

画像処理を用いた屋内駐車場における 自車両の高精度方位変化推定

高橋 健大^{†1} 塚元 康輔^{†1,a)}

概要: 自車両の高精度位置推定は、先進運転支援システムや自動運転において最も重要な機能の一つである。本研究では、車載単眼カメラを用いて屋内駐車場における自車両の位置を高精度に推定するための方位変化推定手法を提案する。単眼カメラを用いて自車両の方位変化を推定する場合、一般に車両周辺の構造物の動きを追跡する方法が用いられるが、屋内駐車場においては推定に有効な構造物が少ないこと、十分な照明が得られないことから、推定が困難となる場合がある。提案手法では、オプティカルフローを用いて車両周辺の構造物の動きを追跡を行い、光量が十分ではない屋内駐車場においても少ない構造物からオプティカルフローを検出することで高精度に方位変化の推定を行うことができた。屋内駐車場の実走行画像を用いた実験から、自車両の方位変化を誤差約 6.4 deg 以下で推定できることがわかった。

A Method of Vehicle Direction Estimation in Indoor Parking using Image Processing

1. はじめに

昨今、運転支援機能の拡充や性能向上、自動運転システムといった先進的な自動車技術への関心が高まっている。

自動運転システムとは、ドライバーの代わりに自動車の運転の一部または全てをコンピュータが行うものであり、その自動化のレベルは SAE^{*1} International の J3016 [1] およびその日本語参考訳である JASO TP 18004 [2] において、完全手動運転のレベル 0 から完全自動運転のレベル 5 に分類されている。

日本国内においても、自動運転システムに関連する多くの府省庁や民間企業間で協調に向けた取り組みが動き始めている。例えば、内閣府高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部では、2018年6月に改定した「官民 ITS 構想・ロードマップ 2018」において「世界一の高度道路交通システムを構築・維持し、日本・世界に貢献する」という目標を宣言している [3]。

このような流れにより、限定領域内の自動運転レベル 4 の実現のため、カメラ、ミリ波レーダ、レーザーレーダ、GNSS などの車載センサや道路や駐車場 (インフラ側) などに備え付けたセンサを組み合わせた実証試験などが行われている [4, 5]。各センサの長所と短所を互いに補完することで自動運転は実現されていくと思われるが、全てのセンサを市販車に搭載すること、インフラ側にセンサを整備することはコストや維持管理の点において課題がある。

現在、アダプティブクルーズコントロール (ACC) や駐車支援機能などといったドライバーの運転支援を行う先進運転支援システム (ADAS) の機能を持った市販車が普及している。より高度な ADAS を実現するために、ミリ波レーダやレーザーレーダなどの高価なセンサも利用されているが、ドライバーの視野拡大という点では車載カメラが必要不可欠である。車載カメラは、ドライブレコーダだけではなく、ACC や駐車支援機能においても重要なセンサであるとともに、障害物や物体認識などにおいてドライバーの負担を軽減し、安全性に大きく貢献するセンサとして活用されている。

車載カメラには単眼カメラとステレオカメラがあるが、後者は立体視に必要なレンズ間にある程度の距離が必要なことや、車両への取り付けのための細かな調整が求められる

^{†1} 茨城大学
Ibaraki University, Hitachi, Ibaraki 316-8511, Japan

^{†1} 現在、茨城大学大学院
Presently with Graduate School of Sci. and Eng., Ibaraki Univ.

^{a)} kosuke.tsukamoto.casp@vc.ibaraki.ac.jp

^{*1} Society of Automotive Engineers

ることから、コストの面で問題がある。一方、単眼カメラは、様々な車載センサの中でも物体を識別できるセンサとして、取り付けが容易で安価であることから、多くの市販車に搭載されている。現在、車載カメラを用いて自車両の動きを自動で制御するシステムへの要求は高く、照明の変化や白線のかすれなど一時的に認識の難しい状況があっても、ロバストに動作する方法が求められている。しかしながら画像条件の厳しい屋内駐車場においては、車載カメラによる自動走行を行う手法の実現は難しい。

本研究では、ADASのさらなる進展のため、車載単眼カメラを用いて屋内駐車場における自車両の高精度位置推定を行う方法として、単眼カメラの画像データからオプティカルフローを検出し、自車両の方位変化角度を高精度に推定する手法の実現を目指す。

2. 車載カメラを用いた自車両の位置推定

車載カメラの画像データを用いて自車両の位置推定を行う方法の一つとして路面標示を利用する研究があり、白線との距離を相対的に求める手法 [6] が提案されている。これは白線の大まかな形状がわかっているということが前提であり、駐車動作においてこの手法を利用するにはダイナミックマップの生成や路面標示のデータベース整備などが必須である。

また、学習アルゴリズムにより物体認識を行う方法として、大きさが既知の他の車両をパターン認識することで相対的に位置を求める手法 [7]、ナンバープレートを識別して車間距離を求める手法 [8] などが提案されている。両手法とも大きさが既知の物体が画角内に常に存在していることを前提としているため、方位変化の多い屋内駐車場ではこの前提条件を満足することは難しい。

さらに、時系列画像から物体の動きを検出して自車両の運動を推定する研究として、GNSSとInertial Measurement Unit (IMU) およびオプティカルフローを検出した結果を組み合わせて絶対的な走行位置を推定する手法 [9] が提案されている。IMUの車速センサは、屋内駐車場のように平滑な走行経路では空転が生じるため、正確な計測ができないという課題と、屋内駐車場においてGPSが受信できないため独自にGNSSの基地局を設置するためのコストが生じる。また、時系列画像からScale-Invariant Feature Transform (SIFT) [10] による特徴点追跡で速度を推定する手法 [11] では、特徴点が画角内の偏った領域から検出されたシーンにおいて誤差が大きくなるという課題がある。

一方、画角内から偏り無く特徴点を検出しStructure from Motion (SfM) による車両の運動推定により車両の位置を推定する手法 [12] では、画像を3つの領域に分割し、特徴点数の比率を指定して検出を行っているが、屋内駐車場においては、特徴点を抽出する物体が推定に十分な数だけ映

らないという課題 [13] がある。また、一般道の白線や停止線などの路面標示を対象として時系列画像から連続して抽出する手法 [14] も提案されているが、路面標示が他の物体により遮られた場合に認識を誤る例が課題として示されている。

本研究では、車載単眼カメラの画像からオプティカルフローを検出することにより方位変化の推定を行う手法を検討し、照明条件が厳しく、方位変化の推定に有効な構造物が少ない屋内駐車場においても高精度に方位変化推定が可能な方法を提案する。

3. 自車両の方位変化推定手法の原理

3.1 オプティカルフロー

オプティカルフローとは、時間的に連続する動画像の中での物体の動きをベクトルで示したものであり、パターン認識やコンピュータビジョンなどの多くの画像処理技術に利用されている [15]。車載カメラを用いた先行研究として、他車両や歩行者など他の移動物体を検知するために、オプティカルフローを用いた手法が提案されている [16–18]。また、オプティカルフローを用いることで撮影した映像からカメラの動きを推定できる [12, 19]。

本研究では、オプティカルフローの検出に用いる特徴点抽出にShi-Tomasi法 [20] を、オプティカルフローの検出にLucas-Kanade法 (以下、LK法) [21] を用いる。これら2つの手法は、いくつか存在するオプティカルフローのアルゴリズムの中でも高速かつ高精度、ロバスト性のある方法として広く知られている。

3.2 特徴点抽出

Shi-Tomasi法では、物体の角 (コーナ) を特徴点として検出する。コーナとは2つ以上の輪郭線 (エッジ) が交わる箇所であり、画像の輝度を二次微分した行列を用いて、画像内のすべての画素で計算されるものである。本研究では、各画素の近傍領域における評価関数 (自己相関行列) の2つの固有値のうち小さいほうが設定した閾値より大きいコーナを適切な特徴点として抽出する。

3.3 対応点検出

図1に特徴点追跡の概要を示す。3.2の方法で抽出した特徴点を次のフレームにおけるその周辺画素で評価し、最も類似している対応点を検出する。特徴点と対応点を結んだベクトルがオプティカルフローとなる。LK法では、類似度の評価に2枚の画像の差分二乗和を用い、その値が最小となる点を最も類似した対応点としている。この対応点検出法における前提条件には以下の3つがある [15]。

(1) 明るさの不変性

画角内に映るオブジェクトの画素は、前のフレームか

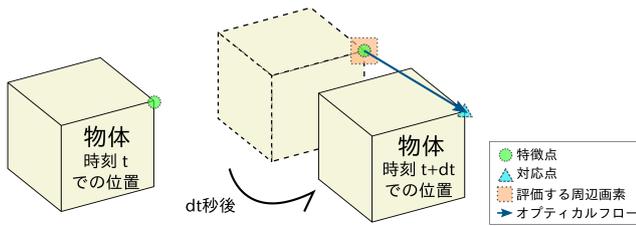


図 1 対応点検出の原理

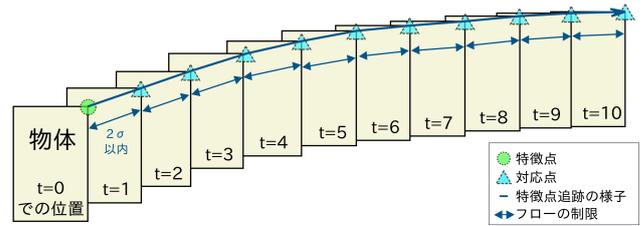


図 3 オプティカルフローの制限

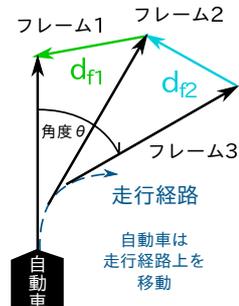


図 2 オプティカルフローの大きさの累積値

ら次のフレームの間で動くことはあっても外見上の変化はなく、画素の明るさはフレーム間で変化しない。

(2) 時間的な連続性

フレームの時間的間隔に対し、画角内のオブジェクトの動きは十分に遅い。

(3) 空間の一様性

画像内に隣接する点は同じ面に属して似たような動きをし、画像平面上の近くの点に投影される。

本研究では、LK 法を改良した OpenCV のピラミッド型 LK 法を用いる。

3.4 自車両の方位変化角度推定

画像データを用いてオプティカルフローを求め、その大きさと角度から自車両の方位変化角度の推定を行う。本研究では、井田 (2014) らが提案した各フレームで得られたオプティカルフローの水平方向の大きさの平均値を全フレームで加算することで方位変化角度を推定する手法 [19] をもとに検討を行った。

図 2 のような経路を 2 フレーム間 (フレーム 1-3) で車両が走行したとする。そのとき車載カメラの水平方向画角の中心は、矢印のようにフレームごとに移動し、それはオプティカルフローの大きさに比例するものと考えられる。また、車載カメラは、地面が傾いていない限り車両の動きから水平方向にしか動かない。したがって画角の中心の方位変化は、その経路の角度に等しいため、オプティカルフローの水平方向の大きさの平均値を加算する ($d_1 + d_2$) ことで、経路の角度 (ヨー角) θ を推定することが可能である。

ただし、この原理を実際の走行画像に適用する場合、次の条件が満たされていることが前提となる。

(1) 自動車が縦方向に移動することはない

(2) 他の移動体が映っていない (または排除できる)

(3) 十分な数のオプティカルフローが抽出されている

(4) オプティカルフローが画像全体から検出されている*2

(5) 誤ったオプティカルフローが少ない

4. 対応点検出方法の検討

屋内駐車場では、照明等の条件にもよるが、一般に方位変化の推定に有効な物体がはっきりと映ることが少ない。特徴点評価関数の閾値を下げると特徴点の数は増加するが、駐車場の壁や柱の特徴点の周辺画素は類似するものが多く、正しい対応点の検出ができない例が数多く見られた。そこで本研究では、特徴点評価関数の閾値を下げることでなく対応点検出の誤りを減らすための方法を検討した。

4.1 オプティカルフローの制限

本研究では、屋内駐車場において自動車は低速かつおおよそ一定の速度で走行するという点に着目し、車載カメラから得られた画像の画角内に映る物体は限られた範囲を移動するものと仮定して、図 3 に示すように、連続するフレーム間におけるオプティカルフローの長さ制限 (標本標準偏差 σ の 2 倍以内) を設けた。

方位変化の推定に無関係なオプティカルフローを除外する手法の一つとして RANSAC を用いたもの [12] があるが、特徴点の抽出数が多いときには十分な効果を発揮できない。本手法のようなオプティカルフローの長さ制限を行う方法だけでも、特徴点抽出数の変動に影響されずに誤りを取り除くことが期待できる。

4.2 対応点の評価

抽出した特徴点と検出された対応点の評価を行い、方位変化の推定に有効な特徴点のみを利用する手法を検討した。図 4 の②に示すように、オプティカルフロー検出器で検出した対応点を逆に特徴点とみなして対応点の検索をすることで、もとの特徴点が得られるか評価を行った。ここでは、再評価された特徴点ももとの特徴点と 1 px 以上離れている場合、その特徴点を得られるオプティカルフローは誤りとして除外した。

*2 オプティカルフローの水平方向の大きさの代表値で評価するため、特に直進時は画像の左側と右側から同じ大きさ、向きが反対のオプティカルフローが検出されるのが理想である

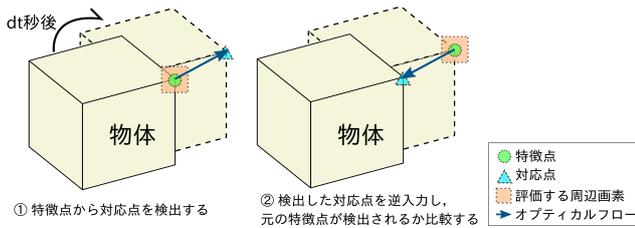


図 4 対応点の評価

5. 特徴点抽出方法の検討

本研究におけるオプティカルフロー検出のための特徴点抽出は Shi-Tomasi 法に基づき、各画素の近傍領域における評価関数 (自己相関行列) の 2 つの固有値のうち小さいほうが設定した閾値より大きいコーナを適切な特徴点として抽出している。しかし、この抽出原理のみでは屋内駐車場の画像のコントラストが小さいため、看板や柱などの自車両の方位変化推定に有効な構造物から十分な数の特徴点を抽出することができなかった。そこで入力画像の前処理として、次の 2 つの処理を行った。

5.1 コントラスト強調手法

ヒストグラム平坦化と階調変換関数 (S 字トーンカーブ)、鮮鋭化により、特徴点検出器に入力する画像をコントラストを強調して使用した。元となる画像の注目画素 (x, y) の輝度値データを $I(x, y)$ としたとき、階調変換後の画素値 $I_{flatten}(x, y)$ は、次の式 (1) により変換し^{*3}、鮮鋭化は 8 近傍鮮鋭化フィルタより変換した。

$$I_{flatten}(x, y) = \frac{255}{2} \left[\sin \left\{ \pi \left(\frac{k \cdot I(x, y)}{255} - 0.5 \right) \right\} + 1 \right] \quad (1)$$

(ここで $k = 1.2$ とした)

5.2 二値化画像を用いた手法

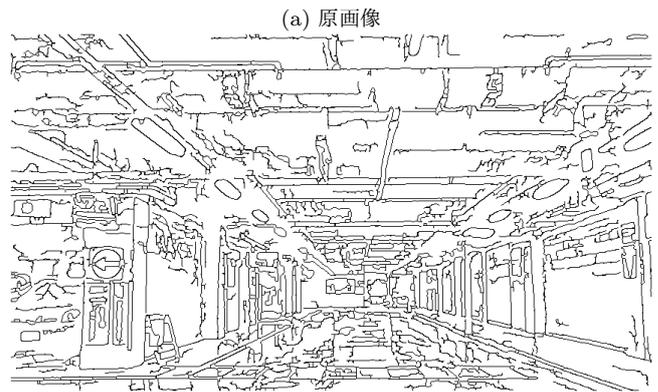
柱や看板などの方位変化推定に有効な物体からより多くの特徴点を抽出する処理として、特徴点抽出器に二値化画像を入力することで、方位変化推定に十分な数の特徴点を抽出する方法を検討した。物体画像の頂点や線が強調される二値化画像を入力とすることで、方位変化角度推定に十分な数の特徴点を抽出させることができた。

ここで、二値化処理の流れは次の通りである。

- (1) Gaussian フィルタの適用
- (2) Canny 法による二値化
- (3) 膨張と収縮
- (4) 小さな円状ノイズの除去

本処理を適用した後の画像を図 5 に示す。ただし、図 5

*3 輝度調整後の画素値が 255 を超える場合は 255 とした



(a) 原画像
(b) 処理適用画像

図 5 二値化画像を用いた手法を適用した画像

では見やすさのため実際の処理画像を白黒反転して示している。

5.3 オプティカルフロー検出

- (1) 撮影した動画から FPS=30 となるよう画像を切り出す
- (2) コントラスト調整手法の実行 (5.1)
- (3) 二値化画像を用いた手法の実行 (5.2)
- (4) 切り出した画像の 1 枚目 ($t=0$) の画像から特徴点を抽出する
- (5) 切り出した画像の 2 枚目 ($t=1$) の画像から対応点を検出する
- (6) オプティカルフローの制限手法の実行 (4.1)
- (7) 対応点の評価の実行 (4.2)
- (8) (3) で検出した対応点を特徴点とみなして切り出した画像の 3 枚目 ($t=2$) 以降でも (5), (6), (7) の処理を行う
- (9) 1 枚目の特徴点と 11 枚目の対応点を結ぶ線をオプティカルフローとし全てのオプティカルフローの水平方向の長さを算出する
- (10) 得られた全てのオプティカルフローの水平方向の長さの平均値を求める
- (11) 動画中の全ての切り出した画像に対し、ここまでの手順を繰り返す
- (12) フレーム画像 10 枚ごとに得られたオプティカルフローの代表値を全て加算する

表 1 車載カメラの仕様

製造元	株式会社ニコン
型番	COOLPIX A900
分析時の解像度	854 px × 480 px
フレームレート	30 fps

表 2 各提案手法の誤差評価結果 (単位:deg)

Method	err_{max}	err_{ave}	err_{std}
None	93.2	28.9	40.4
M1	14.5	5.5	6.9
M2	14.3	5.4	6.8
M3	11.2	4.2	5.3
M4	6.4	2.1	2.8

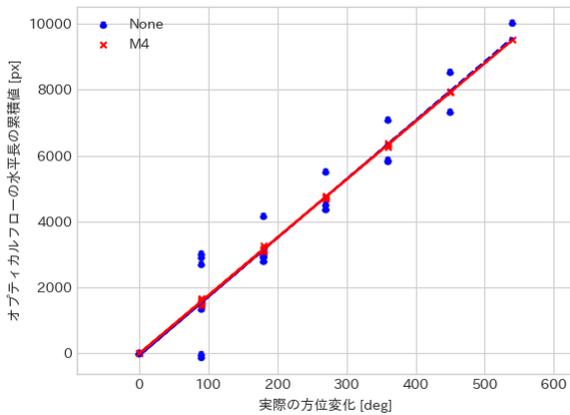


図 6 誤差評価結果

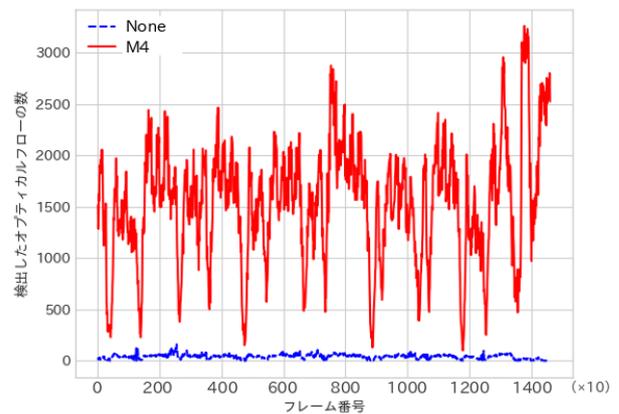


図 7 検出したオプティカルフローの数の推移

6. 実験

車載カメラで撮影した屋内駐車場(日上市新都市広場地下駐車場)の走行画像に提案手法を適用して評価を行った。用いたカメラの仕様を表 1 に示す。カメラを自動車のダッシュボード上に固定し、屋内駐車場内を 5 km/h 以下で走行しながら撮影した。評価にあたり、90 deg 単位で方位変化した角度を基準値として用いた。ここで基準となるフレーム画像は、車両の旋回の開始と終了となるよう駐車場内の直進経路の中央を走行している画像とした。

実際の方位変化角度(基準値)と推定した方位変化角度について、提案手法を加えていないものを None、オプティカルフローの制限手法を行ったものを M1、対応点の評価を加えたものを M2、コントラスト調整手法を加えたものを M3、二値化画像を用いた手法を加えたものを M4 と表す。

実際の走行経路の角度と各提案手法を組み合わせた処理結果から得られたオプティカルフローの水平方向の長さの累積値の関係をグラフにプロットし、最小二乗法により累積値と車両の方位変化角度の理想直線を定めた。その結果を図 6 に示す。

また図 6 の理想直線より、経路の個数を n 、近似直線の傾きを a [px/deg]、求めた近似直線と各経路の累積値との差を d [px] とするとき、式 2 による各累積値における誤差 (err [deg]) と式 3 による標本標準偏差値 (err_{std} [deg]) により各提案手法の評価を行った。その結果を表 2 に示す。

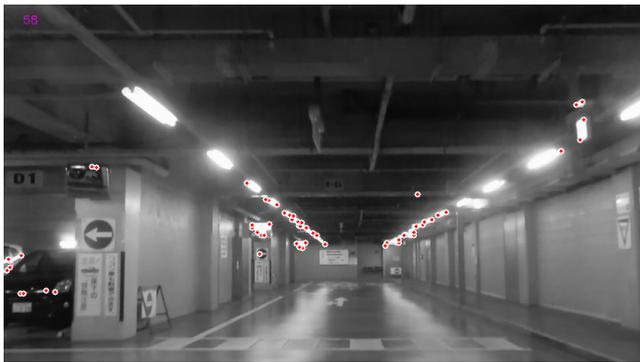
$$err_i = \frac{d_i}{a} \quad (2)$$

$$err_{std} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n err_i^2} \quad (3)$$

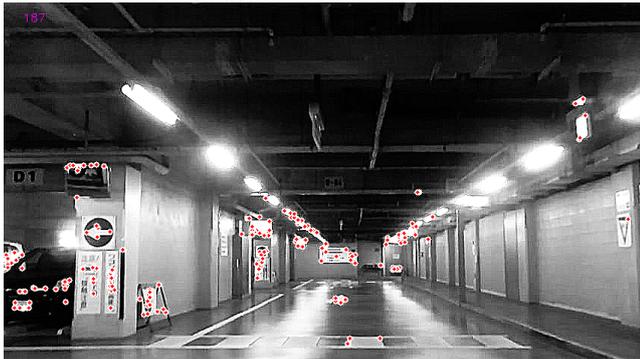
提案した各手法を組み合わせることで、方位変化推定角度の誤差が減少していることがわかる。オプティカルフローの制限手法では、オプティカルフローの長さの分布から統計的に閾値を決めて制限を行ったことで、特に旋回するシーンでオプティカルフローの誤りを除去できることが確認できた。

コントラスト調整手法および二値化画像を用いた手法では、オプティカルフローの検出数が増加しており、方位変化の推定に有効な物体が少なくなる旋回時においても、100 前後のオプティカルフローを検出できていることが確認できた。検出したオプティカルフローの数の推移を図 7 に示す。検出したオプティカルフローの数が大幅に増加した二値化画像を用いた手法においては、対応点検出の誤りはほとんど見られなかった。また各手法による特徴点抽出結果の例を図 8 に示す。

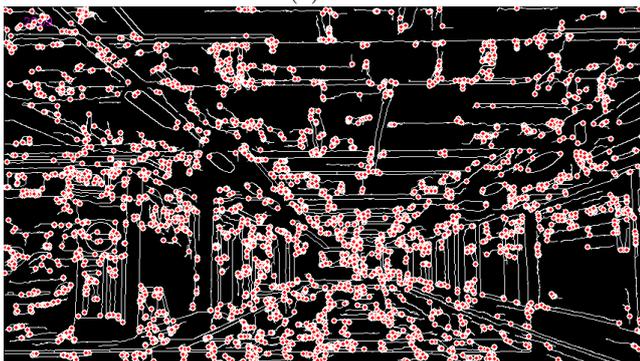
各提案手法を組み合わせることで、自車両の方位変化が高精度に推定できることを確認した。図 9 にオプティカルフローの長さの累積値の増減を示す。本実験で使用した走行画像は、自車両が左に 15 回 90 度旋回する経路であり、グラフの波形より自動車の直進(累積値の増減がない部分)と旋回(右肩上がりでカーブしている部分)の様子がわかる。



(a) None, M1, M2



(b) M3



(c) M4

図 8 特徴点抽出結果の例

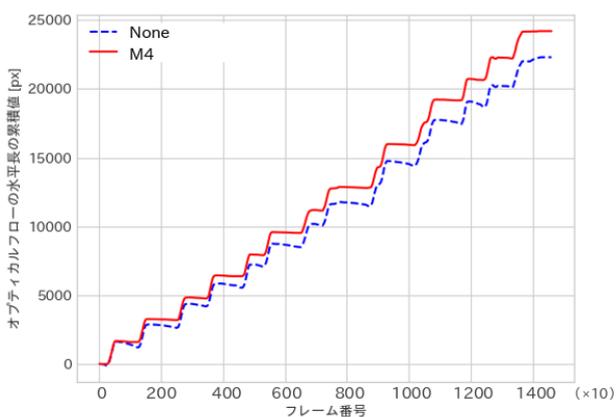


図 9 オプティカルフローの累積値の推移

7. まとめ

本研究では、オプティカルフローを用いた自車両の方位変化推定手法の高精度化のため、特徴点抽出手法および対応点検出手法の提案を行った。

提案手法では、屋内駐車場のよう方位変化の推定に有効な物体が少なく光量が十分でない場所においても、対応点検出処理によりオプティカルフローの誤りを取り除き、特徴点抽出の前処理により方位変化の推定に有効な物体から特徴点抽出数を増やし、高精度な方位変化角度の推定ができることが確認された。

今後の課題としては、他の移動物体が存在する場合の処理、方位変化推定のさらなる高精度化などが挙げられる。

謝辞 本研究は、日立オートモティブシステムズ株式会社との共同研究により実施されたものであり、また実験画像の撮影において配慮いただいた日立市生活環境部市民活動課の関係各位に深く感謝する。

参考文献

- [1] SAE International J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicle, SAE International J3016 (online), available from https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/ (accessed 2019-01-31).
- [2] 公益社団法人自動車技術会: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicle, 公益社団法人自動車技術会 (online), available from <http://www.jsae.or.jp/08std/data/DrivingAutomation/jaso.tp18004-18.pdf> (accessed 2019-01-31).
- [3] 内閣府 政策統括官科学技術・イノベーション担当: 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 概要改定, 内閣府 (オンライン), 入手先 <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20180615/siryou9.pdf> (参照 2019-01-31).
- [4] 加藤 晋: ラストマイル自動走行の実証評価 (石川県輪島市) (特集地域交通, スマートシティ, 自動運転), 建設機械施工: Journal of JCMA: 一般社団法人日本建設機械施工協会誌, Vol. 70, No. 8, pp. 73-77 (2018).
- [5] 太田直哉: 群馬大学における次世代モビリティの研究: 自動運転とスローモビリティの社会実装 (特集地域交通, スマートシティ, 自動運転), 建設機械施工: Journal of JCMA: 一般社団法人日本建設機械施工協会誌, Vol. 70, No. 8, pp. 78-83 (2018).
- [6] 原 孝介, 田中雄介: 白線形状と軌跡の推定に基づくロバストな自己位置推定, 自動車技術会論文集, Vol. 48, No. 6, pp. 1291-1296 (2017).
- [7] Ali, A. A. and Hussein, H. A.: Distance estimation and vehicle position detection based on monocular camera, 2016 Al-Sadeq International Conference on Multidisciplinary in IT and Communication Science and Applications (AIC-MITCSA), pp. 1-4 (2016).
- [8] 五十部宏幸, 中村 靖: 単眼車載カメラ画像を利用した自動車運転支援, 広島工業大学紀要研究編, Vol. 43, pp. 317-322 (2009).
- [9] 武山洪二郎, 町田貴史, 小島祥子, 久保信明: 単眼カメラと汎用センサ統合による都心部の高精度推測航法, 情報

- 処理学会論文誌, Vol. 59, No. 3, pp. 961–969 (2018).
- [10] Lowe, D. G.: Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, *International Journal of Computer Vision*, Vol. 60, pp. 91–110 (2004).
 - [11] 金子弘樹, 藤井健作, 森本雅和: I-014 車載カメラ映像中の走行車両の速度推定に関する検討 (画像測定・検出, I分野: グラフィクス・画像), 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 10, No. 3, pp. 313–316 (2011).
 - [12] 山口晃一郎, 加藤武男, 二宮芳樹: 車載単眼カメラを用いた自車両の運動推定, 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌 = The transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan. C, A publication of Electronics, Information and System Society, Vol. 129, No. 12, pp. 2213–2221 (2009).
 - [13] 高橋健大, 塚元康輔: オプティカルフローによる自車両の方位変化推定の一手法, 第15回 ITS シンポジウム 2017 発表論文, 特定非営利活動法人 ITS Japan (2017).
 - [14] Seo, Y. and Rajkumar, R.: A vision system for detecting and tracking of stop-lines, *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, pp. 1970–1975 (2014).
 - [15] Kaehler, A.: *Learning OpenCV 3 : computer vision in C++ with the OpenCV library*, O'Reilly, Sebastopol, Calif. ; Tokyo, United States (2016).
 - [16] Nguyen, D., Hughes, C. and Horgan, J.: Optical Flow-Based Moving-Static Separation in Driving Assistance Systems, *2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 1644–1651 (2015).
 - [17] Li, B., Zhang, X. and Sato, M.: Pitch angle estimation using a Vehicle-Mounted monocular camera for range measurement, *2014 12th International Conference on Signal Processing (ICSP)*, pp. 1161–1168 (2014).
 - [18] Kim, M. S., Seo, J.-H., Kwon, N. K., man Song, J. and Park, P.: Real-time moving object detection using a vehicle-mounted monocular rear-view fisheye camera, *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, pp. 1–6 (2016).
 - [19] 井田 絢, 塚元康輔: 単眼カメラによる車両の動き検出の一手法, センシングフォーラム資料, Vol. 31, pp. 8–11 (2014).
 - [20] Shi, J. and Tomasi, C.: Good features to track, *CVPR* (1994).
 - [21] Lucas, B. D. and Kanade, T.: An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision, *Proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence - Volume 2, IJCAI'81*, pp. 674–679 (1981).