

音響車両検出システムの多車線道路における車線推定手法の提案

内野雅人^{†§} Dawton Billy[†] 堀祐貴[†] 石田繁巳[†] 田頭茂明[‡] 荒川 豊[†] 福田晃[†][†]九州大学大学院システム情報科学研究所 [‡]関西大学総合情報学部

1 はじめに

ITS (Intelligent Transportation Systems: 高度道路交通システム) において、道路を走行中の車両を検出することは重要なタスクの1つとなっている。筆者らは、道路横に設置した2台のマイクロフォンが受信した車両走行音の時間差を描いた「サウンドマップ」を解析することで車両を検出する音響車両検出システムの開発を行っている。

本稿では、交通量の多い環境下において走行する車両の移動角速度の変化を利用し、検出した車両の走行車線を推定する手法の提案及び、4車線道路において本手法を評価を行なった結果を報告する。

2 音響車両検出・車線推定システム

図1に音響車両検出・車線推定システムの概要を示す。図1に示すように、Sound Retrieverは2台のマイクロフォンと環境雑音低減用のLPF (Low Pass Filter) で構成される。2台のマイクロフォンは道路脇の歩道に設置し、走行音データを取得する。Sound Mapperでは取得した走行音データが2台のマイクロフォンに到達するまでの時間差を相互相関関数を用いて計算し、得られた到達時間差を時刻の関数として描画することでサウンドマップが得られる。その後、Vehicle Detectorでサウンドマップを解析して車両の通過検知と通過方向判定、擬似速度推定を行う。

Lane Estimatorではまず、検出した車両の擬似速度を擬似速度ストレージ (Pseudo Speed Storage) に一時的に保存する。その後、検出した車両の通過方向ごとに擬似速度分布に対してLane Classifierを用いることで走行車線を分類する。

Lane Classifierでは、車両の移動角速度を利用して走行車線を分類する。車両群が一定速度で走行してい

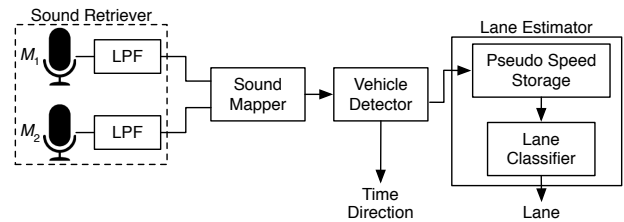


図1: 音響車両検出・車線推定システムの概要

る場合、マイクロフォンに対する車両の移動角速度は車線に依存しており、近い車線を走行する車両ほどマイクロフォンから見た車両の方位角の変化が速い。現実には全車両が同一の速度で走行しているわけではないが、この角度の変化速度の差は車両検出時に推定される疑似速度の分布の差として現れる。また、現実環境では、同一車線を走行する車両の多くは車間距離を維持するために速度の差が小さいと考えられる。そこで、各車線で想定される疑似速度分布に基づいて、車両検出時に推定された疑似速度に対して閾値を設定して疑似速度の閾値判定により走行車線を推定する。

本稿では、Lane Classifierとして判別分類法を用いて疑似速度の閾値を決定し、疑似速度の閾値判定により走行車線を推定する [2]。具体的には、各車線に対応した2つの疑似速度群による速度分布を閾値を使って分離する際、その分離度を各疑似速度群内の分散値と疑似速度群間の分散値を使って算出する。分離度を最大にする値を全数検索によって求め閾値として採用することで、疑似速度分布を各車線ごとの検出車両群に対応した2つの速度分布に分離し走行車線を推定する。

3 評価実験

提案する車線推定手法の有効性を検証するため、福岡県道567号線において取得した車両走行音データを用いて車線推定性能の初期的評価を行った。

3.1 評価環境

図2に実証評価環境を示す。対象の道路は片側2車線、合計4車線の道路である。道路横の歩道上に2台のAZDEN社製SGM-990マイクロフォンを高さ約1m、

Proposal of Lane Estimation Method for High Traffic Roads by Acoustic Vehicle Detection System

Masato UCHINO^{†§} Billy DAWTON[†] Yuki HORI[†] Shigemi ISHIDA[†] Shigeaki TAGASHIRA[‡] Yutaka ARAKAWA[†] Akira FUKUDA[†][†]ISEE, Kyushu University, Japan[‡]Faculty of Informatics, Kansai University, Japan

§uchino@f.ait.kyushu-u.ac.jp

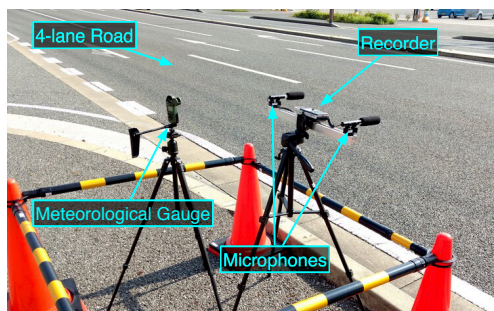


図 2: 評価実験環境

間隔 50 cm で設置し、SONY 社製 PCM-D100 サウンドレコーダでサンプリングレート 48 kHz、量子化ビット数 16 bit で車両走行音を取得した。対象道路を俯瞰できる位置から SONY 社製 HDR-MV1 ビデオレコーダで道路を撮影し、この動画を真値として採用した。また、評価時の気象状況を Nielsen-Kellerman 社製 Kestrel 5500 気象計で測定した。

録音した車両走行音に文献 [1] の手法を適用して車両を検出し、検出された車両の疑似速度に提案手法を適用して走行車線を推定した。走行音データを取得した約 60 分間で通過した車両のうち、検出された 328 台の車両の走行車線を推定した。走行音データ取得時の平均風速は 1.26 m/s であった。

3.2 評価結果

図 3 に走行車線推定結果の混同行列を示す。マイクロフォンに近い車線からそれぞれ車線 1~4 である。図 3 から以下の 3 つのことがわかる。

- 提案する車線推定手法の車線 1, 2 と車線 3, 4 の推定精度はそれぞれ平均 73.53%, 73.28% であった。判別分類法により閾値を決定することで、重なり合う疑似速度分布上においても同一方向を走行する車両の車線を 73% 以上の精度で推定できることがわかった。
- 車線 1 と車線 2 の推定精度はそれぞれ平均 59.02%, 88.04% であった。車線 2 に比べて車線 1 が低い推定精度となっている理由としては、車線 2 に比べて車両速度に対する方位角の変化速度が大きいため、車線 1 の疑似速度の分布の広がりが大きくなり、車両 1 を低速に走行する車両群分布が車線 2 の車両群分布と重なりあって区別が困難になったと考えられる。
- 車線 3 と車線 4 の推定精度はそれぞれ平均 70.45%, 76.12% であった。車線 3, 4 は車線 1, 2 と比べて

True Lane	Estimated Lane			
	lane1	lane2	lane3	lane4
lane1	59.02	40.98	0.00	0.00
lane2	11.96	88.04	0.00	0.00
lane3	0.00	0.00	70.45	29.55
lane4	0.00	0.00	23.88	76.12

図 3: 走行車線推定結果の混同行列

マイクロフォンから遠い車線であるため、車線間の方位角の変化速度差が小さく、車線 3 を低速に走行する車両群と車線 4 を高速に走行する車両群分布の重なり合いが強いと予想されていたが、車線 1, 2 に比べて車両速度に対する方位角の変化速度自体が小さいため各車線の擬似速度の分布の広がりが小さく区別への影響が小さかったと考えられる。

以上の結果から、提案する車線推定手法により検出車両の走行車線をそれぞれ平均 59.02%, 88.04%, 70.45%, 76.12% の精度で推定できることを確認した。

4 おわりに

本稿では、音響車両検出システムの多車線道路における車線推定手法を示した。4 車線道路で取得した車両走行音を用いて評価した結果、平均約 73.43% の精度で車線を推定できることを確認した。

謝辞

本研究の一部は科研費 (JP15H05708, JJP18K18041, JP17H01741) 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] 内野 他: 多車線道路に対応した 2 段階音響車両検出システムの初期的評価, 情報処理学会 DPS ワークショップ, pp. 84-90 (2019).
- [2] Otsu, N.: A threshold selection method from gray-level histograms, *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66 (1979).