

# 区間推定を用いた高効率画像探索アルゴリズムの地図記号検索への応用

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

相関係数値と画素数に基づく2つの区間推定を導出し、この区間推定を用いた全探索と同じ信頼度の高効率なテンプレートマッチングアルゴリズムを設計した。このアルゴリズムを用いた試作システムを作成し、実験対象として地図中より地図記号の探索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ン認識の分野に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、ヒストグラム交差、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。本研究では、2値画像を対象とし、評価値として正規化相関を用いて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区間推定を行い、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  $M$  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） $x = \{x_n\}_{n=1}^M$ ,  $y = \{y_n\}_{n=1}^M$  ( $x_n, y_n \in \{0, 1\}$ ) の相関係数を次式で定義する

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

本研究では登録画像群から任意に選択した解の候補となる画像であるピボット画像  $Z$  を提案し、これを用いて相関係数値に基づく区間推定を導出している。上限値、下限値共に相関係数値の定義と三角不等式を用いて導出される。上限値は次式で定義される。

$$R_r^+ = 1 - |r(x, Z) - r(Z, X)|$$

次に下限値について述べる。相関係数値は次の2つの条件を同時に満たす。

$$r(x, X) \geq 1 - (r(x, Z) + r(Z, X))$$

$$r(x, X) \geq r(x, Z) + r(Z, X) - 1$$

この2つの式を絶対値を用いて1つの式とし、下限値として用いている。

$$R_r^- = |1 - (r(x, Z) + r(Z, X))|$$

2つの限界値による拘束をまとめて次式を得る。

$$R_r^- \leq r(x, X) \leq R_r^+$$

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  $X$  の白と黒の画素数情報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。

$$R_p^+(x, X) = \frac{\min(B_x, B_X) + \min(W_x, W_X)}{M} \quad (1)$$

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。

$$R_p^- = \frac{|M - (B_x + B_X)|}{M} \quad (2)$$

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。

$$R_p^- \leq r(x, X) \leq R_p^+ \quad (3)$$

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対象画像と任意の登録画像の未知の相関係数値を厳密に推定する区間推定である。

## 3 走査時上限の定義

シーン画像  $S$  (Size:  $X \times Y$  pixel) 中に対してテンプレート画像  $T$  (Size:  $M \times N$  pixel) に類似した個所を走査して

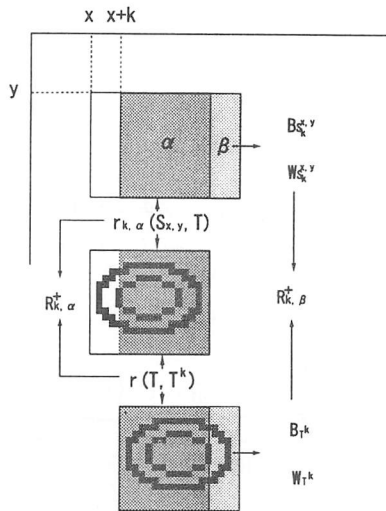


図 1: 走査上限値の概念

探索する問題を前章で述べた区間推定を用いて高速に探索する手法について述べる。

図 1 に示すように  $S_{x,y}$  における相関係数値  $r(T, S_{x,y})$  に基づいて、 $k$  画素進んだ  $(x+k, y)$  地点における相関係数値  $r(T, S_{x+k,y})$  の上限  $R^+(T, S_{x+k,y})$  を計算することができる。この上限値は  $S_{x,y}$  と  $S_{x+k,y}$  の共通部分  $\alpha$  と共通しない  $\beta$  の領域に分けて導出する。

まず共通部分  $\alpha$  の領域の上限値の導出方法について述べる。図 1 のシーン画像中の濃い灰色で示した領域と上のテンプレートの灰色の部分の相関係数値を  $r_{k,\alpha}(S_{x,y}, T)$  とするとこの値は、 $r(T, S_{x,y})$  を計算する際に容易に計算しておくことができる。ここで上下のテンプレートの濃い灰色の領域の相関係数値を求めておけば領域  $\alpha$  と下のテンプレートの上限値を定めることができる。下のテンプレートを  $T^k$  として相関係数値  $r(T, T^k)$  を事前に導出しておけば、 $S_{x+k,y}$  とテンプレート  $T$  の  $\alpha$  部分の上限値を次の式で求めることができる。

$$R_{k,\alpha}^+ = 1 - |r_{k,\alpha}(S_{x,y}, T) - r(T, T^k)| \quad (4)$$

次に領域  $\beta$  の上限値を求める手段について述べる。この領域の上限値は画素数に基づく区間推定を用いて行う。テンプレート画像の  $\beta$  部分の白と黒の画素数をそれぞれ  $B_{T^k}$ ,  $W_{T^k}$  とし、シーン画像  $S$  の同じ部分の画素数をそれぞれ  $B_{S_{x+k,y}^{\alpha,\beta}}$ ,  $W_{S_{x+k,y}^{\alpha,\beta}}$  とすると、領域  $\beta$  の上限値は次の式で定義することができる。

$$R_{k,\beta}^+ = \frac{\min(B_{T^k}, B_{S_{x+k,y}^{\alpha,\beta}}) + \min(W_{T^k}, W_{S_{x+k,y}^{\alpha,\beta}})}{M}$$

この 2 つの上限値をそれぞれの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

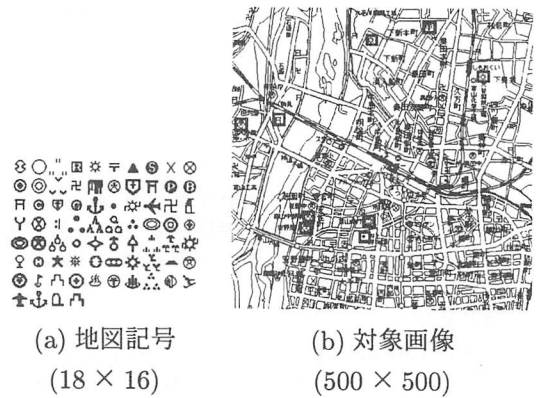


図 2: 地図記号の探索

とシーン画像の上限値となり、次式で表される。

$$R^+(S_{x+k,y}, T) = \frac{M-k}{M} R_{k,\alpha}^+ + \frac{k}{M} R_{k,\beta}^+$$

この上限値が任意の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計算をスキップすることができる。この上限値を計算するコストは相関計算のコストと比較してはるかに小さいので高速な探索を実現できる。

## 4 地図記号探索実験

実画像を用いて本手法の有効性を確認する実験を行った。図 2(a) に示した大きさ  $18 \times 16$  (pixel) の 74 枚の地図記号を登録し、図 2(b) のような  $500 \times 500$  (pixel) の地図中より地図記号との相関係数値が 0.95 以上となる個所全てを解答するように設定して実験を行った。表は図 ref 地図対象画像 (b) に対して実験を行った結果である。全探索を行った場合と比較しておよそ 8 分の 1 から 10 分の 1 の時間で探索が終了している。この手法を用いた場合に得られた解答位置は全探索を行った場合と同じ位置が得られている。

## 5 結論

区間推定を用いた高効率テンプレート照合アルゴリズムを作成し、実画像を用いた実験により有効性を確認した。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, 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.