

移動するステレオカメラによる オプティカルフローを用いた移動物体検出

戸田哲郎¹ 増山岳人² 梅田和昇²

¹ 中央大学大学院理工学研究科 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

² 中央大学理工学部 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

概要

近年、移動ロボットの自律化や自動車等の自動操縦を実現するために、環境や障害物を認識する研究が盛んになっている。本研究では、ロボットや自動車に載せたカメラから得た画像でオプティカルフローを計算し、移動物体のフローを抽出するというアプローチで移動物体を検出する。そのためには、画像上での背景の見かけの動きを除去する必要がある。そこで、ステレオカメラから得られる三次元情報を基にカメラの運動パラメータを求め、推定される背景のフローとオプティカルフローを比較することで移動物体を検出する手法を提案する。

キーワード： 移動物体検出 ステレオカメラ オプティカルフロー

1. 序論

近年、移動ロボットの自律化や自動車等の自動操縦を実現するために、画像処理を応用し、環境や障害物を認識する研究が盛んになっている。このとき、カメラが静止している場合と違い、移動するロボットや自動車に載せたカメラから得た画像上では、移動物体と背景が共に動いて見えてしまう。そのため、移動物体検出時によく用いられるフレーム間差分法[1]を使うことができない。

そこで本研究では、運動パラメータを推定するためにステレオカメラを用い、背景のオプティカルフローを除去することで移動物体を検出する手法を提案する。

2. 移動物体検出

2.1 前提条件

本手法では、問題を簡単化するために、次の3条件が成り立つと仮定する。

- 画像内に背景となる領域が半分以上存在する
- カメラの並進速度が一定以下である
- カメラの回転速度が微小である

2.2 手法概要

提案手法の流れを Fig.1 に示す。始めに、異なる時刻に撮影された2枚の画像に対してそれぞれ特徴点を検出する。検出された特徴点に対し2枚の画像間で対応点探索を行い、オプティカルフローを求める。次に、対応が見つかった特徴点の3次元座標を求め、その値を用いてカメラの運動パラメータを推定する。最後に、推定した運動パラメータから現在の画像の特徴点に対してオプティカルフロー（以後推定フローと呼ぶ）を推定する。推定フローを用いて背景のオプティカルフローを除去することで、移動物体が検出される。

2.3 オプティカルフロー計算

オプティカルフローには、ブロックマッチング法や勾配法などの求め方がある[1]。本研究ではAKAZE[2]アルゴリズムによって特徴点を検出し、それらを2画像間でマッチングしたときの特徴点の移動ベクトルをオプティカルフローとする。このとき、フローの大きさがしきい値以上の場合には、誤マッチングとして除去する。

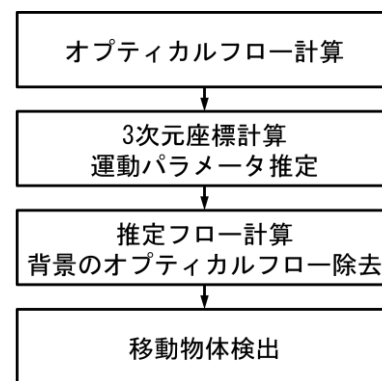


Fig. 1 提案手法の流れ

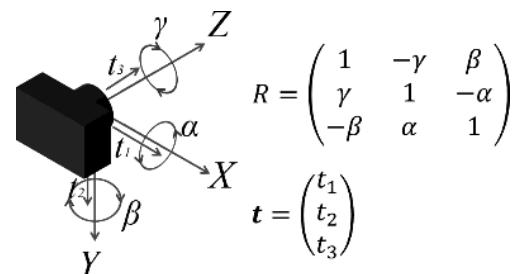


Fig. 2 カメラの運動パラメータ

2.4 運動パラメータ

2画像間でのカメラの移動は、Fig.2の回転行列 R と並進ベクトル $\mathbf{t}$ で表され、これらを運動パラメータと呼ぶ。ここで、回転運動が微小であることを仮定している。また、 α, β, γ はそれぞれ X, Y, Z 軸周りの回転角である。

現画像のある特徴点 p の3次元座標を $\mathbf{P} = [X \ Y \ Z]^T$ とし、特徴点 p とマッチングした前画像の特徴点 p' の3次元座標を $\mathbf{P}' = [X' \ Y' \ Z']^T$ とする。このとき、 $\mathbf{P}$ と $\mathbf{P}'$ の関係は運動パラメータ R と $\mathbf{t}$ を用いて次式で表せる。

$$\mathbf{P} = R\mathbf{P}' + \mathbf{t} \quad (1)$$

運動パラメータは、特徴点の対応を複数見つけ、式(1)を用いることで求められる。このとき、2画像間の特徴点の対応結果に誤マッチングや移動物体によるは

ずれ値が含まれているため、RANSAC を用いてこれらを取り除く。

2.5 推定フロー計算

3次元座標 P は画像平面 (x, y) に投影され、次式が成り立つ。

$$x = \frac{X}{Z}, \quad y = \frac{Y}{Z} \quad (2)$$

ただし、ここではカメラの焦点距離を 1 に正規化している。

式(1), (2)より推定フロー $[u \ v]^T$ は次式から求めることができる。

$$u = -\gamma y + \beta + \frac{t_1}{Z} - x \left(-\beta x + \alpha y + \frac{t_3}{Z} \right) \quad (3)$$

$$v = -\gamma x + \alpha + \frac{t_2}{Z} - y \left(-\beta x + \alpha y + \frac{t_3}{Z} \right) \quad (4)$$

2.6 背景のオプティカルフロー除去

計算した推定フローを用いて、しきい値処理により背景のオプティカルフローを除去する。しきい値は、オプティカルフローと推定フローの角度の差と大きさの差に対して設定する。これらの差が小さければ背景のオプティカルフローとして除去する。

3. 移動物体検出実験

本手法の有効性を検証するために、Fig.3 に示すシーンの動画像に対して移動物体検出実験を行った。移動物体は歩行者 1 人とし、カメラを歩行者の移動に対して平行移動させたときに歩行者に対するオプティカルフローが抽出されるかを検証した。

背景のオプティカルフローを除去するときのしきい値の設定は、角度の差が $0.1[\text{rad}]$ 以下、フローの大きさの差が $4 [\text{pixel}]$ 以下とした。

Fig.3(a)は移動物体のフロー抽出前、Fig.3(b)は移動物体のフロー抽出後である。

歩行者に対するカメラの移動方向を変えたときのオプティカルフローの抽出数を比較した。結果を Table 1 に示す。

Table 1 より、背景のオプティカルフローが除去され、移動物体のオプティカルフローが抽出されていることがわかる。また、カメラと逆方向に移動する歩行者の場合に移動物体のオプティカルフローの正抽出数が順方向と比べて少ないことがわかる。これは、カメラと逆方向に移動しているためモーションブラーが生じていることが原因となり、特徴点の検出数が減ってしまったためと考えられる。

4. 結論と今後の展望

カメラが移動する場合において、ステレオカメラを持ちいてオプティカルフローにより移動物体を検出する手法を提案し、有効性を実験により示した。今後は、特徴点の誤マッチングに起因するノイズの除去、また移動物体の領域を抽出する手法を考案する。

文献

- [1] 奥富 正敏他, “デジタル画像処理”, CG-ARTS 協会, 2015.
- [2] P. F. Alcantarilla, J. Nuevo, and A. Bartoli, "Fast explicit diffusion for accelerated features in nonlinear scale spaces," Proc. of BMVC13, pp.13.1-13.11, 2013.



(a) 移動物体のフロー抽出前



(b) 移動物体のフロー抽出後

Fig. 3 オプティカルフロー画像

Table 1 抽出数の比較

カメラの運動	カメラと移動物体の関係	平均抽出数		比較フレーム数
		正	誤	
回転運動	逆方向	32.8	6.3	50
	順方向	36.6	7.3	40
並進運動	逆方向	28.5	7.6	51
	順方向	38.9	7.3	47