

道路紋様に着目した車速測定における特徴点ペア抽出の高速化 Acceleration of feature point pairs extraction for vehicle speed measurement focusing on road surface pattern

小松 幹英¹⁾

Kan'ei KOMATSU

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 はじめに

現在の車速測定手法ではタイヤの空転、摩耗などによって誤差が生じる。我々は、その軽減を目的として、道路上に存在する紋様(以下、道路紋様)を用い、車速を推定する手法を検討している [1]。しかし、現時点で車速算出の所要時間は3秒程度であり、実用化の面でその短縮化が課題として挙げられている。そこで本研究では、まず、上記手法において、最も時間を要する処理を特定した。そして、その処理時間は画素数の増加に伴って増大することから、リサイズ処理とトリミング処理による所要時間の短縮効果を検討した。

2 道路紋様を用いた車速算出原理 [1]

本研究の車速算出法では、自動車の後方に設置したカメラで路面を撮影することで、車の移動量を直接測定している。その原理を図1に示す。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。

他方、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。

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 を乗することで式(1)から算出可能である。ここで、移動速度 V [m/s]、移動距離 M [m]、カメラのフレーム周期 R [sec]($1/R$ [flame/sec])、

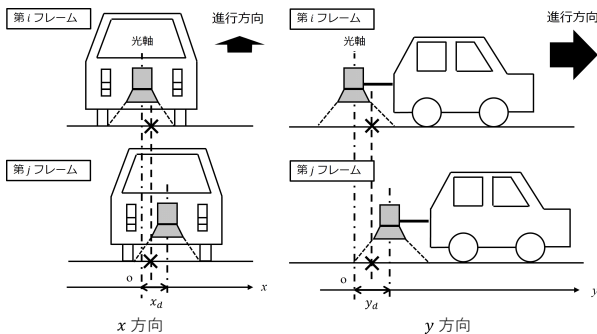


図1: 移動距離の測定原理

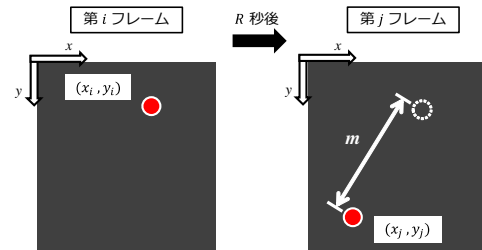


図2: 道路紋様の移動量

道路紋様の移動量 m [pixel]、ピクセル間距離 d [m/pixel] である。

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

3 画像情報削減による所要時間の短縮手法

本研究の手法では、特徴点検出処理、特徴点マッチング処理により得られるマッチングしたペアから同一位置の抽出(以下、対応ペアマッチング)を実現している。特徴点検出にAKAZE、特徴点マッチングにBruteForceを用いている。対応ペアマッチングは、特徴点マッチングで得られたペアのパラメータを用い、総当たりで新たなペアを作成し、ヒストグラムを作成する処理である。実験結果によれば、これらの所要時間が、全体の90%以上を占めていた。さらに、所要時間が画素数に依存することは明らかである。したがって、全体の処理時間の削減には画素数の削減が有効であると考えた。

そこで、画素数の削減手法として、リサイズ処理とトリミング処理を検討した。リサイズ処理は、バイリニア補間法に基づいて画像を縮小する。トリミング処理は、図3に示すように、直前に計測した車速を基に、「トリミング処理を施す範囲」を限定する。なお、トリミング処理を施す範囲は、元画像の画素数に対して1/4とする。

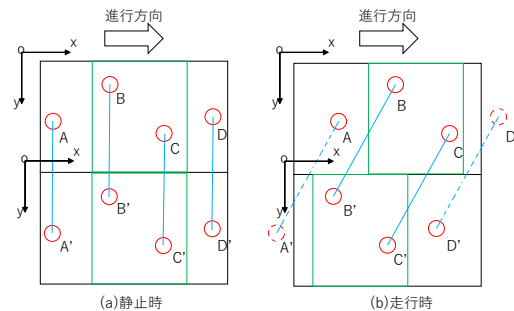


図3: トリミングの範囲決定イメージ

1) 岡山県立大学, Okayama Prefectural Univ.

4 評価実験

4.1 実験手法

スピードメータで約 10 km/h を示した走行時に撮影した 100 フレーム間 (240fps) の路面画像 (以下, 元画像) に対して, 縦横共に 0.5 倍のリサイズ処理を施した画像 (以下, リサイズ画像), トリミング処理を施した画像 (以下, トリミング画像) を用いて所要時間を計測した. 画素数は, 元画像が 1920 × 1080 pixel, リサイズ画像, トリミング画像が 960 × 540 pixel である.

4.2 実験結果

表 1 に元画像, リサイズ画像, トリミング画像を用いた場合の所要時間を示す. 平均値については, リサイズ画像, トリミング画像を用いた場合ともに, 約 7% に短縮できた.

表 1: 車速算出の所要時間

	元画像	リサイズ画像	トリミング画像
平均値 [ms]	2231.36	166.84	168.64
分散 [ms ²]	35650.59	355.63	308.67
標準偏差 [ms]	188.81	18.86	17.57

図 4 に, 元画像を用いた場合を真値とし, リサイズ画像, トリミング画像を用いた場合の車速の誤差 (元画像を用いた車速を真値とみなす) を示す. リサイズ画像を用いた場合では元画像を用いた場合と遜色ない精度で車速を推定可能であることがわかる. トリミング画像を用いた場合も, 元画像を用いた場合との差は大幅に異なる値ではない.

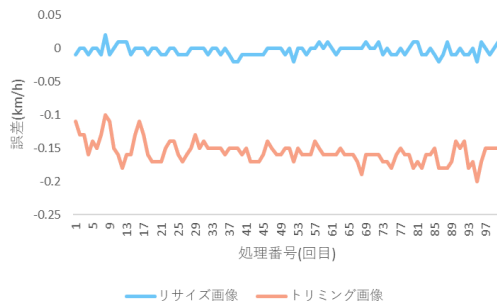


図 4: 車速推定結果の差

5 考察

5.1 所要時間

特徴点検出は全画素走査であり, 処理時間は画素数に依存する. 特徴点マッチングの処理時間は, 総当たりであるため, 2 画像の特徴点数の積に依存する. 対応ペアマッチングの処理時間は, 特徴点マッチングのペア数 2 乗に依存する事が考えられる.

ここで, 表 2 に, 評価実験の 1 回の処理に注目した場合の特徴点検出, 特徴点マッチング, 対応ペアマッチングの処理時間を示す. また, 表 3 に画素数, 特徴点数, 特徴点マッチングによって得られるペア数 (以下, 特徴点マッチング数), 対応ペアマッチングにより抽出されたペア数 (以下, 対応ペアマッチング数) を示す.

表 2: 各処理の処理時間

	元画像	リサイズ画像	トリミング画像
特徴点検出 [ms]	450	103	106
特徴点マッチング [ms]	375	19	15
対応ペアマッチング [ms]	1652	63	68

表 3: 画素数と各処理で出力される値

	元画像	リサイズ画像	トリミング画像
画素数 [pixel]	1920 × 1080	960 × 540	960 × 540
特徴点数 1 [個]	6701	1534	1435
特徴点数 2 [個]	6713	1508	1466
特徴点マッチング数 [個]	5695	1186	1164
対応ペアマッチング数 [個]	5624	1143	1136

まず, 特徴点検出の処理時間に注目する. 元画像と比較し, リサイズ画像の場合は約 22.9% に, トリミング画像の場合は約 23.6% に短縮されている. 画素数に注目すると, 削減率は 2 手法共に 25% であり, 処理時間の短縮率は画素数の削減率とほぼ同じであった.

次に, 特徴点マッチングの処理時間に注目する. 元画像と比較し, リサイズ画像を用いた場合は, 約 5% に短縮している. トリミング画像を用いた場合は 4% に短縮している. リサイズ画像の特徴点数 1, 2 枚目に注目すると, 積は約 5.1% に削減されている. トリミング画像の特徴点数 1, 2 枚目に注目すると, 積は約 4.7% に削減されている. よって, 処理時間の短縮率は, 特徴点数の積の削減率とほぼ同じであった.

最後に, 対応ペアマッチングの処理時間に注目する. 元画像と比較し, リサイズ画像を用いた場合は, 約 3.8% に短縮している. トリミング画像を用いた場合は約 4.1% に短縮している. リサイズ画像の特徴点マッチング数に注目すると, 2 乗した値は約 4.3% に削減されている. トリミング画像の特徴点マッチング数に注目すると, 2 乗した値は約 4.1% に削減されている. よって, 処理時間の短縮率は, マッチングペア数の 2 乗の削減率とほぼ同じであった.

以上から, 提案手法において処理時間短縮を行う場合, 画素数の削減手法を用いることが有効であるといえる. また, スピードメータの車速表示の周期が 4 Hz であると仮定すると, 0.25 秒以下で算出できれば, リアルタイム処理と見なすことができる. したがって, 本研究で提案した画素数の削減手法で目的が達成できたと考えられる.

5.2 車速の精度

表 3 から, 元画像では, 特徴点のマッチング数は 5695 個であり, 対応ペアマッチング数は 5624 個であった. このことから, 特徴点マッチングによって得られたペアの時点で, 大半のペアが正しいものであった事がわかる. さらに, リサイズ画像, トリミング画像を用いた場合も同様の傾向が見られる. よって, 大半の特徴点が削減された場合でも, 正しいペアは多く保たれており, 車速が推定可能であったといえる.

6 おわりに

本研究では, 画像情報の削減による所要時間の短縮手法を検討した. 画像情報の削減手法にリサイズ処理とトリミング処理の 2 手法を対象とし, 評価実験を行った. その結果, いずれも車速推定精度を保ちつつ, 有効に処理時間を短縮可能であると示された. 今後は, 高速走行時等の路面画像においても, 2 手法が共に処理時間が短縮可能かつ車速測定が可能であるかについて検討予定である.

参考文献

- [1] 村上 源, 太田 俊介, 他, “道路紋様を用いた自動車走行時の車速推定法,” FIT2022, pp.267-268, 2022.