

低周波騒音の AR モデルによる分析

©石田妙子, 荒井隆行, 村原雄二 (上智大・理工)

1. はじめに

環境騒音は種々の発生機構により生じ、その音響的特徴も固有の特徴を有している。その中で動力を駆動源として発生する騒音、例えば工場の機械の音に含まれる低周波騒音は、人に圧迫感や振動感を与え、生理的悪影響を及ぼすことなどからしばしば問題になっている[1][2]。

我々は、このような低周波騒音をいくつかの構造物の持つシステムを並列に駆動して発生した振動の合成と考えた。そして、その騒音の周波数特性の中で、寄与の大きい成分が異なる周波数帯に存在する場合、その原因は帯域個別のシステムから発生したものと考え、各々を分離して分析することを試みた。低周波成分が存在する騒音において、その発生機構を自己回帰モデル (以下 AR モデル) として表現することにより、低周波の特性が顕著に反映するものと考えた。更に、線形予測分析 (以下 LPC) によって得られた予測残差信号と係数を用いることにより、低周波成分を可聴化することができ、聞き取りによる識別も可能となる[3]。

2. 分析

分析対象としては、実際に住民に被害が生じている工場内のコンプレッサ付近で録音された音を用いた。対象信号は 8kHz で標本化されており、冗長な処理を避けるため低域通過フィルタ (以下 LPF) と down-sampling により適切な標本化周波数を調べ、800Hz の標本化データとした。このデータをもとにして更に、低周波騒音の存在する周波数帯に注目するため 100Hz の LPF を通し、標本化周波数 200Hz のデータとした。

次に、時間的定常性を調べるために元のデータに対し、LPC 分析によるスペクトル推定を行った。この場合、次数を 20 次として、Hamming 窓 (N=512) によってフレーム分けを施し、各フレームに対して得られた LPC 係数から推定スペクトルを求めた。この処理を 256 サンプルずつシフトしてスペクトルの時間的推移をグラフ化した。

100Hz 以下の低周波成分に対しては、発生機構を AR モデルと想定して LPC 分析を行った。

この場合、特に寄与の大きい主要な成分に限定するために、次数を 8 次とした。フレーム長は 64 点とし、32 サンプルずつシフトさせ同様にスペクトルの推定を行った。

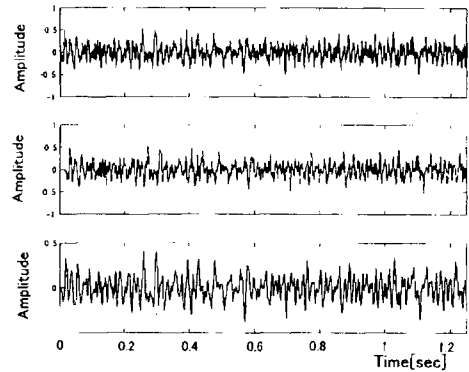


Fig.1: 分析波形

(a)8000Hz サンプルの記録波形

(b)800Hz サンプルの波形

(c)遮断周波数 100Hz の LPF の出力波形

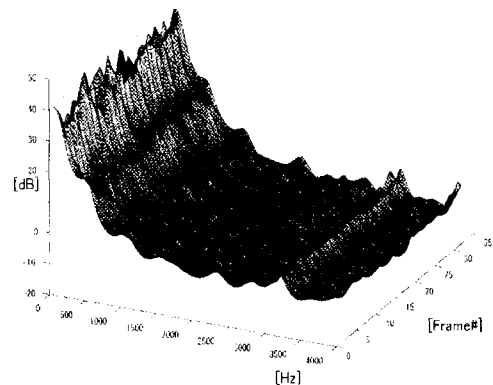


Fig.2: スペクトル包絡の時間推移 (LPC 分析次数 20 次)

*Analysis of Frequency Noise using autoregressive model

By Taeko Ishida, Takayuki Arai, Yuji Murahara(Sophia Univ.,Tokyo,Japan)

3. 結果および考察

対象騒音は低周波騒音計(リオン NA-18)を用いて、Digital Audio Tape (DAT) に記録した。記録波形の一部を Fig.1(a)に示す。Fig.1(b)(c)は各々遮断周波数 400Hz・100Hz の LPF の出力波形である。Fig.2 は 32 フレームに渡る 20 次の LPC 分析によるスペクトル推定の時間推移を示している。この図より低周波数帯に強い成分を有することと、その時間的な定常性が確認でき、低周波騒音の存在が示唆される。従って、この定常性より AR モデル化が妥当なものと考えられる。

Fig.1(c)の示す信号が対象とする騒音信号の 100Hz 以下の成分であり、200Hz の標準化データとすることで、LPC 分析に対する妥当な時系列データに変換している。この低周波成分に対するスペクトル推定の結果を Fig.3 に示す。この図の(a)~(f)は、32 サンプルずつシフトした時間的に連続した、8 次の LPC 分析によるスペクトル包絡である。この場合、フレーム長 64 点に対し、8 次・12 次・16 次について LPC 分析を行った結果、帯域内の強い周波数成分の特徴を表現するためには 8 次が適当であると判断された。この図より、いずれのフレームにおいても、概略 26Hz・46Hz・72Hz の 3 つのピークが認められる。これらがこの低周波数帯において関与の高い成分であると推定できる。

低周波騒音を問題とする場合、その関与の高い周波数成分を検出することとともに、一般に人間の聴覚では知覚しにくい信号の存在を示すことが重要である。本研究における LPC 分析によって得られた AR モデルを予測残差信号によって駆動することによって、波形合成す

ることが出来る[3]。更に、予測残差信号の周波数を可聴域にシフトして駆動することにより、可聴域の時間信号に変換することができる。これによって、低周波の雑音成分をその特徴を反映した可聴音として実現でき、人間の聴覚に訴える音への変換が可能となる。

4. おわりに

本研究では、実際に被害が生じている地域における騒音信号を対象とした。特に 100Hz 以下の成分に対しては、人間へ生理的悪影響が指摘されている。そこで、その低周波成分の LPC 分析によるスペクトル推定を行った。その結果、概略定常的に 3 つの周波数でピークを確認することができ、本方式による推定が低周波域の強い周波数成分を検出する方法として有効であると思われる。

また、LPC 合成によって騒音の低周波成分を可聴域の信号に変換することによって、信号を可聴化することで聴覚的に音の特徴を認識することが可能となるとと思われる

5. 参考文献

- [1]中野有朋, “超低音 (聞こえない音)” 技術書院, pp.83-92.
- [2] 中野有朋, “実践騒音対策 騒音・低周波音・超低音” 日刊工業新聞社, pp.48-59, 129-148.
- [3]Mori, Toba, Harada, T., Arai, T., Komatsu, M., Aoyagi, M., and Murahara, Y., “Human language identification with reduced spectral information”, Proc.of Eurospeech 99, pp.391-394, 1999.

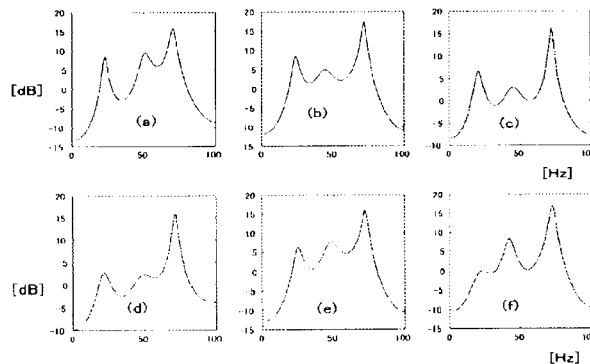


Fig.3 : 100Hz 以下の成分に対する LPC スペクトル