

# 高信頼動き推定に基づく動きオブジェクト推定

## Motion Objects Estimation based on Reliable Motion Estimations

青木 恭太  
Kyota Aoki

猪野 祐司  
Yuji Ino

野辺 昌史  
Masashi Nobe

### 1. まえがき

本稿では、ブロックマッチング (BM と略記) よりも信頼度の高い動き推定値が得られる高信頼動き推定法により動きオブジェクトを推定する提案方式と BM を用いた場合の頑健性を比較し、提案方式が BM を用いた場合に比較して、頑健であることを示す。提案方式は、BM、輝度投影相関などを複合した高信頼動き推定により動画中の隣接 2 フレームから動きオブジェクトを推定する。動きオブジェクト推定結果は、信頼度、位置、動き量である。ブロックごとの動き推定を高信頼動き推定で行う。さらに、投票法により残存する誤り動き推定を排除し、その結果を用いて動きオブジェクトを推定する。提案動き推定方式と BM を用いた方式を実現し、DV カメラで撮影した屋外実画像を対象として動きオブジェクト推定実験を行い、提案方式の頑健性を確認している。

### 2. 高信頼度動き推定方式

本稿で用いる高信頼動き推定方式[3]は、BM、改良輝度投影相関法を XY 座標軸方向に適用した方法(1Dと略記)と XY 座標軸と 45度回転した方向 (45Dと略記) に適用した方法の結果を組み合わせて動き推定の信頼度を判定する。BM, 1D, 45Dのいずれも、サブピクセル動きの推定も可能であるが、本稿では画素単位の動きを推定している。フレーム*f*0のブロック*B*において方式*X*を用いてフレーム*f*1で得られた推定動きベクトルを  $M(X, f_0, f_1, B)$  と示す。高精度動き推定方式では、式(1)が成立するときBMで得られた動きベクトル  $M(BM, f_0, f_1, B)$  は、信頼できる動き推定値と見なす。

$$\begin{aligned} M(BM, f_0, f_1, B) &\approx M(1D, f_0, f_1, B) \\ &\approx M(45D, f_0, f_1, B) \end{aligned} \quad (1)$$

45Dは、サブピクセル単位で動き推定値を得るが、精度はBMに劣るので、BMの推定値を信頼できる動き推定値とする。実験では、 $M()$ の動きベクトルの各成分の絶対値差が閾値より小さいとき式(1)が成立していると見なしている。実験では閾値として、0.5を用いている。閾値0.5は、45Dが0.5画素単位で推定結果を得るので、BMおよび1Dなどと比較する際には最小限許容すべき誤差である。JPEGクオリティ75のJPEG圧縮画像では、ブロックサイズ8×8で閾値0.5を用いて高信頼度動き推定を行った場合、99.31%の正しい動き推定結果が得られる。一方、BMでは89.04%の正しい動き推定結果が得られるのみである[3]。実画像において動き推定を行う際には、正しい動き推定値を得られる動き推定ブロックの割合はさらに低下する。

### 3. 動きオブジェクト推定方式

提案方式では、図1に示すように、高信頼動き推定結果を逆方向動き検査で選択し、位置・動き投票空間で投票し、投票数により高信頼動きブロックを得、近傍動きブロックを統合して動きオブジェクトを推定する[1]。

#### 3.1 推定動き量

高信頼動き推定方式では、信頼できる推定値か否かが得られるので、信頼できる推定値のみを以後の処理の対象とする。6×6の動き推定ブロックを用いたときの高信頼動き推定方式により得られた動き推定値の正解率 (真の動き量と推定動き量が一致する割合) は、90%を超えると予想されるが、それでも10%程度の誤り動き推定を排除することはできない[3]。そこで、さらに誤り動き推定を排除するために、隣接フレーム間で逆方向に動き推定を行った結果を比較し、逆方向でも矛盾しない動きが観測される動きのみを信頼できるものと見なす。

#### 3.2 投票方式

画像全体の照合を行う際には、投票法は雑音・遮蔽などに極めて頑健である[2]。逆方向検査を通過した高信頼動き推定結果の中で、動き量(0,0)以外の推定結果のみを空間(2次元)×動き(2次元)の4次元空間で投票を行うことで、信頼できる動きオブジェクトを検出する。動きのないブロックの推定値を含めて投票することも十分な計算機資源を利用すれば可能であるが、動きオブジェクトを推定する際には無駄になる。

#### 3.2.1 投票区画の空間解像度

画像全体の照合を得る際には投票区画は、空間方向には単一である。同一動きの異なる動きオブジェクトを類別して検出するには空間区画も区分する必要がある。動きオブジェクトの最小間隔を  $d$  とするとき、投票区画の空間解像度を  $d \times d$  画素とする。これにより、分離すべき動きオブジェクトに含まれる高信頼動き推定結果が異なる投票区画に集積する。また、1投票区画が分担する画像領域の大きさを確保することで、各投票区画における総投票数を確保する。総投票数が小さいと投票法の効果が減少する。一方、投票区画の大きさを

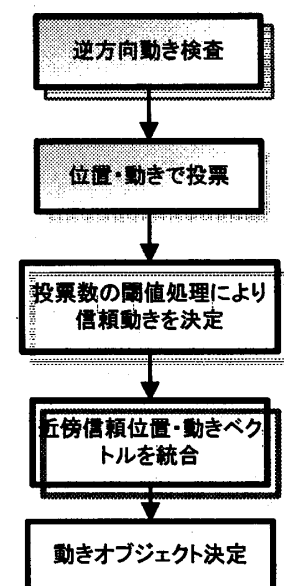


図1. 動きオブジェクト推定方式

大きくすれば投票法の効果は十分に発揮されるが近接同一動きオブジェクトの類別能力は低下する。区別すべき複数の動きオブジェクトに属すべき動き推定ブロックの動き推定値を同一の投票区画に投票すると、その区別すべき動きオブジェクトを区別することは困難となる。

### 3.2.1 投票区画の動き解像度

投票区画の動き解像度に関しても空間解像度と同様の議論が成立する。信頼できる動き推定値は、画素単位の動き推定値である。実動きは画素単位に制限されていないので、推定動きが対応する投票区画の隣接区画にも投票する必要がある。実験では、動き解像度  $1 \times 1$  で隣接投票区画にも多重に投票を行う。

投票区画の空間解像度が荒いことは、同一動きの異なるオブジェクトの分離能力を低下させるが、動きが異なる動きオブジェクトの分離能力に影響は与えない。

高信頼動き推定結果を投票する際には、単に投票区画に属する投票数を数えるのではなく、動きベクトルと動きベクトル検出位置および動き検出数を投票する。各投票区画は、高信頼動き推定結果  $(x, y, mx, my)$  に投票数を数えるカウンタ  $CC$  を付加した、 $(x, y, mx, my, cc)$  の5次元ベクトルである。

投票終了後、投票数  $cc$  が閾値以上の投票区画に投票された動き推定値の平均をその投票区画に投票された画素位置の平均の動きと見なす。これにより投票区画の空間解像度に関わらず、投票された動きベクトルの重心位置が精度よく求まる。

### 3.3 連結類似動き領域の決定

$(x, y) \approx (x', y')$  かつ  $(mx, my) \approx (mx', my')$  のとき投票結果ベクトル  $(x, y, mx, my, cc)$  と  $(x', y', mx', my', cc')$  は同一のオブジェクトに含まれると仮定する。さらに投票結果ベクトル  $X$  と投票結果ベクトル  $Y$  が同一オブジェクトに含まれ、投票結果ベクトル  $Y$  と投票結果ベクトル  $Z$  が同一オブジェクトに含まれるとき、投票結果ベクトル  $X$  と投票結果ベクトル  $Z$  も同一オブジェクトに含まれるとする。以上の仮定のもとで連結類似動き領域を決定する。このとき、同一オブジェクトに含まれる総投票数をそのオブジェクトの信頼性評価値とする。この方式では、動きが緩やかに変動する場合には、1動きオブジェクトとなる。

## 4. 実験と評価

提案方式をCおよびperlプログラムで実現し、実屋外動画を用いて、動きオブジェクト推定実験を行った。実験は、DVカメラで撮影・録画した宇都宮大学工学部正門前の画像を計算機に取り入れ、256階調グレースケール画像に変換したものをを用いている。処理フレーム数は、460フレームである。処理結果の1フレームを図2に示す。

### 4.1 高信頼動き推定方式とBMの比較

高信頼動き推定方式の効果を評価するために、BMによる動き推定を用いて提案方式と同一の方式で動き推定を行った。投票法を用いているので提案方式およびBMのいずれにおいても適切に投票結果を選択する投票結果ベクトルの投票数の閾値を定めれば、雑音なく目的の動きオブジェクトを検出可能である。そこで、任意の雑音オブジェクトの評価値よりも任

意の正解オブジェクトの評価値が高くなる最低の閾値と任意の正解オブジェクトが検出される最高の閾値の倍率を求めた。これを閾値倍率と呼ぶ。閾値倍率が大きいことは、より広い閾値範囲で正解オブジェクトを雑音なしに検出可能であることを示している。比較実験では動き推定ブロックサイズ  $4 \times 4$  と  $6 \times 6$  の場合に、逆方向検査を行った場合と行わない場合の閾値倍率を求め、その結果を表1に示している。

表1から提案方式の優位性は明らかであり、高信頼動き推定方式を用いることで、BMを用いた場合に比較して、頑健に動きオブジェクトを検出できることが確認された。

## 5. むすび

高信頼動き推定方式を用いた動き推定結果から動きオブジェクトを投票法により検出する方式を示し、BMと比較した場合の頑健性を閾値倍率により評価し、提案方式がBMを用いた場合に比較し、きわめて頑健であることを確認した。

### 文献

- [1]青木, 赤嶺, 猪野, 野辺, “高信頼動き推定に基づく動きオブジェクト推定”, ITS-2005-48, pp11-16, 信学技法 Vol.105, No.608, 2006.  
 [2]齊藤文彦, “ブロック照合投票処理を用いた速い画像マッチング”, 信学論, J84-D-II, 10, pp.2270-2279, Oct.2001.  
 [3]小林, 青木, “圧縮動画画像を対象とする高精度動き推定”, 2004信学総大, 情報システム(2), pp103, 2004.

表1 各方式における閾値倍率 (検出最大閾値/検出最小閾値)

動き推定方式	推定ブロック	
	6x6	4x4
BM	5.67	3.55
BM+逆方向検査	7.81	6.17
高精度動き推定	13.5	4.51
高精度動き推定+逆方向検査	24.0	10.9



図2. 動きオブジェクト推定結果