

市松模様の背景を用いたクロマキーによる領域抽出

縣 弘樹[†] 山下 淳[†] 金子 透[†]

[†] 静岡大学工学部 〒432-8561 静岡県浜松市城北 3-5-1
E-mail: [†] {f0530001,tayamas,tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

あらまし 本論文では、市松模様の背景を用いたクロマキーにより領域抽出・画像合成を行うことを目的とする。従来の単一色の背景を用いたクロマキー合成では、抽出対象に背景と同一色が含まれているとその部分は抽出することができない。そこで、2色からなる市松模様の背景の前で撮影を行い、色情報に加えて市松模様の領域情報を用いることにより、背景と同一色を含む対象物を抽出可能な手法を提案する。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 市松模様背景、クロマキー、領域抽出、画像合成

Region Extraction with Chromakey Using Checkered Backgrounds

Hiroki AGATA[†] Atsushi YAMASHITA[†] and Toru KANEKO[†]

[†] Faculty of Engineering, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Hamamatsu-shi, Shizuoka 432-8561, Japan
E-mail: [†] {f0530001,tayamas,tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

Abstract In this paper, we propose a new region extraction and image composition method with chromakey using a checkered background. Conventional chromakey techniques using a monochromatic background have a problem that foreground objects are regarded as the background if their colors are the same. Therefore, we utilize adjacency conditions between two-tone checkered areas on the background, and extract foreground regions whose colors are same with those of the background. The validity of the proposed method was shown through experiments.

Keyword Checkered Background, Chromakey, Region Extraction, Image Composition

1. はじめに

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。

簡単に領域抽出を行う手法としてよく知られているものに、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ある。クロマキーは、青色や緑色等の単色で一様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、 $F(u,v)$ は前景画像の画素値、 $B(u,v)$ は背景画像の画素値、 $\alpha(u,v)$ 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[10-15].

しかし通常のクロマキーでは、抽出したい対象物に背景と同じ色が含まれている場合は、その部分が正確に領域抽出ができないという問題点がある(図1). 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[16]. しかしこの方法では、対象物が静止した状態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、上記の問題を解決するために2色から成るストライプ状の背景を利用することにより、対象物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[17,18](図2). この方法は、ストライプ境界が背景2色の混合色となり、背景色部分として抽出されないことを利用する. そして、ストライプ境界が対象物内に含まれない、ストライプ境界の端点が対象物の輪郭と接するなどの情報から、一度背景とみなされた対象物部分を再抽出するという手法である. しかしこの手法では、ストライプ境界が伸びる方向に平行な輪郭を持つ背景と同色の対象物が存在した場合、その輪郭部分にストライプ境界の端点が接しないため、その部分の抽出が難しいという問題があった.

そこで本論文では市松模様の背景(図3)を用いることにより、一方向に伸びる境界だけでなく、それと直角方向に伸びる境界も利用することで上記の問題を解決する.

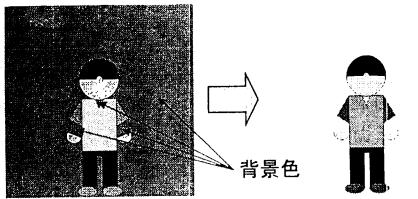


図1 通常のクロマキー

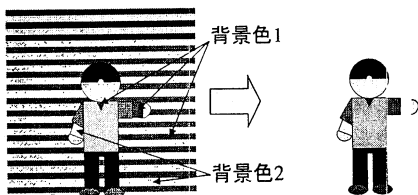


図2 ストライプ状背景を用いたクロマキー

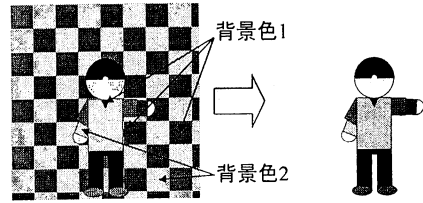


図3 市松模様の背景を用いたクロマキー

2. 市松模様の背景を用いたクロマキー

本論文では、市松模様の背景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、上端部では市松模様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4(a)(b)(c))
2. 領域抽出 (図4(d)(e))
3. 画像合成 (図4(f))

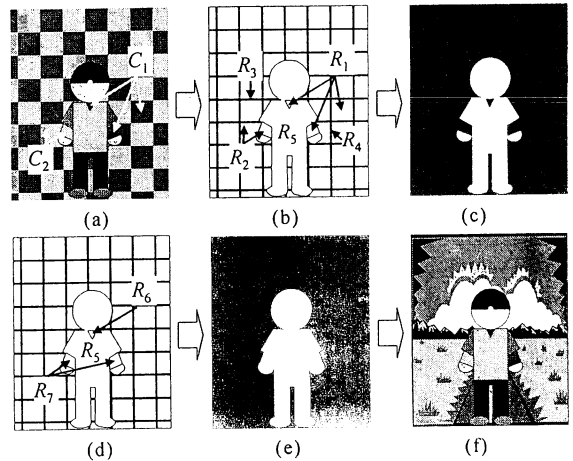


図4 提案手法の概要

2.1. 背景抽出

まずは背景色の推定を行う. ここで、 C_1 と C_2 をそれぞれ市松模様の2色(図4(a)), R_1 および R_2 をそれぞれ 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.

$$R_i = \{(u,v) | F(u,v) \in C_i(u,v)\} \quad i=1,2 \quad (2)$$

ただし、 $F(u,v)$ は画素 (u,v) の色である.

また、領域 R_1 と R_2 の境界には明確な区切りはなく、 C_1 と C_2 の混合色領域になる. この色を C_3 とすると

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

である(図5). ただし、抽出する対象領域 R_5 の色も C_3 に含まれる.

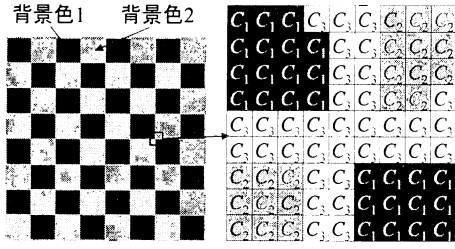
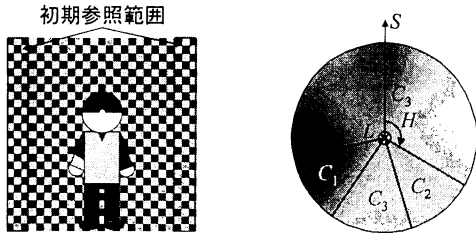


図5 市松模様の境界領域

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左右端の画素の色に着目する。この領域を C_1 および C_2 決定のための初期参照範囲とする(図6(a))。この参照範囲における画素値の分布を HLS 空間の H 軸上で調べ、色の集まりから C_1 、 C_2 、 C_3 に分ける(図6(b))。



(a) 初期参照範囲

(b) 色の分類

図6 背景色の推定

HLS 空間の H 軸上における 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、自動的に画面左右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。

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。初期参照範囲で求めた C_1 、 C_2 の H の平均をそれぞれ H_1 、 H_2 とする。そして画面全体の各画素の H を h_j 、総画素数を N とし、以下の式を満たす画素を背景画素とみなす。

$$|H_i - h_j| \leq T \quad i = 1, 2 \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

領域 R_1 と R_2 に上下で囲まれる境界領域を R_3 、左右で囲まれる境界領域を R_4 (図4(b))、 R_3 、 R_4 の色を C_3 とすると、領域 R_3 は以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} R_3 = \{ & (u, v), (u, v+1), \dots, (u, v+l+1) | \\ & (u, v+1) \in C_3, \dots, (u, v+l) \in C_3, \\ & ((F(u, v) \in C_1, F(u, v+l+1) \in C_2) \\ & \text{or} (F(u, v) \in C_2, F(u, v+l+1) \in C_1)) \} \end{aligned} \quad (5)$$

また領域 R_4 は以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} R_4 = \{ & (u, v), (u+1, v), \dots, (u+l+1, v) | \\ & (u+1, v) \in C_3, \dots, (u+l, v) \in C_3, \\ & ((F(u, v) \in C_1, F(u+l+1, v) \in C_2) \\ & \text{or} (F(u, v) \in C_2, F(u+l+1, v) \in C_1)) \} \end{aligned} \quad (6)$$

ただし(5)、(6)式において、 l は領域 R_3 、 R_4 の幅である。

しかし(5)、(6)式の条件だけでは対象物内に背景と同一ような模様が存在した場合(図7)、 C_1 と C_2 に囲まれる領域が存在することになるので、その領域も R_3 、または R_4 となり、背景領域と区別がつかない。よって対象物内の模様の境界か、背景の模様の境界かを判別する必要がある。

対象物内の模様の境界か、背景の模様の境界かを判別するために、背景の模様の境界領域が画像上のどこに存在するかを推定する。そして、推定した領域上に存在する R_3 、 R_4 のみを背景領域とし、その他の R_3 、 R_4 は対象物領域 R_5 とする(図8)。

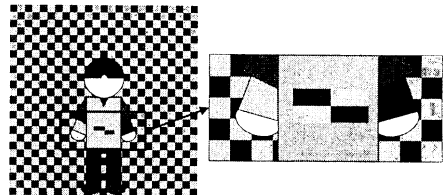


図7 対象物内の市松模様

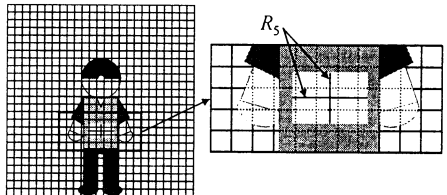
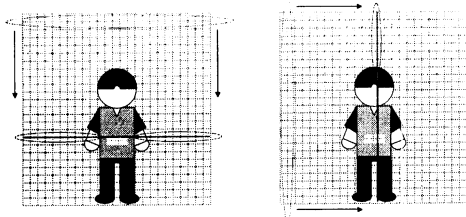


図8 背景の模様の境界の推定による判別

以下に背景の模様の境界領域が画像上のどこに存在するかを推定する方法について説明する。

横方向に伸びる市松模様の境界領域について考える(図9(a))。画面上端部において画面左右両端まで対象物により途切れていない市松模様の境界領域を検出する。その境界領域から下方に探索し、画面左右両端から伸びる境界の対応を取る。対応の取れた市松模様の境界に対して最小二乗法を当てはめ、対象物によって途切れている境界領域部分を推定する。

次に縦方向に伸びる市松模様の境界領域についても同様に考える(図9(b))。しかし、横方向で必ず左右で対応が取れたのに対し縦方向の場合、必ず上下で対応が取れるということはない。その場合、画面上端部から伸びる市松模様の境界に対してのみ最小二乗法を当てはめ、対象物によって途切れている境界領域部分を推定する。



(a) 横方向の検出 (b) 縦方向の検出

図9 背景の市松模様の境界の推定

以上の処理により背景領域である R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 を検出することができる (図4(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_6, R_7 に分類できる (図4(d)). 領域 R_6 は対象物の内部に存在する領域であり, 領域 R_7 は対象物の輪郭部分に存在する領域である. (図10)

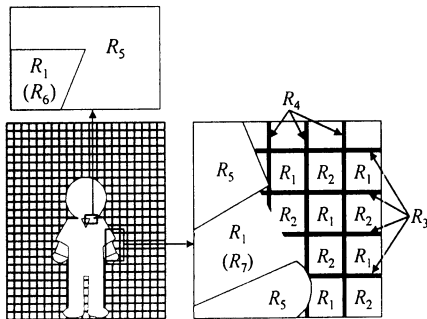
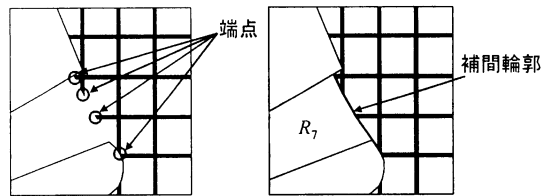


図10 背景と同一色の領域

背景は必ず市松模様の境界 R_3 または R_4 に接触している. 従って領域 R_6 は色が C_1 または C_2 の領域のうち, 領域 R_3 または R_4 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_7 についても同様に, 領域 R_3 および R_4 を利用して行う. 領域 R_3 および R_4 の端点は必ず対象物の輪郭に接触している (図10). そこで各 R_3 の領域を横方向に, 各 R_4 の領域を縦方向に検索し, 端点を検出する (図11(a)). R_3 の端点のうち横方向に隣接する画素が C_1 または C_2 の場合, また R_4 の端点のうち縦方向に隣接する画素が C_1 または C_2 の場合には, その領域は R_7 であると判別できる. そこでこのような端点を検出し, 結ぶことで失われてしまった対象物部分の輪郭を補間できる (図11(b)).



(a) 端点検出 (b) 輪郭補間

図11 領域 R_7 の判定

以上の処理により, 領域 R_6, R_7 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_5, R_6, R_7 となる (図4(e)).

しかし, ここまでの処理では対象物の輪郭は市松模様の境界の端点を結んだだけであるため, 正確な輪郭ではない. そこで精度良く対象物を抽出するために動的輪郭モデル (Snakes) を用いる (図12).

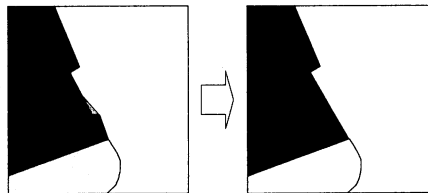


図12 動的輪郭モデルによる抽出

本論文では動的輪郭モデルのエネルギーを(7)式のように定めた.

$$E_{snake} = E_{spline}(\mathbf{v}_i) + E_{image}(\mathbf{v}_i) + E_{arc}(\mathbf{v}_i) \quad (7)$$

ただし,

$$E_{spline}(\mathbf{v}_i) = \sum_{i=1}^n \{w_{sp1} |\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_{i-1}|^2 + w_{sp2} |\mathbf{v}_{i+1} - 2\mathbf{v}_i + \mathbf{v}_{i-1}|^2\} \quad (8)$$

$$E_{image}(\mathbf{v}_i) = - \sum_{i=1}^n w_{image} |\nabla I(\mathbf{v}_i)| \quad (9)$$

$$E_{arc}(\mathbf{v}_i) = \sum_{i=1}^n w_{arc} \{x_i (y_{i+1} - y_i) - (x_{i+1} - x_i) y_i\} \quad (10)$$

ここで, $E_{spline}(\mathbf{v}_i)$ は輪郭モデルを滑らかにするエネルギー, $E_{image}(\mathbf{v}_i)$ は輪郭モデルを画像中のエッジに引き寄せるエネルギー, $E_{arc}(\mathbf{v}_i)$ は輪郭モデルを凹形状, 膨張に対応させるエネルギー[19]である. また, $w_{sp1}, w_{sp2}, w_{image}, w_{arc}$ はそれぞれのエネルギーの重み係数であり, $I(\mathbf{v}_i)$ は \mathbf{v}_i における輝度を表す関数である. よって $|\nabla I(\mathbf{v}_i)|$ は \mathbf{v}_i における輝度勾配の絶対値を表す. 本論文では輝度勾配の絶対値 $|\nabla I(\mathbf{v}_i)|$ を, 市松模様の境界領域 R_3, R_4 以外では(11)式, R_3 では(12)式, R_4 では(13)式のように計算する.

$$|\nabla I(\mathbf{v}_i)| = |I(x_i + 1, y_i) - I(x_i, y_i)| + |I(x_i, y_i + 1) - I(x_i, y_i)| \quad (11)$$

$$|\nabla I(\mathbf{v}_i)| = |I(x_i + 1, y_i) - I(x_i, y_i)| \quad (12)$$

$$|\nabla I(\mathbf{v}_i)| = |I(x_i, y_i + 1) - I(x_i, y_i)| \quad (13)$$

(12)式は輝度勾配を横方向に、(13)式は輝度勾配を縦方向にとったものである。一般的には輝度勾配は(11)式のように縦横両方向を考慮するが、本手法では市松模様の境界部分でそれぞれの方向の輝度勾配をとると、そこがエッジとなり、その部分に輪郭モデルが引き寄せられてしまう。そのため本手法では市松模様の境界部分において(12)、(13)式のように一方向にのみ輝度勾配をとる。

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4(f))。

3. 実験

実験では市松模様の2色をそれぞれ青、緑とし、市販の背景紙を貼り合わせて背景を製作した。また背景検出のための閾値は、 $T=20$ と設定した。

通常の色情報を用いたクロマキーによる領域抽出の例を図13に、提案手法による領域抽出の例を図14、図15に示す。図13(a)、図14(a)、図15(a)に写っている人物の体には背景製作に用いた紙をつけた。通常の色情報を用いたクロマキーでは両腕の背景と同一色の部分は抽出できないが(図13(b))、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14(b)、図15(b))。また画像合成結果を図16に示す。



図13 通常のクロマキー



(a) 撮影画像



(b) 対象物抽出画像

図14 提案手法結果1



(a) 撮影画像



(b) 対象物抽出画像

図15 提案手法結果2



(a) 結果 1



(b) 結果 2

図 16 合成画像

4. むすび

本研究では、市松模様の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。実験結果より、対象物の背景色部分を正しく抽出できることが確認できた。

今後の課題としては、[14]や[15]等の手法を応用することにより、抽出した対象物の輪郭部分の 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、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(C)17500067の援助を受けた。

文 献

- [1] T. Porter and T. Duff: "Compositing Digital Images", *Computer Graphics (SIGGRAPH 1984)*, 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] J. Sun, J. Jia, C.-K. Tang and H.-Y. Shum: "Poisson Matting", *Computer Graphics (SIGGRAPH2004)*, pp.315-321, 2004.
- [16] A. R. Smith and J. F. Blinn: "Blue Screen Matting", *Computer Graphics (SIGGRAPH 1996)*, pp.259-268, 1996.
- [17] 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.
- [18] 縣 弘樹, 山下 淳, 金子 透: "動的輪郭モデルを用いたストライプ状クロマキー", *画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2005) 論文集*, pp.1185-1192, 2005.
- [19] 荒木 昭一, 横矢 直和, 岩佐 英彦, 竹村 治雄: "複数物体の抽出を目的とした交差判定により分裂する動的輪郭モデル", *電子情報通信学会論文誌 D-II*, Vol. J79-D-II, No.10, pp.1704-1711, 1996.