

道路紋様の認識に関する一検討 A Study on Recognition of Road Prints

村上 源¹⁾
Gen MURAKAMI

太田 俊介¹⁾
Shunsuke OTA

横川 智教¹⁾
Tomoyuki YOKOGAWA

有本 和民¹⁾
Kazutami ARIMOTO

佐藤 洋一郎¹⁾
Yoichiro SATO

1 まえがき

現在、自動車内で提示される車速は、トランスミッションの回転に基づいて算出されている。しかし、この方法にはタイヤの空転、摩耗や幅、扁平率によって誤差が生じるという問題がある。

速度は単位時間当たりの移動距離であることから、移動距離と移動時間の2つの測定結果によって算出される。また、時間の測定についてはプログラム上において、処理時間計測関数などを用いることにより、10ミリ秒程度の単位で高精度かつ容易に測定が可能である。このことから、速度算出は移動距離の測定の高精度化に帰着される。そこで、筆者らは道路面の紋様（以下、道路紋様という）を用いることで、車の移動量を正確に測定できるのではないかと予測の元、車速測定の高精度化手法を検討している。

そこで本報告では、その第1段階として、道路紋様の認識性能について検討した結果を報告する。道路面を撮影した2枚の静止画像を対象に、局所特徴量としてSURFを用い、平行移動、回転、輝度変化に対するロバスト性に関して、道路紋様の特徴点マッチング性能を検討した。

2 道路紋様を用いた車速算出

図1に示すように自動車の前後にカメラを装着し路面を撮影する。前方に設置したカメラによる路面画像上の紋様が後方に設置したカメラによる路面画像上でも認識されたとき、時間差と移動距離から車速を算出する。ただし、この間で自動車は上下振動なく直進するものと仮定する。

移動距離の測定原理を図2に示す。黒丸がある道路紋様とする。 $L[m]$ はカメラの光軸間距離である。上側は、第*i*フレームでの状況を表しており、前のカメラで道路紋様が撮影(F_i)されたものとする。下側は、第*j*($> i$)フレームでの状況で、後ろのカメラで同一の道路紋様が撮影(R_j)されたものとする。このとき、前のカメラの光軸間距離 $M[m]$ が $j-i$ フレーム周期での移動距離となる。同図から F_i および R_j 上での道路紋様の x 座標をそれぞれ X_{F_i} および X_{R_j} 、画像上の画素間の実距離を $D[m]$ とすると、移動距離 M は以下の式で算出可能である。

$$M = L + (X_{F_i} - X_{R_j})D \quad (1)$$

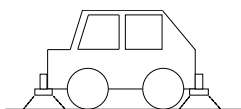


図1: 路面の撮影状況

そして、カメラのフレーム周期を $R[s](1/R[\text{frame/s}])$ とすると移動速度 $V[m/s]$ は以下の式で算出可能である。

$$V = M/R_{(j-i)} \quad (2)$$

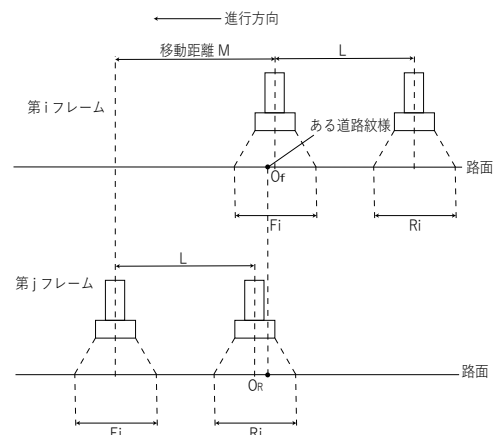


図2: 移動距離の測定原理

3 道路紋様的一致検出

道路面を撮影した2枚の静止画像上の道路紋様の中から一致するものを検出するにあたって、以下を仮定する。

1. 2つのカメラの撮影面は、いずれも路面と平行である。
2. 2つのカメラの撮影面の光軸周りの角度、撮影面と路面との距離にのみ、差異が生じる。

この仮定のもとでは、2画像間のパラメータには光軸周りの回転角度 θ 、画像の倍率 *ratio* が存在する。

また、検出する手順は以下の通りである。まず各画像について、局所特徴量 SURF により、特徴点の抽出を行い、各画像上の特徴点のペアを生成する。次に、このペアから正しくマッチングされたペアを決定する。

正しく特徴点マッチングがなされた第*i*ペアについて1枚目の画像座標を (x_i, y_i) 、2枚目の画像座標を (u_i, v_i) とする。また、第*j*ペアについても同様に定義すると、以下の性質が導かれる [1]。

性質1 ベクトル成分 $(x_j - x_i, y_j - y_i)$ と $(u_j - u_i, v_j - v_i)$ のなす角は、画像の回転角 θ に等しい。

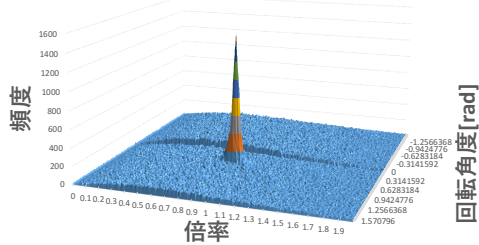
性質2 ベクトル成分 $(x_j - x_i, y_j - y_i)$ と $(u_j - u_i, v_j - v_i)$ の長さの比は、画像の倍率 *ratio* に等しい。

ここで、マッチングのペア m 個に対して $m(m-1)$ 個の組み合わせで θ と *ratio* を算出し、これらがともに等しくなるペアを n 個検出する手法を考える。 n 個の組み

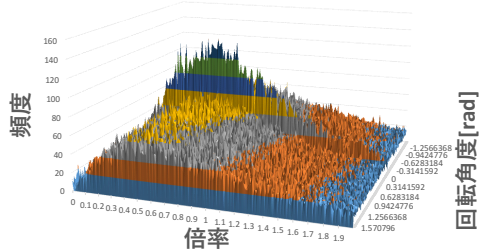
1) 岡山県立大学, Okayama Prefectural Univ.

合わせがすべて正しいマッチングであると仮定すると、 $n(n-1)$ 個の組み合わせから同じ θ と $ratio$ が算出される。回転角と倍率を200分割してヒストグラムを作成した場合において、 $m = 1000, n = 50$ の場合、各ヒストグラムのセルに均等に分散したと仮定すると、平均25個程度の頻度分布になる。これに対し、正解の θ と $ratio$ の頻度は約2500個であり、誤差により、複数セルに分散することを加味しても、1000個を超える頻度数が予想できる。その差は25に対して大きく、照合の成立を判定することができる [1]。

図3に2画像をマッチングした時のヒストグラムの一例を示す。図3aに示す同じ路面を違う角度で撮影した2画像のマッチングによるヒストグラムでは、正しい解のパラメータを示す位置に顕著なピークが現れている。一方で、図3bに示す全く別の路面を撮影した2画像のマッチングによるヒストグラムではピークが現れず、パラメータが分散していることが確認できる。



(a) 同じ路面を違う角度で撮影した2画像の場合



(b) 全く別の路面を撮影した2画像の場合

図3: 回転角度と倍率に対するヒストグラム

4 実装と評価

4.1 道路紋様の認識

3章で示した一致検出手順は、道路紋様の特徴点として成立し、識別可能であることが前提となる。そこで、道路紋様が識別可能であるかを調べるため、路面のRGB画像、グレースケール画像、平均化フィルタ及びGaussianフィルタを用いて処理した画像の4種に対して、SURF特徴量を用いて特徴点抽出を行った。撮影はスマートフォンを用い、その時の画像を図4に示す。図4aを初期画像として、図4bはカメラを約60deg回転し撮影したものである。図4cは図4aとは全く別の路面を撮影したものである。マッチング時には解像度3456×3456pixelの画像を1/4にリサイズ処理を施した画像を用いた。

実験結果を表1に示す。頻度平均、頻度偏差、最大頻度とは、ヒストグラムの全セルの頻度の平均値、偏差値、最大値を表す。頻度が鋭敏なピークを示すと、最大値が大きくなり、その時の平均値との差を偏差値で除算した値を ν とする [1]。ペアの中で20以上のほかのペアに対して θ と $ratio$ が等しい値を示したペア数を正解候

補ペア数の欄に示す。また、1000点以上のマッチングのペアを得るためSURFのエッジ上の点を除去する閾値 $threshold$ は3.0とした。正例の場合 ν の値はいずれも160以上、正解候補ペア数は90点を超過している。一方負例の場合では、 ν の値、正解候補ペア数ともに正例に対して著しく小さい値をとった。以上の結果から、道路の照合が可能であり、道路紋様の認識が可能であることが示された。

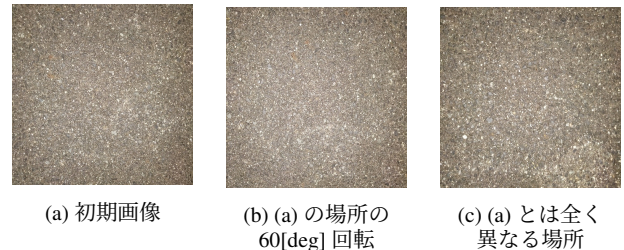


図4: 検証実験用の路面画像

表1: 検証実験結果

正例	グレースケール	カラー	平均化	Gaussian
頻度平均	7.10	6.86	48.20	26.61
頻度偏差	34.13	31.23	623.13	460.87
最大頻度	5747	5182	101899	76417
ν	168.20	165.69	163.45	165.75
検出ペア数	1084	1006	2336	1736
正解候補ペア数	105	98	617	517
threshold	3	3	3	3
time[ms]	5661	5194	12056	9783

(a) 正例

負例	グレースケール	カラー	平均化	Gaussian
頻度平均	9.85	9.70	42.45	23.93
頻度偏差	5.39	5.29	20.18	11.86
最大頻度	45	41	165	99
ν	6.52	5.91	6.07	6.33
検出ペア数	1088	1077	2236	1676
正解候補ペア数	0	0	0	0
threshold	3	3	3	3
time[ms]	6201	5904	11864	8759

(b) 負例

4.2 平行移動、回転、輝度変化へのロバスト性

平行移動、回転、輝度変化へのロバスト性の調査について検討した。カメラ：JAI社製AD-080-GE、レンズ：FUJIFILM社製DV3.8×4SR4A-1を用い、カメラを平行移動、平行移動+影、平行移動+回転、平行移動+回転+影の5パターンで撮影した画像を用いた。画像サイズは1024×768[pixel]である。このとき、天候は晴れ、照度が約55000[Lux]と影が約14000[Lux]、約40000[Lux]と影が約7000[Lux]の2パターンであった。照合の結果、正解候補数に差はあるが異なる照度においても道路紋様の識別は可能であり、平行移動、回転、輝度変化へのロバスト性が示された。

5 あとがき

本研究では、車速測定の高精度化を指向するにあたって、道路紋様の特徴点マッチング性能認識について検討した。この結果、正例、負例ともに、正しく認識が可能であることが示唆された。よって今後は、車速測定への利用を検討予定である。

参考文献

- [1] 藤田 悟, 内田 薫, “床指紋を用いた位置推定,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM2016) シンポジウム, pp.1244-1250(Jun.2016)