

車載カメラ映像の鳥瞰図による前後を考慮した路面状態判別 Detection of Road Surface Conditions using Images with Bird's Eye View

柴 遼太[†] 久世 達哉[†] 松浦 大樹[†] 柴田 啓司[†] 稲積 泰宏[†] 堀田 裕弘[†]

Ryota Shiba Tastuya Kuze Daiki Mastuura Keiji Shibata Yashuhiro Inazumi Yuukou Horita

1. まえがき

走行中の自動車は、乾燥や湿潤などの路面状態によって加速・操舵・制動動作に影響を受ける。そのため、路面状態の判別は、安全な車社会実現のための重要な技術である。そこで我々は車載カメラ映像を用いた夜間の路面状態判別法を提案してきた。しかし、その研究の中で路面状態の判別を行う際、遠近法の影響を考慮せず同じ大きさのブロックで判別を行い、ブロックに含まれる路面の面積が異なるという問題があった。そこで、道路平面を上空から見た鳥瞰図に変換し路面状態の判別を行ってきた。本研究では、鳥瞰図変換を行うことで判別ブロックが含む路面面積が判別領域の上部下部に影響されず全て等しいことに着目し、同一路面領域における複数フレームでの前後の変化を用いて路面状態の判別を行う。

2. 提案法

本提案法では、夜間においてヘッドランプを光源とし、車載可視カメラを用いて撮影を行った。はじめに、撮影された動画像からカメラモデルを用いて鳥瞰図画像を作成し、路面領域をブロックに分割する。次に、動画像を用いて同一路面領域を持つブロックを抽出し、それぞれのブロック画像に対し明るさ、色情報、テクスチャ特徴量の3つの画像特徴量を求める。複数フレーム間における同一路面領域の特徴量の変化を判別に用いる。そして、教師データに基づく判別分析によって、「乾燥」「湿潤」「積雪」の3つの路面状態に判別する。図1に動画像における、 n フレーム目と $n+m$ フレーム目での同一路面領域を灰色のブロックで示す。

2.1. 鳥瞰図変換

判別領域における判別ブロックが含む路面領域の大きさを等しくするため、車載カメラ画像を鳥瞰図画像に変換した上で判別ブロックを抽出する必要がある。そこで、事前にキャリブレーションを行い、カメラモデルを考慮することで画像平面から路面平面を求め鳥瞰図画像を作成する[2]。次に、動画像を用いて、複数フレーム間に存在する同一路面領域をそれぞれ 48×48 [pixel]のブロックに分割し抽出を行う。また、自動車の移動速度は既知として扱う。図2に原画像と鳥瞰図画像を示す。



図1 動画像における同一路面領域

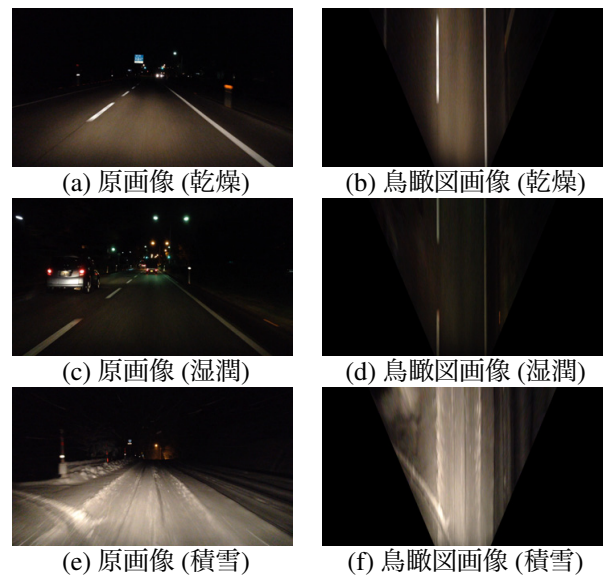


図2 原画像及び鳥瞰図画像

2.2. 特徴量算出

抽出された同一路面領域を含むブロックに対して、明るさ色情報テクスチャ特徴量の3つの画像特徴量を算出する。明るさや色情報の特徴量は、 $CIE L^*a^*b^*$ 色空間における L^* 成分の平均値と a^*b^* 成分の距離を用いて算出する。テクスチャ特徴量は文献[1]より提案されている輝度共起行列に基づく特徴を算出する。路面状態が乾燥、湿潤、積雪における、同一路面領域における前後の特徴量の変化を図3~5に示す。図3に同一路面領域における L^* 成分の平均及び標準偏差、図4に a^*b^* 成分の平均及び標準偏差、図5にテクスチャ成分の平均及び標準偏差を示す。図3~5における横軸は鳥瞰図画像における y 座標を示す。

[†]富山大学, University of Toyama

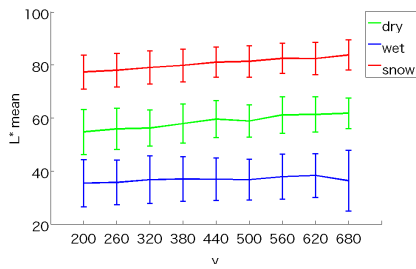


図 3 L*成分の平均及び標準偏差

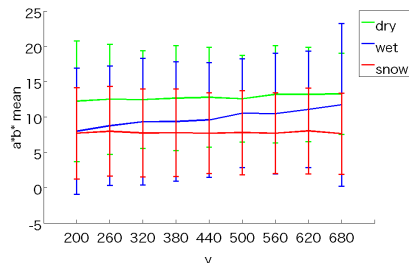


図 4 a*b*成分の平均及び標準偏差

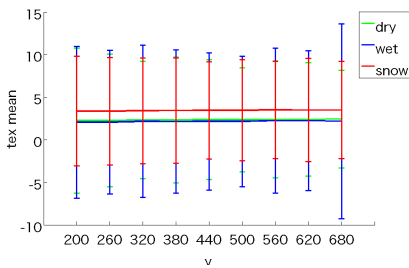


図 5 テクスチャ特徴量の平均及び標準偏差

2.3. 路面状態判別

路面状態は、算出した特徴量を用いて、教師データに基づいて判別される。特徴量は複数フレーム間における同一路面領域の変化に着目して判別を行う。判別モデルは SVM を用いて作成し、各状態 10,000 地点の路面データを用いて 10 分割交差確認法を行うことで路面状態判別を行い判別精度を求める。図 6 に教師画像の一例を示す。これらの複数枚の同一路面領域を示す画像を用いて画像特徴量及び y 座標の値をもとに教師データを構築する。図 6 に教師データの一例を示す。図 7 における f_1 は L^* 成分の平均、 f_2 は a^*b^* 成分の平均、 f_3 は a^*b^* 成分の標準偏差である。

3. 実験

iPhone4S(Apple 社製)で撮影した動画像を入力とする。カメラはルームミラー脇に設置し、路面状態が一様であるとして実験を行った。表 1 に提案法及び文献 [1] による方法での 10 分割交差確認法による判別精度を示す。

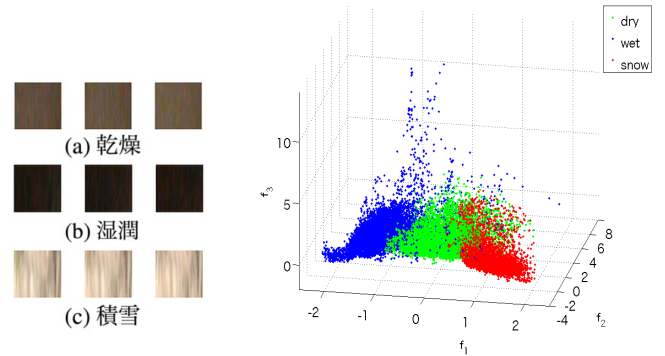


図 6 教師画像の例

図 7 教師データの例

表 1 判別精度

	判別結果 (地点数)			判別精度 (%)	
	乾燥	湿潤	積雪	提案法	文献 [1]
乾燥	9,639	205	156	96.39	97.64
湿潤	433	9,546	12	95.46	96.13
積雪	391	0	9,609	96.09	99.30

4. 考察

表 1 より、本提案法においては路面状態が湿潤・積雪の場合、乾燥と誤判別される場合が多く見られた。これは、街灯光などの影響だと考えられる。また、積雪において判別率が低下した理由は、テクスチャ特徴量を判別に用いなかったことが原因と考えられる。また図 5 から、テクスチャ特徴量が鳥瞰図変換の際に行う補間の影響により分離が困難になっていると考えられる。精度の高い補間法、また最適な特徴量を求める必要がある。

5. まとめ

本研究では、車載カメラ 1 台の映像からカメラモデルを用いた鳥瞰図変換を行うことにより、判別ブロックが含む路面面積の正規化を行い、前後フレームにおける特徴量の変化を考慮した夜間の路面状態判別法の提案を行った。提案法と文献 [1] による判別精度を比較した結果、やや劣る結果となった。精度向上のために、提案法における最適な特徴量を求め、判別を行う必要がある。

参考文献

- [1] S.Kawai, K.Takeuchi, K.Shibata, Y.hotita, "A Smart Method to Distinguish Road Surface Conditions at Night-time using a Car-Mounted Camera", IEEJ Trans. C, Vol.134, No.6,pp.878-884(2014)
- [2] H.A.Mallot, H.H.Bulthoff, J.Little, S.Bohrer, "Inverse perspective mapping simplifies optical flow computation and obstacle detection", Biological Cybernetics, vol.64, pp.177-185(1991)