

走査型区間推定を用いた高効率画像照合法

北海道大学大学院工学研究科 ○前 孝宏
北海道大学大学院情報科学研究科 金子 俊一 田中 孝之

要旨

本研究の目的は、効率よくテンプレートマッチングを行う手法を開発することである。テンプレート画像走査過程において、相関係数値計算を行うべき個所を絞り込む基準として用いることができる走査型区間推定を導出した。この走査型区間推定を用いた高効率探索アルゴリズムを作成し、地図画像を用いた実験を行いアルゴリズムの有効性を確認した。

1 序論

テンプレート画像照合は画像理解やパターン認識の分野における基本的な技術であり、物体の位置決めや姿勢検出など様々な分野において活用されており、正規化相関、増分符号相関、ヒストグラム差分、モメントなどの様々な照合手法が提案されている。しかしこれらの手法は照合を行う画像の大きさに応じて非常に大きな計算コストが必要となるため効率よく照合を行う手法が求められている。残渣逐次検定法、アクティブ探索法、GAを用いた手法、ハードウェア化など様々な手法が提案されているが導入するに際してのコストや汎用画像に対しての照合精度が保証されていないなどの問題点がある。本研究では、相関係数値を評価値として用い、シーン走査時にテンプレート画像とシーン画像の相関係数値の上限値を算出することにより、照合計算をスキップするアルゴリズムを設計した。[1]

2 区間推定

2.1 相関係数値と相関係数値に基づく区間推定

同一サイズ A の任意の 2 枚の 2 値画像（適当な並び替えにより 1 次元符号列としておく） $x = \{x_n\}_{n=1}^A$, $y = \{y_n\}_{n=1}^M$ ($x_n, y_n \in \{0, 1\}$) の相関係数を次式で定義する

$$r(x, y) = \frac{1}{A} \sum_{n=1}^A (x_n y_n + \bar{x}_n \bar{y}_n)$$

我々はピボット画像 Z を解して、画像 x と画像 X の相関係数値を推定する区間推定を導出している [2]。区間推定の上限値、下限値共に x と Z の相関係数値 $r(x, Z)$ と Z と X の相関係数値 $r(Z, X)$ の相関係数値より算出される。上限値 R^{p+} 、下限値 R^{p-} は次式で定義される。

$$\begin{aligned} R^{p+} &= 1 - |r(x, Z) - r(Z, X)| \\ R^{p-} &= |1 - (r(x, Z) + r(Z, X))| \end{aligned} \quad (1)$$

2つの限界値による拘束をまとめて次式を得る。

$$R^{p-} \leq r(x, X) \leq R^{p+}$$

これは未知の相関係数値 $r(x, X)$ の区間推定を示していることになる。すなわち、未知画像 x と任意の登録画像 X との未計算の相関係数値の存在範囲を厳密に与える区間となっている。

2.2 画素数比率に基づく区間推定

前節で定義した相関係数値に基づく区間推定とは別に、対象画像 x と登録画像 X の白と黒の画素数比率に基づいた区間推定も定義することができる。対象画像の白画素と黒画素の数を W_x, B_x とし、登録画像の白画素と黒画素の数を W_X, B_X とすると、上限値は 2 枚の画像が最も重なる場合であり次式で定義される。

$$R^{p+} = \frac{\min(B_x, B_X) + \min(W_x, W_X)}{A} \quad (2)$$

下限値は上限値とは反対に 2 枚の画像がもっとも重ならない場合に成立し、相関係数値に基づく下限値と同様に 2 つの式が導出される。次式は 2 つの下限値を絶対値を用いて 1 つの式としたものである。

$$R^{p-} = \frac{|A - (B_x + B_X)|}{A} \quad (3)$$

上記の上限値及び下限値を用いて画素数に基づく区間推定を次式で定めることができる。

$$R^{p-} \leq r(x, X) \leq R^{p+} \quad (4)$$

この画素数に基づく区間推定は前節で示した相関係数値に基づく区間推定と同様に未知の相関係数値を厳密に推定する区間推定である。

3 走査型区間推定

前章で述べた 2 種類の区間推定方式を用いて、シーン画像 S (大きさ: $X \times Y$) 内で、テンプレート画像 T (大きさ: $M \times N$) に類似した個所を走査して探索する問題において、相関計算を行う場所の限定に用いることができる走査型区間推定を導出することができる。

$S_{x,y}$ とテンプレート画像 T の相関係数値 $r(S_{x,y}, T)$ の計算を利用して、 $(x+k, y)$ における相関係数値 $r(S_{x+k,y}, T)$ の区間推定を行うことができる。区間推定を算出するために $S_{x+k,y}$ を相関係数値に基づいて区間推定を導出する領域 (R-領域) と画素数に基づいて区間推定を行う領域 (P-領域) に分割する。この 2 つの領域それぞれに区間推定を行い、2 つの領域の面積を考慮して足し合わせることで $r(S_{x+k,y}, T)$ の区間推定を導出する。

まず R-領域における上限値の導出方法について述べる。R-領域は図 1 中の濃いグレーで塗られた部分である。シーン画

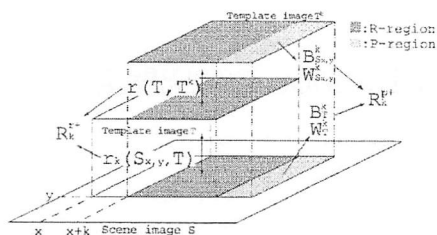


図1 走査型区間推定の上限値の概念



図2 地図記号テンプレート

像 $S_{x,y}$ とテンプレート画像 T の R-領域における相関係数値を $r_k(S_{x,y}, T)$ とすると、図1で示すようにテンプレート画像 T と右方向に k 画素ずらした画像 T^k の共通部分の相関係数値 $r(T, T^k)$ を算出しておけば、 $r_k(S_{x,y}, T)$ をピボット値として用いることにより $S_{x+k,y}$ と T の R-領域の上限値を算出することができる。この2つの相関係数値を用いて $k < M$ の条件を満たす k に対して $S_{x+k,y}$ と T の R-領域における相関係数値の上限値 R_k^+ を次式で定めることができる。

$$R_k^+ = 1 - |r_k(S_{x,y}, T) - r(T, T^k)| \quad (5)$$

$k \geq M$ となる場合には R-領域が存在しないため $R_k^+ = 0$ となる。

次に、P-領域における上限値を求める手段について述べる。P-領域の上限値は画素数比率に基づく区間推定を用いて算出している。シーン画像の P-領域に存在する黒画素と白画素の数をそれぞれ $B_{S_{x,y}}^k, W_{S_{x,y}}^k$ で表す。また、テンプレート画像の P-領域に存在する画素数はそれぞれ B_T^k, W_T^k と表すと、 $k < M$ の条件を満たす場合の P-領域における上限値 R_k^{p+} は次の式で定義することができる。

$$R_k^{p+} = \frac{\min(B_{S_{x,y}}^k, B_T^k) + \min(W_{S_{x,y}}^k, W_T^k)}{Nk} \quad (6)$$

$k \geq M$ となる場合では全てが P-領域となるため、上限値は次の式となる。

$$R_k^{p+} = \frac{\min(B_{S_{x,y}}^k, B_T^k) + \min(W_{S_{x,y}}^k, W_T^k)}{NM} \quad (7)$$

この2つの上限値を領域の面積比を考慮して足し合わせた値が $S_{x+k,y}$ におけるテンプレート画像とシーン画像の上限値となり、次式で表される。

$$R^+(S_{x+k,y}, T) = \begin{cases} \frac{M-k}{M} R_k^+ + \frac{k}{M} R_k^{p+} & (k < M) \\ R_k^{p+} & (k \geq M) \end{cases} \quad (8)$$

この上限値が任意の閾値以下になった場所においてはテンプレート画像との相関値計算を削減することができる。

4 地図記号探索実験

走査型区間推定の有効性を確認するために地図画像中より地図記号を探索する実験を行った。実験に使用したシーン画像となる地図画像は国土地理院発行の数値地図 25000(地図画像) 札幌を用いた。この実験では地図画像と地図記号の相関係数値が 0.95 以上となる個所を回答するように設定して実験を行った。

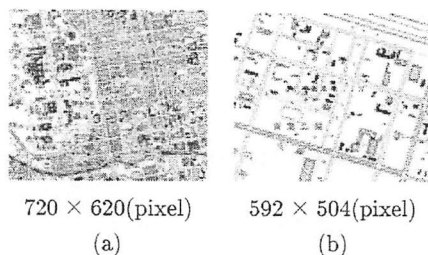


図3 実験画像

探索実験を行った地図記号は図2に示した76枚である。図2に示した地図記号の大きさは地図記号によって異なっており、最小のものでは 8×8 (pixels) 最大のものでは 16×16 (pixels) である。図3は実験を行った地図画像の例を示している。提案手法を用いた場合の照合時間は、地図画像全ての個所において地図記号との相関計算を行って探索した場合に要した時間と比較して100分の12程度に削減されている。高速な探索アルゴリズムの1つであるSSDA(残差逐次検定法)を用いて探索を行った場合に要する照合時間と比較しても、提案手法に要する時間は半分程度であり、提案手法によって効率よく照合が行われているといえる。また、提案手法を用いた場合に回答される個所は全探索の回答と同一であり、提案手法を用いることによる探索漏れは存在せず、正規化相関と同じ照合精度が保証されるといえる。

5 結論

相関計算を行うべき場所を絞り込むことができる走査型区間推定を導出し、実画像を用いた実験を通して提案手法の有効性を確認した。今後の課題としてはスケーリング・歪み・異なったサイズの画像への対応が挙げられる。

参考文献

- [1] 前 孝宏, 金子俊一, 田中 孝之: 走査区間推定を用いた高効率画像照合法, 信学技報, PRMU2004-130, pp.43-48, 2004.
- [2] 前 孝宏, 宮本 敦, 金子 俊一: 相関の区間推定に基づく高効率画像探索, 画像電子学会誌, vol.32, no.2, pp.153-160, 2002.