

SIFT 特徴量と HSV ヒストグラムの組み合わせによる 密なオプティカルフロー抽出手法

齊藤 健一† 富岡 洋一† 北澤 仁志†

†東京農工大学大学院工学府

1 はじめに

動画像から正確で密なオプティカルフローを抽出することはシーン中の物体の位置、形状、動きの解析のための基本的な技術である。オプティカルフローを求める手法として照明変動やスケール変化、回転に頑健である SIFT 特徴点の追跡がある [1]。SIFT 特徴点追跡ではノイズや開口問題の影響を受けやすい部分を除去し、安定した SIFT 特徴点間のマッチングをとることで正確なフローが抽出できる。しかし、テクスチャの少ない部分では安定した特徴点が抽出できないため画像全体からフローが得られることは少ない。一方、画像をブロックに分割し、HSV ヒストグラムの類似度で前フレームと現フレームの各ブロックのマッチングを行う排他的ブロックマッチング手法がある [2]。この手法では画像全体から均一なフローを得ることができるが移動カメラシーンでは良好なフローを得ることができない。本稿では SIFT 特徴量と HSV ヒストグラムを組み合わせたオプティカルフロー抽出手法を提案する。提案手法は SIFT 特徴点追跡でフローの得られなかった箇所を SIFT 特徴点追跡を基にした HSV ヒストグラムマッチングで補完することで、移動カメラシーンにおいても画像全体から密で良好なフローを抽出する。

2 SIFT 特徴点追跡

各特徴点は 128 次元の特徴量により記述される。現フレームと前フレームの特徴点間のコストをそれらの特徴量のユークリッド距離とし、最小コストマッチングをハンガリアン法で求めることでフローを抽出する。

提案手法では、SIFT 特徴点追跡においてシーン中の各モーションに対するフローをより多く抽出するために 2 種類の技法を導入する。第一に、入力画像に前処理として鮮鋭化、平滑化をそれぞれ行った場合の特徴点追跡結果を前処理を行わなかった追跡結果と結合する。第二に、安定した SIFT 特徴点と見なす条件を緩和する。通常、画像中の注目画素の DoG(Difference-of-Gaussian) 値が 26 近傍の極値であり、DoG 値 0.03 以上

の点が特徴点となるが、実験では DoG 値が 24 近傍の極値であり、DoG 値 0.01 以上の点を特徴点として扱った。条件を緩和することで信頼度の低いフローも増加するが、一体となって動く物体や背景は 2 次元アフィン空間拘束条件 [3] を満たすものと仮定し、RANSAC によって信頼度の高いフローのみを抽出する。

画像解析には物体の各部分の対応が分かるように画像全体から均一にフローが抽出されることが望まれる。そこで画像をブロックに分割し、各ブロックが 1 つのフローの行き先になるように排他的に制限をする。フローの行き先が重なった場合はよりコストの小さいフローを優先する。このように制限することでフローは前フレームのブロックが現フレームではどこに移動したのかを表すこととなる。以下ではここで抽出されたフローをシードフローと呼ぶ。

3 HSV ヒストグラムによる補完

SIFT 特徴点追跡により求めたフローは信頼度が高いが画像中から特徴点を得られない箇所が存在するため画像全体から均一なフローを抽出できない。そこでシードフローを基にして HSV ヒストグラムマッチングを制御し画像全体から密なフローを抽出する。

HSV ヒストグラムの類似度をバタチャリヤ距離で求め、それを 0 から 1000 の値に規格化したものをコストとして最小コストマッチングをハンガリアン法で解く。

3.1 SIFT 特徴点追跡の結果を基にした補完

シードフローの両端である現フレームブロックと前フレームブロックを考える。それらの周囲も似ているならば、周囲ブロックも同じ物体の一部と考えられるのでシードフローと同様のフローを持つ可能性が高い。そこで本手法では、各シードフロー f に対して、その周辺の類似領域を求める。次に各ブロックのフローが、そのブロックを類似領域に含むシードフローのいずれかとなるようにフロー候補を制限する。

シードフロー f の類似領域は以下のように定義する。 f の両端の前フレームブロック、現フレームブロックの座標をそれぞれ (x_p, y_p) , (x_c, y_c) とする。また、 u, v を任意の整数として、座標 $(x_c + u, y_c + v)$ の現フレームブロックを座標 $(x_p + u, y_p + v)$ の前フレームブロックへ

Dense Optical Flow Extraction by Combining of SIFT Features and HSV Histograms

†Kenichi SAITO †Yoichi TOMIOKA †Hitoshi KITAZAWA

†Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

対応させる写像を Π_f とする. ブロック B_1 と B_2 のコストを $d(B_1, B_2)$ として, $d(c, \Pi_f(c)) \leq T_h$ を満たす現フレームブロック c の中で f の端点を含む連続領域がフロー f の類似領域である.

フロー候補の制限はコストマトリックスにペナルティを加算することで実現される. 現フレームブロック c を類似領域に含むシードフローの中でも, もっとも多く現れるフローを信頼度の高い第一フロー候補とし, それ以外のフロー候補には小さなペナルティ Δ を加算する. フロー候補以外は選択されないよう十分大きなコスト値とする. 実験では, $T_h = 400, \Delta = 20$ を用いた.

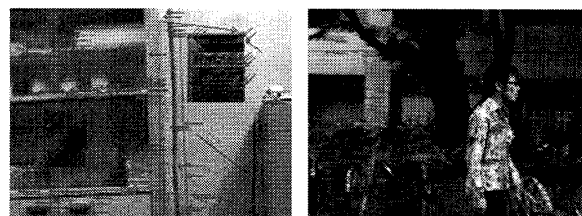
4 実験

画像を分割するブロックサイズを 8×8 とし, サンプル画像にはカメラが右方向へ移動する中を 2 つの箱が交差するように移動するサイズ 320×240 の CG データと人物が左から右へ移動し, それを追跡するようにカメラが右へ回転するサイズ 640×480 の実データを用いた. また, SIFT 特徴量抽出プログラムは Rob Hess 氏の公開プログラム [4] を改良し用いた. 図 1 に Rob 氏のプログラムを用いたオリジナル SIFT 特徴点追跡による結果, 図 2 に SIFT 特徴点追跡で得られるフロー増加のために 2 種類の技法を導入した結果, 図 3 にフロー増加後にアフィン空間拘束条件に基づき誤フローを削除した結果, 図 4 に提案手法による結果を示す. フローの色の違いはそれぞれ別のアフィン空間に割当られ, 異なる動きをすると判別されたことを表す. SIFT 特徴量のみではフロー数を増加させることはできるが特徴点の抽出されやすい場所から集中してフローが抽出されており画像全体からフローを得られていない. 提案手法では画像全体から均一にフローが抽出されている. また, CG データではカメラの動きと 2 つの箱の動きが判別されており, 実データではカメラの動きと人物の体の動きと右腕の動きが判別されている. しかし, CG データでは赤い箱の上部に箱からはみ出したフローがある. これは再出現した背景への入り込みによるものである. また, 実データでは左腕の動きは抽出されていない. これは左腕が大きく動いているためぶれて撮影されてしまい SIFT 特徴点追跡で正しいフローが抽出されなかったためである.

5 まとめ

SIFT 特徴量と HSV ヒストグラムを組み合わせることで移動カメラ画像から密で良好なフローを抽出する手法を提案した. 提案手法を用いることで画像全体から均一にフローを抽出できる. さらにアフィン空間拘束条件を用いてフローを判別することで画像中の物体

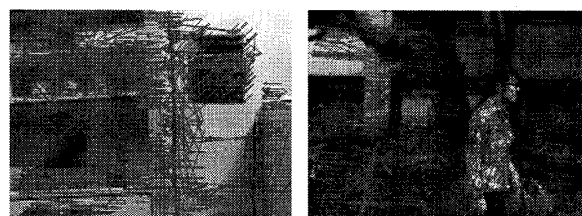
の動きが判別できるため人物の行動解析などへの応用が考えられる. 回転, 拡大, 縮小を考慮した写像 Π_f への拡張, 複数フレームを考慮することでオクルージョンと再出現による入り込みなどの誤フローを削減することが今後の課題である.



フロー数: 261本

フロー数: 471本

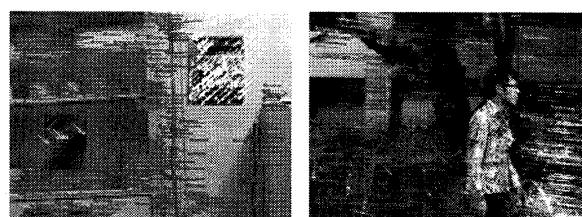
図 1: オリジナル SIFT での実験結果



フロー数: 1732本

フロー数: 3469本

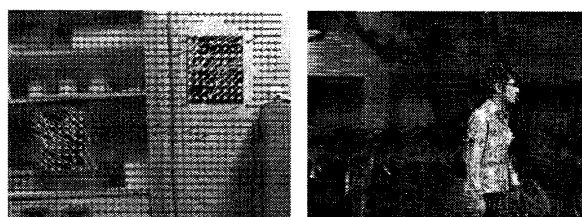
図 2: SIFT フロー増加後の実験結果



フロー数: 1534本

フロー数: 2314本

図 3: SIFT フロー増加後に誤フローを削除した実験結果



フロー数: 976本

フロー数: 3568本

図 4: 提案手法での実験結果

参考文献

- [1] D. Lowe. "Object Recognition ...", ICCV, 1999.
- [2] Z. Li et.al. "A New Method ...", PSIVT, 2009.
- [3] 黒澤典義, 他. "アフィン空間分離法...", CVIM, 2001.
- [4] Rob Hess. "SIFT Feature Detector". <http://web.engr.oregonstate.edu/hess/index.html>.