周波数は、医学的にみて15ヘルツから20,000ヘルツといわれている．耳から入力される音の周波数は人間の脳から脊椎にある各骨格部位と対応しており、例えば延髄より上の脳神経系は4,000ヘルツ以上の高周波音に対応し、頸椎は2,000から3,000ヘルツ、また胸椎は800から2,000ヘルツ、腰椎から仙椎は125から800ヘルツという周波数に呼応している．そのため音楽に含まれる高周波音は、副交感神経の分布する延髄から大脳にかけての神経系を刺激し、その結果、脳神経系、ホルモン系、循環系、免疫系といった人間の健康を支えている生体機能に効果的に働く[1)]．

拠って、音はものづくりにおけるヒューマンインターフェイスを考える上で極めて重要な因子であるといえる．本論文では音楽中に含まれる1/f ゆらぎ周波数に関して幾つかの考察を述べている．

2.　1/ f ゆらぎとは

「1 / f ゆらぎ」は自然界に多く存在し[2)]，例えば小川のせせらぎ，小鳥の囀り，爽やかなそよ風などの心安らぐリズムが相当する．同様に，心地良い音楽を聴いたり，快い感じを抱いたり，安静にしているときの脳波にも「1 / f ゆらぎ」が存在する．

「1 / f ゆらぎ」解析法として，信号へ離散フーリエ変換を適用し，各周波数に対するパワースペクトラムを計算する．周波数の低下とともにパワースペクトラムが増加するような信号の中で，パワースペクトラムの振幅が周波数に対して反比例する信号が「1 / f ゆらぎ」である．

視覚的に判りやすくするために，よく行われる方法は，フーリエ・パワースペクトラム対周波数の両対数グラフを描き，描かれる線図の傾きによってゆらぎの種類を大別する方法である．Fig.1 にフーリエ・パワースペクトラムの例を示す．

Fig.1 において，直線の傾きがゼロの場合は主にホワイトノイズである．また，直線の傾きが急になる程単調な信号である．そしてホワイトノイズと単調な信号の中間的な信号で傾きが約-1 の場合を「1 / f ゆらぎ」と呼び，人間が心地よいと感じる信号であるとされている．

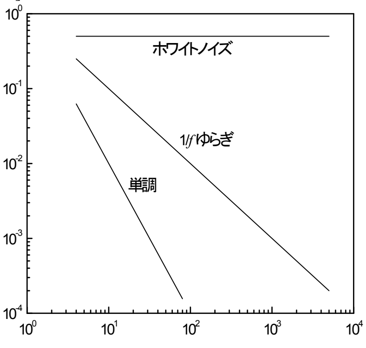

Fig.1　1/f fluctuation frequency

08PR0003/08/0000-0070 ¥400 ©2008 SICE

3. 音楽の 1/ f ゆらぎ周波数特性

3.1 実験方法

まず、音楽データの信号を時間領域にフーリエ変換し、フーリエ係数の絶対値を計算してフーリエ･パワースペクトラムを得る．得られたフーリエ・パワースペクトラムから、フーリエ・パワースペクトラム対周波数の両対数グラフを描く．

フーリエ変換は全サンプル数に等しい実部と虚部を与えるので、独立なパワースペクトラムは全サンプル数の半分までであり、さらにフーリエ変換の精度を勘案し全サンプル数の 1/4 項までで高調波解析を行う．フーリエ･パワースペクトラム対周波数の両対数図から周波数特性を直線近似する一次関数を最小自乗法によって求め、その比例項（傾き）から揺らぎの種類を大別し特徴を吟味する．本稿では全体の傾きに加え、部分的な周波数帯域における傾きも求めた．

3.2 実験結果

和楽やクラシック音楽、民族音楽、現代音楽など、幅広いジャンルで実験を行った。計算機のメモリー制約から､曲中で主題の展開部にあたる部分の約1分から1分30秒を抜粋して計算した．

その結果､全体を通してのフーリエ･パワースペクトラムの傾きが-1で1/ f ゆらぎを呈する音楽、全体で見ると傾きが急で一見単調だが、部分的に見ると1/ f ゆらぎが存在する音楽、逆に全体で見ると傾きはゼロであるが部分的に1/ f ゆらぎが現れている音楽など、ほとんどの曲で1/ f ゆらぎ周波数特性の存在が確認できた．しかし、一方で、1/ f ゆらぎが現れても微細であり、ほとんど確認できない曲も存在した．

1/ f ゆらぎが確認できた例をFig.2とFig.3に示す．Fig.2は三味線であり、全体で見ても部分で見ても1/ f ゆらぎが現れていた．Fig.3はクラシックの管弦楽で、全体の傾きは-1.4と多少急であったが、部分的に見ると2箇所で1/ f ゆらぎが現れていた．

次に、ほとんど1/fゆらぎが存在しなかった例をFig.4とFig.5に示す．Fig.4は南米の民族音楽で、今回抜粋した部分ではほとんど傾きが無かった．Fig.5はピアノ協奏曲の一部だが、傾きが-2の部分の他にわずかな範囲で1/ f ゆらぎが確認できた．

4. まとめ

フーリエ変換と最小自乗法を用いて音楽データから1/f ゆらぎ周波数成分を抽出した．その結果、様々なジャンルの音楽で1/f ゆらぎ周波数成分の存在が確認され、さらに、それらは個々の音楽で固有の様式で周波数帯域に組み込まれていることが判明した．

5. 参考文献

1) 和合晴久,新･健康モーツァルト音楽療法 PART2:血液循環系疾患の予防,P1/P13 (2004 年)

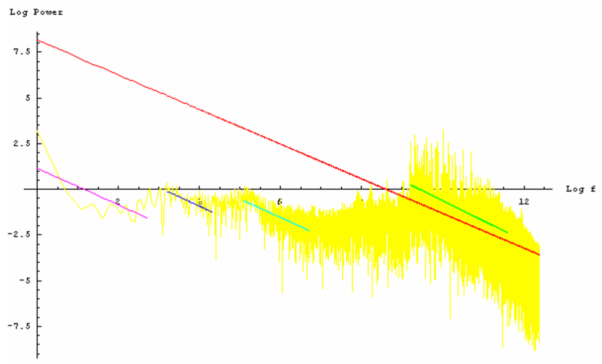

Fig.2 Japanese music(Syamisen)

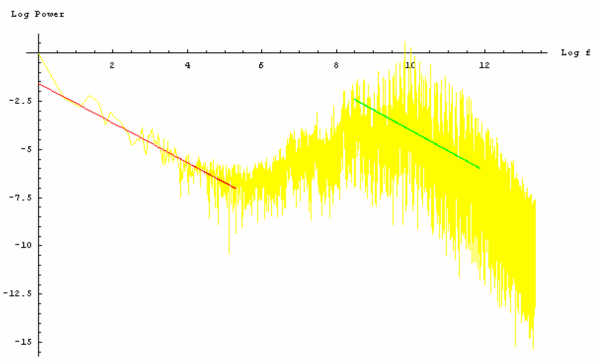

Fig.3 Classic music

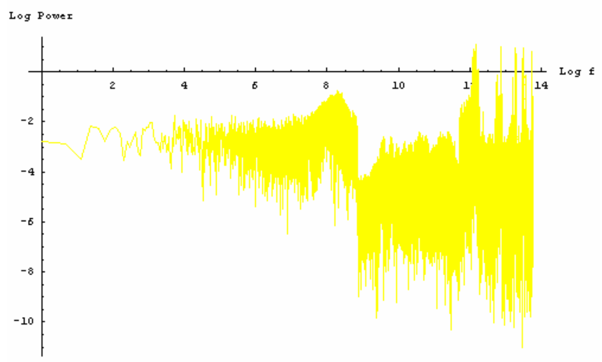

Fig.4 Folk music of South America

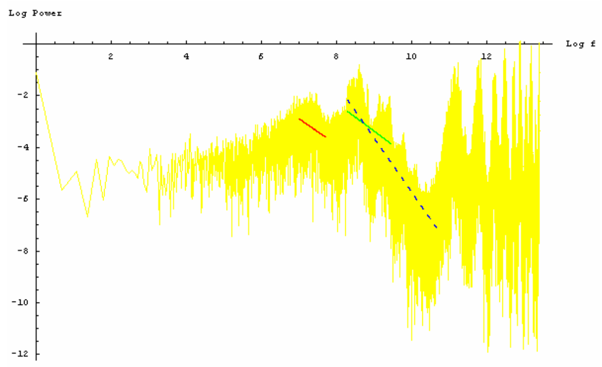

Fig.5 Piano Concerto

2) 寺西正晃，丸山和夫，早野誠治，齋藤兆古，堀井清之，自然界の画像が持つ 1/f 周波数成分の可視化，可視化情報シンポジウム,B108,2005.