

D2 車両騒音の時間周波数領域における解析

杉原弘祐† 菊池久和† 佐々木重信† 渡辺弘道† 岩男眞由美†

† 新潟大学工学部電気電子工学科 †† 株式会社いすゞ中央研究所

1. まえがき

車両騒音は自動車運転中の疲労原因の1つと考えられている。この騒音は車両ごとに異なる複雑な機構により、さまざまな特徴を持った音になっている^[1]。本稿では車両騒音が乗員に与える影響調査の基礎として、騒音の識別を行う。

サンプル騒音には2種のトランスミッション打音を選んだ。これまでガボールウェーブレットによって解析を行ってきたが^{[2][3]}、今回はコイフレット^[4]を用いて時間周波数領域における特徴抽出の可能性を検討した。

2. ウェーブレット変換とリップシツ指数

基本ウェーブレットからウェーブレット系を

$$\psi_{j,k}(t) = \frac{1}{2^j} \psi\left(\frac{t - kb_0}{2^j}\right) \quad (1)$$

と定めると、信号 $f(t)$ のウェーブレット変換は入力信号とウェーブレットの内積

$$W_j f(k) = \langle \psi_{j,k}, f \rangle \quad (2)$$

によって与えられる。

ここである時刻におけるスケール j を横軸にとり、ウェーブレット係数の大きさ $\log_2|W_j f|$ を縦軸にプロットする。最小2乗法によって

$$\log_2|W_j f| = \alpha j + \beta \quad (3)$$

の形に直線近似する。傾き α をリップシツ指数^[5]といい、スケール間におけるウェーブレット係数の変化(スケール依存性)を表す1つのパラメータとなる。

しかし今回のような振幅変動が激しい騒音波形では、ウェーブレット係数から直接傾きを求めても変動幅が大きくなって2音を十分に弁別できない。そこでまずウェーブレット係数のN点毎の時間平均をとる意味で、

$$s_{j,k} = \frac{1}{N} \sum_{l=k}^{k+N-1} W_j f^2(l) - \left(\frac{1}{N} \sum_{l=k}^{k+N-1} W_j f(l) \right)^2 \quad (4)$$

によって分散を計算した。スケール j と平滑化対数振幅 $\log_2 s_{j,k}$ について直線近似し、リップシツ指数を求める。

リップシツ指数として求められた傾き α には次のような特徴がある。

- ・ステップ入力の場合:不連続点においてウェーブレット展開係数の振幅はスケールによらず一定であるため、傾きは零となる。
- ・インパルス入力の場合:スケールが大きくなるにつれてウェーブレット展開係数の振幅は小さくなり、傾きは負となる。
- ・入力信号が連続的に変化する場合:スケールが大きくなるにつれてウェーブレット展開係数の振幅も大きくなり、傾きは正となる。

3. 解析結果

解析に用いた騒音は、マニュアルシフトの商用車が停車中(ニュートラルポジション)にトランスミッションケースから発生した騒音を11kHzで標本化した2種類の信号である。図1の上側をGARA音、下側をGARAGARA音と呼び、信号の長さは共に2,000点(2秒間)とした。

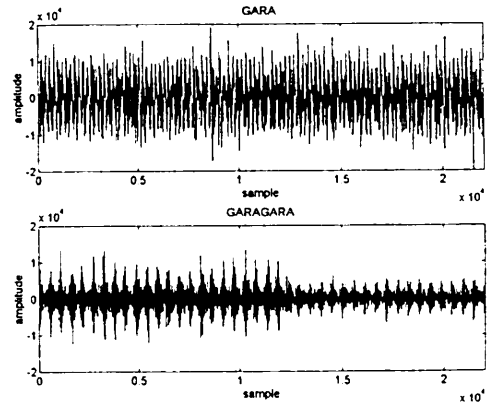


図1 GARA音とGARAGARA音

基本ウェーブレットにはスケール間の対応づけがわかりやすいように対称性のよいコイフレット^[4]を用い12タップ、レギュラリティ4とした。

2種類の信号をそれぞれ9段のフィルタバンクでウェーブレット変換し10,001~14,400sample、0.4秒間を図2、図3に表示する。図の上側が高周波、下側が低周波である。

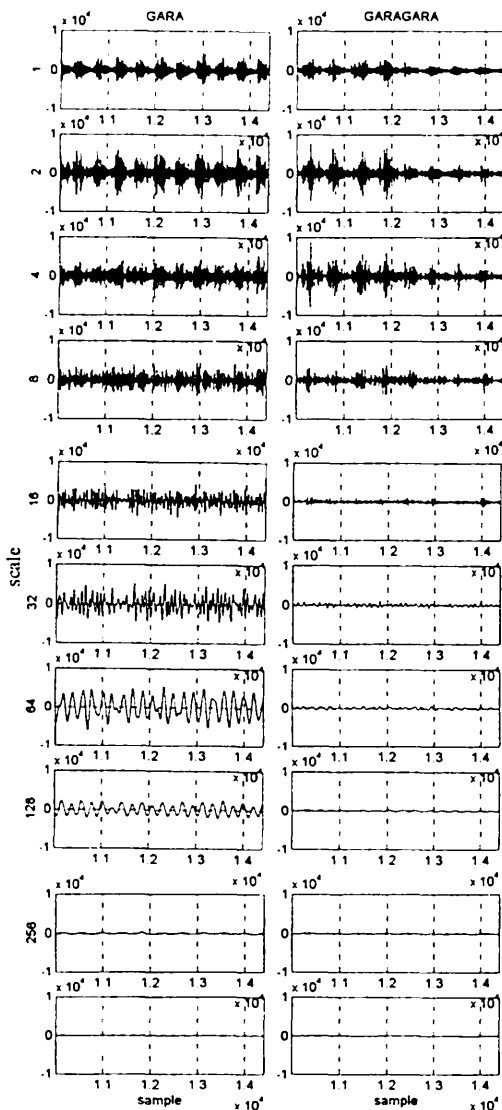


図2 GARA音のWT 図3 GARAGARA音のWT

図2, 3を比較するとスケール8付近まで(5,500~340Hz)は、GARA音で450点おき、GARAGARA音で500点おきの振幅の周期的変動が確認できる。スケール16~64(340~40Hz)においてはGARA音にのみ振幅の大きな成分が含まれている。

高周波領域(小スケール)で共通する周期的変動はトランスミッション打音に共通して含まれる機械的振動によるものと考えられる。低周波成分はGARA音固有の特徴となっている。ここではこの特徴を利用し、リップシツ指数によって2音の分類を試みた。高周波領域におけるGARAGARA音の周

期的変動がおよそ500点おきであることから、Nを500、kを1~21501として式(4)で分散を求めた。

図4はリップシツ指数の時間変化を表す。上側がGARA音、下側がGARAGARA音である。

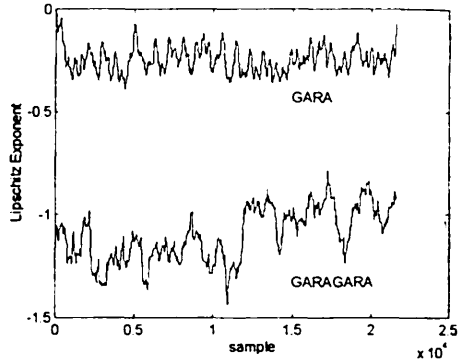


図4 リップシツ指数の時間変化

この図から全体を通して、GARAGARA音に比べGARA音の傾きが小さいことがわかる。これらの傾きの変動幅は互いに重なり合うことなく、完全に分離している。この変動幅の間にしきい値を設けることで2音の分類が可能となる。

4. まとめ

ウェーブレット係数のリップシツ指数からGARA音とGARAGARA音の分類が可能であることを確認した。今後は多数の騒音の分類について試みる予定である。

<参考文献>

- [1] 自動車技術会振動騒音部門委員会: "くるまの騒音調査報告", 1994
- [2] 佐越俊光ほか: "トランスミッション打音のウェーブレット解析", 電気学会新潟支所研究発表会予稿集, pp.131-132, 1994.
- [3] 菊池久和: "信号処理におけるウェーブレット: 基礎と応用", 理研シンポ予稿集, pp.30-33, Nov. 1994.
- [4] I. Daubechies: *Ten Lectures on Wavelets*, SIAM, pp.251-286, 1992.
- [5] S. Mallat and S. Zhong: "Characterization of Signals from Multiscale Edges," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14, 7, pp.714-716, July 1992.