

## 逐次更新型色ヒストグラムモデルによる適応的色抽出

上村浩文<sup>†</sup> タン ジュークイ<sup>†</sup> 金 亨燮<sup>‡</sup> 石川聖二<sup>†</sup>  
<sup>† ‡</sup>九州工業大学

E-mail: <sup>†</sup>{uemura, etheltan, ishikawa}@ss10.cntl.kyutech.ac.jp, <sup>‡</sup>kim@cntl.kyutech.ac.jp

**あらまし** 本論文では、照明光の影響により色が変化する抽出対象に対して逐次更新型色ヒストグラムによる適応的色抽出をおこなう手法を提案する。提案手法では、HSV 色空間のうち H-S 平面を用いた色ヒストグラムモデルを用いて、変化した対象の色モデルを逐次かつ直接取得し、色ヒストグラムモデルを更新する。このとき、初期の色ヒストグラムモデルより対象の変化し得る範囲を、非等方性非対称ガウス分布を用いて推定し、これを更新時の重みとして用いる。実験では、パン・チルトカメラを用いた色追跡システムを構築し、照明を変化させた室内と日陰が存在する屋外の、2つの環境下で追跡実験をおこない、どちらの環境下で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分布、照明変化、色情報、適応的色抽出

## Adaptive Color Extraction Employing an Update Type Two-Dimensional Color Histogram Model

Hirofumi UEMURA<sup>†</sup>, Joo Kooi TAN<sup>†</sup>, Hyungseop KIM<sup>‡</sup> and Seiji ISHIKAWA<sup>†</sup>

<sup>† ‡</sup> Kyushu Institute of Technology

E-mail: <sup>†</sup>{uemura, etheltan, ishikawa}@ss10.cntl.kyutech.ac.jp, <sup>‡</sup>kim@cntl.kyutech.ac.jp

**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 an object's color that varies under changeable illumination. Moreover, we define an anisotropic asymmetric Gaussian distribution for estimating a changeable area of an object's color, and employ it as weight coefficients at 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 with sunshine. As a result, the developed system kept tracking an object even though illumination has changed in both environments.

**Keywords** Two-dimensional Color Histogram, An Anisotropic Asymmetric Gaussian Distribution, Illumination Change, Color Information, Adaptive Color Extraction

### 1 まえがき

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する研究が数多くおこなわれている[1,2]。色情報を用いて対象を抽出するためには、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。正規化 rg 空間を修正した(a, b)

空間による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な点で有効であると考えられるが、照明変化により対象の色モデルが変化することを考慮していない。

我々人間は、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おこなう上で不利と考

えられる。

そこで我々は、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による適応的色抽出をおこなう手法を提案する。これは、光源色や対象物本来の色を推定するのではなく、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再度色抽出することで、照明の変化に適応した対象の抽出をおこなう手法である。本論文では、提案手法で用いている非等方性非対称ガウス分布を定義し、その後提案手法について詳述する。また、提案手法を用いた色追跡システムで追跡実験を行った結果を示し、提案手法の有効性を述べる。本手法は、変化した対象の色を逐次、画像中より直接取得し色モデルを更新するため、照明光の推定などの処理を行う必要がなく、またあらかじめどのような照明変化が起こるかを知る必要もない。

## 2 非等方性非対称ガウス分布

非等方性非対称ガウス分布は、最大値 1 をピークとする単峰性の 2 次元分布である。正規分布にもとづいた分布であるが、その分散がピーク点を中心とする角度  $\theta (0 \leq \theta < 2\pi)$  に依存して変化する非等方性の分布を持つ。角度  $\theta$  での分散とその正反対である角度  $\theta + \pi$  での分散は一般に等しくない。角度  $\theta$  における分散を  $\sigma(\theta)$  とすれば、極座標系  $(r, \theta)$  における非等方性非対称ガウス分布  $P(r, \theta | \sigma(\theta))$  は次式で定義される。

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

## 3 手法

提案手法で用いる色モデルの定義を表 1 に示す。

$H_t$  は、抽出処理の最初に取得される抽出対象の初期色モデルである。 $H_n(t)$  は時刻  $t$  において、入力画像中より対象を抽出するための色モデルである。ただし、 $H_n(0) = H_t$  である。 $H_n(t)$  は、時刻  $t$  において入力画像中から取得された対象の新しい色モデルである。 $H_n(t)$  の情報を加えることで  $H_n(t)$  の情報を更新する。 $W_n$  は初期色モデル  $H_t$  をもとに、対象の色が変化し得る範囲を非等方性非対称ガウス分布により推定し、その分布を重みとした重み係数である。 $W_n$  は色モデル更新処理のときに  $H_n(t)$  の重みとして用いる。

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。

### 3.1 色モデル

提案手法では、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ている。同じように、色情報と輝度情報に分けられる色空間として YUV 色空間がある。YUV 色空間の色差情報で

表 1 色モデルの定義

$H_t$	: 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

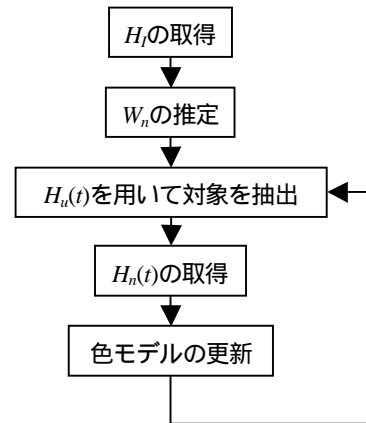


図 1 適応的色抽出の手順

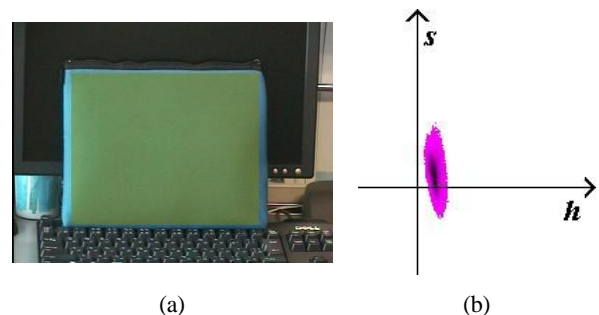


図 2 (a) 入力画像と方形窓, (b) 取得された  $H_t$

ある U-V 平面を色モデルとして用いることも考えられるが、U の値に変化がなくとも V の情報が変化すると色味が変化してしまう。H-S 平面では、H (色相) の値のみに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。

対象の色モデルは、画像中の方形窓より取得される。初期色モデル  $H_t$  のみ、手動で方形窓を設定した後取得する。ヒストグラムモデルを作成するに当たって、H-S の各軸をそれぞれ  $N_h, N_s$  に分割する。また、取得されたヒストグラムの頻度値は、その最大値が  $N_f$  となるように正規化をおこなう。入力画像とそこから取得された  $H_t$  の例を図 2 に示す。

### 3.2 色モデルの変化範囲の推定

対象の色モデルを逐次取得し色モデルを更新すれば、対象の色が変化した場合にも適応的な色抽出をおこなうことができると考えられる。しかし、逐次取得した色モデルを単純に加えるだけでは初期の対象の色モデルからかけ離れた色、たとえば背景領域の色情報が追加されて

しまう恐れがある．これを回避するには，追加される色情報が対象のものであるか否かの判断をして，対象のものでなければ追加しない処理が必要である．ただし，ある程度の変化を許容しなければ，対象の色変化に適応した色抽出はできない．

これを解決する方法として，対象の初期色モデル  $H_l$  をもとに対象の色が変化する範囲  $W_n$  を非等方性非対称ガウス分布により推定し， $W_n$  を重みとして色情報を追加する．

$W_n$  を計算するには，その分散のパラメータセット  $\sigma(\theta)$  が必要となる．そこで， $H_l$  の重心位置  $(h_c, s_c)$  周りの分布長を計測し，その値を  $\sigma(\theta)$  として用いる．これにより， $W_n$  は  $H_l$  と同じ特徴を持つ分布となり，かつ  $H_l$  よりも広い分布となる．また， $W_n$  のピーク点位置は  $(h_c, s_c)$  と一致する． $W_n$  の定義を以下に示す．

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

なお，H-S 平面上で直交座標系  $(h, s)$  から重心位置  $(h_c, s_c)$  を中心とする極座標系  $(r, \theta)$  へ座標変換を行う必要があるが，説明は省略する．

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． $l > 1.0$  の場合は， $W_n$  はより広い分布となり，より大きな色変化を許容できる． $0 < l < 1.0$  の場合は，より小さい色変化のみ許容できる．ただし，あまり大きな色変化を許容すれば，再び背景領域を抽出してしまう問題を招くため， $l$  の値としては，1.0 の近傍が望ましい．図 2 (b) に示した  $H_l$  から計測された  $\sigma(\theta)$  と  $l=1.0$  として推定された  $W_n$  を図 3 に示す．

### 3.3 対象の色抽出

$H_u(t)$  は時刻  $t$  における抽出対象の色モデルである．時刻  $t$  での抽出画像の画素値  $I_e(i, j | t)$  は，以下の式から求められる．

$$I_e(i, j | t) = \left. \begin{aligned} &H_u(h_{ij}, s_{ij} | t), \quad \text{if } Th < H_u(h_{ij}, s_{ij} | t) \\ &0, \quad \text{otherwise} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで， $h_{ij}, s_{ij}$  は入力画像の画素  $(i, j)$  の色相値及び彩度値である．これらが示す色モデルの頻度値  $H_u(h_{ij}, s_{ij} | t)$  が閾値  $Th$  を超える場合に対象として抽出する．閾値  $Th$  は  $0 \leq Th \leq N_f$  の範囲の値である．また，抽出画像の画素値は色モデルの頻度値と等しくなる．これにより，頻度値の高い色を持つ画素は高い画素値として抽出される．色モデルは，画像中の対象から直接取得されるものであるため，対象の色分布をおおむね正確に表している．そのため，閾値  $Th$  はごく小さい値に設定するのが望ましい．

その後，抽出画像の重み付き重心  $(h_c, s_c)$  を求めることにより，画像中の対象の位置を計測する．入力画像の例と図 2 (b) に示した  $H_l$  を用いて色抽出を行った画像を図 4 に示す．

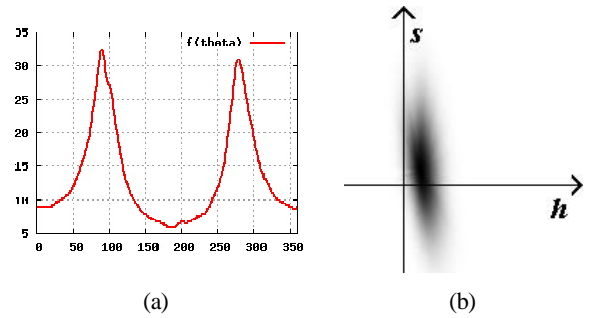


図 3 (a)  $\sigma(\theta)$  の値，(b)  $l=1.0$  の場合の  $W_n$

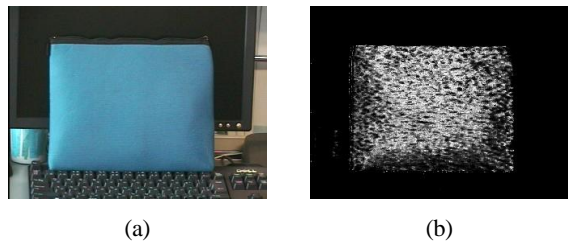


図 4 (a) 入力画像，(b) 色抽出画像

### 3.4 色モデルの更新

時刻  $t$  において，抽出した対象に方形窓のサイズを適応させ，新規色モデル  $H_n(t)$  を取得する． $H_n(t)$  の情報を  $H_u(t)$  に加え，次の時刻  $t+1$  で色抽出に用いる，更新された色モデル  $H_u(t+1)$  を算出する．算出式を以下に示す．

$$\hat{H}_u(t+1) = H_u(t) + W_n \circ H_n(t) \quad (4)$$

$$H_u(t+1) = \frac{N_f}{\max(\hat{H}_u(t+1))} \hat{H}_u(t+1) \quad (5)$$

ただし，

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

照明変化の影響により対象の色が変化した場合， $H_n(t)$  にはその色情報が含まれるが，同時に，背景領域など対象以外の色情報も含まれることになる．しかし，重み係数  $W_n$  に従って  $H_n(t)$  を変化させることにより，背景領域のような対象の色モデルからかけ離れた色情報の影響を小さく，あるいは完全に除くことが可能となる．これによって，対象の色変化に適応しつつ，背景領域を無視できる．

## 4 実験

### 4.1 色追跡システム

提案手法により適応的に対象を抽出し，パン・チルトカメラによって対象を追跡する色追跡システムを開発した．実験に用いたコンピュータとカメラの仕様を表 2 に，システムの概略を図 5 に示す．

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]

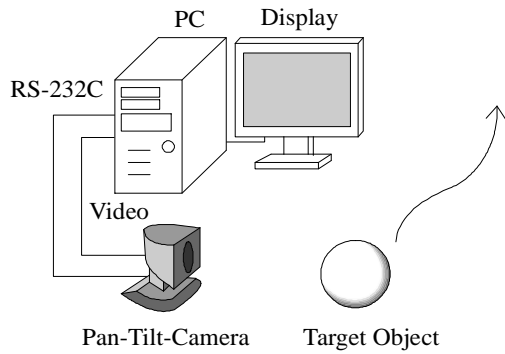


図5 色追跡システムの概略図

カメラ画像は24ビットRGBカラー画像として入力される。入力画像は以下の色空間変換式によってHSV画像に変換される。

$MAX = \max(R, G, B)$  ,  $MIN = \min(R, G, B)$  とすれば,

$$H = \begin{cases} 60 * \frac{G - B}{MAX - MIN} + 0 & \text{if } MAX = R \\ 60 * \frac{B - R}{MAX - MIN} + 120 & \text{if } MAX = G \\ 60 * \frac{R - G}{MAX - MIN} + 240 & \text{if } MAX = B \end{cases} \quad (6)$$

$$S = \frac{MAX - MIN}{MAX} \quad (7)$$

$$V = MAX \quad (8)$$

ただし,  $(R, G, B)=0\sim 1.0$  の実数値とした場合,  $H=0\sim 360$ ,  $(S, V)=0\sim 1.0$  の実数値となるため, H と S をそれぞれ  $N_h$  と  $N_s$  分割された整数値に正規化する。

上記の色追跡システムを用いて, 人物の着ている服を追跡対象として 追跡中に照明を変化させた室内環境と, 太陽光および影が存在する屋外環境でそれぞれ追跡実験を行った。各パラメータ値は  $N_h=N_s=256$ ,  $N_f=255$ ,  $l=1.0$ ,  $Th=1$  としている。また提案手法の有効性のみに注目するため, 実験中カメラのオートゲイン機能などの調整機能は全て固定状態とした。

#### 4.2 実験結果

室内環境での実験結果を図6に示す。追跡対象の色は赤である。赤色を示す色相の値は, H軸の内初めの部分及び終わりの部分でループするように現れる。そのため, 図6(b)に示す対象の色モデルはヒストグラム上で左右に分かれて現れている。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・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状態で取得した。図6(a)に示す追跡画面より, 追跡対象の動きにあわせてパン・チルトカメラが対象を追跡していることがわかる。また, 830フレームにおいて照明がOFFとなっているが, システムは対象を見失うことなく追跡した。図6(b)に示す色ヒストグラムモデルの変化を見ると, 抽出対象となる色モデルは常に変化しており, 色モデルが逐次更新されていることがわかる。照明がOFFとなった場合にも, 対象の色モデルが逐次追加されることで継続的な追跡が可能である。また, 色モデルの変化範囲は重み係数  $W_n$  によって制限されているため, 背景領域や, 同じ赤系色であるオレンジ色のドアを誤抽出することなく, 追跡対象を正しく追跡できた。

次に, 屋外環境での実験結果を図7に示す。追跡対象の色は赤である。晴れている日中に影の存在する場所で追跡を行った。初期色ヒストグラムは影の中に対象がいるときに取得した。また, カメラのオートゲイン機能も影の中にいる状態で固定した。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も見受けられる。このように, 白とびするような強い太陽光の中に対象が移動しても, 見失うことなく追跡できた。

また, どちらの実験においても毎フレームの処理時間は33[ms]以下であった。

## 5 まとめ

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を実現するための手法を提案した。

提案手法では, 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している。そのとき, 対象の色変化には適応しつつ, 背景領域など対象以外の色情報を色モデルとして追加しないよう, 対象の色が変化し得る範囲を推定するために非等方性非対称ガウス分布を提案し利用した。

色モデル更新処理では, 対象の画像上での領域を計測するとともに, 更新計算において初期色モデルより推定された非等方性非対称ガウス分布を重みとして用いることにより, 対象の色変化のみに注目し背景領域の色情報を無視することが可能となった。これは, たとえ色モデル取得範囲である方形窓内に背景領域が含まれていたとしても有効な方法である。

提案手法を用いたパン・チルトカメラを備え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, システムはどちらの環境下でも照明変化によらず安定に対象を追跡することができた。システムは, 事前の学習や照明光の推定などを必要とせず, 追跡

を開始する前に一度だけ対象の初期色モデルを取得するだけで追跡が可能である。処理速度も、リアルタイムである 30fps の処理が可能であった。以上のことから、提案手法は有用性が高く応用分野も広いと考えられる。

### 参考文献

- [1] Russ, J. C.: The Image Processing Handbook, CRC Press (1999).
- [2] Ishikawa S., Tabusa, T. and Kawaguchi E.: “Recognizing clothes of a person in an image”, Proc. 5<sup>th</sup> Int. Conf. On Control, Automation, Robotics and Vision, pp.56-60 (1998-12).
- [3] Terrillon J. C. and Akamatsu S.: “Comparative performance of different chrominance spaces for color segmentation and detection of human faces in complex scene images”, Proc. 12<sup>th</sup> Conf. On Vision Interface (VI'99), 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”, 信学技報 PRMU2001-59, pp.143-148 (2001-07) .
- [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, (2000-08) .



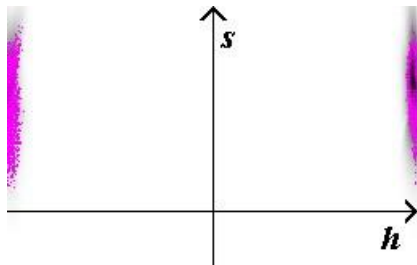
Frame 550  
照明 ON

Frame 750  
照明 ON

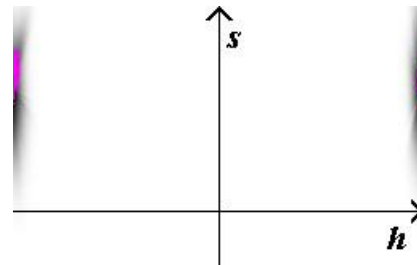
Frame 830  
照明 OFF

Frame 920  
照明 OFF

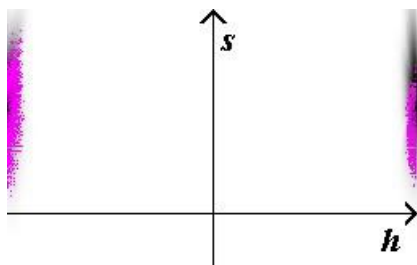
(a)



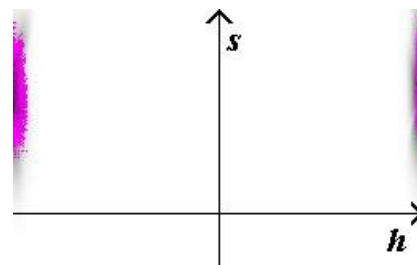
Frame 550



Frame 750



Frame 830



Frame 920

(b)

図6 実験結果(照明変化のある屋内)。(a) 追跡画面,(b) ヒストグラムの変化。





Frame 0  
照明状態：影

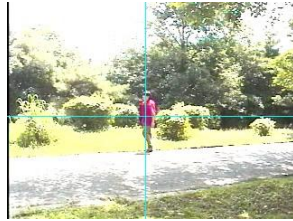
Frame 300  
照明状態：太陽光

Frame 600  
照明状態：影

Frame 900  
照明状態：太陽光



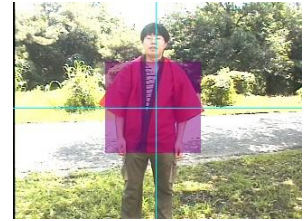
Frame 1200  
照明状態：影



Frame 1500  
照明状態：太陽光

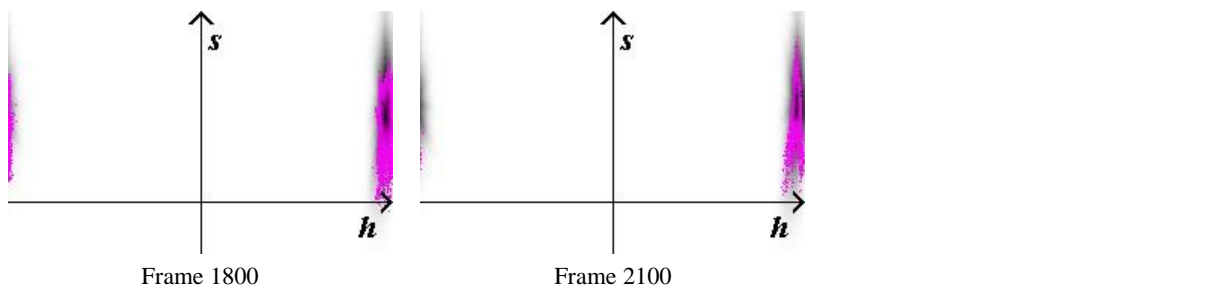
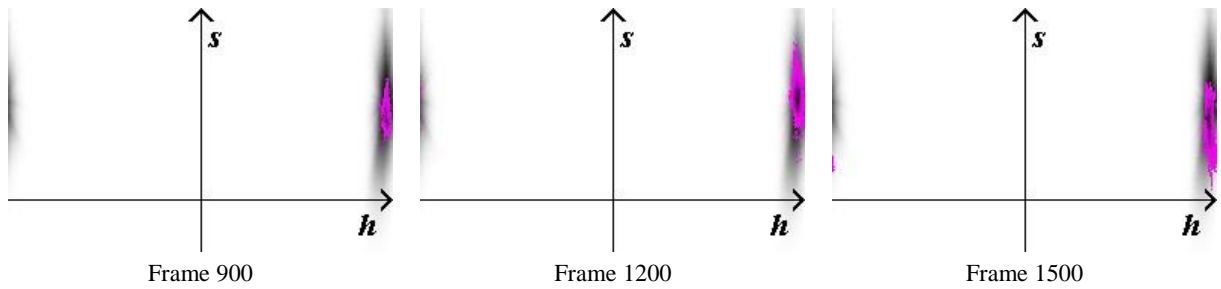
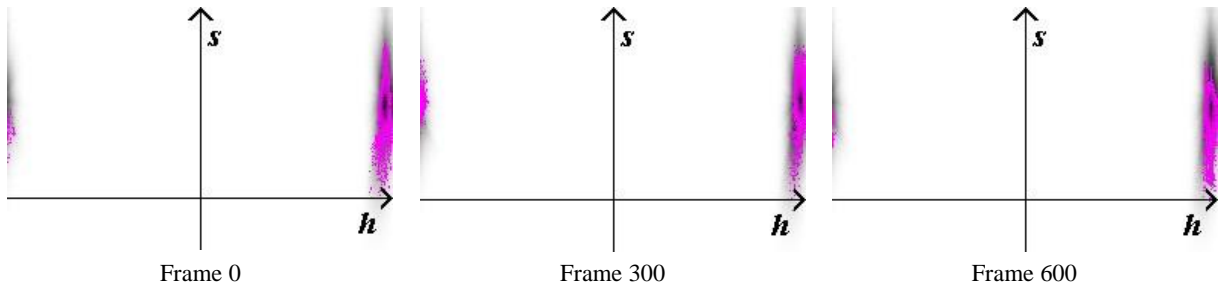


Frame 1800  
照明状態：太陽光



Frame 2100  
照明状態：影

(a)



(b)

図7 実験結果(屋外).(a) 追跡画面 ,(b) ヒストグラムの変化 .