

局所色情報を用いた高速物体探索——アクティブ探索法——

村瀬 洋† V. V. Vinod†

Fast Visual Search Using Focussed Color Matching —— Active Search ——

Hiroshi MURASE† and V. V. VINOD†

あらまし 本論文では、画像中に興味ある物体が含まれているかどうか、その位置はどこかを高速に探索するアクティブ探索法について述べる。位置と大きさが不明な物体を画像中から精度良く検出するには、従来は、入力画像中の局所領域に着目し、その位置と大きさを変化させながら、局所領域と参照画像との膨大な回数の照合を行う必要があり、高速な物体検出は困難であった。本手法では、物体の形状変形などに安定な色ヒストグラムを特徴として利用し、ヒストグラムの代数的な性質を利用することにより、特徴照合の際に、入力画像中のある位置の類似値からその近傍の類似値の上限値を計算する。上限値が探索値より小さければ、その領域での探索が省略できるため、照合回数を極端に低減できる。本手法により、総当たり法に比較して、近似を使うことなく、計算時間を10倍から1000倍程度向上できることを実証した。物体の追跡、検索、計数などへの応用例についても述べる。

キーワード 視覚探索、物体認識、色情報、画像検索

1. ま え が き

マルチメディア環境の普及に伴い、興味ある物体が入力画像中に含まれているかどうか、またその物体の位置はどこかを検出する技術の実現が望まれている。この技術にはさまざまな応用範囲が考えられ、例えば映像中からの人物や物体等のコンテンツの検索[1]~[3]、動画画面上からの移動物体の追跡、複雑な背景上での物体認識の切出し等に利用できる。物体を検出するためには、基本的には画像間を何らかの特徴量を利用して照合する必要がある。その特徴量としてはさまざまなものが考えられるが、特に色の分布を特徴とする手法は対象物体の変形や隠れなどに安定であるという特長をもつために、最近着目されている。中でも、1990年にSwainの提案した色ヒストグラムを利用して画像照合をする手法[4]は、画像を検索するのに高い性能を得られるということで着目された。その後、この考え方は画像の検索システム等の要素技術として幅広く利用されるようになってきた。一方、物体が画像全体ではなく画像の一部にしか存在しないような場合には、画像全体の特徴照合では物体を検出できないために、画像中の局所領域に着目した手法を利用せざるを得ない。局所領域の情報を利用する手法としては、

画像をサブブロックに分割し、そのサブブロック単位で色情報を照合する手法[1]や、隣り合うサブブロック内の代表的な色の対を利用して物体を検出する手法[5]等が提案されている。しかし、それらの手法の処理速度は早いものの、精度という点では原理的にあまり高くない。

最近、物体が局所的に存在する際の物体検出精度を向上させるために、多数の局所領域に着目し照合する手法[6]、[7]が提案されている。しかし、この場合、局所領域の位置と大きさを入力画像中で変化させながら、参照画像と特徴照合を行わなければならないため、照合回数は非常に多い。例えば、局所色ヒストグラム照合法[7]では、入力画像の大きさを変化させながら、参照画像と入力画像の局所領域とを比較するために、組合せ的に照合回数が増大し、膨大な探索時間がかかっている。これを高速化する手法としては、分解能を粗くしたり[9]、色ヒストグラムのうちの一部のピンだけを用いて照合実行する手法や、いったんある細かい分解能で探索し、類似した領域が見つかったらその領域を大きくし、類似値の最小の領域を見つける手法[10]等が提案されている。これらの基本的な考え方は、最初に粗く見て候補を絞った後に細かく見るような手法と考えられ、Coarse-to-fine法とも呼ばれる。しかし、これらはいずれも精度を犠牲にして速度を向上させている方式である。つまり、位置と大きさという

† NTT基礎研究所、厚木市
NTT Basic Research Laboratories, Atsugi-shi, 243-0198 Japan

全パラメータ空間で類似値の最大値を探索する手法にはなっていない。また、粗い分解能で最初に探索する際に、細かく色が混在しているような場合には色のヒストグラムが正しく表現できないために候補をうまく抽出できないことがある。更に、最初にどの程度粗い探索を行えばよいかという精度を保つためのパラメータの設定手法も、対象によって最適値が異なるために、場当りのならざるを得ない。また、最初に固定したサイズの局所領域で照合して候補を抽出する手法では、例えばフランスの国旗のように大きく色が分かれているような場合に、候補抽出段階で探索窓が全体の色を覆うように適切に入らない限り、一部の色領域に入ってしまう、やはり候補抽出が困難となる。

本論文で提案する手法は、局所領域の照合を種々のサイズの局所領域ですべての位置に関して総当りの照合を行うことを基本とし、その際に発生する膨大な照合回数を大幅に低減させる手法である。ここで重要な点は、本手法では近似を使っていないため、総当り法と同じ結果を原理的に保証していることにある。つまり、全パラメータ空間での類似値の最大値の探索となっている。我々はこの手法を「アクティブ探索法」と呼ぶことにする。従来のしきい値処理などにより個々の照合自体を高速化する手法との併用も可能である。また本手法は厳密解を保証しているために、従来の高速化手法に見られるように、対象に応じて適当な精度を保つためにパラメータを対象に応じて調整する必要もない。

一方、局所色照合法は、色の情報だけを利用して物体の領域を探索しているので、大体の位置を検出することには有効であるが、応用によっては最終的に物体の正確な位置を検出する必要がある場合もある。その場合には、アクティブ探索法により大体の候補位置を検出してから、その後段にテンプレート照合を入れ、最終的な位置判定をすることが考えられる。本論文では、その例として、アクティブ探索法とDCT(離散コサイン変換)係数の低周波成分を用いたテンプレート照合法[11]とを組み合わせた高速かつ高精度な物体の位置検出法についても述べる。

本手法により、高速に物体検出が実現できるため、動画像中の物体追跡や位置検出、画像データベースの検索などに高い性能が期待できる。実験により、本手法の有効性を示した。

2. 局所色ヒストグラム法

局所色ヒストグラム法[7]とは、画像の局所領域での色ヒストグラムを作成し、そのヒストグラムを参照画像の色ヒストグラムと照合することにより物体の位置を検出する手法である。ここでは、任意の大きさの物体に対処するために入力画像の多重分解能表現と局所部分照合を組み合わせた照合方法を適用する。具体的には、Swainの提案した色ヒストグラム尺度[4]を画像中の局所領域に利用する手法である。

図1に入力画像と参照画像の一例を示す。参照画像と類似した画像を入力画像から探し出す例を用いて、本手法の概要を以下に示す。

2.1 参照画像の色ヒストグラムの作成

まず参照画像として探索すべき物体の画像から方形領域を切り出す。物体の形状によっては方形以外の領域形状が適切な場合もあるが、ここでは話を簡単にするために方形で説明する。但し、本手法は容易に任意の形状の領域に発展させることが可能である。参照画像の例を図1に示す。この領域の色ヒストグラムを計算する。色ヒストグラムの計算では、RGB(Red, Green, Blue)空間の各軸を Q 分割した3次元ヒストグラムを作成する。参照画像の色ヒストグラムを、

$M_i'(i=1, \dots, I), I=Q^3$ とする。 $\sum_i M_i'$ の値はヒストグラムの性質上、その領域の画素数となる。次に、各ヒストグラムの要素の値を画素数で割った正規化ヒストグラム $M_i = \frac{M_i'}{\sum_j M_j'}$ を作成する。つまり、 $\sum_{i=1}^I M_i$ は

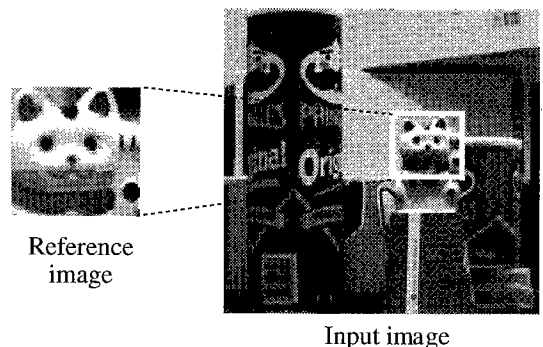


図1 参照画像と入力画像の例
Fig. 1 A reference image and an input image.

1.0に正規化されている。なお、色空間として、ここではRGBを利用したが、必要に応じて例えば、IHS (Intensity, Hue, Saturation)などの他の色空間を利用することも可能である。HS (Hue, Saturation)の空間を利用すれば、全体の明るさの変化に対し安定に物体が抽出できることも考えられる。本提案のアクティブ探索法は、これらの異なる色空間でのヒストグラムを利用した場合にも、ほぼ同じ程度の計算量削減の効果がある。

2.2 多重分解能表現

入力画像に含まれる探索されるべき物体の大きさや位置は不明である。そこでまず物体の位置の問題を解決するために画像中から一部の方型領域を抽出し、その領域に対してヒストグラムを計算する。その方型領域は画像全体をスキャンする。更に物体の画像中に占める割合が不明なために、参照画像と局所領域との大きさの関係を変化させながら照合を繰り返す。その際に、参照画像の大きさを変化させる場合と、入力画像の大きさを変化させる場合とが考えられるが、ここでは、入力画像の大きさを変化させることにする。つまり入力画像を多重分解能表現することにより、大きさの変動に対処する。一段階ごとの大きさ変化のパラメータ a は、本実験では1.25とした。但し、今回使用したヒストグラム特徴は領域の大きさ変動にあまり敏感ではないため、このパラメータは1.1~1.5程度の適当な値を採用すればよい。図2に入力画像を変化させながら照合する過程を示す。

2.3 類似値 (ヒストグラムインタセクション)

ヒストグラム間の類似尺度として、ここではSwainにより提案されたヒストグラムインタセクションを用いる。その定義式は、例えば、入力画像中から方型領域により抽出された領域の正規化ヒストグラム H 、参照画像の正規化ヒストグラムを M 、とすると、ヒストグラムインタセクション S_{HM} は

$$S_{HM} = \sum_{i=1}^I \min(H_i, M_i)$$

によって与えられる。ここではこれを類似値と呼ぶことにする。 S_{HM} は正規化されているために、0から1までの値をとる。

2.4 物体の位置検出

ここでは、まず、大きさや位置の不明な物体が画像中に1個存在し、その大きさや位置を局所照合により検出する場合を考えてみる。以下に手法の概要を述べる。上記で説明した矩型領域を入力画面中で走査しながら照合し、同時に異なる分解能の入力画像に対しても同様の処理を行う。それぞれの類似値が計算されるが、その類似値が最大になる大きさや位置を、検出位置として出力する。

物体が画像中に複数存在する場合には、まず類似値が最大の位置を検出した後に、その領域に対応する部分を画像中から取り除き、残りの領域に対して類似値が最大となる位置を検出する処理を繰り返す。これを、類似値がある閾値以下になった時点で処理を停止することにより実現できる。

これらの色ヒストグラムの局所照合を利用する手法は、物体の検出に対して高い性能が得られることが示されている。しかし、この処理は基本的に画像中のさまざまな領域に対してヒストグラムを計算するために、膨大な照合回数が必要となる。

3. アクティブ探索

アクティブ探索法は、上記のように総当り法により得られる結果と全く同じ結果を保証しながら、照合回数を大幅に減らす手法である。基本的にはヒストグラムと類似尺度の代数的な制約を利用しながら、上限値を計算し、それにより照合する領域を絞り込みながら探索を行う手法である。

一般に、入力画像中のある位置での部分領域と参照画像との類似値は、その位置の近傍での類似値に類似していることが多い。Coarse-to-fine法に見られるような最初に粗く走査し、次に候補領域を細かく走査する近似的な手法でも、基本的にはこの考え方を利用している。しかし、特徴量が、テンプレート間の相関値や多くの特徴量の相関値あるいは距離値の場合、この仮定は必ずしも当てはまらず、粗く走査することにより本来抽出されなければならない箇所を飛び越してしま

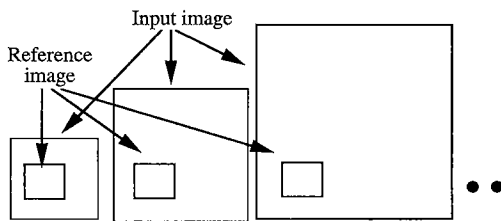


図2 多重分解能の表現の例

Fig. 2 An example of multi-resolucional representation.

う場合も発生する。それはテンプレート間の相関値等の場合には、ある位置での類似値から、その近傍の類似値の範囲を厳密に計算することは一般に困難なためである。あるいは、たとえ計算できてもその範囲をあまり効果的に狭めることができないためである。しかし、特徴量がヒストグラムで、かつその類似尺度がインタセクションやそれと類似の距離尺度の場合には、代数的に類似値の上限値を厳密にかつ効果的に計算することができる。例えば、図3のAの領域とBの領域とのヒストグラムの違いは、AとBの重なりあった部分の部分ヒストグラムは同じであるために、たかだか図の差分部分だけであるという関係を利用することができる。

3.1 上限値

図3に示すように、A, Bを画像中の任意の領域とする。Mを参照画像とする。S_{AM}をAとMの類似値、S_{BM}をBとMの類似度とする。A∩BをAとBの共通領域、A-BをAの領域からBの領域を除いた領域、|A|をAの画素数とする。|A| ≤ |B|の場合には、

$$S_{AM} \leq \frac{\min(S_{BM}|B|, |B \cap A|) + |A - B|}{|A|}$$

という関係が成り立つ。右辺はS_{BM}が計算されたときのS_{AM}の上限値となる。この関係を利用すれば、ある位置での類似値が計算されれば、その近傍の類似値の上限値がわかることになるために、もし探索している類似値よりもこの上限値が小さければこの領域での類似値の計算をする必要はない。なお本実験では2.2で述べたように局所領域の大きさは変化させずに、入力画像の大きさを変化させたために|A|=|B|であるが、上記の式は|A| ≤ |B|の場合に一般に成立するために、入力画像の

大きさを変化させずに局所領域の大きさを変化させる場合にも同様に適用できる。また、参照画像が複数（例えばMとN）ある場合には、AとMの類似度S_{AM}とMとNの類似度S_{MN}からAとNの類似度はmin(S_{AM}, S_{MN}) + min(1 - S_{AM}, 1 - S_{MN})以下であるという関係も利用できるため、更に照回数減らすことも可能である。

3.2 上限値を利用したアクティブ探索

上記で述べた手法を利用して画像を探索するアルゴリズムを以下に述べる。この場合の探索は、入力画像の大きさの変化を変化させ、更に入力画像のすべての位置での参照画像との類似値を計算する例を考える。

Step1: 入力画像の大きさを参照画像と同じに変換し、入力画像と参照画像との類似値を計算し、これを目標類似値の初期値とする。

Step2: 入力画像の大きさをa倍拡大する（実際には分解能を高くするために、もとの入力画像から直接大きさの伸縮をする）。入力画像の大きさが物体の大きさの可能性から決まる入力画像の最大値（パラメータとして与える）を上回る場合にはStep5へ飛ぶ。

Step3: 参照画像と、入力画像中の左上の位置の局所領域との類似値を計算する。

Step4: その位置の周囲の上限値を求め、目標類似値が上限値を上回る領域での照合計算を省略する。つまり、目標類似値が上限値より小さい位置に着目位置を移動し、そこで照合を行う。その類似値が目標類似値を上回る場合には、目標類似値をその類似値に変更する。改めてその周囲の上限値を計算し、この処理を繰り返す。Step2へ。

Step5: 照合計算を行った各位置での類似値の最大値をとる位置とその時の参照画像の大きさを探索結果として出力する。

この手続きにより、参照画像に類似した物体の近傍では細かく探索され、類似した物体のない領域では粗く探索されることになる。図4に図1に示した例での実際に参照画像と照合を行った箇所を点で示す。

3.3 計算量の削減効果

アクティブ探索法により、総当り法と同じ結果を保証（厳密解）しながら、計算時間を大幅に削減できる。計算時間を、本手法、総当り法、近似法の3種類の手法で比較実験を行い、その計算時間の結果を図5(a)に示す。但し、実験にはSGI社の小型ワークステーションINDYを使用した。まず、画像の一例として、図1で示した画像を用いる。ここで、近似法として用いたのは以下に示すようなCoarse-to-fine法である。第1

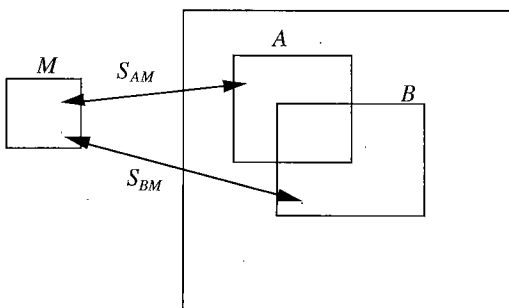


図3 二つの局所領域と参照画像との類似度の関係

Fig. 3 Two intersecting focus regions in an image, and relation of histogram intersections for two regions.

段階で、位置と大きさのパラメータがつくる3次元のパラメータ空間の中で各方向に対して総当り法に比べて4倍の粗い走査を行い(パラメータ空間上では64分の1の密度)で候補領域を決め、第2段階で候補領域を細かく走査し、最終的な大きさと位置を検出する。但し、この近似法では、必ずしも正しい結果が得られる保証はない上に、第1段階でどの程度の密度で走査するかは、予備実験等により対象ごとに決めなければいけないという問題点がある。

アクティブ探索法は、アダプティブに探索する密度

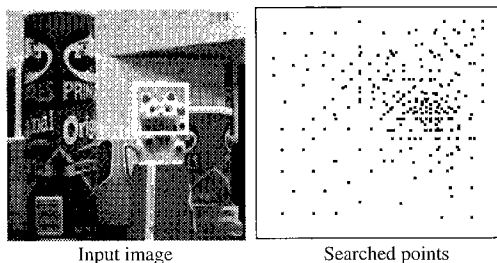


図4 入力画像と実際に照合された箇所

Fig. 4 An input image and searched points by the active search method.

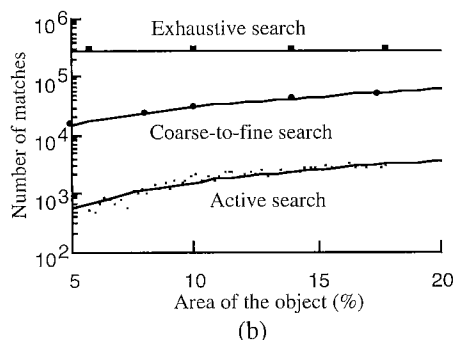
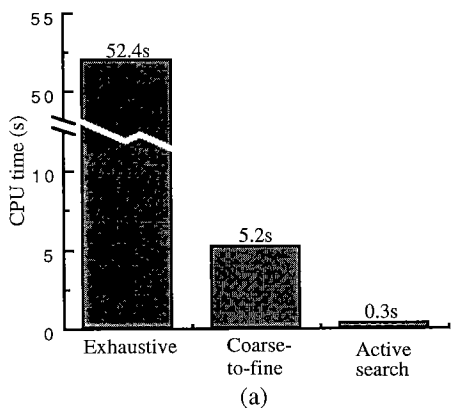


図5 比較実験

Fig. 5 Experimental results.

を変化させる手法である。そのために対象と背景の関係によって計算時間の短縮の割合は異なる。図5(b)に図1に示すような設定で入力画像に占める物体の大きさを変化させたときの照合回数の変化を示した。物体の画像に占める割合が多くなれば、その領域全体で照合を行うために、計算時間の短縮の割合は減ってくる事がわかる。

4. 応用と実験

物体の位置を高速に検出する画像探索法にはさまざまな応用が考えられる。この章では、アクティブ探索法をさまざまな応用に適用した例と、その実験結果について述べる。

4.1 物体の追跡への適用

アクティブ探索法を利用して動画画像から顔や物体の領域を追跡する問題に適用し、その実験を行った。実験に使用したデータは、毎秒10フレームで撮影した。二つの動画画像のセットを用いた。

- ・Data 1:ランダムに動かすカメラの前で顔を動かしたデータ(320×240画素, 200フレーム)。
- ・Data 2:紙パッケージを手で持って動かしたデータ(320×240画素, 200フレーム)(図6参照)。

実験にはSGI社のINDYを使用した。毎フレーム、平均で64msの速度で対象の位置と大きさを追跡することができた(表1)。同じ結果を得るための総当り法に比較して約100倍ほどの速度向上が実現できている。

4.2 画像データベースの検索

近年インターネットや画像入力機器の低廉化により、我々の身の回りには膨大な画像データがあふれている。その中から必要な対象を含む画像を素早く検索する手法が望まれている。本論文で提案したアクティブ探索法を応用することにより、画像中の一部に必要な対象が含まれるような画像に対しても高速な検索が可能となる。

実験として、3種類の画像データベースを用意し、そのデータベースから参照画像と類似した画像を高速に探索する実験を行った。従来の局所領域の総当り法との比較を行った。但し、著作権の関係で実験に使用した画像はここでは示さない。

- ・Data 3:室内シーンの画像データ(240×240画素)60枚
検索対象:12種類
- ・Data 4:人形(Teddy Bears)の画像(320×240画素)100枚
検索対象:2種類
- ・Data 5:アニメーション画像(320×240画素)150枚

表1 計算時間の比較と、位置検出精度
Table 1 Efficiency and accuracy of object tracking.

	本手法の時間	総当たり法との速度比	位置決め誤差
Data 1&2	64ms	103.7倍	4.7画素

表2 検索時間の比較と検索精度
Table 2 Efficiency and accuracy of image retrieval.

	本手法の時間	総当たり法との速度比	Precision	Recall
Data 3	140ms	15.5倍	1.0	1.0
Data 4	334ms	17.19	0.8	1.0
Data 5	283ms	34.18	0.79	0.85

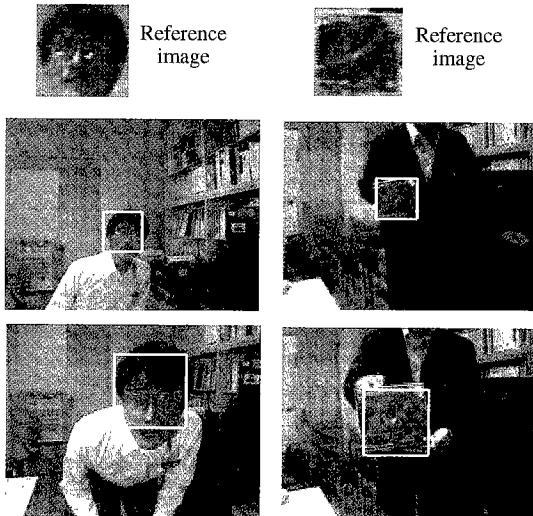


図6 物体追跡の例
Fig. 6 An example of object tracking.

検索対象：主人公1種類

表2にそれぞれのデータに対する計算時間と、総当たり法との速度比、および検索精度をPrecisionとRecallで示す。Precisionは検索された総数に対する正しく検索された数を、Recallは正しく検索されるべき数に対する正しく検索された数を示し、これらは信号検出手法で 사용되는評価尺度である。

4.3 物体の計数

探索問題は、それを繰り返すことにより対象物の計数に利用できる。ここではその例として、彩色画から特定の魚(5種類)を計数する場合(Data6, 860×624画素)および、バスケットゲームの映像から特定のユニ

表3 計数速度の比較
Table 3 Efficiency of object counting.

	本手法の時間	総当たり法との速度比
Data 6	2002ms	30.5倍
Data 7	581ms	64.7倍

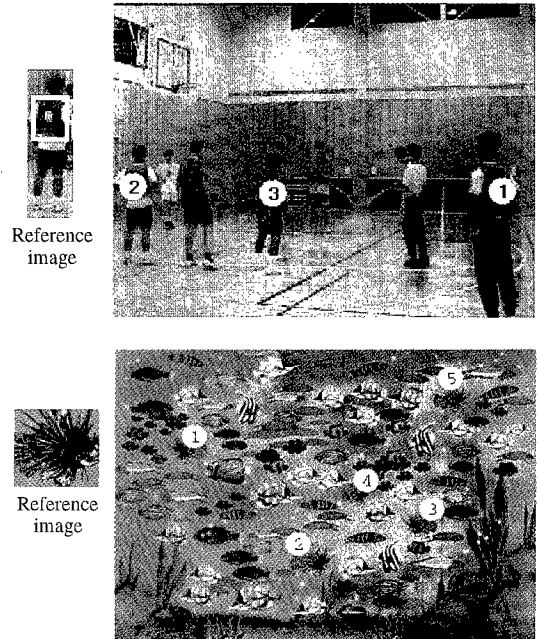


図7 計数の例
Fig. 7 Results of counting.

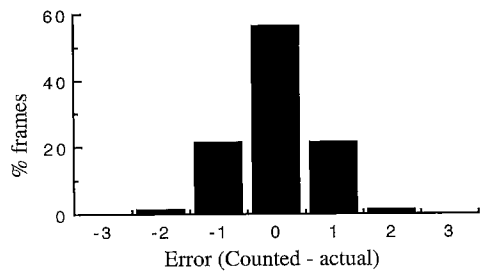


図8 計数の精度
Fig. 8 Precision of counting.

フォーム(2種類)をきている選手を計数する(Data7, 320×240画素, 600フレーム)問題に適用した。表3に計数速度の比較を、図7に計数の例を示す。図8にData7の600フレームに対する2種類の対象物の計数の精度を示す。

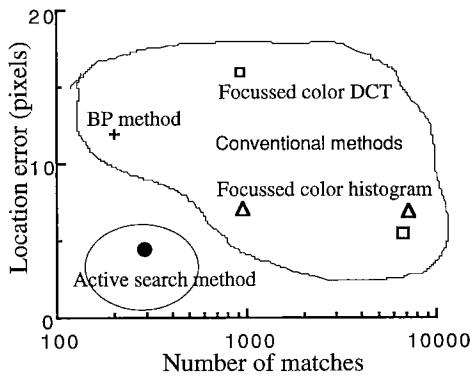


図9 手法による、位置決め精度と計算量の比較
Fig. 9 Accuracy and computation for each method.

5. 考 察

本手法で用いた局所的な色ヒストグラム照合法では色の分布を特徴としている。この色ヒストグラムの性質は、雑音やオクルージョン変形等にロバストであるが、形状の情報が入っていないために、細かい形の違いが重要になるような対象については混同する可能性がある。そこで、それを解決する手法として、局所色ヒストグラムを利用して候補を絞った後に、形状照合を行うという手法が考えられる。二つの異なる性質を利用して計算する手法として、局所色照合により候補を絞った後にテンプレート照合を行う2段階の手法を導入することにより高速にかつ精度良く物体の位置決めを行うことができる。この例では、高周波雑音変動に安定なテンプレート照合法として、後段にDCT(離散コサイン変換)の低周波成分の係数を照合する局所DCT照合法を用いた。

ここで、実験により、物体の位置決め精度と計算量の関係をさまざまな手法で比較した。実験にはData3を用いた。この結果を図9に示す。ここでの比較には、局所色DCT法(4画素おきと、2画素おきの2種類の場合について実験)、局所色ヒストグラム法(4画素おき、2画素おき)、バックプロジェクション法(文献[12]参照)、本手法(アクティブ探索で1画素おきに探索した後に局所DCT照合法を適用)を用いた。局所DCT照合等の画像間の照合を単独で利用する手法は、位置決め精度は高いが、その代わりに非常に細かく走査しなければいけない。しかし少し間引いて走査すると、逆に精度は局所色ヒストグラム法よりも悪くなる。両者の特徴を組み合わせた本手法では、精度を保つ

たまま速度を向上させることが可能である。

6. む す び

本論文では、画像中から興味ある物体を高速に探索するアクティブ探索法とその応用について述べた。この手法では物体の形状変形などに安定な色ヒストグラムを特徴とし、ヒストグラムの代数的な性質を利用することにより、特徴照合を行う際、入力画像中のある位置の類似度から、その近傍の類似度の上限値を計算する。その領域での照合を省略することによって、照合回数を極端に低減できる。実験により、近似を使うことなく計算時間を総当たり法に比較して、10~1000倍程度速度が向上することを示した。

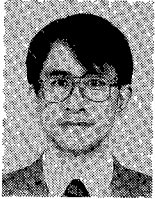
謝辞 日ごろ御指導頂くNTT基礎研究所東倉洋一所長、同研究所科学部石井健一郎部長に深謝する。また日ごろ熱心に議論して頂く橋爪千枝氏に感謝する。本論文は、97年5月に開催された同学会のパターン認識とメディア理解研究会(PRMU)で報告した内容を論文化したものである。

文 献

- [1] 田村秀行, 池田克夫, “知能情報メディア,” 総研出版, 1995.
- [2] M.Sakauchi, “Database vision and image retrieval,” IEEE Multimedia, pp.79-81, Spring 1994.
- [3] W.Niblack, R.Barber, W.Equit, M.Flickner, E.Glasman, D.Petkovic, P.Yanker, and C.Faloutsos, “The QBIC project: Querying images by content using color, texture, and shape,” SPIE, pp.173-187, 1993.
- [4] M.J.Swain and D.H.Ballard, “Color indexing,” IJCV, vol.7, pp.11-32, 1991.
- [5] 長坂晃朗, 田中 謙, “カラービデオ映像における自動索引付け法と物体探索法,” 情処学論, vol.33, no.4, pp.543-550, 1992.
- [6] H.Murase and S.Nayar, “Appearance-based detection of 3D objects in cluttered scenes,” Pattern Recognition Letters, vol.18, pp.375-384, 1997.
- [7] V.V.Vinod, H.Murase, and C.Hashizume, “Focussed color intersection with efficient searching for image detection and retrieval,” IEEE ICMCS 96, pp.229-233, 1996.
- [8] D.Slater and G.Healey, “The illumination-Invariant Recognition of 3D objects using local color invariants,” IEEE Trans. PAMI, vol.18, no.2, pp.206-210, 1996.
- [9] 富高忠房, 関谷庸男, 景山浩二, “自然動画像中の対象物位置検出方式,” グラフィックスとCAD研究会, vol.63-3, pp.13-19, 1993.
- [10] F.Ennesser and G.Medioni, “Finding waldo, or focus of attention using local color information,” IEEE Trans. PAMI, vol.17, no.8, pp.805-809, 1995.
- [11] V.V.Vinod and H.Murase, “Object location using complementary color features: Histogram and DCT,” ICPR96,

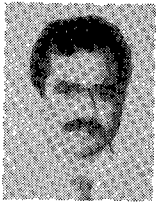
pp.554-559, 1996.

- [12] M.J.Swain and D.H.Ballard, "Indexing via color histograms,"
DARPA Image Understanding Workshop, pp.623-630, 1990.
(平成9年9月29日受付, 10年2月18日再受付)



村瀬 洋 (正員)

昭53名大・工・電子卒。昭55同大大学院修士課程了。同年日本電信電話公社(現NTT)入社。以来、文字・図形認識、コンピュータビジョン、マルチメディア認識の研究に従事。平4から1年間米国コロンビア大客員研究員。現在、NTT基礎研究所情報科学部メディア情報認識グループリーダー。工博。昭60本学学術奨励賞、平4電気通信普及財団テレコムシステム技術賞、平6 IEEE-CVPR最優秀論文賞、平7情報処理学会山下記念研究賞、平8 IEEE-ICRA最優秀ビデオ賞受賞。IEEE、情報処理学会各会員。



V. V. Vinod

1994Indian Institute of TechnologyにてphDを取得。1995から1997までNTT基礎研究所にて研究員、1997からシンガポール国立大学にて研究員。現在に至る。ニューラルネット、マルチメディア認識の研究に従事。