

リアルタイム雑音抑圧法を用いたSVM型自動判定支援システム

Machine learning type automatic decision support system using real time noise suppression

† 堀 晃己
HORI Kouki

† 田邊 造
TANABE Nari

‡ 古川 利博
FURUKAWA Toshihiro

公立諏訪東京理科大学† Suwa University of Science
東京理科大学‡ Tokyo University of Science

E-mail:†{S317071@ed, nari@rs}.sus.ac.jp, ‡{tofurukawa@rs}.tus.ac.jp

1 はじめに

本論文は、リアルタイム雑音抑圧を用いたSVM型自動判定支援システムを提案する。提案手法は、(i) 雑音信号をSS法によって逐次的に分散値を求め、(ii) 有色性駆動源カルマンフィルタを用いて雑音をリアルタイムに抑圧して所望信号を抽出する。次に、(iii) 所望信号スペクトルのピーク値とその周波数から閾値を決定した後に、音の正誤が混合している周波数帯域にSVMを適用する手法である。提案手法の特徴は、雑音抑圧した後に閾値と閾値判定が困難な部分にSVMを用いて、90%以上の精度で判定支援を達成していることである。提案手法の有効性は、計算機シミュレーションで明らかにしている。

2 提案手法

提案手法のアルゴリズムを以下に示す。

Step 1 雑音信号の逐次分散値推定法 [1]

n 時刻における観測信号 $x(n)$ をFFTを用いて観測信号スペクトル $X_{L/R}(\lambda, k)$ に変換した後に、平滑化観測スペクトル $\bar{X}_{L/R}(\lambda, k)$ を算出する。ここで、 λ はフレーム番号、 k は周波数ビン番号とする。現在のビン番号から過去 $L_d^{(1)}$ までのビン中で最小値を抽出することで、 $L_d^{(1)}$ 区間での推定雑音スペクトル $V_{L/R}^{(1)}(\lambda, k)$ を以下のように求める。

$$V_{L/R}^{(1)}(\lambda, k) = \min(\bar{X}_{L/R}(\lambda, k), \bar{X}_{L/R}(\lambda - 1, k), \bar{X}_{L/R}(\lambda - 2, k), \dots, \bar{X}_{L/R}(\lambda - L_d^{(1)} + 1, k)) \quad (1)$$

このとき、推定雑音スペクトル $V_{L/R}^{(2)}(\lambda, k)$ が次式

$$V_{L/R}^{(2)}(\lambda, k) = \begin{cases} V_{L/R}^{(2)}(\lambda - 1, k) + \beta V_{L/R}^{(1)}(\lambda, k) \\ (\bar{X}_{L/R}(\lambda, k) - \beta V_{L/R}^{(1)}(\lambda, k) > 0) \\ \eta V_{L/R}^{(1)}(\lambda, k) \text{ (otherwise)} \end{cases} \quad (2)$$

とし、1時刻前の推定雑音スペクトル $V_{L/R}^{(2)}(\lambda - 1, k)$ に推定雑音スペクトル $V_{L/R}^{(1)}(\lambda, k)$ を加算することで、推定雑音スペクトル $V_{L/R}^{(2)}(\lambda, k)$ を算出することが可能となる。なお、パワースペクトルは負の値をとるときには、推定雑音スペクトル $V_{L/R}^{(1)}(\lambda, k)$ にフロアリング係数 η を乗算している。

次に、推定雑音スペクトル $V_{L/R}^{(2)}(\lambda, k)$ と観測信号の短時間平均 $|\bar{X}_{L/R}(\lambda, k)|^2$ の比から雑音スペクトル係数 $Q_{L/R}(\lambda, k)$ を推定する。このとき、推定雑音スペクトル $V_{L/R}(\lambda, k)$ は観測信号スペクトル $X_{L/R}(\lambda, k)$ と雑音スペクトル係数 $Q_{L/R}(\lambda, k)$ の積で求められる。推定雑音スペクトル $V_{L/R}(\lambda, k) = X_{L/R}(\lambda, k) \cdot \sqrt{Q_{L/R}(\lambda, k)}$ をIFFTして算出された推定雑音信号を用いて、Step 2 で必要な雑音の分散値を求める。

Step 2 有色性駆動源カルマンフィルタによる雑音の抑圧 [2]

所望信号の時間的変化を表す状態方程式と所望信号に雑音信号が付加された観測信号を表す観測方程式に対して、有色性駆動源を持つ状態空間モデルは次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \text{[状態方程式]} \quad \mathbf{d}(n+1) &= \Phi \mathbf{d}(n) + \boldsymbol{\delta}(n+1) \\ \text{[観測方程式]} \quad \mathbf{x}(n+1) &= M^T \mathbf{d}(n+1) + \mathbf{v}(n+1) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで、 $\mathbf{d}(n)$ は所望信号ベクトル、 $\mathbf{d}(n+1)$ は $n+1$ 時刻の所望信号ベクトル、駆動源ベクトル $\boldsymbol{\delta}(n+1)$ は所望信号

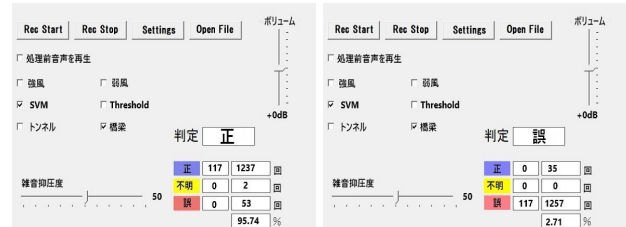


図1 健全部

図2 損傷部

$d(n)$ と0で構成される有色性駆動源である。状態遷移行列 ϕ は時刻シフト行列であり、 $\mathbf{x}(n+1)$ は $n+1$ 時刻の観測ベクトルで構成され、 M^T は観測遷移行列、 $\mathbf{v}(n+1)$ は $n+1$ 時刻の雑音ベクトルで構成されている。

式(3)を有色性カルマンフィルタアルゴリズムで解くことで、雑音信号を抑圧した推定所望信号を算出する。

Step 3 SVMによる正誤判定

Step 2 で算出した推定所望信号をFFTしたスペクトルのピークとその周波数を用い、音の正誤が混合している周波数帯域はSVM適用領域、それ以外の周波数帯域は閾値領域とする。スペクトルのピーク値と周波数をそれぞれ特徴量ベクトル $\mathbf{m}(n) = \{p(n), f(n)\}$ としたとき、教師データは $\mathbf{r}(n) = \{\mathbf{m}(n), \gamma(n)\}$ となる。ここで、 $\mathbf{r}(n)$ は正データを+1または誤データを-1と表すことにする。

重みベクトル \mathbf{w} とバイアス項 b を用いて、特徴量ベクトルを超平面 $\mathbf{y} = \mathbf{w}^T \mathbf{m} + b$ で2つのクラスに分類することを考える。重みベクトル \mathbf{w} は、次式の主問題を解くことで得られる。

$$[\text{評価関数}] \min_{\mathbf{w}, \xi} \left\{ \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 + C \sum_{i=1}^N \xi_i \right\} \quad (4)$$

$$[\text{制約条件}] \gamma_i (\mathbf{w}^T \mathbf{m} + b) - 1 + \xi_i \geq 0, \xi_i \geq 0$$

ここで、 $C(\geq 0)$ は誤りを許容する度合いを決定するパラメータである。

本論文は、式(4)の主問題をラグランジュの未定乗数法を用いて、次式の双対問題を α に対する最大化問題として解く。

$$L(\alpha) = \max_{\alpha} \left\{ \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j \gamma_i \gamma_j \mathbf{m}_i^T \mathbf{m}_j \right\} \quad (5)$$

なお、式(5)を解いて超平面を更新に必要な \mathbf{w} と b を求めることで、逐次的に超平面の更新可能としている。

3 計算機シミュレーション

図1と図2は、正と誤の断定結果である。判定画面の各個数と健全部の百分率を表しており、今回の実験データは、正データの場合は約95%の精度で、誤データの場合も95%以上の精度で正しく判定が行われている。

4 まとめ

本論文は、リアルタイム雑音抑圧法を用いたSVM型自動判定支援システムの開発を提案した。提案手法は、リアルタイムに雑音抑圧した後に閾値と閾値判定が困難な部分にSVMを用いて、90%以上の精度で判定支援を達成している。

参考文献

- [1] 平野 佑佳, 宮崎 亮一, 猿渡 洋 “ミュージカルノイズフリー音声抽出における音声カートシス比に基づく反復回数の制御”, 日本音響学会研究発表会講演論文集 日本音響学会, pp.669-672, 2014.
- [2] Nari TANABE, Toshihiro FURUKAWA, Shigeo TSUJII “Robust Noise Suppression Algorithm with the Kalman Filter Theory for White and Colored Disturbance”, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E91.A, Issue 3, pp. 818-829 2010.