

動領域分割におけるオブジェクト検出精度の改善

Improvement of Objects Extraction in Motion Picture Segmentation

宮本 慎一[†], 今村 幸祐^{††}, 正会員 橋本 秀雄^{††}

Shinichi Miyamoto[†], Kousuke Imamura^{††} and Hideo Hashimoto^{††}

あらまし 近年、オブジェクトベース符号化方式として注目されている MPEG-4 や MPEG-7 では、前処理として動領域分割処理が必要となる。本論文では、動領域分割におけるオブジェクト検出精度の改善を目的として、動き分布を利用したクラスタの動き検出精度の改善、逆写像による Uncovered Background の検出法を提案する。

キーワード 動領域分割, クラスタリング, Uncovered Background

1. ま え が き

近年、画像処理の分野においてオブジェクトベース符号化や映像のコンテンツ検索技術が注目されている。これらの実現には、前処理として領域分割処理が必要であり、現在、様々な視点、手法により研究が行われている¹⁾²⁾。

領域分割を行う具体的な手法として、一様に分割した正方ブロック単位に検出したアフィンパラメータをベースとして、ブロック単位のクラスタリングを行い、画素の各クラスタへの割当てを行う手法が提案されている³⁾。この領域分割法では、各クラスタの動きから作成した予測画像を基に画素単位にクラスタを割当てるため、クラスタ単位のアフィンパラメータがオブジェクトの検出精度を大きく左右する。したがって、正確な領域分割を行うためには、クラスタ単位のアフィンパラメータの検出精度の向上が必要である。そこで、クラスタ単位の動き精度を向上させるため、動き分布を利用したクラスタ単位の動き検出法を提案する。これにより、誤って検出される動きの影響を避けることができる。

また、この動領域分割法ではオブジェクトが移動した後に見られる Uncovered Background に対する考慮がなされていないため、Uncovered Background で誤ったラベルが割当てられるという問題がある。Uncovered

Background については、動領域境界近傍の各画素について前・後フレームからの動き補償予測誤差を比較することによって検出、その動きを推定することにより、精度の良いオプティカルフローを求める手法を既に提案してきたが、この場合、動領域境界近傍を別途指定する必要があった⁴⁾。本論文では、ブロック単位のアフィンパラメータをクラスタリングして得られるクラスタの動きを用いて、オブジェクト単位に逆写像することにより、簡易に Uncovered Background を検出する方法を提案する。これにより、Uncovered Background で誤ったラベルが割当てられた画素に対して、適切なラベルの再割当てを行うことができる。

提案する二つの手法を動領域分割に適用し、テスト画像を用いたシミュレーションを行った結果、オブジェクト検出精度の改善を確認することができた。

2. 動領域分割アルゴリズム

図1に、本論文における動領域分割アルゴリズムの流れを示す。この動領域分割法は、輝度やテクスチャ等の情報を用いず、アフィンパラメータによる動き情報のみを用いることを特色としており、各オブジェクトが異なるアフィン動きモデルに従うと仮定して抽出を行う。これは、大きく分けて四つの手順に分かれており、それぞれ STEP1 から STEP4 として以下に説明する。

まず、STEP1 では、画像を一様な正方ブロック単位に分割し、Gauss Newton 法を適用して式(1)で示す $a \sim f$ の六つのアフィンパラメータを検出する。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ d & e \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c \\ f \end{pmatrix} \quad (1)$$

STEP2 では、STEP1 で検出したブロック単位のアフィンパラメータを基に、N 個の似通った動きをもつク

2003年3月24日受付、2003年6月2日再受付、2003年6月23日採録

[†] 金沢大学 大学院 自然科学研究科

(〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20, TEL 076-234-4893)

^{††} 金沢大学 工学部

(〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20, TEL 076-234-4893)

[†] Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

(2-40-20, Kodatsuno, Kanazawa-shi, 920-8667, Japan)

^{††} Faculty of Engineering, Kanazawa University

(2-40-20, Kodatsuno, Kanazawa-shi, 920-8667, Japan)

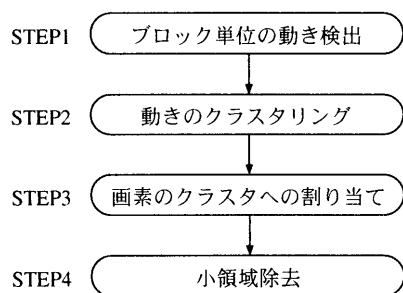


図 1 動領域分割アルゴリズム
Segmentation algorithm

ラスタに分類する。ここで、クラスタリングアルゴリズムには K 平均アルゴリズムを用いる。

STEP3 では、前述した二つの STEP の結果から画素単位にラベルを割り当てる。まず、ブロック単位のアフィンパラメータから最小 2 乗法を用いて、各クラスタを代表するアフィンパラメータを近似する。このとき、不正確な動きをもつブロックや強制的にクラスタリングされるブロックが、小ブロック群として存在するので、ブロックの連結性を考慮して、独立した小ブロック群の動きは用いないものとする。次に求めた各クラスタの動きを、前フレーム画像に適用して N 枚の予測画像を作成し、それぞれの予測画像の各画素と対応する現フレーム画像の各画素で予測誤差を求め、これを基に画素単位にクラスタのラベルを割り当てる。ここで、画素値が均一な部分等で起きる誤ったラベル割当てを防ぐため、各予測画像による予測誤差の差が小さい画素には、予測誤差を基にしたラベルを割当てず、unlabel 画素としておく。

STEP3 の結果、各画素はいずれかのクラスタのラベルが割当てられている画素と、いずれのラベルも割当てられていない unlabel 画素とに分けられる。そこで、STEP4 ではまず、unlabel 画素にいずれかのクラスタのラベルを割当て、次に残った小領域を他のクラスタへ統合することで最終的なオブジェクトを抽出する。

3. オブジェクト検出精度の改善

3.1 動き分布を利用したクラスタの動き検出

本論文における動領域分割法では、STEP3 で検出するクラスタ単位の動きパラメータが最終的な領域分割結果を大きく左右する。このクラスタ単位の動きパラメータを正確に検出するには、不正確な動きを有するブロックを用いないようにする必要がある。そこで、動きパラメータの分布を利用して、これらの誤った動きをもつブロックを取り除く。

まず、STEP2 でブロック単位のクラスタリングを行った後、STEP1 で検出したアフィンパラメータから平行移動パラメータの平均値、標準偏差をクラスタごとに算出する。そして、各ブロックの動きパラメータに対して式 (2) に示す判定を行い、これに当てはまるブロックの

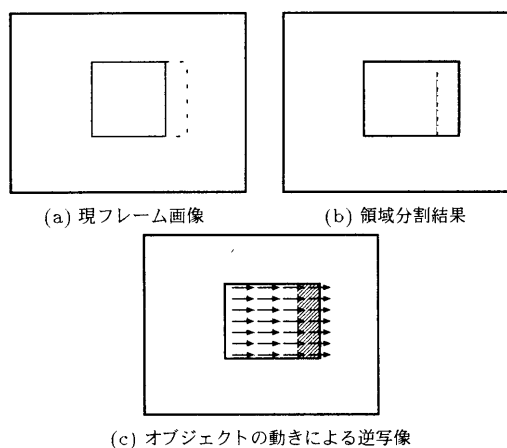


図 2 Uncovered Background の検出法
Detection of Uncovered Background

動きはクラスタ単位の動き検出には用いないこととする。

$$\begin{aligned}
 |c - m_{cn}| &> th \times \sigma_{cn} \\
 |f - m_{fn}| &> th \times \sigma_{fn} \\
 (n = 1, 2, \dots, N)
 \end{aligned} \quad (2)$$

式 (2) において、 c 、 f は各ブロックの水平、垂直方向のアフィンパラメータ、 m 、 σ はクラスタごとの各パラメータの平均値と標準偏差を表す。ブロックの平行移動パラメータとその平均値の差の絶対値が、標準偏差に閾値 th をかけた値を越えるということは、そのブロックが属するクラスタの動き分布から外れた動きをもつということになる。これにより、ブロックの連結性を考慮するだけでは取り除くことができない、誤った動きをもつブロックの影響を避けることができる。

3.2 逆写像による Uncovered Background の検出

次に Uncovered Background の検出法について述べる。本論文では、STEP3 で画素単位にクラスタのラベルを割り当てる際に検出したクラスタの動きを用いて逆写像を行うことで、Uncovered Background の検出を行う。この様子を図 2 に示す。

図 2 は、静止している背景に対して正方形のオブジェクトが左方向に動く場合の例を示している。正方形のオブジェクトが左方向に移動するため、図 2(a) の点線で囲まれた領域が Uncovered Background となる。この画像フレームに対して、STEP1 から STEP4 までの処理を適用した場合、図 2(b) のように Uncovered Background となる領域には、オブジェクトのラベルが誤って割当てられることになる。これを検出するため、図 2(c) のように STEP3 で検出したクラスタ単位の動きを用いて、オブジェクトのラベルが割当てられているすべての画素に対し、逆写像をかける。このとき、実際にオブジェクトとなる部分では、元の位置の画素と逆写像をかけた位置での画素のラベルは等しいが、Uncovered Background となる部分では異なるラベルが与えられる。そこで、二



図 3 テスト画像
Test image

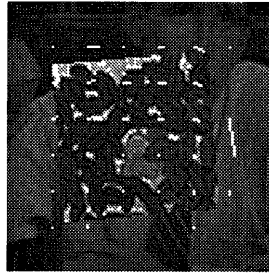
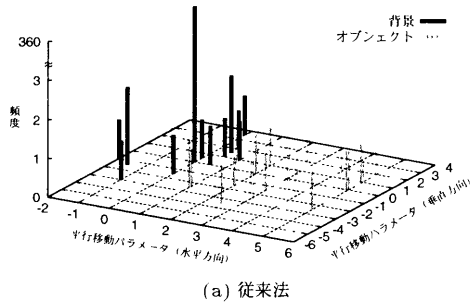
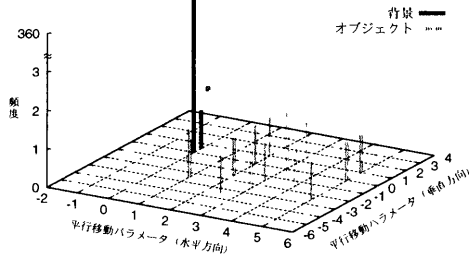


図 4 ブロック単位の動き (拡大図)
Motion vector (enlarged)



(a) 従来法



(b) 提案法 (th=2.0)

図 5 平行移動パラメータの分布

Distribution of translational movement parameters

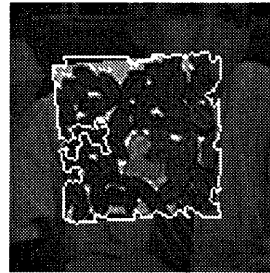
つの位置での画素のラベルが異なる場合は、その画素を Uncovered Background とみなして、逆写像をかけた位置でのラベルをその画素に対して割当て直す。これにより、誤ったラベルが割当てられた Uncovered Background に対して、適切なラベルを割当てることできる。

4. アルゴリズム改善度の評価

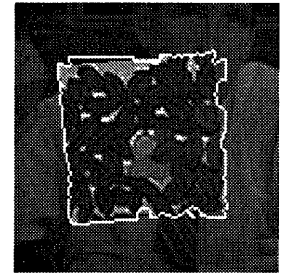
4.1 合成画像を用いたシミュレーション結果

提案した動領域分割法を、テスト画像に適用してアルゴリズムの改善度について評価を行った。ここでは、予めオブジェクトの形状や動きがわかっている合成画像を用いて、シミュレーションを行った。テスト画像を図 3 に示す。図 3 は Salesman 画像 (352 × 288pixel) を背景領域として、画像中央部に Mobile and Calendar 画像の一部 (70 × 70pixel) をはめ込んだものである。各部の動きは、背景については静止で、中央部のはめ込み画像が半時計回りに 5° 回転しながら 2pixel だけ左に移動する。

STEP1 で検出された各ブロック (ブロックサイズ 16 × 16pixel) の動きを図 4 に示す。図 4 より、概ね正確な動きが検出されているが、背景とオブジェクトの境界部分では、正確な動きが検出されていない。これは、画面

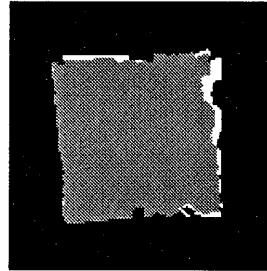


(a) 従来法

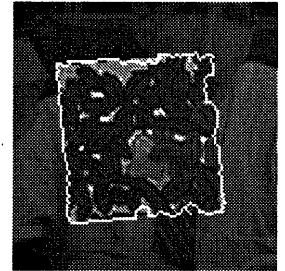


(b) 提案法

図 6 領域分割結果 (拡大図)
Segmentation results (enlarged)



(a) Uncovered Background



(b) Uncovered Background 統合後

図 7 Uncovered Background (拡大図)
Uncovered Background (enlarged)

表 1 誤り率による評価
Estimation of error rate

	背景	オブジェクト
従来法 (動き分布を考慮しない)	0.0062	0.122
提案法 (動き分布を考慮)	0.0045	0.088
Uncovered Background 統合後	0.0031	0.061

をブロック単位に分割する際に、オブジェクトとブロックの形状とが一致しないため、境界部分では一つのブロック内に複数の動きが存在することになり、動きが正確に検出されなかったことが理由である。

次に、動き分布を利用したクラスタの動き検出を適用した場合 (提案法) と適用しなかった場合 (従来法) とで比較を行う。図 5 は、STEP3 でクラスタ単位の動きパラメータを検出する際に用いられる、ブロック単位の動きの平行移動成分の分布を示している。図 5 より、提案法を適用することで、背景とオブジェクトの境界付近で誤検出された動きが用いられなくなっている。なお、式 (2) の閾値 th は実験的に 2.0 とした。

図 6 に最終的な領域分割結果を示す。図 6(a) ではオブジェクト内部に誤った背景領域が存在しているが、図 6(b) では比較的正確な領域形状を得ることができた。

次に、前述した Uncovered Background 検出法を図 6(b) に適用し、Uncovered Background の検出、統合を行った。結果を図 7 に示す。図 7(a) において白い部分が Uncovered Background として検出された部分である。オブジェクトは、左方向に移動しながら半時計回りに回転することから、Uncovered Background はオブジェクトの左上、右、右下部分に現われることになり、ほぼ正

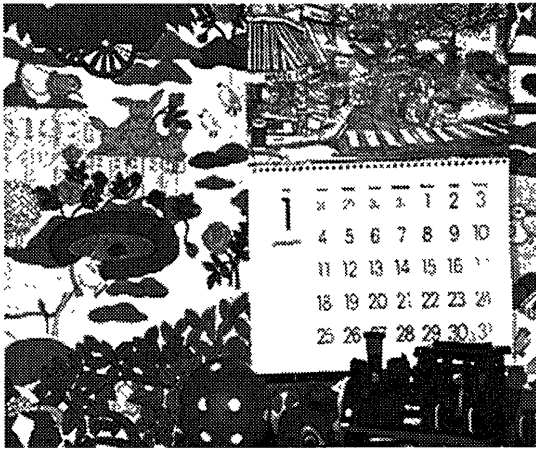


図 8 テスト画像
Test image

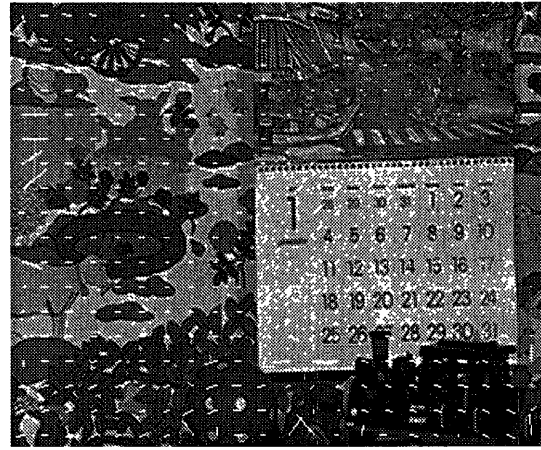


図 9 ブロック単位の動き
Motion vector

確に Uncovered Background を検出することができている。統合処理も図 7(b) に示すようにほぼ正確に行われている。以上で用いたテスト画像は、合成画像であり、予め正しい領域形状がわかっている。このことを利用して、最終的に得られた領域分割結果に対して、オブジェクト検出精度の定量的な評価を行った。正しいオブジェクトの画素数 S_{obj} と、領域分割処理により誤ったラベルが与えられた部分の画素数 S_{diff} を調べ、 $\frac{S_{diff}}{S_{obj}}$ を領域分割の誤り率として求め、これを評価の目安とする。この値を図 6、図 7 の各領域分割結果に対して算出した結果を表 1 に示す。表 1 より背景、オブジェクト共に動き分布を利用したクラスタの動き検出、Uncovered Background 検出を適用することで誤り率が改善されている。これより、提案した各手法を動領域分割に適用することで、より正確なオブジェクト検出を行えることが確認できた。

4.2 自然画像を用いたシミュレーション結果

次に、合成画像に比べて動きやオブジェクトの形状が複雑である自然画像を用いてシミュレーションを行った。テスト画像には、図 8 に示す Mobile and Calendar 画像の 45、50 フレームを用いた。この画像では背景が右、カレンダーが右上、自動車は左、ボールは回転しながら右に動くので、領域数 N を 4 と設定した。

各ブロックの動きを図 9 に示す。これを見ると、各オブジェクトの境界部分で乱れた動きがいくつかみられる。また、画面端部でも動きが誤検出されているブロックが存在しており、これはカメラのパニングによる影響であることがわかる。

動き分布を利用したクラスタの動き検出を適用した場合と適用しなかった場合とで動きのクラスタリングを行った結果を図 10 に示す。白いブロックは、オブジェクトの動き検出に用いられないブロックである。両者を比較すると、提案法ではカレンダーと背景の境界部分等で、より多くのブロックが用いられないようになっているのがわかる。

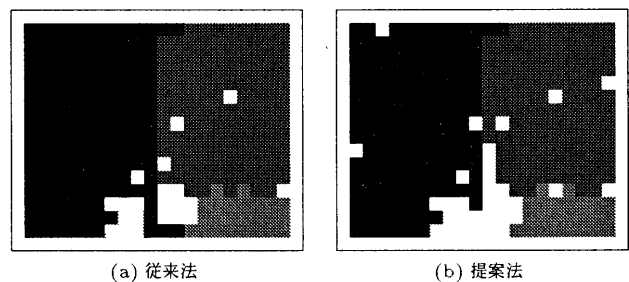


図 10 動きのクラスタリング
Clustering results of motion vector

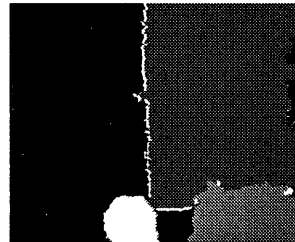


図 11 Uncovered Background
Uncovered Background



図 12 領域分割結果
Segmentation results

図 11 に Uncovered Background 検出結果を示す。それぞれのオブジェクトの動きを考えると、ほぼ正確に Uncovered Background を検出することができたと言える。

最後に、提案した二つの手法を適用して得られた最終的な領域分割結果を図 12 に示す。これより、ボールや自動車、カレンダーの左部分について比較的正確にオブジェクトの形状を抽出することができている。しかし、カレンダーの右側では、誤ったオブジェクト境界が検出されている。これは、カメラが左方向にパニングしているため、この部分の動きを正確に検出できないことが原因となっている。

5. むすび

本論文では、動領域分割におけるオブジェクト検出精

度の改善を目的として、動き分布を利用したクラスタ単位の動き検出、および逆写像による Uncovered Background の検出を提案した。まず、オブジェクトの形状が比較的単純な合成画像に提案した各手法を適用した結果、主観的、客観的にもその有効性を確認することができた。また、自然画像に対しても提案アルゴリズムを適用した結果、ほぼ良好な分割結果を得ることができたが、一部で誤ったラベルが割当てられる画素も見られた。本論文で提案した動領域分割法では、STEP1 で検出するブロック単位の動きの精度で結果が大きく左右されるため、より正確な動き検出法の検討が必要となる。ただし本論文では、予測誤差 2 乗値のブロック内総和を最小にする動きを求めているが、動領域分割へ適用することを考えた場合には、動きの連続性なども考慮した動き検出法の検討も考えられる。

〔文 献〕

- 1) J Y A Wang and E H Adelson "Representing Moving Images with Layers", IEEE Trans on Image Processing, **3**, 5, pp625-638 (Sep 1994)
- 2) Hai Gao, Wan-Chi Siu and Chao-Huan Hou "Improved Techniques for Automatic Image Segmentation", IEEE Trans on Circuits & Syst Video Tech, **11**, 12, pp1273-1280 (Dec 2001)
- 3) 宇城 貴啓, 今村 幸祐, 橋本 秀雄 "K 平均法を用いた動領域分割における初期値依存性の改善", 映情学誌, **55**, 6, pp912-916 (July 2001)
- 4) 山本 孝之, 今村 幸祐, 橋本 秀雄 "時間的相関を用いた動領域境界決定によるオプティカルフローの精度改善", 映情学誌, **55**, 6, pp907-911 (July 2001)



みやもと しんいち
宮本 慎一 2001 年、金沢大学工学部電気情報工学科卒業。2003 年、同大学院自然科学研究科修了。現在、日立ソフトウェアエンジニアリング(株)勤務。在学中、領域分割の研究に従事。



いまむら こうすけ
今村 幸祐 2000 年、長崎大学大学院博士課程修了。同年より金沢大学工学部、情報システム工学科助手。画像信号の高効率符号化などの研究に従事。工学博士。



はしもと ひでお
橋本 秀雄 1975 年、大阪大学大学院博士課程修了。同年、日本電信電話公社(現 NTT)入社。電気通信研究所において画像符号化、画像通信システムの研究実用化に従事。1993 年より金沢大学工学部、情報システム工学科教授。工学博士。正会員