

# 高信頼動きベクトル対の無作為選択に基づく 並進・回転・拡大の推定

Estimation of Translation, Rotation, and Scaling  
based on Random Sampling of Reliable Motion Vectors

青木 恭太†  
Kyota AOKI

## 1. はじめに

動き推定は動画圧縮の他にも防犯カメラ、動き推定履歴を用いた物体の動き予測などに応用される基本的技術である。画像オブジェクトが与えられている場合や画面全体が回転している場合には、各種の回転推定方式が提案されている。また、扇形領域の照合により回転するオブジェクトの回転まで推定する方式も提案されている。特徴点の対応関係の集合から RANSAC を用いて、オブジェクトごとに射影変換まで推定する方式[2,3]も提案されている。特徴点の対応に基づいて動きオブジェクトを推定する方式は、特徴点が十分に得られる場合には強力な方式であるが、一般には十分な特徴点が得られる保証はない。また、オブジェクトが小さい場合には、精度良く変形を含めて推定することは困難である。RANSAC は、極めて強力な方式であるが、手数が大きい。

本稿では光軸周り回転 (Rotation)、並進および拡大を示す小オブジェクトの画像上の動きを推定する方式として高信頼動きベクトル対の無作為選択に基づく方式を提案し、その有効性を実験により確認する。

単一の視点から継続して観測されるオブジェクトの運動は、画面における並進、カメラ光軸回りの回転および拡大縮小である。カメラ光軸周り以外の回転をオブジェクトが示すとき、カメラから観測可能な面は移り変わる。故に変形しないオブジェクトで継続して同一面が観測可能な運動は、空間移動3次元と光軸周りの回転の回転1次元を合わせた4次元となる。光軸周り以外の回転を行うとき、オブジェクトの変形が観測されるが、継続的に観測可能である場合には、その量は大きくない。また、変形まで推定し推定する場合には、3点以上の特徴点の対応を用いる必要がある。アフィン変換など変形を含めて推定する際には、本稿の提案方式で得られる推定並進・光軸周り回転・拡大の4次元推定値の集合に対して RANSAC などの方式を用いて推定を行えばよい。

## 2. 既存の動きおよび回転推定方式

動き推定は、映像の異なるフレームにおいて、基準フレームにおける物体・領域などが他のフレームでどの位置へ移動しているかを推定するものであり、様々な場面に用いられる重要な技術である。我々の身近に多くのカメラが存在するが、映像を撮影し、その場で処理する場合以外は、撮影された映像は、蓄積あるいは伝送され、その後処理される。映像の情報量はきわめて膨大なので、蓄積・伝送される場合には、各種の圧縮方式で圧縮される。圧縮された

映像では、個々の画素の輝度値や色情報は削減される。そのために、画素単位の処理を基本とする輝度勾配法などでは精度よい動き推定値を得ることは困難である。また、動き量が大きい場合に適用することは困難である。

回転を直接推定する方式としては、オブジェクトの境界の照合やオブジェクト境界の方向ベクトル分布を照合する方式も提案されている。モーメントを用いた方法、ハフ変換を用いた方法、画像の輝度勾配の方向を用いた方法、輪郭線の垂直2等分線群を用いた方法[4]などが提案されているが、オブジェクトが既知であることを前提としている。

## 3. 並進・回転・拡大の推定方式

### 高信頼動き推定

高信頼動き推定方式[1]では、動き推定の可否と動き推定可能な場合には動きベクトルが得られる。高信頼動き推定方式はブロック単位動き推定方式であり、実用的には  $6 \times 6$  程度のブロックで 50% を超える推定率でブロックの動きベクトルが得られる。そのとき、得られる動きベクトルの正解率は 90% を超える。

### 高信頼動きベクトル対の無作為選択

回転・並進・拡大の 4 次元の値を推定するためには、最低 4 次元の観測値が必要である。提案方式では、高信頼動きベクトルを観測値として用いるので、最低 2 組の推定動きベクトルが必要である。矩形の運動推定ブロックを定義し、その中の任意の 2 個の高信頼推定動きベクトルから並進・回転・拡大を推定する。

運動推定ブロックを  $30 \times 30$  程度の大きさとする、運動推定ブロックに代表点が含まれる並進推定動きベクトル 2 組の組み合わせは、404550 組となる。このすべてを投票法などで、並進・回転・拡大の 4 次元空間で投票すれば精度の良い推定が期待できる。また、RANSAC を用いて射影変換の全パラメータを推定する方式も提案されている。投票法を用いると、全データを投票することとなり、計算量が大きい。また、RANSAC を用いる場合には、仮説を生成する数が大きくなり、計算量が大きい。

### 提案方式

高信頼動き推定法は、ブロック単位照合であり、動き推定ブロックの拡大率が 1.5 を超える場合には画素ずれのために良い照合が得られない。また、回転角でも  $\pm 30$  度を越えるような回転を示す場合には、良い照合が得られない。しかしながら、水平方向に設置されたカメラによる映像では、垂直方向を基準として運動するので大きな回転は見られない。また、拡大率も 1.2 倍程度まで推定できれば十分である。

提案方式は、拡大率範囲を基準として、無作為に選択した推定動きベクトル対を取捨選択し、誤り推定動きベクトル

†宇都宮大学工学部情報工学科



図1 実験画像例

ルを排除し、拡大率を基準として、信頼可能推定動きベクトル対集合を決定し、信頼可能推定動きベクトル対集合から並進・回転・拡大を決定する。大まかな手順を以下に示す。

- (1) 拡大率幅として、1.5 を超える値を定める。拡大率を 1 とする。
- (2) 拡大率範囲を $[\max(0, \text{拡大率} - \text{拡大率幅}), \text{拡大率} + \text{拡大率幅}]$ とする。
- (3) 無作為に推定動きベクトル対を選択し、指定個数の拡大率範囲内の信頼可能推定動きベクトル対集合を作成する。
- (4) 拡大率幅が十分小さいとき、信頼可能動きベクトル対集合から拡大率、並進および回転角を求めて終了する。
- (5) 信頼可能動きベクトル集合から拡大率をもとめ、拡大率幅を縮小し、(2)から繰り返す。

提案方式の手数は、信頼可能推定動きベクトル対集合の大きさと推定動きベクトルの信頼性の逆数の 2 乗に比例する。RANSAC の手数は、一致推定動きベクトル集合の大きさと推定動きベクトルの信頼性の逆数の 3 乗に比例する。

小さな動きオブジェクトの動きまで推定するためには、運動推定ブロックの大きさは小さいことが望ましい。

#### 4. 回転・並進および拡大の推定実験

##### 実験対象

図 1 に例示する画像対を利用して、並進・回転・拡大推定を行った。図 1 の右画像は、左画像の 20 度回転画像である。

##### 実験条件

6×6 の動き推定ブロックを用いて、最大動き探索範囲は、XY 各方向±50 画素とした。また、並進・回転および拡大

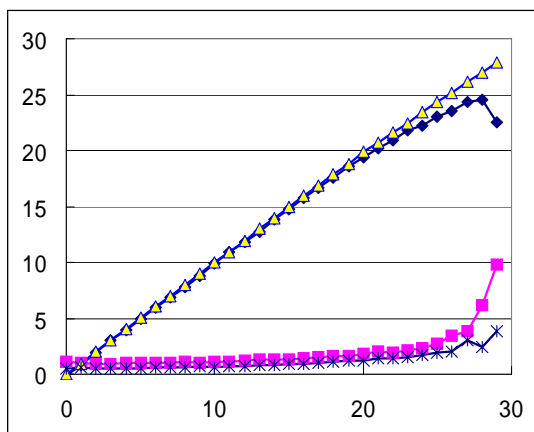


図2. 回転角推定結果

を推定する運動推定ブロックは、10×10 の正方形ブロックである。また、信頼可能推定動きベクトル対集合の大きさは、20 としている。初期拡大率幅 1.7, 終了拡大率幅 1.14 とした。画像中の 50×50 の領域で推定実験を行った。

実験結果、

図 2 に拡大率 1.1 と 1.3 の場合の回転角推定結果を示す。推定値平均および推定値標準偏差である。回転角 25 度付近まで平均推定値と真値の差は小さく、推定値の標準偏差も小さい値にとどまっている。Y 軸が推定値である。

図 3 に回転角 15 度と 25 度の場合の拡大率推定結果を示す。推定値平均と推定値標準偏差である。回転角 15 度の場合には、拡大率 1.4 倍まで 1% 程度の誤差で推定できている。

#### 5. まとめ

高信頼動き推定方式による推定動きベクトル集合から並進移動量、光軸周り回転角、拡大率を推定する方式を提案した。提案方式は、RANSAC の無作為データ選択による仮説の生成を行わず、一致する推定データ集合を無作為選択により生成する。

高信頼動き推定方式は、ブロックマッチングに比較して、極めて高い信頼性を持つので、提案方式や RANSAC を用いる場合には、推定が高速となる。実験結果により、提案方式が並進・回転・拡大を高精度に推定することを確認した。

- [1] 青木恭太, “大動き量まで適用可能な圧縮雑音に頑健なブロック単位高速高信頼動き推定法”, 進学技報, Vol.106, No.536, pp.95-100, Feb.2007.
- [2] 川上裕司, 伊藤吉弘, 金澤靖, “特徴点の位置分布に基づくランダムサンプリングによる平面領域のロバストな検出法”, 信学論 D-, J88-D-, 2, pp.313-324, 2005.
- [3] 伊藤吉弘, 金澤靖, “画像から求めた複数のゆわ度分布による重みを用いた RANSAC による画像間の対応付け”, 信学論 D-, J89-D-, 12, pp.2710-2720, 2006.
- [4] 小野直樹, “輪郭線の垂直 2 等分線群による回転角度推定”, D-12-27, 2006 信学会総大(2006)

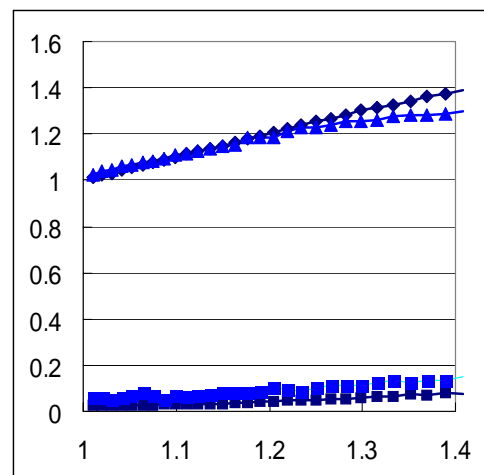


図3. 拡大率推定結果