

車載カメラによる道路奥行を考慮した夜間の路面状態判別 Night of the road surface state determined in consideration of the road depth by the vehicle-mounted

松浦 大樹[†] 柴 遼太[†] 久世 達哉[†] 柴田 啓司[†] 稲積 泰弘[†] 堀田 裕宏[‡]
Daiki Matsuura Ryota Shiba Tatsuya Kuze Keiji Shibata Yasuhiro Inazumi Yuukou Horita

1. はじめに

近年、盛んに取り組まれている自動運転技術には、道路上の障害物や白線などの多くの情報処理が必要とされる。そのなかでも安全で尚且つ潤滑な走行を行うためには、湿潤や積雪などの路面の状態を考慮して加速・操舵・制御動作を行う必要がある。そのため、従来より車載カメラを用いた前方路面の状態を判別する手法が提案されてきた。

kawai らは 1 台の車載カメラを用いて光量が少ない夜間の路面に対して、乾燥、湿潤、積雪の 3 状態に分けて図 1, 図 2, 図 3, のようにブロック単位で判別を行った [1]。判別時には、ブロック内の色、明るさ、テクスチャ特徴量を算出し、事前に作成した判別するモデルを使用して判別を行う。しかし、この手法は道路奥行を考慮していないため、手前側と奥側のテクスチャ粗さの違いが判別に影響が出ると考えられる。

そのため、本研究では道路奥行によるテクスチャの粗さの違いを考慮するために、道路領域を手前から奥にかけて複数行に分割し、それぞれの領域を判別するモデルを提案した。これにより、従来法と比較して道路奥行を考慮した場合の有効性を検証する。

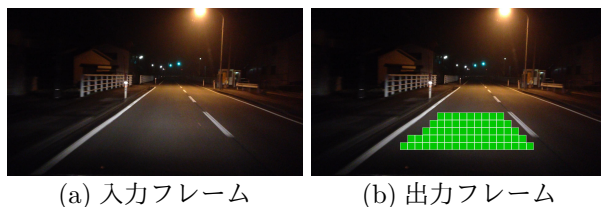


図 1: 乾燥路面の画像の入出力

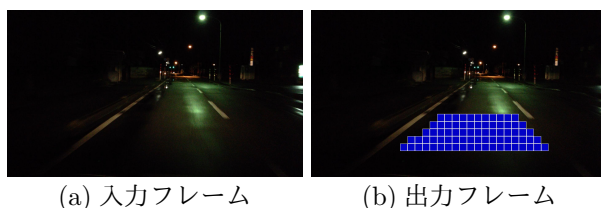


図 2: 湿潤路面の画像の入出力

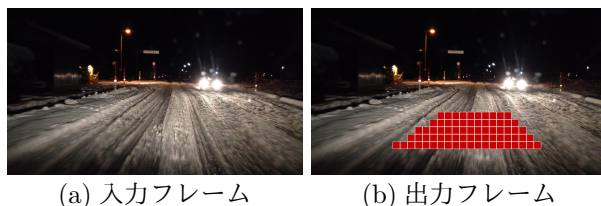


図 3: 積雪路面の画像の入出力

2. 提案法

夜間の道路では、ヘッドライトや街灯などで照らされた前方の走行領域を対象として判別を行う。その際、路面上の水分量や積雪量により、色・明るさ・テクスチャ特徴量がそれぞれ変化するため、それらの反射特性の違いを判別に用いる。

本研究で使用する道路映像は、太陽光の影響がない夜間で撮影したものを使用する。その際、一つの道路映像には一つの状態しか含まれていないものを使用し、乾燥、湿潤、積雪の 3 状態の道路映像を用いる。

2.1. 路面領域検出

路面領域の検出には、kawai らの手法 [1] を用いる。その後、路面領域に対してヘッドライト光が照射される領域を判別対象として 48×48 [pixel] のブロックに分割する。その後、路面領域内のテクスチャが道路奥行の深さに影響されることを考慮して、道路の奥側から 1 行ずつ分割しそれぞれの行にラベルを振り分ける。

2.2. 特徴量抽出

抽出された個々のブロックから、kawai らが使用した色・明るさ・テクスチャ特徴量を算出する [1]。

2.3. 道路奥行を考慮した判別処理

路面状態の判別には、従来法では路面領域内のすべてのブロックに対して判別器を用いて行った。それに対し、本提案法では行ごとにラベル分けされた 5 つの領域に対して、それぞれの判別器を用いてを行う。その際、行ごとの教師データを用いて SVM によりそれぞれの判別器を作成した。

3. 実験方法

iPhone4s (Apple 社製) で撮影した動画フレームを入力とする。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。本研究では、教師データとテストデータを用い、それぞれ撮影日時が異なる動画を撮影する。教師データに対する性能評価実験と、教師データを用いたテストデータに対する判別を行うことで、従来法と提案法による判別精度の検証を行う。性能評価実験では、10 分割交差検定による教師データ群の性能評価を行い、テストデータの状態判別には教師データに基づいて判別を行う。その際、判別精度は行ごとでブロックの正解率を算出する。

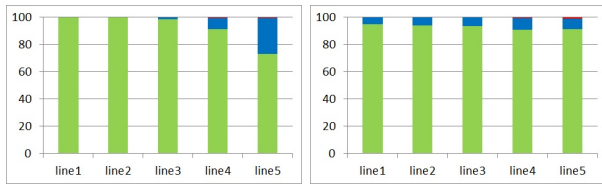
4. 実験結果

教師データを用いた性能評価実験による乾燥、湿潤、積雪路面のそれぞれの判別結果を図 4, 図 5, 図 6 に示し、表 1 に行ごとの正解率を示す。また、教師データによるテストデータの判別結果を図 7, 図 8, 図 9 に示し、行ごとの判別精度を表 2 に示す。Line1 から Line5

[†]一般社団法人電子情報通信学会, IEICE

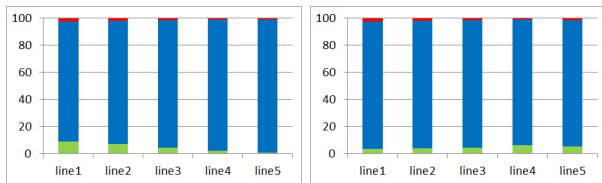
[‡]一般社団法人情報処理学会, IPSJ

は道路奥行を行分割した際の領域を示しており、道路の奥側から順にLine1, Line2, ...Line5を示す. グラフの緑は乾燥, 青は湿潤, 赤は積雪の判別ブロックの割合を示す.



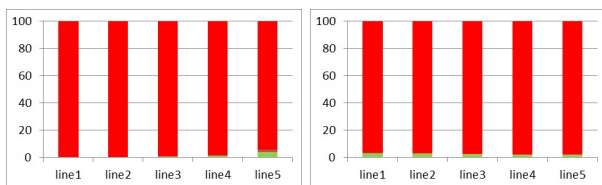
(a) 従来法 (b) 提案法

図 4: 乾燥路面の性能評価実験



(a) 従来法 (b) 提案法

図 5: 湿潤路面の性能評価実験

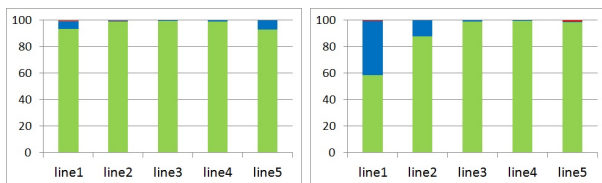


(a) 従来法 (b) 提案法

図 6: 積雪路面の性能評価実験

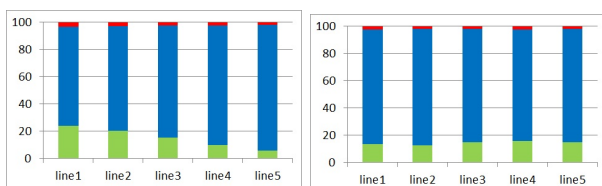
表 1: 教師データの判別精度比較

	判別精度 [%]					
	乾燥		湿潤		積雪	
	従来	提案	従来	提案	従来	提案
Line1	99.7	94.6	88.6	94.1	99.6	96.4
Line2	99.8	94.0	90.5	94.4	99.7	96.8
Line3	98.6	93.6	94.2	94.3	99.2	97.4
Line4	91.0	90.7	96.8	92.6	98.2	98.0
Line5	73.2	91.3	97.9	93.2	94.2	97.6
総合	92.5	92.8	93.6	93.7	98.2	97.2



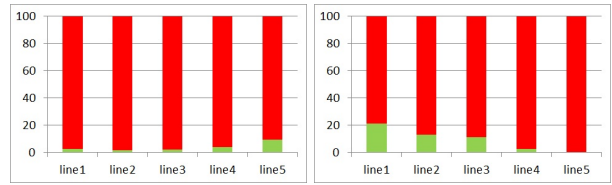
(a) 従来法 (b) 提案法

図 7: 乾燥路面の判別結果 (テストデータ)



(a) 従来法 (b) 提案法

図 8: 湿潤路面の判別結果 (テストデータ)



(a) 従来法 (b) 提案法

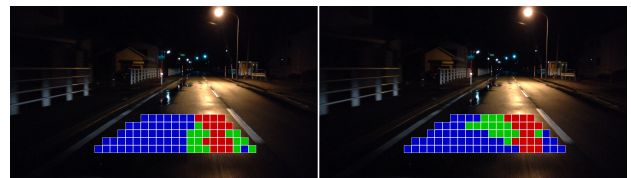
図 9: 積雪路面の判別結果 (テストデータ)

表 2: テストデータの判別精度比較

	判別精度 [%]					
	乾燥		湿潤		積雪	
	従来	提案	従来	提案	従来	提案
Line1	92.3	49.6	70.6	82.9	96.7	81.7
Line2	99.0	86.3	74.5	84.0	97.9	88.3
Line3	99.3	99.3	81.2	82.1	97.8	89.8
Line4	99.1	99.4	86.8	80.6	96.0	97.6
Line5	93.3	98.6	91.8	81.9	91.1	99.6
総合	92.5	92.8	93.6	93.7	98.2	97.2

5. 考察

判別結果より, 教師データとテストデータの両方の結果から, 道路のテクスチャが鮮明な Line5 に対して乾燥, 積雪路面の判別精度が向上し, Line4 は従来法の判別精度と近い精度を示した. そのため, Line4 と Line5 の道路のテクスチャは判別に影響があると考えられる. しかし, Line1 から Line3 の判別精度が低下したことから, 道路のテクスチャが奥行きにより潰れてしまい, それぞれの路面状態ごとのテクスチャ特徴量に差が生じなかったと考えられる. また, 図 10 のように街灯路の光が強い路面に対して, 両手法に対して判別に違いが出なかった. このことから, 路面上の明るさの強弱に対して考慮する必要がある.



(a) 従来法 (b) 提案法

図 10: 街灯光が強い道路例

6. まとめ

本研究では, 道路奥行によるテクスチャの粗さを考慮するために, 奥行の深さに合わせて路面状態を判別するモデルを提案した. 結果, 道路の手前側の領域に対して精度向上が見られたため, テクスチャの粗さは判別に影響すると考えられる. しかし, 道路の奥側ではテクスチャが潰れている可能性があり, テクスチャ特徴量による差がないと考えられる. 今後は, 両手法とも判別精度が低くなった他者からの光の影響を考慮する手法が求められる.

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)