

最頻値推定法を用いた背景音スペクトログラム推定

田口 智一*, 横田 康成 (岐阜大学)

Spectrogram Estimation of Background Sound Using Mode Estimation Technique
Tomokazu TAGUCHI, Yasunari YOKOTA (Gifu-University)

1. まえがき

我々の生活環境において定常的に存在する音（以下、背景音）のスペクトルを24時間から1年などの長期にわたってモニタリングすることは、様々な音環境調査などに有用である。本研究では、背景音を各周波数で一定時間内にもっとも多く存在する音、つまり周波数ごとに最頻値を与える音 (mode sound) と定義し、背景音のスペクトル変化（以下、背景音スペクトログラム）の推定法を提案する。また、24時間背景音スペクトログラムを推定した一例を示し、その解釈、有用性を検討する。

2. 背景音スペクトルの推定法

<2.1> 背景音スペクトルの定義

解析対象となる音を $x(t)$ 、そのスペクトログラムを $P_x(t, f)$ で表す。ただし、 t, f は、それぞれ時刻、周波数を表す変数である。音 $x(t)$ が定常確率過程ならば $P_x(t, f)$ は t には無関係となるが、実際の音には突発的な音などが含まれる。ここで、背景音は定常であり、かつ各周波数で一定時間内でもっとも頻出する音と定義する。そこで、背景音のパワースペクトルを一定時間幅 W 内の $P_x(\tau, f)$ 、 $t - W/2 < \tau < t + W/2$ の値の最頻値 $P_{mode}(t, f)$ として推定する。これを背景音パワースペクトログラムと呼ぶことにする。

<2.2> 最頻値 (mode) 推定法

最頻値を求める手法としては、直接、ヒストグラムを求めてその最大値を最頻値とする方法に加え、 k -means 法によりクラスターを求める方法、モードフィルタ⁽¹⁾、カーネル関数を用いて確率密度分布の推定を介する方法、グラフスペクトルを利用する方法⁽²⁾、平均変位 (mean shift) 法⁽³⁾、可変窓幅平均変位法⁽⁴⁾を用いることが考えられる。しかし、これらの手法にはビン幅（等価的にカーネル幅、窓幅）の設定問題、学習を行う際の初期値設定問題、データ数が増加すると計算量が膨大になる問題などがある。そこで、本研究では、対象が緩く正規分布に従う仮定の下で、適切な窓幅と最頻値を学習的に獲得してゆく平均変位法⁽⁵⁾を用いる。

<2.3> 背景音スペクトル推定法

背景音しかなければスペクトログラム $P_x(t, f)$ はおおよそ自由度2の χ^2 乗分布に従うため、正規分布に従うことを仮定した可変窓幅平均変位法⁽⁵⁾を適用することができない。自由度2の χ^2 乗分布は、3.768乗根変換することで準正規化できることが示されている⁽⁶⁾。そこで、 $P_x(\tau, f)$ 、 $t - W/2 < \tau < t + W/2$ を3.768乗根したのち、可変窓幅平均変位法⁽⁵⁾を適用して最頻値 $P_{mode}(t, f)$ を求める。

3. 背景音スペクトログラムの推定結果

屋外にマイクロフォンを設置し、ICレコーダーにより環境音を1週間連続記録した。ただし、サンプリング周波数は $f_s = 22.05$ (kHz) である。この音を $x(t)$ とし、窓幅 100 (ms)、シフト幅 50 (ms) で短時間フーリエ変換することにより、スペクトログラム $P_x(t, f)$ を求めた。さらに、窓幅 $M = 5$ (min) として、時刻 t 、周波数 f 毎に可変窓幅平均変位法⁽⁵⁾により背景音スペクトログラム $P_{mode}(t, f)$ を推定した。推定した背

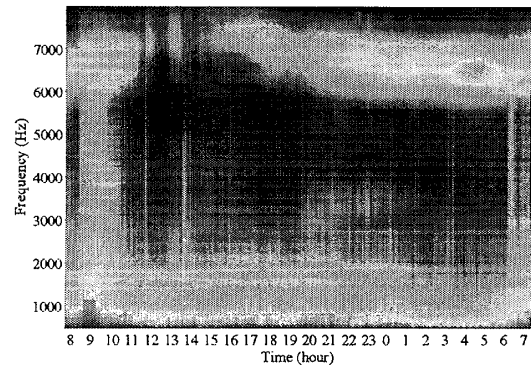


Fig. 1. Estimated 24 hours-background sound spectrogram

景音スペクトログラムの24時間分を Fig. 1 に示す。横軸は時刻 t 、縦軸は周波数 f を表す。値の大きさは、青、黄、赤色の順で大きくなる疑似カラーで表した。

おおよそ15時から始まる6500 (Hz) 付近の成分は、虫の鳴き声を表す。鳴き始めから朝5時までは鳴き声の周波数が徐々に下がり、その後、周波数が上昇に転じ、おおよそ13時に鳴き止んでいることがわかる。こうした日内変動は、記録した1週間を通して観測された。ある種の虫の鳴き声の周波数が時間と共に変化することが知られており、本解析においてもこうした明らかな日内変動を捉えることができた。

4. まとめ

最頻値となる背景音のスペクトログラムを背景音スペクトログラムとして音の解析に利用する考え方を提案した。更に、可変窓幅平均変位法を最頻値の推定に利用して背景音スペクトログラムを推定する手法を提案した。具体的に、1週間分の環境音を計測して提案法を用いて分析することにより、虫の鳴き声の周波数の日内変動を捉えることに成功した。

文献

- (1) J. Weijer and T. Gevers, "Color mode filtering", Proc. ICIP, pp. 125-128, 2001.
- (2) K. Inoue and K. Urahata, "Sequential fuzzy cluster extraction by a graph spectral method," Pattern Recognition Letters, vol. 20, pp. 699-705, 1999.
- (3) Y. Cheng, "Mean shift, mode seeking, and clustering," IEEE Trans. PAMI, vol. 17, no. 8, pp. 790-799, 1995.
- (4) D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, "The variable bandwidth mean shift and data-driven scale selection," IEEE International Conference on Computer Vision, vol. 1, pp. 438-445, 2001.
- (5) 河村洋子, 横田康成, 松丸直樹, 白井邦博, "24時間心拍変動モニタリングによる敗血症性ショック発症の予知," 信学技報, vol. 112, no. 63, MBE2012-6, pp. 29-34, 2012.
- (6) 河村貴也, "パワースペクトル系列の準正規分布化と音質変化検出への応用," 岐阜大学 大学院 工学研究科 応用情報学専攻 平成22年度修士学位論文, 2011.