

## フーリエ記述子を用いたエンジン異常音の判別

### 1 はじめに

音声信号は、定常音と非定常音に分けることができる。ここで定常音は一定の周期で繰り返される音を指しており、これ以外の音、すなわち周期を持たない音などを非定常音とする。本論文では、定常的な異常音を判別する実験を行った。

異常音の判別により、機械の故障を予知・診断することができ、また、異常音が故障箇所の目安となれば、修理の効率化も期待できる。

本論文では、エンジンの故障判定を想定し、車のエンジン音を例にとって、異常音(故障)判定について検討を行う。エンジン異常音を MEM 法を用いて特徴抽出し、フーリエ記述子によって線図形化することで、視覚での判別を試みた。

### 2 最大エントロピー法

本論文では MEM 法(Maximum Entropy Method, 最大エントロピー法)を用いて、音声信号の特徴抽出を行う。

信号  $x_n = \sum_{k=1}^p a_k x_{n-k} + e_n$  に対する MEM のパワースペクトルの計算式は

$$P(f) = \frac{2\sigma^2\Delta\tau}{|1 - \sum_{k=1}^p a_k e^{-i2\pi f k \Delta\tau}|^2} \quad (1)$$

となる。ただし、添字  $n$  は時刻  $t = n\Delta\tau$  に対応し、 $\Delta\tau$  はサンプリング間隔であり、 $a_k$  は  $k$  によって変わる線形モデルの係数である。 $\sum_{k=1}^p a_k x_{n-k}$  を時刻  $t$  における信号  $x_n$  の予測値とすれば、 $e_n$  はそれと  $x_n$  との予測誤差である。また、 $\sigma^2$  は  $e_n$  の分散であり、 $\tau = j\Delta\tau$ 、 $\delta(\tau)$  はデルタ関数である。

### 3 フーリエ記述子

平面上の曲線を周波数領域で記述する方法としてフーリエ記述子がある。フーリエ記述子には Z 型、G 型をはじめ、様々な種類があるが、その中に P 型フーリエ記述子がある。P 型は従来のフーリエ記述子と異なり、開曲線に対して適用が可能である。

複素平面上の曲線を  $n$  等分した多角形で近似する。多角形の各辺の長さを  $\delta$  とすると各頂点は  $z(i) = x(i) + jy(i)$ 、 $(i = 0, \dots, n)$  となり、曲線は複素関数  $Z$  で表現される。 $Z$  の P 表現  $w$  を、 $w(i) = \frac{z(i+1) - z(i)}{\delta}$  とし、この  $w(i)$  をフーリエ変換すると、

$$c(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} w(i) \exp\left(-2\pi j \frac{ik}{n}\right) \quad (2)$$

$(k = 0, \dots, n-1)$

となり、この  $c(k)$  が曲線の P 型フーリエ記述子となる。

### 4 提案手法

本論文ではエンジン異常音判別に対してフーリエ記述子を用いた。これにより、音という不可視のものを視覚化することができる。提案手法における手順を以下に示す。

1. 記憶パターンとなる音に MEM を用いて、信号の特徴を抽出する。
2. 得られた係数をフーリエ記述子として扱い、曲線を描く。
3. 入力パターンとなる音についても同様に 1, 2 を行う。
4. 記憶パターンをもとにして入力パターンの判定を目でみて行う。

例えば、記憶パターンの MEM によって得られる、式 (1) の係数  $a_k$  は図 1 のようになる。また、この  $a_k$  を式 (3) の  $c(k)$  に代入し、フーリエ逆変換することによって得られる再生曲線は図 2 である。

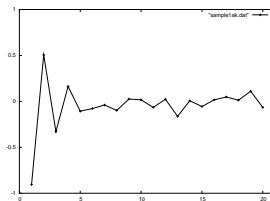


図 1:  $a_k$  の一例

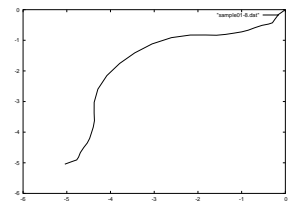


図 2: 図 1 に対する再生曲線

本論文では定常音として車のエンジン音を扱い、記憶パターンとして 12 種類の定常音を扱った。判別を行った結果、入力パターン 12 種類、全 169 パターンにおいて、正しい判別を行うことが出来た。

### 5 おわりに

本論文では音声判別に対し視覚化することで判別する手法を提案した。実験の結果、本手法が有効であることを示した。

改善点として、再生曲線が 1 本の線であり、判別が容易でない点が挙げられる。また、今回は車のエンジン音についての研究であったが、その他の定常音について実験を行うことも今後の課題である。

### 参考文献

- [1] 上坂吉則：“開曲線にも適用できる新しいフーリエ記述子”，電子通信学会論文誌，Vol.J67-A, No.3, pp.166-173, 1984
- [2] 章 忠，難波道弘，川畑洋昭：“セルラニューラルネットワークおよびその異常診断への応用”，計測自動制御学会論文集，Vol.40, No.6, pp.626-634, 2004