

## 道路紋様を用いた自動車走行時の車速推定法 A method for measuring car speed using road prints

村上 源<sup>1)</sup>  
Gen MURAKAMI

太田 俊介<sup>1)</sup>  
Shunsuke OTA

横川 智教<sup>1)</sup>  
Tomoyuki YOKOGAWA

有本 和民<sup>1)</sup>  
Kazutami ARIMOTO

佐藤 洋一郎<sup>1)</sup>  
Yoichiro SATO

### 1 はじめに

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計測されている。しかし、この手法は移動量を間接的に測定しているため、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。この問題は、GPS や地図情報を利用して移動量を直接的に測定することで解決可能である。また、近年、自動車の運転支援システムとして搭載されているミリ波レーダやステレオカメラも、この手段の一つである [1]。しかし、これらは環境や経年変化の影響を受けやすいという問題がある。他方、筆者らは道路面の紋様（以下、道路紋様）に着目した特徴点マッチングにより路面画像から位置推定が可能であることを示している [2]。さらに、本手法を用いた移動量の計測が可能であることを示している [3]。しかし、このときの移動速度は 1 m/s と極めて低速であり、自動車走行時のように道路紋様が大きく移動する場合にも適用できるか否かについて検討されていなかった。

そこで本稿では、道路紋様を用いた自動車走行時の車速推定法について検討した結果を報告する。車速として 10 km/h、20 km/h を対象とし、自動車に取り付けたカメラから路面画像を撮影し、車速推定を行った。また、本研究では提案手法により算出した車速を、GPS により計測した車速と比較し、その妥当性を検討している。

### 2 道路紋様を用いた車速算出原理

自動車の移動距離の測定原理を図 1 に示す。自動車の後方に設置したカメラで路面を撮影する。ただし、自動車の上下動はないものと仮定し、第  $i$  フレームと第  $j$  フレームで、同一の道路紋様（×印）を撮影したとする。そして、画像上の路面とカメラの光軸の交点について、進行方向と平行な方向への移動量を  $y_d$ 、進行方向と垂直な方向への移動量を  $x_d$  とすると、自動車の移動距離  $M$  は  $M = \sqrt{x_d^2 + y_d^2}$  で求められる。

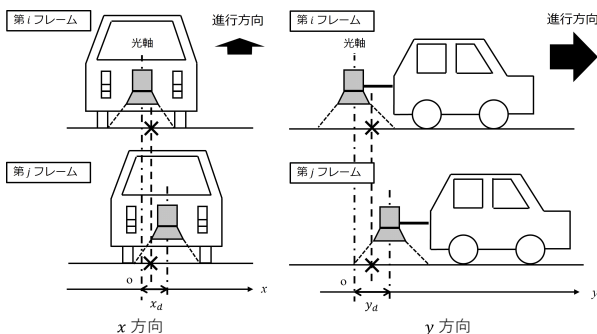


図 1: 移動距離の測定原理

1) 岡山県立大学, Okayama Prefectural Univ.

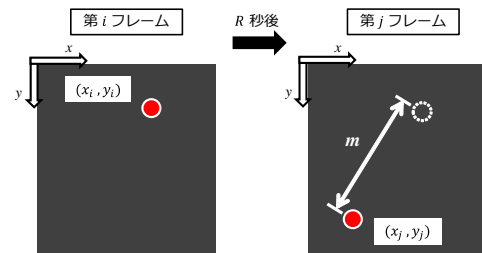


図 2: 道路紋様の移動量

2 枚の路面画像間における、同一の道路紋様の移動を図 2 に示す。第  $i$  フレームにおける道路紋様の画像上の座標を  $(x_i, y_i)$ 、第  $j$  フレームにおける座標を  $(x_j, y_j)$  とすると、道路紋様の画像上での移動量  $m$  は  $m = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$  で与えられる。

ここで、 $x_d$  は路面画像上における  $x_j - x_i$  に対応する。また、同様に  $y_d$  も  $y_j - y_i$  に対応する。したがって、自動車の移動距離  $M$  は、2 枚の路面画像間における、同一の道路紋様の移動量  $m$  にピクセル間距離  $d$  を乗することで算出可能である。また、これにより移動速度  $V$  [m/s] は、移動距離  $M$  [m]、カメラのフレーム周期  $R$  [sec] ( $1/R$  [frame/sec])、道路紋様の移動量  $m$  [pixel]、ピクセル間距離  $d$  [m/pixel] を用いて、以下の式から算出可能である。

$$V = \frac{M}{R} = \frac{m \times d}{R} \quad (1)$$

### 3 移動速度の推定実験 [3]

参考のため、低速移動時の計測結果を記載する。1 台のカメラを台車に設置し、画像間に同一の道路紋様が撮影される程度の速度約 1 m/s で歩行し、台車を移動させた。カメラは JAI 社製 AD-080-GE、レンズは FUJIFILM 社製 DV3.8 × 4SR4A-1 を用いて 30 fps で撮影した。日照条件は日向 (70000 LUX) と日陰 (18000 LUX) の 2 条件で実施した。また、特徴点検出器は SURF、特徴点マッチングはマッチングメソッドを BruteForce、マッチャータイプを knnMatch を使用した。

日照条件が日向で、特徴点マッチングを行う 2 枚の路面画像のフレーム間隔を 1~5 フレーム間隔で行った速度算出結果を図 3 に示す。図 3 で示されるように、移動速度はほぼ 1 m/s であり、提案手法が車速推定に利用可能であることが示唆されたと言える。

### 4 走行時の車速推定実験

#### 4.1 実験手法

カメラは自動車の後方、路面からの高さ 49.7 cm の位置に設置した。速度は 10 km/h と 20 km/h で自動車のスピードメータを参照して走行した。カメラは logicool 社製 BRIO C1000eR を用い 30 fps と 60 fps で撮影した。こ

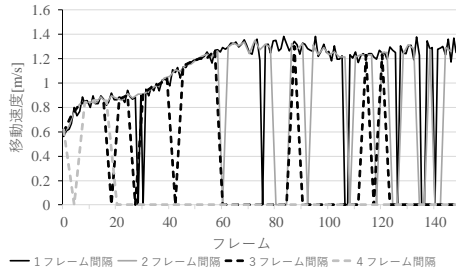


図 3: 移動速度

のときの日照条件を表 1 に示す。また、特徴点検出器と特徴点マッチングは 3 章と同じものを用いた

比較対象として GPS を用いた速度の計測も行い、この速度を真値とした。GPS には u-blox 社製 NEO-M9N-00B を使用した。本製品の速度精度は 0.05 m/s である。サンプリングレートは 20 Hz で行い、路面画像を撮影したフレームレートに合わせて線形補間を施した。2 データ間の同期は、路面動画の各フレーム画像の書き出し時間と GPS 信号を受信した時間に基づいて実施した。

表 1: 日照条件

走行条件 [km/h]	撮影条件 [fps]	照度	
		撮影前 [LUX]	撮影後 [LUX]
10	30	1570	1650
10	60	1440	1410
20	30	697	707
20	60	634	652

## 4.2 実験結果

10 km/h, 30 fps の条件で撮影した路面画像による速度算出結果を図 4, 20 km/h, 60 fps の条件で撮影した路面画像による速度算出結果を図 5, 20 km/h, 30 fps の条件で撮影した路面画像による速度算出結果を図 6 に示す。

図 4, 図 5 より、提案手法によってほぼ 10 km/h, 20 km/h の算出は可能であり、自動車の走行時においても提案手法が利用可能であることを確認した。しかし、これらの速度算出結果には定常的な誤差が生じている。この誤差要因としては、静止時と走行時のピクセル間距離の違いによるものと予想している。

一方で、図 6 より、20 km/h, 30 fps の撮影条件では速度算出に失敗した。これは、モーションブラーが画像上に大きく発生したためであると考えられる。図 7, 図 8 に 20 km/h における 60 fps と 30fps で撮影した路面画像の一例を示す。図 7 では特徴点マッチングに成功してい

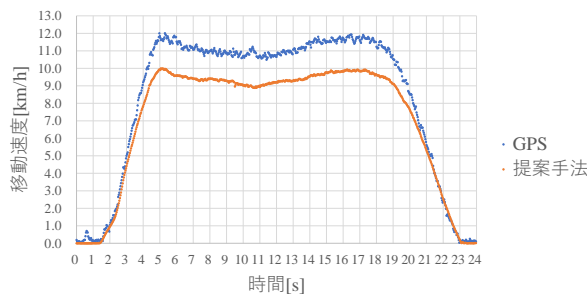


図 4: 速度算出結果 (10 km/h, 30 fps)

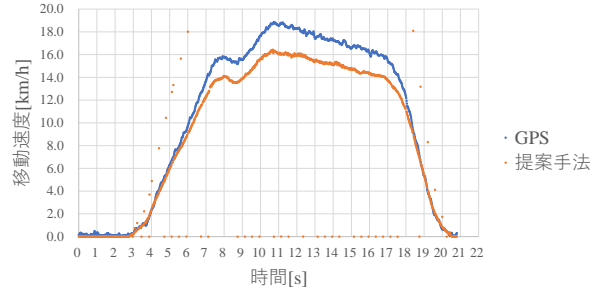


図 5: 速度算出結果 (20 km/h, 60 fps)

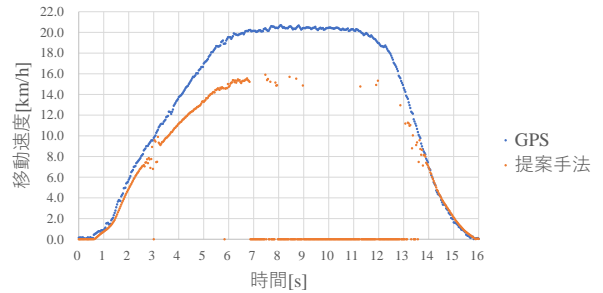


図 6: 速度算出結果 (20 km/h, 30 fps)

るが、図 8 ではモーションブラーにより特徴点マッチングに失敗していると思われる。であれば、撮影時の露光時間を短縮することで、この問題を解決可能であると思われる。

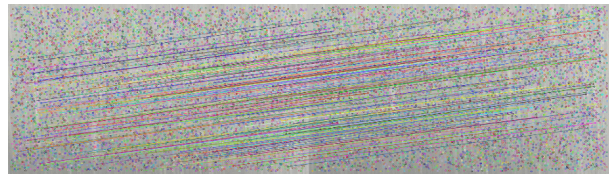


図 7: 特徴点マッチング結果 (20 km/h, 60 fps)

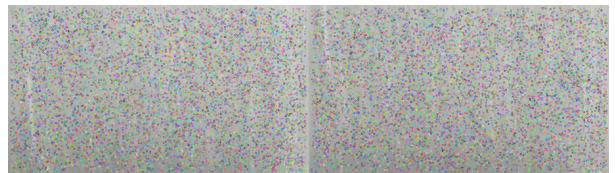


図 8: 特徴点マッチング結果 (20 km/h, 30 fps)

## 5 おわりに

本研究では、道路紋様を用いた自動車走行時の車速推定法について検討した。この結果、車速 10 km/h, 20 km/h において提案手法による車速推定が可能であることが示唆された。一方、提案手法では速度算出結果に定常的な誤差が発生した。よって今後は、静止時と走行時のピクセル間距離についての検討が課題である。また、より高速な車速に対しての利用も検討予定である。

### 参考文献

- [1] 須田 義大, 青木 啓二, “自動運転技術の開発動向と技術課題,” 情報管理誌 57 巻 11 号, pp.809-817, 2015
- [2] 村上源, 太田 俊介, 他, “道路紋様の認識に関する一検討,” FIT2021, pp.209-210, 2021.
- [3] 村上源, 太田 俊介, 他, “道路紋様を用いた高精度な車速算出法,” 第 72 回 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2021.