

ストライプ状背景を用いたクロマキーによる領域抽出

山下 淳[†] 櫻井 貴之^{†,‡} 金子 透[†]

[†]静岡大学工学部 〒432-8561 静岡県浜松市城北 3-5-1

[‡]パルステック工業株式会社 〒433-8510 静岡県浜松市東三方町 90-3

E-mail: [†]yamashita@ieee.org

あらまし 本論文では、ストライプ状背景を用いたクロマキーにより領域抽出を行うことを目的とする。従来のクロマキー合成では、背景と同一色の衣服を身につけることができなかった。そこで本論文では、2色からなるストライプ状背景の前で撮影を行い、色情報に加えてストライプの領域情報を用いることにより、背景と同一色の前景を抽出可能な手法を構築した。実験結果より、提案手法の有効性が確認された。

キーワード クロマキー, 領域抽出, ストライプ, 色分割

Region Extraction with Chromakey by Using Stripe Background

Atsushi Yamashita[†] Takayuki Sakurai^{†,‡} and Toru Kaneko[†]

[†]Faculty of Engineering, Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Hamamatsu-shi, Shizuoka 432-8561, Japan

[‡]Pulstec Industrial Co., Ltd., 90-3 Higashi-mikata-cho, Hamamatsu-shi, Shizuoka 433-8510, Japan

E-mail: [†]yamashita@ieee.org

Abstract In this paper, we propose a new region extraction method with chromakey using a two-tone striped background. The conventional chromakey uses the unicolored blue background, and has a problem that one's clothes are regarded as the background if their colors are same. Therefore, we utilize the adjacency condition between two-tone striped areas on the background, and extract the foreground regions whose colors are same with the background. The validity of proposed method is shown through experiments.

Keyword chromakey, region extraction, stripe, color segmentation

1. 序論

本論文では、ストライプ状背景を用いたクロマキーにより、簡単かつ汎用的に領域抽出を行う手法を提案する。

画像合成技術[1]は、人物と別の場所で撮影された風景の合成用途に用いられることが多く、雑誌の表紙・プロモーションビデオ・映画等の作成やテレビ放送等様々な分野で利用されている。また近年では、合成する画像間の位置関係や視点を考慮した画像合成を用いた放送システム[2,3]も提案されており、非常に重要な技術となっている。

画像合成を行うためには、画像から特定の領域を切り出す必要があり、これまでも数多くの領域抽出手法が提案されている[4,5]。

特殊な撮影状況や撮影機材を必要としない領域抽出手法としては、エッジ抽出や領域分割等を利用した方法等が提案されている(例えば[6])。しかし、高精度・高速・自動的に領域抽出を行うことができる汎用的手法は提案されておらず、例えば放送用の綺麗な映像を作る用途には適さない。高精度に領域抽出を行う手法も提案されているが[7,8]、人間がある程度オペレーションを行う必要がある。

一方、画像撮影と同時に対象までの距離を計測可能なカメラを使用して画像合成を行う手法も提案されて

いる[9]。このカメラを用いることにより、距離情報から目的の対象のみを抽出することが可能であり、実際のテレビ番組制作等に使用されている。しかし、特殊な装置であるため、誰もが気軽に開発・利用できるわけではない。

そこで、簡単に領域抽出を行う手法として、撮影時の背景に制限を加えることにより領域抽出・画像合成を行うクロマキーと呼ばれる手法が提案されている。クロマキーは、青色や緑色等の単色で一般的な背景の前に対象物を配置して画像を取得し、背景と同じ色成分の画素を除去することにより対象物のみを切り出す方法である。この方法は、原理が単純であることと、単一色の背景を準備するのみで良いことから、現在最も広く用いられている。

クロマキーをはじめとする画像合成では、画素 (u, v) における合成画像の画素値 $I(u, v)$ は(1)式で表される。

$$I(u, v) = \alpha(u, v)F(u, v) + (1 - \alpha(u, v))B(u, v) \quad (1)$$

ただし、 $F(u, v)$ は前景画像、 $B(u, v)$ は背景画像、 $\alpha(u, v)$ は α 値と呼ばれ 0 から 1 の値を取る[1]。クロマキー合成においては、 α 値を高精度に決定することが重要であり、例えば髪の毛の部分や透明なガラス等においても非常に正確に α 値推定を行う手法が提案されている[10-14]。

しかし、通常のクロマキーでは、抽出したい対象物

の色が背景と同じ場合は、対象物が背景とみなされてしまい、正確に領域抽出ができないという問題点がある(図 1(a)). そこで、背景の色を切り替えて撮影することにより、任意の色の対象物を抽出する方法も提案されている[15]. しかし、この方法では対象物が静止した徐油体で背景を切り替える必要があるため、移動物体の抽出やリアルタイム画像合成には適さない.

そこで我々は、2色から成るストライプ状の背景(図 1(b))を利用することにより、対象の一部が背景とみなされても対象と背景を正しく領域分割する手法を提案した[16]. しかし[16]では、背景色の判別処理において、ヒューマンオペレータが RGB 値による閾値を多数決定しなければならない、手間がかかるという問題があった. また、照明条件によっては、背景色が画像中の場所によって大きく異なるため、誤認識を引き起こすことがあった.

そこで本論文では、撮影画像において人物のいない画面の端部に着目して背景色を自動推定することにより、ロバストな領域抽出が可能な手法を構築する.

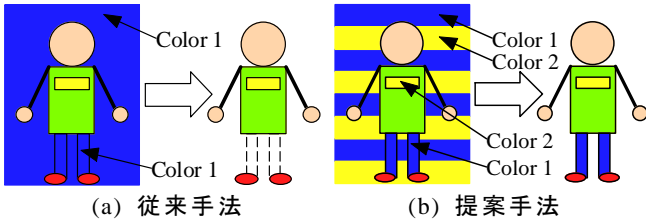


図 1 クロマキー

2. ストライプ状背景を用いたクロマキー

本論文では、横方向の2色から成るストライプ状の背景(図 1(b))の前に領域抽出を行う対象物を配置し、撮影する. また、画面の左右端部ではストライプ状背景が隠れずに見えるように撮影することとする. 処理手順は以下の通りである.

1. 背景抽出 (図 2(a)(b)(c))
2. 領域抽出 (図 2(d)(e))
3. 画像合成 (図 2(f))

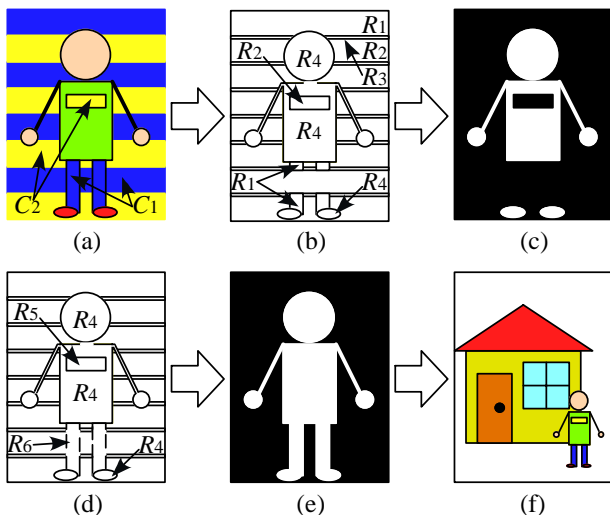


図 2 提案手法の概要

2.1. 背景抽出

まず、取得画像に対してメディアンフィルタを用いてノイズ除去を行う.

次に、背景色の推定を行う. ここで、 C_1 と C_2 をそれぞれ2色から成るストライプ状背景の色(図 2(a)), R_1 および R_2 を色がそれぞれ C_1 および C_2 の領域であるとする、領域 R_1 , R_2 は以下の式で表される.

$$R_i = \{(u,v) | F(u,v) \in C_i(u,v)\} \quad (2)$$

ただし、 $F(u,v)$ は画素 (u,v) の画素値(色)である.

また、領域 R_1 と R_2 の境界には明確な区切りはなく、双方の色 C_1 と C_2 の混合色領域になる. 従って、領域 R_1 と R_2 の間のストライプ境界領域を R_3 (図 2(b)), その色 C_3 をとすると、

$$C_3 = \{F | F \notin (C_1 \cup C_2)\} \quad (3)$$

である(図 3). ただし、抽出する対象の色も C_3 に含まれる.

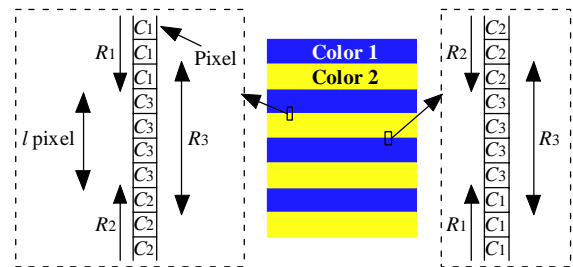


図 3 ストライプ境界領域

領域 R_3 は色が C_3 であり、上下を領域 R_1 と R_2 で囲まれていることから、以下の式で表すことができる.

$$R_3 = \{(u,v), (u,v+1), \dots, (u,v+l-1) | (u,v+1) \in C_3, \dots, (u,v+l) \in C_3, ((F(u,v) \in C_1, F(u,v+l) \in C_2), or((F(u,v) \in C_2, F(u,v+l) \in C_1))\} \quad (4)$$

ただし、 l は領域 R_3 の幅である.

ここで C_1 と C_2 は常に一定ではなく、照明条件の変化により画像を取得する毎に変化する. 従って、各取得画像における C_1 と C_2 を推定する必要がある.

そこで、抽出対象が存在しない画面端の画素の色に着目する. この領域を C_1 および C_2 決定のための参照範囲とする(図 4(a)). この参照範囲における画素値の分布をRGB空間で調べ、色の集まりから C_1 , C_2 , C_3 に分ける(図 4(b)).

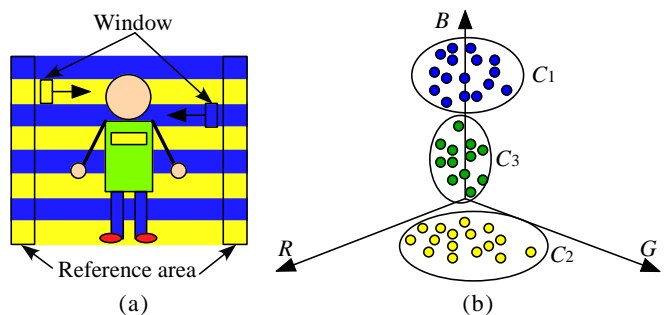


図 4 背景色の推定

RGB色空間における C_1 , C_2 , C_3 の分類には、K平均

法によるクラスタリングを用いる。これにより、自動的に画面両端の参照範囲内の背景色 C_1 , C_2 , およびそれ以外の色である C_3 の範囲をそれぞれ決定することができる。また、画像中で縦方向に C_1 と C_2 が切り替わる回数を数えることにより、ストライプ境界領域の数を求めることができる。

ここで、照明条件によっては画面の端部と中央部における C_1 , C_2 が大幅に異なることがある。そこで、画面中の各場所での C_1 , C_2 を動的に求めることとする。まず、ストライプの幅のウィンドウを設定する(図4(a))。ウィンドウの移動と同時にウィンドウ内の C_1 , C_2 の範囲を求め、これらの範囲を各場所での C_1 , C_2 とすることで、ロバストに背景色 C_1 , C_2 を自動的に決定することができる。具体的には、まずウィンドウの初期位置を参照領域に設定する。このウィンドウ内における背景画素のRGB値の各平均を r_1 , g_1 , b_1 とし、この平均値と幅1画素の隣接範囲の画素値 r_2 , g_2 , b_2 を比較し、(5)式を満たす隣接画素を背景画素とみなす。

$$(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 \leq T_1 \quad (5)$$

ここで T_1 は類似度に関する閾値である。

隣接範囲に背景が含まれると判断する毎に、ウィンドウを隣接範囲部分が含まれる方向に移動する。移動したウィンドウ内において同じように背景と認識された画素値の平均を取ることによって新たな背景画素平均値を得る。この操作を繰り返して背景画素平均値を更新させることにより照明条件により徐々に変わる背景の色変化に対応できる。

上記の操作を原画像の左右の端それぞれから画像の中央まで実行することにより、画像の両端と対象物の輪郭線に挟まれた走査線上の背景が検出される。しかし、隣接画素全てが背景画素平均値と似ていない状況が続く場合、背景の探索が途中で終了してしまう。従って、この処理では例えば腕と体の間等に存在する対象に囲まれた背景は検出されない。そこで上記のウィンドウ移動による背景領域更新処理において隣接範囲画素すべてが背景画素平均値と似ていない場合、背景画素の領域は直前のウィンドウの位置に固定しておき、代わりに別途探索用ウィンドウを未処理部の方向に移動させる方法を取り、これを探索範囲とする。探索範囲においても隣接範囲と同じように背景を検出していく。この探索範囲によって、再び背景画素を検出することができる。ただし、影等の影響によって、検出した背景画素は背景画素平均値と(5)式を満たすほど類似していない可能性がある。そこで探索用ウィンドウを用いて背景の探索を行う場合には、(5)式における閾値 T_1 を大きめの値にした(6)式で判定を行う。

$$(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 \leq T_2 \quad (6)$$

以上の処理により、背景領域である R_1 , R_2 , R_3 を検出することができる。また、これ以外の領域 R_4 は抽出すべき領域となる(図2(c))。ただし、検出した背景領域の中には背景と同一色の対象物部分も含まれるため、以後の処理で正確に領域抽出を行う。

2.2. 領域抽出

背景と同一色の対象物部分は、2種類の領域 R_5 , R_6 に分類できる(図2(d))。領域 R_5 は対象物の内部に存在する領域であり、領域 R_6 は対象物の輪郭部分に存在する領域である(図5)。

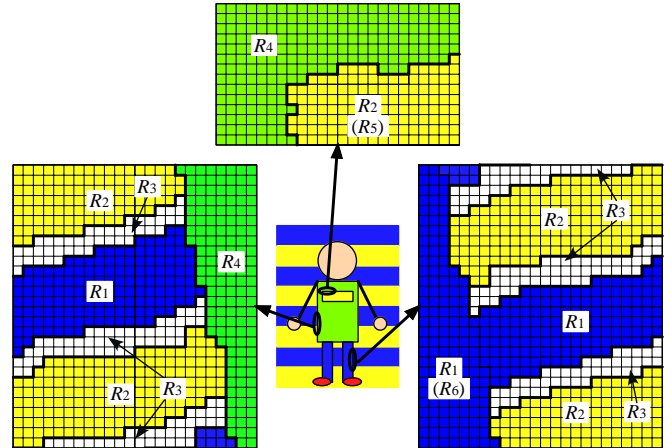


図5 背景と同一色の領域

背景は必ずストライプ境界領域 R_3 に接触している。従って領域 R_5 は、色が C_1 または C_2 の領域のうち、領域 R_3 に接触していない領域を抽出することにより判別できる。

領域 R_6 についても同様に、領域 R_3 を利用して検出を行う。領域 R_3 の端点は必ず対象物の輪郭に接触している(図5)。そこで、各 R_3 領域を横方向に検索し、端点を検出する(図6(a))。領域 R_3 の端点のうち、横方向に隣接する画素の色が C_1 または C_2 であった場合には、その領域は R_6 であると判別できる(図6(b))。そこで、このような端点を検出し、スプライン曲線で補間して結ぶことにより失われてしまった対象物部分の輪郭を補間できる(図6(c))。

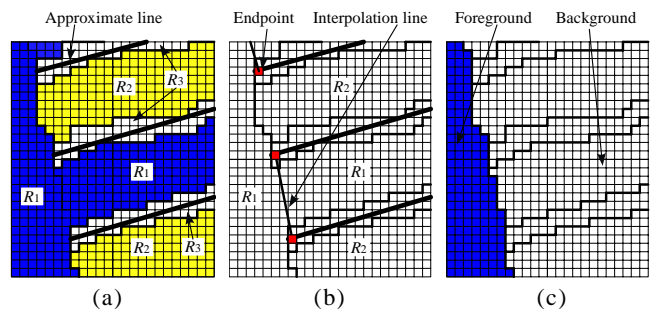


図6 領域 R_6 の判定

以上の処理により、領域 R_5 , R_6 を検出することができる。最終的に抽出すべき対象物領域は、領域 R_4 , R_5 , R_6 となる(図2(e))。

2.3. 画像合成

抽出した領域と新たな背景の合成は、抽出した領域の α 値を1、背景部分の α 値を0と設定し、(1)式を用いて行う。ただし、対象と背景の境界部分では、 α 値を0から1に連続的に線形変化させることにより、違

和感のない自然な合成を行う (図 2(f)).

3. 実験

実験では 2 色のストライプの色をそれぞれ青, 黄とし, 市販の模造紙を張り合わせて背景を製作した. また, 背景色検出のための閾値は, $T_1=75$, $T_2=192$ と設定した.

領域抽出の例を図 7 に示す. 図 7(a) に写っている人物の右腕には背景製作に使用した青色の模造紙を巻きつけ, 左腕と胸には黄色の模造紙を貼り付けた. 通常の色情報を用いたクロマキーでは両腕や胸の部分の抽出はできないが, 提案手法を用いることにより背景と同一色の部分の抽出が可能となる (図 7(b)). また, 画像合成結果を図 7(c) に示す.

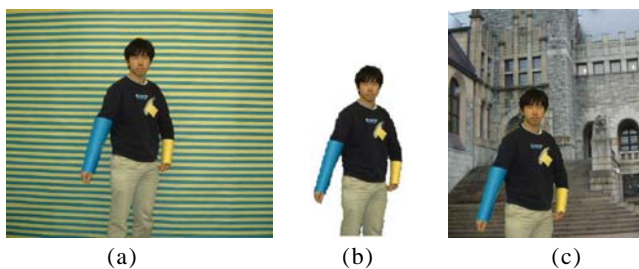


図 7 静止画合成結果

また, 照明条件の変動に対するロバスト性の検証を行うため, 明るい環境 (平均輝度値 146) から暗い環境 (平均輝度値 104) まで照明を変更して撮影した画像についても領域抽出を行った. その結果, 自動的に背景色を推定し, 失敗なく領域抽出が可能であることが確認された.

また, 動画画像合成を行った結果を図 8 に示す. この例でも図 7 と同様に背景と同じ青色と黄色の模造紙を貼り付けた人物が動いている様子を撮影し, 領域抽出を行った後, 別の背景に合成した. 図 8 の結果より, 動画の場合でも提案手法の有効性が確認された.

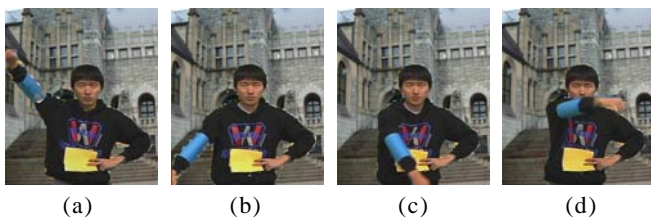


図 8 動画合成結果

4. 結論

本研究では, ストライプ状背景を用いたクロマキーにより, 背景色と同一の対象物も抽出可能な方法を提案した. また, 照明条件の変動に対してロバストに領域抽出を行うため, 背景色の自動推定手法を構築した.

今後の課題としては, [6]や[14]等の手法を応用することにより, 切り出した対象の輪郭部分の α 値をより詳細に推定することなどが挙げられる.

謝辞 本研究の一部は, 財団法人放送文化基金の補助を受けた.

文 献

- [1] T. Porter and T. Duff: "Compositing Digital Images", Computer Graphics (SIGGRAPH1984), Vol.18, No.3, pp.253-259, 1984.
- [2] S. Shimoda, M. Hayashi and Y. Kanatsugu: "New Chroma-key Imaging Technique with Hi-Vision background", IEEE Transactions on Broadcasting, Vol.35, No.4, pp.357-361, 1989.
- [3] S. Gibbs, C. Arapis, C. Breiteneder, V. Lalioti, S. Mostafawy and J. Speier: "Virtual Studios: An Overview", IEEE Multimedia, Vol.5, No.1, pp.18-35, 1998.
- [4] K. S. Fu and J. K. Mui: "A Survey on Image Segmentation", Pattern Recognition, Vol.13, pp.3-16, 1981.
- [5] W. Skarbek and A. Koschan: "Colour Image Segmentation - A Survey", Technical Report 94-32, Technical University of Berlin, Department of Computer Science, 1994.
- [6] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos: "Snakes: Active Contour Models", International Journal of Computer Vision, Vol.1, No.4, pp.321-331, 1988.
- [7] 井上誠喜, 小山広毅: "動画画像合成のための対象物の抽出とはめ込み法", テレビジョン学会誌, Vol.47, No.7, pp.999-1005, 1993.
- [8] T. Mitsunaga, Y. Yokoyama and T. Totsuka: "AutoKey: Human Assisted Key Extraction", Computer Graphics (SIGGRAPH1995), pp.265-272, 1995.
- [9] M. Kawakita, K. Iizuka, T. Aida, H. Kikuchi, H. Fujikake, J. Yonai and K. Takizawa: "Axi-Vision Camera (real-time distance-mapping camera)", Applied Optics, Vol.39, No.22, pp.3931-3939, 2000.
- [10] 三島也守志: "多面体スライスをを用いたクロマキーのソフトウェア", NICOGRAPH 論文集 1992, pp.44-52, 1992.
- [11] D. E. Zongker, D. M. Werner, B. Curless and D. H. Salesin: "Environment Matting and Compositing", Computer Graphics (SIGGRAPH1999), pp.205-214, 1999.
- [12] M. A. Ruzon and C. Tomasi: "Alpha Estimation in Natural Images", Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.18-25, 2000.
- [13] P. Hillman, J. Hannah and D. Renshaw: "Alpha Channel Estimation in High Resolution Images and Image Sequences", Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.1, pp.1063-1068, 2001.
- [14] Y.-Y. Chuang, B. Curless, D. H. Salesin and R. Szeliski: "A Bayesian Approach to Digital Matting", Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, pp.264-271, 2001.
- [15] A. R. Smith and J. F. Blinn: "Blue Screen Matting", Computer Graphics (SIGGRAPH1996), pp.259-268, 1996.
- [16] A. Yamashita, T. Kaneko, S. Matsushita and K. T. Miura: "Region Extraction with Chromakey Using Stripe Backgrounds", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.87-D, No.1, pp.66-73, 2004.