

[Original article]

(2008年6月16日 Accepted)

可変照明下における逐次更新型色ヒストグラムを用いた適応の色抽出とそれを用いた人物の追跡

上村 浩文¹, タン ジュークイ², 金 亨燮², 石川 聖二²

1) 九州工業大学大学院・工学研究科, 2) 九州工業大学工学部・機械知能工学科

要約: 本論文は、可変照明下における逐次更新型色ヒストグラムを用いた、人物追跡法を提案する。提案法は、HSV 色空間のうち H-S 平面上の色ヒストグラムを用いて、対象の色ヒストグラムモデルを取得し、変化する照明のもとでそれを逐次更新しながら対象を追跡する。色モデルを更新する場合、対象色以外の色によって色モデルが発散するという問題がある。提案法では、色モデル上にカーネル関数として非等方性非対称ガウス状分布による重みを設け、逐次更新による色モデルの発散を防ぐ。パン・チルトカメラを用いた色追跡システムを構築し、室内灯の点滅による時間的に不均一な室内照明環境と、日陰が存在する屋外の空間的に不均一な照明環境下で特定色の上着を着用した人物の追跡実験を行い、どちらの環境下においても良好な追跡結果を得た。

キーワード: 2次元色ヒストグラム, 非等方性非対称ガウス状分布, 不均一照明, 色抽出, 人物追跡

Adaptive Color Extraction Employing an Update-type Color Histogram

Model under Illumination Change and Its Application to Person Tracking

Hirofumi UEMURA¹, Joo Kooi TAN², Hyoungseop KIM² and Seiji ISHIKAWA²

1) Graduate School of Engineering, Kyushu Institute of Technology

2) Faculty of Engineering, Kyushu Institute of Technology

Abstract: In this paper, we propose an adaptive color extraction technique employing an update type two-dimensional color histogram model. A two-dimensional color histogram model using an H-S plane in the HSV color space is updated every time, and it extracts object's color that varies under changeable illumination. When updating the color model, color of the background area might be included in a color model as a noise. By such a miss update, a color model will be overflowed with non-object's colors. We define an asymmetric anisotropic Gaussian-like distribution in order to estimate a changeable color area of an object, and employ it as kernel function for providing weight coefficients to the model update. We have developed a color tracking system using a pan-tilt camera, and performed tracking experiments in two different environments, i.e., an indoor environment with changeable illumination and an outdoor environment under sunshine. As a result, the developed system kept tracking an object successfully even though the illumination has changed in both environments.

Keywords: Two-dimensional color histogram, asymmetric anisotropic Gaussian-like distribution, illumination change, color extraction, human tracking

Hirofumi UEMURA

Department of Mechanical & Control Engineering, Kyushu Institute of Technology, Sensuicho 1-1, Tobata, Kitakyushu, Fukuoka, 804-8550, JAPAN

Phone: +81-93-884-3191, Fax: +81-93-884-3183, E-mail: uemura@ss10.cntl.kyutech.ac.jp

1. はじめに

近年、コンピュータの処理能力向上や低価格化により、カメラ情報に基づく画像のリアルタイムセグメンテーションを目的とした研究が盛んに行われている。特に、カメラ画像中からある物体を抽出するための情報として、色情報は有用である。これまでも、色情報を用いて対象を抽出し追跡する研究が数多く行われている[1,2,6]。色情報を用いて対象を抽出するには、抽出対象となる色をモデル化する必要がある。さまざまな色モデル[3]作成のための手法が提案されている。例えば、肌色モデルを作成し肌色領域を抽出すれば、画像中から人物を見つけることが可能である。しかし、カメラを通して得られる色情報は照明の変化や不均一な照明により常に変化するため、安定した色抽出を行うことは困難である。色モデルの表現のために、輝度(1次元)と色度(2次元)に分離される色空間を用いるのが一般的である。さまざまな色空間がこれまでに提案されているが、その中でも正規化rg空間(付録A参照)を修正した(a,b)空間(付録B参照)による2次元ヒストグラムを肌色モデルとして採用し、再帰的閾値処理により肌色領域を抽出する手法[4]は、色空間変換計算コストの低さや、再帰的閾値処理によるノイズ領域を抑えた肌色領域抽出が可能で、他の色空間より有利である。また、Comaniciuら[8]は、ヒストグラムモデルを用いて対象を表現し、画像中から最もモデルと相関の高い領域を探索することにより、対象を追跡する手法を提案した。しかし、どちらの手法も不均一な照明による対象の色モデルの変動を考慮していない。

人は、照明光の影響によらず対象物に対する知覚色がほとんど変化しない色恒常性を有している。これに注目し、撮影時の光源色の推定を行い、任意光源下における画像を推定する手法[5]があるが、補助光源を用いて2枚の異なる画像を取得する必要があるなど、刻々と変化する光源下でリアルタイムに光源色を推定することは困難であると考えられる。また、光源色を推定しその影響を打ち消した画像を推定する処理は計算コストが高くなるため、リアルタイム処理を行う上で不利である。

本論文は、不均一な照明光の影響により色が変化する対象に対して、逐次更新型色ヒストグラムモデルを用いた適応的色抽出、およびそれに基づく対象追跡を行う手法を提案する。これは、光源色や対象物本来の

色を推定せず、画像中で変化した対象の色を新しい対象として色モデルを更新し、抽出・追跡する手法である。しかし、実際に画像より色モデルを取得し更新する場合、取得窓の領域内には対象以外の領域も含まれており、対象以外の色情報を含んだ色モデルを更新すれば色モデルが発散するという問題が生じる。ここで色モデルの発散とは、背景領域の色がノイズとして色モデルに追加され、背景を含む画面全体を対象として抽出する状態に陥ってしまうことを言う。通常、Nummiaroらの色モデル更新手法[7]のように、色モデル更新時に色モデル取得窓に背景領域の重みが低くなるカーネル関数を設けることにより、ノイズの影響を低減させるが、それだけでは色モデルの発散を完全に防ぐことはできない。また、McKennaらの提案する色モデル更新手法[9]では、過去の色モデルと新たに取得された色モデルとの相関値を求め、相関が低い(色モデルが大きく変化した)場合に更新処理を行わないという方法によって色モデルの発散を抑止しているが、逆に色モデルの急激な変化には対応することができないことを示している。そこで提案法では、色モデルの発散を抑止しながらも、一定の範囲内での急激な変化に対応するために、色モデル上にカーネル関数として非等方性非対称ガウス状分布による重みを設ける。

本論文では、まず提案法について詳述する。その中で、提案法で適用する非等方性非対称ガウス状分布を定義する。また、提案法を実装した色追跡システムを構築して人物追跡実験を行った結果を示し、提案法の有効性を示す。

2. 手法

2.1 色モデル

提案法では、色抽出を行うためにHSV色空間を採用する。HSVは、色情報を表す2つの情報、Hue(色相)とSaturation(彩度)、輝度を示すValue(強度)の3つの情報で色を表現する表色系の一つである。HSV色空間中のH-S(色相-彩度)平面上の2次元ヒストグラムモデルを色モデルとして用いる。H-S平面では、H(色相)の値にのみ依存して色味が変化するため、色モデルとして用いるのに都合がよい。

提案法で用いる色モデルの定義を表1に示す。 $H(h,s)$ は、抽出対象の初期色モデルである。 $H_t(h,s|I)$ は、時刻 t において入力画像から対象を抽出するための色モデルである。ただし、 $H_t(h,s|0)=H(h,s)$ である。 $H_t(h,s|I)$ は、

表1 色モデルの定義

H_I	: 初期色モデル
$H_n(t)$: 時刻 t において色抽出に用いる色モデル
$H_n(t)$: 時刻 t において取得した色モデル
W_n	: 更新処理で用いる重み係数分布

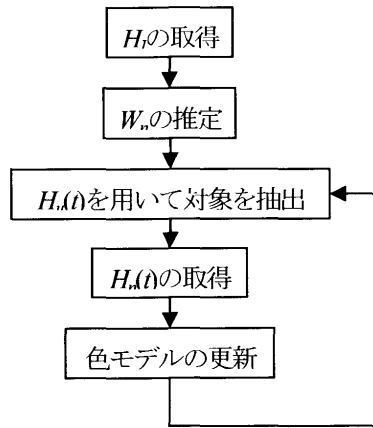


図1 適応的色抽出の手順

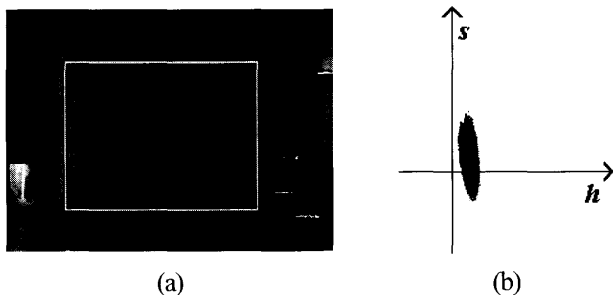


図2 (a) 入力画像と方形窓, (b) 窓領域の色モデル(青色)

時刻 t において入力画像から取得された対象の新しい色モデルである。 $H_n(h,s|t)$ の情報を追加することによって $H_n(h,s|t)$ の情報を更新する。 $W_n(h,s)$ は色モデル上の更新重みとなるカーネル関数である。 以上で定義した色モデルを用いた適応的色抽出の手順を図1に示す。

対象の色モデルは、画像中の方形窓より取得される。色モデルの初期化時のみ手動で方形窓を設定し、初期色モデル $H_I(h,s)$ を取得する。 ヒストグラムモデルの H-S 各軸のビン数はそれぞれ N_h, N_s である。 また、取得されたヒストグラムの頻度値の最大値が N_f となるように正規化を行う。 例として、図2(a)に示すように、青色の矩形シートをパソコンのディスプレイの前に立て、それを撮影した画像上で黄色の方形窓を青色シート上に設定し、その部分の色モデルを求めたのが同図(b)である。

2.2 カーネル関数の推定

提案法は、対象の色モデルを逐次取得し色モデルを更新することにより、対象の色が変化した場合にも適応的な色抽出を行う。 しかし、逐次取得した色モデルを単純に加えるだけでは背景領域の色情報が追加され、色モデルが発散してしまう恐れがある。 この問題を回避するには、追加される色情報が、ある許容範囲内で対象の色情報であるか否かの判断をし、対象の色情報でなければ追加しないという処理が必要である。

提案法では色モデルの発散を抑制するために、カーネル関数 $W_n(h,s)$ を色モデル上の更新重みとする。 $W_n(h,s)$ は対象の初期色モデル $H_I(h,s)$ をもとに、対象の色が変化する範囲を非等方性非対称ガウス状分布により推定したものである。

非等方性非対称ガウス状分布は、最大値1をピークとする単峰性の2次元分布である。 正規分布に基づいた分布であるが、方向に依存して分散が変化するという非等方性の特徴を持つ。 ある方向 θ における分散を $\sigma^2(\theta)$ とおき、極座標系 (r,θ) における非等方性非対称ガウス状分布 $P(r,\theta|\sigma^2(\theta))$ を次式で定義する。

$$P(r,\theta|\sigma^2(\theta)) = e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2(\theta)}} \quad (1)$$

$W_n(h,s)$ を計算するには、分散のパラメータ $\sigma^2(\theta)$ が必要となる。 そこで、 $H_I(h,s)$ の重心位置 (h_{cs}, s_c) からヒストグラムの縁までの距離を θ 方向について計測し、その値を $\sigma^2(\theta)$ とする。 これにより、 $W_n(h,s)$ は $H_I(h,s)$ と同じ特徴を持つより広い分布となり、 $W_n(h,s)$ のピーク点位置は (h_{cs}, s_c) と一致する。 $W_n(h,s)$ の定義を以下に示す。

$$W_n(h,s) \equiv W_n(r,\theta) = P(r,\theta|l \cdot \sigma^2(\theta)) \quad (2)$$

なお、H-S 平面上の直交座標系 (h,s) から重心位置 (h_{cs}, s_c) を中心とする極座標系 (r,θ) へ座標変換を行う必要がある。

式(2)において、係数 $l(>0)$ は色変化に対する適応度を調節するための係数である。 $0 < l < 1.0$ の場合、 $W_n(h,s)$ の分散は縮小するため、大きな色変化を許容しない。 $l > 1.0$ の場合、 $W_n(h,s)$ の分散が拡大するため、大きな色変化を許容できる。 ただし、大きな色変化を許容すれば、再び色モデルの発散問題が生じるため、 l の値は、1.0の近傍が望ましい。 図2(b)に示す初期色モデル H_I

から計測した $\sigma^2(\theta)$, および $k=1.0$ として推定した重み係数分布 W_n を図3に示す.

2.3 色抽出とセグメンテーション

$H_n(h,s|t)$ は時刻 t における抽出対象の色モデルである. 時刻 t における抽出画像の画素値 $I_c(i,j|t)$ を, 以下の式から求める.

$$I_c(i,j|t) = \begin{cases} H_n(h_{ij}, s_{ij} | t), & \text{if } Th < H_n(h_{ij}, s_{ij} | t) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

ここで, h_{ij}, s_{ij} は入力画像の画素 $I(i,j|t)$ の色相および彩度の値である. ヒストグラム $H_n(t)$ 中のビン (h_{ij}, s_{ij}) の頻度値 $H_n(h_{ij}, s_{ij}|t)$ が閾値 $Th (0 \leq Th \leq N)$ を超える場合に画素 $I(i,j|t)$ を対象として抽出する.

色モデルは, 時刻 t において画像中の対象から直接取得するため, 対象の色分布を正確に表していると考えられる. そのため, 閾値 Th は小さい値に設定する. また, 抽出画素の輝度値を色モデルの頻度値と等しくすることにより, 頻度値の高い色を持つ画素を高い輝度値で抽出する. これは, 頻度値の高い色は対象として重要な色であるためである. 図4に色抽出の例を示す. 図2(b)に示した青色モデルを用いて, 図4(a)の画像の色抽出を行った結果が図4(b)である. 抽出画像は, 対象の色である青色部分の輝度値が高くなっている.

色抽出の後, 抽出画像の重み付き重心 (x_c, y_c) を求め, 画像中の対象の位置とする. また, 抽出画像に対して再帰的閾値処理[4]を施して, 対象領域のセグメンテーションを行う. 再帰的閾値処理は, 画像をブロックに分割し, ブロック単位で色抽出を行い, 閾値を下げながら画像のブロックを小ブロックに分割して, 十分な分解能が得られるまで再帰的に処理する方法である. しかし, 対象のスケールが小さい場合には, ブロックサイズが大きい段階で, 対象領域がノイズ領域と判断され, 対象の抽出に失敗する可能性が高い. そこで, 提案法では対象の追跡情報を用いて, まず対象の周辺領域を一定スケールに正規化し, その領域のみを対象として再帰的閾値処理を行う. これを, 正規化再帰的閾値処理と呼ぶ. 対象周辺領域を正規化して用いることで, 対象のスケール変化に適応した抽出を行う.

2.4 色モデルの更新

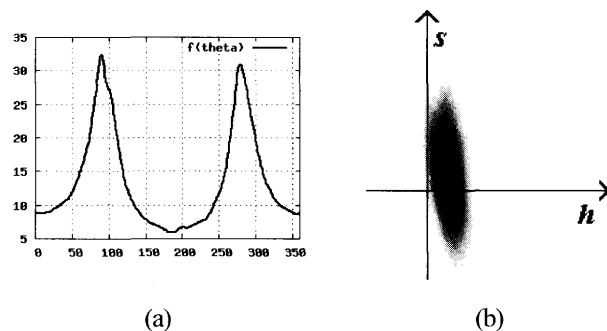


図3 重み係数分布 W_n (a) $\sigma(\theta)$, (b) $k=1.0$ とした W_n の分布

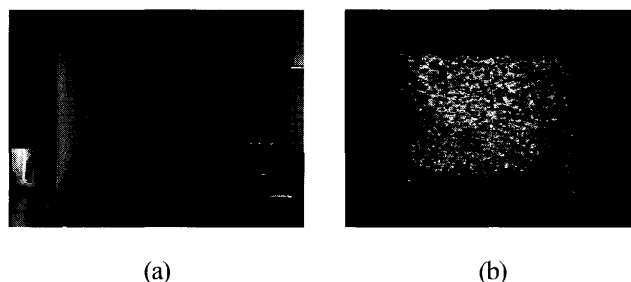


図4 対象の色抽出の例 (a) 入力画像, (b) 色抽出画像

時刻 t において, セグメンテーションを行った対象領域より, 新規色モデル $H_n(t)$ を取得する. $H_n(h,s|t)$ の情報を $H_n(h,s|t)$ に加えることにより色モデルを更新し, 次の時刻 $t+1$ で色抽出に用いる色モデル $H_n(h,s|t+1)$ を求める. 色モデルの更新式を以下に示す.

$$\hat{H}_n(h,s|t+1) = H_n(h,s|t) + W_n(h,s) \circ H_n(h,s|t) \quad (4)$$

$$H_n(h,s|t+1) = \frac{N_f}{\max(\hat{H}_n(h,s|t+1))} \hat{H}_n(h,s|t+1) \quad (5)$$

ただし,

$$W_n(h,s) \circ H_n(h,s|t)|_{hs} \equiv W_n(h,s)|_{hs} \times H_n(h,s|t)|_{hs} \\ (h = 0, 1, \dots, N_h - 1; s = 0, 1, \dots, N_s - 1)$$

ここで, N_f は画素値のスケールにあわせるためのスケール係数である. 8bit の画素値の場合 $N_f = 255$ である.

対象の色が変化した場合, $H_n(h,s|t)$ には変化した対象の色情報が含まれると同時に, 背景領域など対象以外の色情報がノイズとして含まれる. ノイズ情報を取得しないためには, セグメンテーションを精度よく行う必要があるが, 非剛体である対象を精度よくセグメンテーションすることは難しい. しかし, セグメンテーションの精度が低い場合にも, カーネル関数 $W_n(h,s)$ を用いて $H_n(h,s|t)$ に重み付けを行うことにより, 色モデ

表2 コンピュータとカメラの仕様

CPU	: Pentium4 (3G[Hz])
メモリ	: 2G[Byte]
カメラ	: SONY 社 EVI-D30
解像度	: 横 320, 縦 240[pixel]

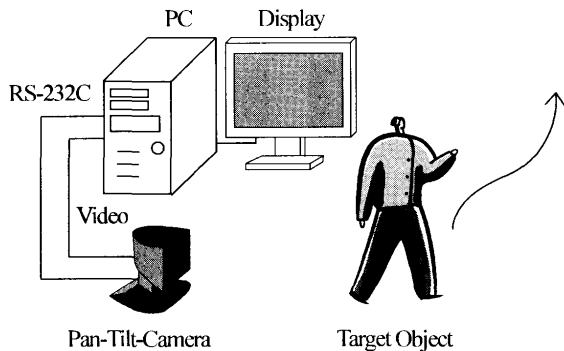


図5 色追跡システムの概略図

ル上におけるノイズ情報の影響を小さく、あるいは完全に取り除くことが可能である。カーネル関数を色モデル上に直接用いることにより、対象の色変化に適応しながらも、色モデルの発散を防ぐことができる。

3. 実験

3.1 色追跡システム

パン・チルトカメラとコンピュータを用いて、提案法を実装した色追跡システムの実証を行う。システムの概略を図5に、カメラとコンピュータの仕様を表2に示す。本システムを用いて、照明が変化する室内環境および、太陽光と影が存在する屋外環境で色抽出による人物の追跡実験を行う。人物の着ている服を抽出及び追跡対象とするが、提案法による色モデル更新の効果がわかりやすいように、服の色は単色で彩度の高いものを用いる。各パラメータ値は $N_h=N_s=256$, $N_f=255$, $t=1.0$, $T_f=1$ とする。また提案法の有効性を検証するため、カメラのゲインやホワイトバランスは固定状態に設定する。なお、カメラ画像は24ビットRGBカラー画像としてコンピュータに入力される。入力画像は付録Cに示す色空間変換式によってHSV画像に変換される。

3.2 実験結果

室内環境で行った実験結果を図6に示す。追跡対象の色は黄色である。部屋の照明が点灯している状態を

ON、消灯している状態をOFFとし、ONとOFF状態を切り替えながら追跡を行った。初期色モデルは照明がON状態のときに取得した。同図(a)に示す追跡画面より、カメラが対象を追跡していることがわかる。また、470フレームにおいて照明がOFFへ変化した、カメラは対象を見失うことなく追跡した。同図(b)に示す色ヒストグラムモデルの変化を見れば、抽出対象となる色モデルが常に変化しており、逐次更新されている様子が見える。ヒストグラム上の赤い分布は色抽出に用いる色モデルを、黒い分布は更新処理に用いるカーネル関数の分布をそれぞれ表している。照明がOFFとなった時点で、対象の色モデルを追加することにより継続的な追跡を実現した。また、色モデルの更新時にカーネル関数 $W_n(h,s)$ による重み付けを行ったことにより、背景領域や、色相面で近い色であるオレンジ色のドアを抽出することなく、追跡対象を正しく追跡した。

次に、屋外環境で行った実験結果を図7に示す。追跡対象の色は赤である。(赤色は色相面の開始位置(左側)と終了位置(右側)のどちらにも表れる色であるため、図7(b)に示すヒストグラムでは、両側にピークが現れている。実験では、このような赤色のピークが分かれて現れる場合を考慮しており、色抽出にも問題はない。)晴天の日中に影の存在する場所で実験を行った。初期色ヒストグラムは対象が影の中にある状態で取得した。屋外実験では、カメラのオートゲイン機能を対象が影の中にある状態で固定した。そのため、図7(a)に示す追跡画面では、影以外の背景領域では白とびしている部分があった。画像が白とびするような強い太陽光の中に対象が移動した場合も、システムは対象を見失うことなく追跡した。屋外では、対象がカメラから離れ画像上のスケールが大きく変化した場合にも、対象を見失うことなく追跡を行った。また、どちらの実験においても30fps (frame per second)のリアルタイム処理を実現した。

4. 考察

実験では、フレームごとに得られる追跡対象の矩形領域を色モデル取得窓として新しい色モデルを取得し、色モデルの更新を行った。屋内では、照明が変化しない場合にも、人物の姿勢や向きの変化にともない、照明の当たり具合が変化する。色恒常性を有する人間の眼には、常に同じ色として認識される場合でも、明る

可変照明下における逐次更新型色ヒストグラムを用いた適応的色抽出とそれを用いた人物の追跡

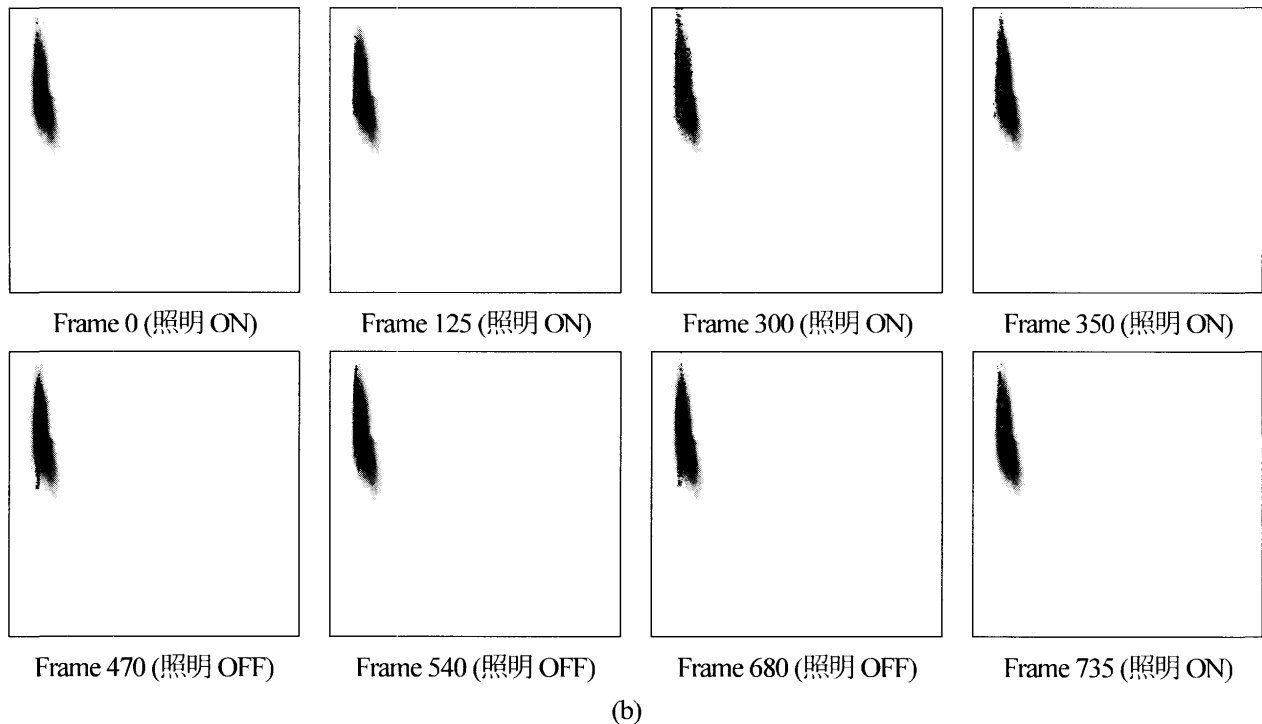
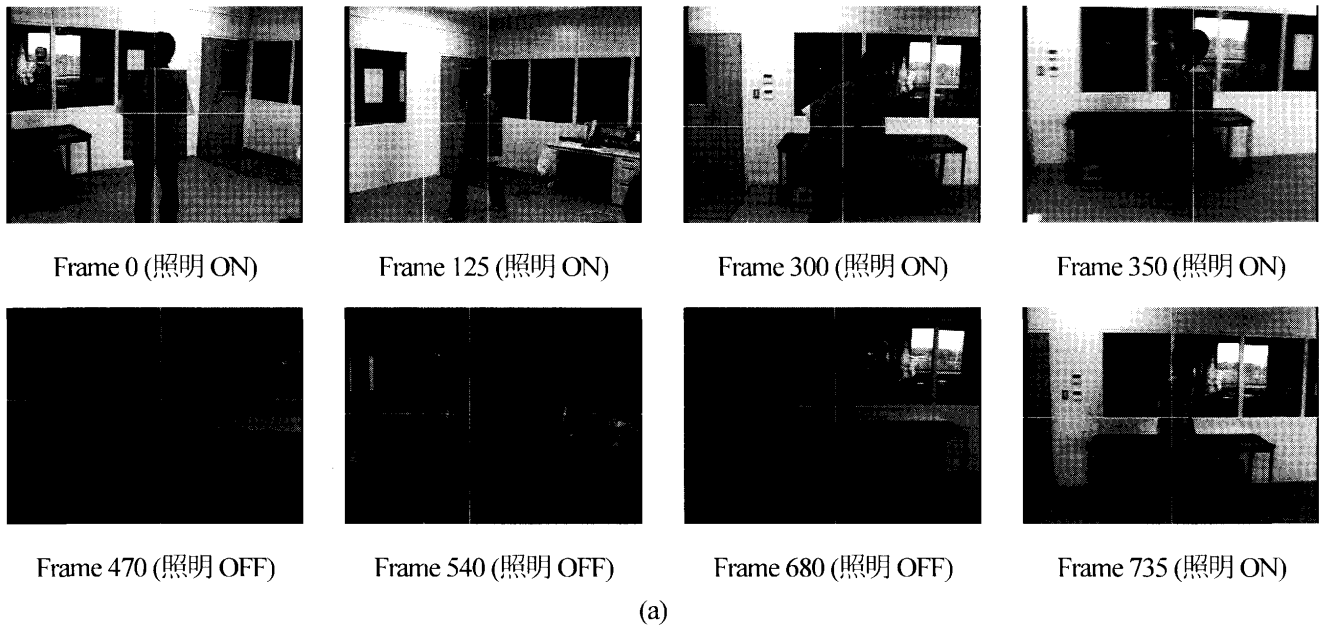


図6 実験結果(屋内) (a) 追跡画面, (b) 色ヒストグラムの変化.

さの変化によって、カメラから得られる情報は変化する。照明のわずかな明暗の違い、影のつき具合によって対象の色情報のうち彩度は常に変化する。そのような色変化が発生していることが色ヒストグラムの変化として現れている。照明がONからOFFに切り替わった470フレーム目では、対象の色モデルは全体的に彩度が低くなったことが色ヒストグラムから読み取れる。屋外においても、人物が動き回るため対象の色モデルは常に変化しており、特に500フレーム目で太陽光の

下に移動したときには、色ヒストグラムの領域が大きく広がっていることがわかる。このように、照明のわずかな変化でも、対象の急激な色変化が引き起こされる可能性がある。

実験では、Nummiaroら[7]の方法とは異なり、色モデル取得窓にカーネル関数による重み付けは行わなかったが、追跡中に色モデルが発散し追跡が失敗することはない。また、屋内では照明がOFFになる瞬間や、屋外では影に入る瞬間など、照明が急激に変化する

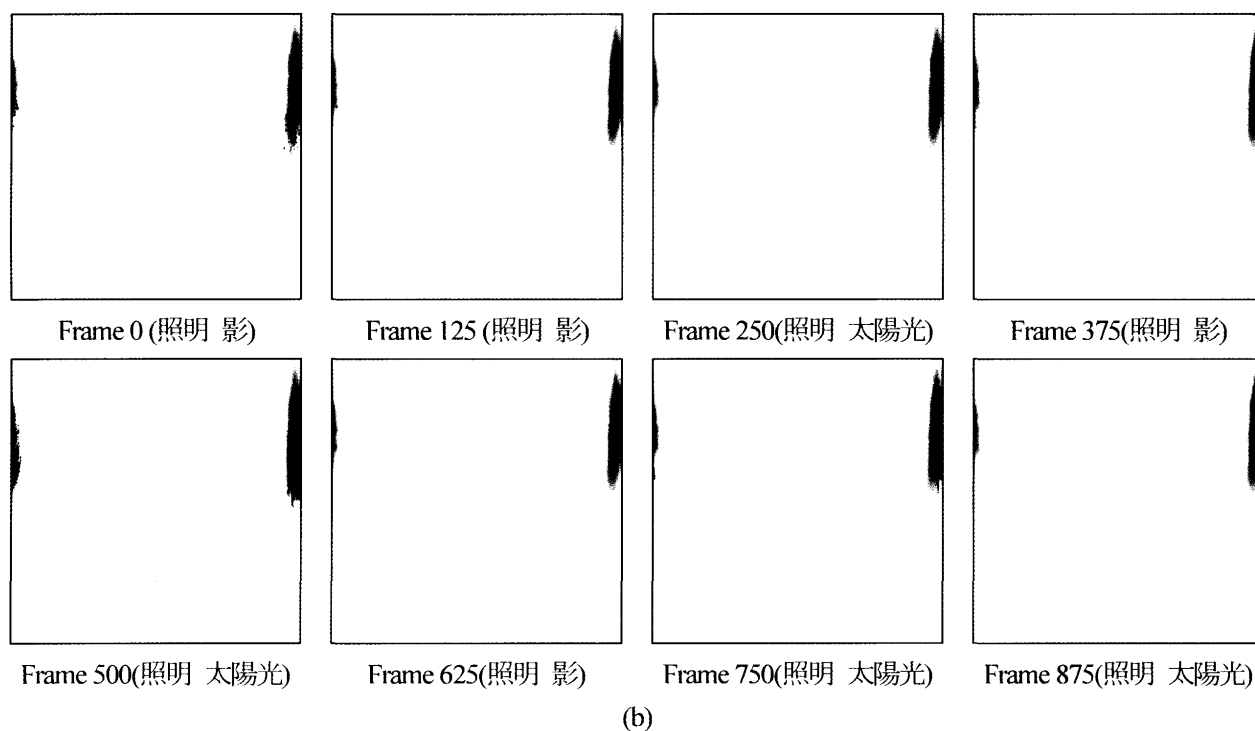
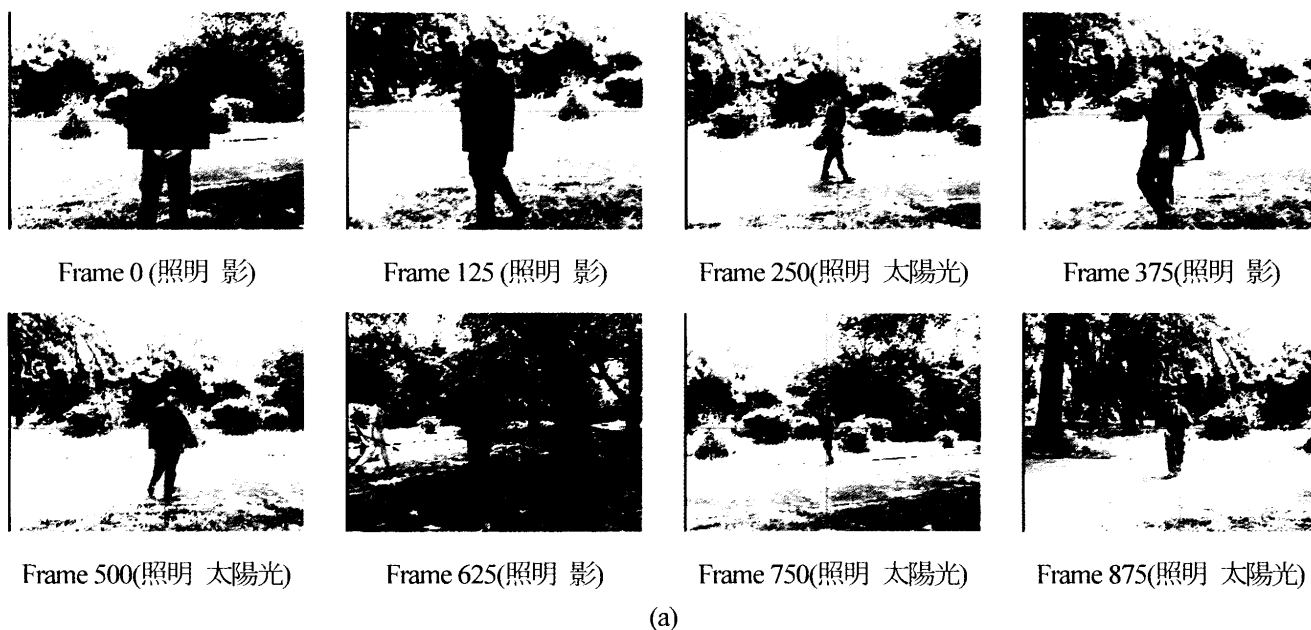


図7 実験結果(屋外) (a) 追跡画面, (b) 色ヒストグラムの変化.

る場合にも対象の追跡が失敗することはなかった。これは、色モデル取得窓ではなく色モデル空間に直接カーネル関数による重み付けを行った結果である。色モデル取得窓に重み付けを行っても、背景領域を完全に除いたセグメンテーションが行えなければ色モデルの発散を防ぐことは難しい。また、そのような完全なセグメンテーションを行うことは容易ではない。提案したモデル更新手法は、精度の高いセグメンテーションを必要とせず、色モデルの発散を防ぐとともに対象の

急激な色変化に適応可能であることが実験結果より考察できる。提案法では、パラメータ l の値によってカーネル関数の分布が調整可能であるが、過大な値に設定した場合には色モデルの発散を招く恐れが生じるため、最適なパラメータ設定に関して検討する必要がある。本論文では、色モデル取得窓へのカーネル関数による重み付けは行わなかったが、これも併用すれば色モデル更新の更なるロバスト性の向上が期待できる。

本実験では、追跡対象となる人物の服は単色で彩度の高い色のものを用いた。これは、提案する非等方性非対称ガウス状分布が単峰性の分布であるため、対象の色モデルも単峰性の分布となる単色であるほうが望ましいためである。また、そもそも彩度の極端に低い色は色抽出に用いることはできない。対象が複数の色を含むものである場合は、対象の色モデルは複数の峰を含む分布になることが予想される。その場合、対象の色モデルを単峰性の分布の複数の組み合わせとして表現し、それぞれに対してカーネル関数の分布形状を推定すれば対応できると考えられる。

5. おわりに

2次元色ヒストグラムモデルを用いた色抽出において、照明光の影響による対象の色変化に適応した色抽出手法を提案した。

提案法は、色モデルを逐次更新することによって対象の色変化に適応する。同時に、色モデルの発散を防止するために、色モデル上にカーネル関数による更新重みを設ける方法及びカーネル関数として非等方性非対称ガウス状分布を用いる方法を提案した。

色モデル更新処理では、色モデル上にカーネル関数による重み付けを行うことにより、対象の色変化に適応しながらも色モデルの発散を抑止することに成功した。提案法は、対象のセグメンテーション精度が低く、ノイズ領域を多く含む場合にも有効である。また、本手法は、カメラが移動する場合にも適用可能であり、大場らの提案した人物抽出手法[10]に比べ、より広い環境下で応用可能であるという利点がある。

提案法を実装した色追跡システムを開発し、照明を変化させた室内と太陽光および影が存在する屋外の、二つの環境下で追跡実験を行った。その結果、色追跡システムはどちらの環境下でも対象を見失うことなくリアルタイム(30fps)で追跡を行った。

現在は単色かつ単一の対象の追跡であるが、複数色かつ複数対象の追跡が今後の課題である。色モデルの初期化の自動化も今後取り組む予定である。

参考文献

- [1] J. C. Russ: The Image Processing Handbook, CRC Press, 1999
- [2] S. Ishikawa, T. Tabusa and E. Kawaguchi: Recognizing clothes of a Person in an Image, Proc. 5th Int. Conf. On

Control, Automation, Robotics and Vision, pp. 56-60, 1998

- [3] J. C. Terrillon and S. Akamatsu: Comparative Performance of Different Chrominance Spaces for Color Segmentation and Detection of Human Faces in Complex Scene Images, Proc. 12th Conf. On Vision Interface, Vol. 2, pp. 180-187, 1999
- [4] 川戸 慎二郎, 鉄谷 信二: 顔領域抽出を目的とした肌色領域抽出, 信学技法 PRMU2001-59, pp. 143-148, 2001
- [5] 竹部 啓輔, 伊藤 直己, 中内 茂樹, 白井 支朗: 色恒常性を有するデジタルカラーイメージング, 信学論(D-II), Vol. J83-D-II, No.8, pp. 1753-1762, 2000
- [6] K. Nummiaro, E. Koller-Meier and L. Van Gool: A Color-Based Particle Filter, First International Workshop on Generative-Model-Based Vision, in conjunction with ECCV'02, pp.53-60, 2002
- [7] K. Nummiaro, E. Koller-Meier and L. Van Gool: Object Tracking with an Adaptive Color-Based Particle Filter, Symposium for Pattern Recognition of the DAGM, pp. 353-360, 2002
- [8] D. Comaniciu, V. Ramesh, P. Meer: Kernel-Based Object Tracking, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, pp. 564-575, 2003
- [9] S. J. McKenna, Y. Raja, S. Gong: Tracking Colour Objects using Adaptive Mixture Models, Image and Vision Computing, Vol. 17, pp. 225-231, 1999
- [10] 大場 統, タン ジュークイ, 金 亨燮, 石川 聖二: MRRF を用いた複雑背景下における人物の姿勢認識, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol. 10, No. 1, pp.51-57, 2008

付録

A. 正規化 rg 空間

正規化 rg 空間は、色情報のみを表現する色度空間である。RGB 色空間から正規化 rg 空間への変換式は次式で定義される。

$$r = R / (R + G + B)$$

$$g = G / (R + G + B)$$

B. (a,b)空間

(a,b)空間は、正規化 rg 空間より次式で定義される色度空間である。

$$a = r + g/2$$

$$b = \sqrt{3}g/2$$

C. RGB 色空間から HSV 色空間への変換式

RGB 色空間から HSV 色空間への変換式は次式で定義される。

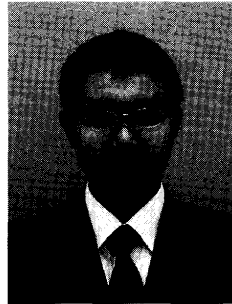
$$H = \begin{cases} 60 * \frac{G - B}{MAX - MIN} + 0 & \text{if } MAX = R \\ 60 * \frac{B - R}{MAX - MIN} + 120 & \text{if } MAX = G \\ 60 * \frac{R - G}{MAX - MIN} + 240 & \text{if } MAX = B \end{cases}$$

$$S = \frac{MAX - MIN}{MAX}$$

$$V = MAX$$

ただし, $MAX = \max(R, G, B)$, $MIN = \min(R, G, B)$

$(R, G, B) = 0 \sim 1.0$ の実数値の場合, $H = 0 \sim 360$, $(S, V) = 0 \sim 1.0$ の実数値となる。



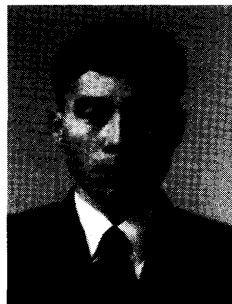
上村 浩文 (うえむら ひろふみ)

2004 年熊本電波高専専攻科修了。2006 年九州工業大学大学院工学研究科博士前期課程修了。現在、同大学大学院博士後期過程在籍中。画像処理及び物体追跡・ロボットビジョンに関する研究に従事。



タン ジュークイ (たん じゅーくい)

九州工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。現在、同大工学部機械知能工学科制御工学教室助教。98 年度計測自動制御学会九州支部奨励賞, 2004 年度情報処理学会九州支部第 13 回奨励賞, 同年度知能生命・ロボット国際シンポジウム若手奨励賞受賞。主に画像計測及び解析, コンピュータビジョンの研究に従事。IEEE, 情報処理学会, 計測自動制御学会各会員。



金 亨燮 (きむ ひよんそふ)

94 年九州工業大学工学部卒。96 年同大学大学院工学研究科博士前期課程修了。97 年九州工業大学工学部助手, 03 年講師。05 年より同大工学部准教授。医用画像処理, パターン認識に関する研究に従事。博士(工学)。電子情報通信学会, 日本医用画像工学会, BMFSA, IEEE 等各会員。



石川 聖二 (いしかわ せいじ)

東京大学工学部計数工学科卒。東京大学大学院工学系研究科博士課程了。工学博士。九州工業大学情報工学科講師を経て、現在、九州工業大学工学部教授(機械知能工学科)。この間、連合王国シェフィールド大学客員研究員、オランダ王国ユトレヒト大学客員教授。3 次元画像計測, 医学画像処理の研究に従事。計測自動制御学会, 電子情報通信学会, 画像電子学会, IEEE 各会員。