

離散ウェーブレット変換を用いた車両検出時の窓関数の影響

Influence of Window Function on Vehicle Detection using Discrete Wavelet Transform

久保 一雄* 李 承諭* 内野 雅人* 石田 繁巳* 田頭 茂明† 福田 晃*
 Kazuo KUBO Chengyu LI Masato UTINO Shigemi ISHIDA Shigeaki TAGASHIRA Akira FUKUDA

*九州大学大学院システム情報科学研究科 / Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

†関西大学総合情報学部 / Faculty of Informatics, Kansai University

1 はじめに

ITS (Intelligent Transportation System: 高度道路交通システム) において道路を走行する車両を検出することは重要なタスクの1つである。筆者らは、マイクロフォンで取得した車両走行音に離散ウェーブレット変換を適用することで車両を検出する省リソース型車両検出システムの開発を行っている [1]。本稿では、離散ウェーブレット変換を適用するサンプル数や窓関数、階数など複数のパラメータが車両検出精度にどのような影響を与えるか評価を行った結果を報告する。

2 省リソース型車両検出システム

図1に省リソース型車両検出システムの概要を示す。省リソース型車両検出システムは、特徴抽出プロセス、学習プロセス、検出プロセスという3つのプロセスで構成されている。

特徴抽出プロセスでは、車両音の特徴量 (周波数成分) を計算する。一定数の車両音サンプル群に離散ウェーブレット変換を適用し、周波数成分を求める。離散ウェーブレット変換で得られた各時間周波数成分について最大値を求め、各時間周波数成分の代表値として特徴量を抽出する。高速フーリエ変換ではなく短時間のサンプルに離散ウェーブレット変換を適用して周波数成分を解析することで、少ない計算量で特徴量を抽出できる。

学習プロセスでは、特徴抽出プロセスで得た特徴量と車両通過の真値を元にロジスティック回帰分析を行い、車両通過確率を推定するための回帰係数を計算する。車両通過の真値は、筆者らの開発した高精度車両検出システム [2] から得ることを想定している。

検出プロセスでは、学習プロセスで求めた回帰係数を用いて一定数の車両音サンプル群ごとに車両通過確率を計算し、車両通過を判定する。

離散ウェーブレット変換の結果は適用する窓関数やサンプル数などのパラメータに影響されることが知られている。筆者らは、本システムを超低消費電力マイコン上で動作させることで低消費電力な車両検出の実現を目指しているため、省リソースのマイコンで計算を行うために窓関数として Haar ウェーブレットを用いることを想定していた。Haar ウェーブレットは最も基本的な窓関数であるが、他の窓関数に比べて時間周波数分解性能が低いため、窓関数やサンプル数などのパラメータによって性能がどの程度変化するかを評価する必要がある。

3 実証評価

3.1 評価環境

窓関数やサンプル数の影響を評価するため、九州大学伊都キャンパス内の道路で取得した車両走行音を用いて実証評価を行った。対象となる道路は片側1車線の計2車線の道路である。1台のマイクロフォンを高さ1m、道路の中心から約2m離れた歩道上に設置し、ICレコーダで車両走行音を約30分間録音した。ICレコーダはソニー社製HDR-MV1、マイクロフォンはAZDEN社製SGM-990である。走行音はサンプリングレート48kHz、量子化ビット16bitで記録した。また、録音と同時に道路をカメラで撮影し、この動画を真値として利用した。録音した車両音には普通車の他にバスなどの大型車、バイクなどの二輪車など計151台の車両音が含まれている。また、雑音としてセミの音、会話、風の音などが含まれている。超低消費電力マイコンでの処理を想定し、評価には8kHzにダウンサンプリングした車両音を用いた。

3.2 評価手法

実証評価では、真値・車両音に対して10分割交差検定を10回適用し、判定ブロックから得られた判定確率を計算した。判定確率に対して0~

1まで0.01ずつ変化させた閾値を適用し、ROC (Receiver Operating Characteristic) 曲線から最適な閾値を計算した。計算した閾値を用い、True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), False Negative (FN) の値を計算した。さらに、求めた値から正確度 (Accuracy), 精度 (Precision), 網羅率 (Recall) を計算した。

この一連の流れを窓関数 (Haar, Daubechies1~20, Symlets2~20, Coiflets1~5), ウェーブレット変換を適用するサンプル数 (128, 256, 512, 1024, 2048, 4096), 階数 (1階~10階) という3種類のパラメータを変化させながら行い、車両検出精度の変化を評価した。

3.3 評価結果

まず、サンプル数と階数を変化させた場合の影響を評価した。図2に、Haar ウェーブレットを用いた場合における階数の変化に対する網羅度・精度を示す。各サンプル数ごとにプロットしている。図2より、適切な階数を選択すればサンプル数によって性能に大きな差は見られないことが分かる。サンプル数を増やすことで低い周波数成分をより正確に解析することが可能となるが、低い周波数成分は車両検出への寄与が小さいためにサンプル数の影響がほぼなかったと考えられる。一方、階数の変化に対する網羅度・精度の変化は大きく、適切な階数の選択が重要であることが分かる。階数をあまりにも増加させると低い周波数成分がより細かく分解され、車両音以外のノイズが車両検出に誤って与える影響が大きくなり、網羅度・精度が低下したものと考えられる。

次に、窓関数を変更した場合の影響を評価した。図3にサンプル数4096点の時の、階数の変化に対する網羅度・精度の変化を示す。各窓関数ごとにプロットしている。Haar以外の窓関数は最も構成点数が多い窓 (Daubechies20, Symlets20, Coiflets5) を選択した。図3より、窓関数の違いによって網羅度・精度に大きな差は見られないことが分かる。Haar以外の窓関数を適用することで時間周波数分解の性能が向上するが、本システムでは各時間周波数成分において最大値を代表値として特徴抽出を行っているため、時間周波数分解の性能が車両検出に大きく影響しなかったと考えられる。

4 おわりに

本稿では、離散ウェーブレット変換を用いた車両検出システムにおける窓関数、サンプル数、階数の影響を報告した。提案する車両検出システムでは各時間周波数成分の最大値を代表値として用いるために窓関数、サンプル数の影響は小さく、階数の選択が重要であることが明らかになった。今後は、理論的な検討を進めるとともに、実際に超低消費電力マイコン上への実装を進める予定である。

謝辞

本研究の一部は、科研費 (15H05708, 16K16048, 17K19983, 17H01741) 及び東北大学電気通信研究所における共同プロジェクト研究の助成で行われた。

参考文献

- [1] 久保 他, “離散ウェーブレット変換を用いた路側設置マイコンによる省リソース車両検出手法の検討”, 情報処理学会研究報告, vol.2017-ITS-71, no.21, Nov. 2017.
- [2] 石田 他, “路側設置マイクロフォンによる車両カウントシステム”, 情報処理学会論文誌, vol.58, no.1, Jan. 2017.

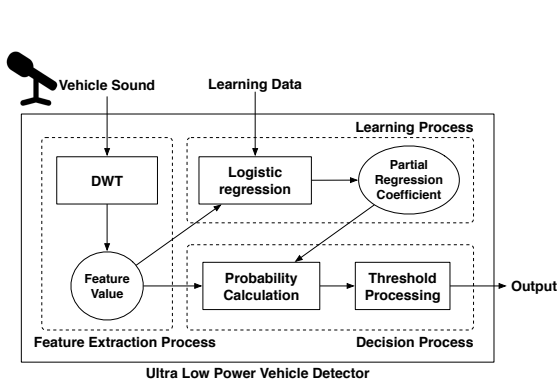


図1 省リソース型車両検出システム

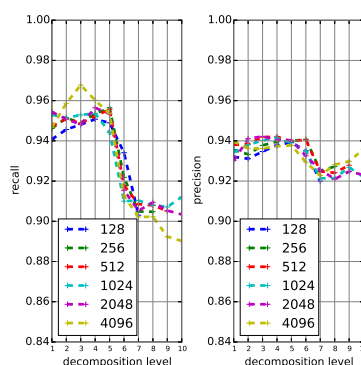


図2 網羅度・精度の変化 (Haar)

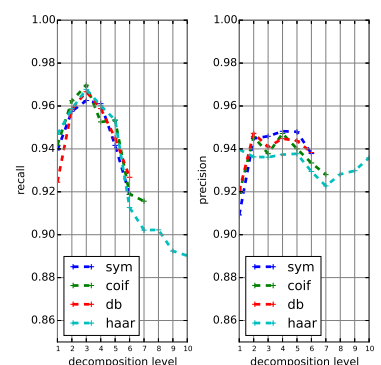


図3 網羅度・精度の変化 (4096点)