速度空間における拘束直線の交点群のクラスタリングによるオプティカルフロー推定

林 俊輔　　剣持 雪子　　小谷 一孔
北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1 はじめに

画像中に動きの異なる物体が複数存在する場合、従来のオプティカルフロー推定法では対象物体の動きの複数性によってその解析が困難となる [1]。本研究では、動きの異なる物体が複数存在する状況を想定し、速度空間上で分散した拘束直線の交点群をクラスタリングすることで、動きの異なる複数の物体を分離させ、全体的なオプティカルフロー推定を精度よく行うことを目的とする。特に、推定精度が激しく低下する物体間の境界近傍に注目し、従来手法 (最小 2 乗法) [2] よりも高精度にフロー推定を行うことを目的とする。

2 本研究の条件設定

オプティカルフロー拘束方程式は以下で与えられる [3]。

$$E_x u + E_y v + E_t = 0$$

ただし、E_x, E_yは x, y方向の輝度勾配、 E_tは輝度の時間勾配とし、u, vを動きベクトルの x, y成分とする。本研究では、注目画素と近傍画素からなる領域 (考慮領域) を設定し、考慮領域内の画素に対してオプティカルフロー成分を求め、それを注目画素に割り当てる。

3 本手法によるフロー推定

注目画素のオプティカルフロー成分を決定するまでの手順を示す。

(1) 考慮領域内のオプティカルフロー拘束直線から得られる交点を速度空間上にプロットする

(2) 速度空間上の交点をクラスタリングする
速度空間上の交点を動きの類似度をもとにクラスタリングする。求めたい正解の交点付近は、動きに対して交点の密度が高いという傾向がある。本研究では、考慮領域内にあらかじめ物体の動きの数を限定するのではなく、動きの数が未知である場合を想定する。クラスタを動的に生成し、処理が終わるまでクラスタ数は未知であるものとする。

(3) NN(Nearest Neighbor) 法を用いてクラスタリングする。
クラスタを動的に生成する手法として NN(Nearest Neighbor) 法があり、今回は NN 法を用いてクラスタリングを行った。クラスタリング処理における初期値は、速度空間上の交点の重心を与えた。これは、物体内は並進運動の場合、交点が一点に集中しやすいため一つのクラスタを生成するように、また、物体の境界は交点分布が激しく分散するため動きごとにクラスタを生成するように考慮したためである。またクラスタ間の分離を行う閾値は、経験的に求めた。また、NN 法は、処理する順序によってクラスタの生成結果が異なるため、前処理として交点のソーティングを行い、それぞれの交点の類似度が高まるようにした。

(4) 各クラスタから求めたい注目画素が存在するクラスタを判定する
クラスタの選定方法は、まず注目画素の拘束直線と考慮領域内のその他の各拘束直線との交点を求める。次に得られた交点がどの生成されたクラスタに属するかをすべての交点について求める。注目画素から得られる交点が一番多く属しているクラスタを求めるクラスタとして選定する。

(5) 指定されたクラスタ内からフロー成分を求める
最小 2 乗法、あるいは投票法を用いる。

4. 実験

従来手法 (最小 2 乗法) と本手法によるオプティカルフロー推定法の精度の比較実験を行った。物体の輝度値は空間的・時間的になめらかに変化するものとして、モデル画像 $(128 \times 128 pixels)$ を生成した。各々の物体は異なる並進運動をするものとする。また、比較対象となる領域は画像全体と物体の境界 (矩形で囲まれている部分) についてそれぞれ求めた (図 1)。フロー推定精度の比較は、正解のフローからの誤差の平均と誤差の分散で行った。実験結果を表 1 に示す。

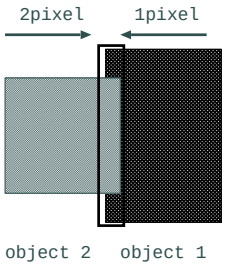

図 1: 各物体の動き

表 1: 従来手法と本手法の精度の比較

	画像全体		図 1 の矩形領域	
	誤差平均	誤差分散	誤差平均	誤差分散
従来手法	2.56×10^{-1}	11.46	1.30	12.75
本手法	1.89×10^{-1}	1.81×10^{-1}	8.12×10^{-1}	1.07

5. まとめ

実験結果より、従来手法よりもオプティカルフロー推定精度が向上し、本手法の有効性を確認した。今後の課題としては、より類似度別にクラスタリングされるようにアルゴリズムを改良する。また、テクスチャのバリエーションを増やすこと、複雑な運動 (拡大・縮小・回転) に適用していくことなどがあげられる。

参考文献

[1] コンピュータビジョン」技術評論と将来展望 pp123-137 1998
[2]J.K.Kearney,W.B.Thompson and D.L.Boley : “Optical Flow Estimation:An error analysis of gradient-based methods with local optimization”,IEEE Trans.Pattern Anal.and Mach.Intell,PAMI-9,2,pp.229-244,1987
[3] 今村弘樹 :「フロー外挿による遮蔽、発生領域のオプティカルフロー推定」 信学技報 PRMU CS98-123,IE98-102 pp65-72 1998