

## 統計的符号変化(SSC)を用いた自然画像照合

北海道大学工学研究科 ○福島孝明 近藤司 金子俊一 五十嵐悟  
E-mail:{ fuku@mee., tkondo@, kanekos@, igarashi@} coin.eng.hokudai.ac.jp

## 要旨

自然画像の照合を行うための2つの照合方法を提案する。統計的符号変化(SSC)は医用画像処理などに用いられていた手法であるが、今回は高速化を導入した。それを拡張した増分符号一致度は照明変化などによりロバスト性をもつように設計した。実画像を用いた実験結果を併せて示す。

## 1. まえがき

本論文では、ロバストな統計的符号変化(SSC)を用いた画像照合法と、それを拡張した増分符号一致度による画像照合法の2つを提案する。画像照合技術は文字認識や自動車のナンバー認識などに利用され成果をあげているが、本研究では自然風景内の対象物の探索や位置決めを利用することを目的としている。自然画像を用いた画像照合技術は、地形の定点観測などに利用でき、落盤事故などの自然災害予測・回避などに応用されるものと期待できる。

## 2. 統計的符号変化(Stochastic Sign Changes)を用いた画像照合法

## 2-1. 統計的符号変化

この手法は1984年にA.Venotらによって発表されたユニークな手法で、これは符号変化が保存される範囲でのロバスト性をもつ[1]。SSCは差画像を取ることで得られる正負の符号変化回数の総和である。SSCの原理を図1に示す。一般に画像内の類似部分においては輝度の並びも類似する傾向がある。これはノイズを含んでおり確定的な傾向ではないが、統計的には適当な符号の交替が見られる。図1の場合は符号変化の回数が9回となる(SSC=9)。差が0のときはSSCにはカウントされない。SSCは次のように定式化できる。

$$SSC = \sum_{i \in R} \delta(\text{sign}((f_i^1 - f_i^2)(f_{i+1}^1 - f_{i+1}^2)) + 1)$$

ここで、 $\{f_i^k\}$  ( $k=1,2$ )は2次元部分画像の適当な1次元順列、 $\delta()$ はクロネッカーデルタ関数、 $\text{sign}()$ は符号関数、 $R$ は対象画像の共通領域を示す。対象画像が統計的ノイズを含まない場合には、テンプレート画像に故意に規則的なノイズを与えると決定的符号変化(Deterministic Sign Change 以下DSC)が提案されている[1]。次のように原画像を変換した2つの画像 $\{g_i^k\}$  ( $k=1,2$ )をとる。

$$g_i^1 = f_i^1 + (-1)^i \alpha$$

$$g_i^2 = f_i^2$$

1998年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集

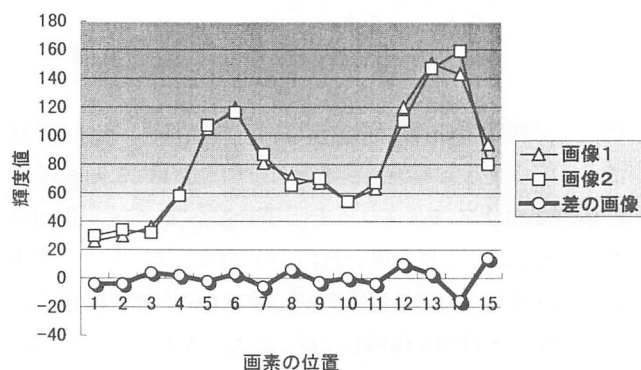


図1 SSCの原理

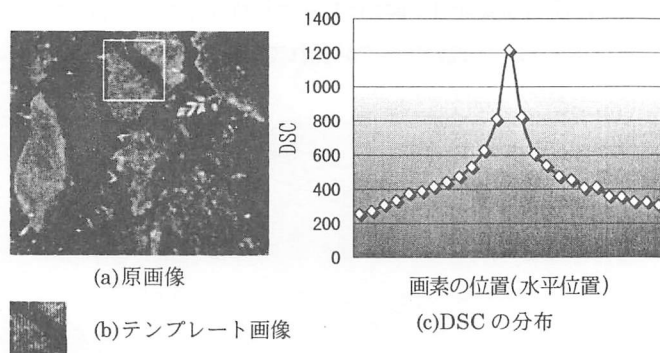


図2 DSCの実験結果

ここで、 $\alpha$ は輝度幅を表すパラメータである。すなわち交互に符号の交替する確定的なノイズを混入して符号変化を引き起こす。実験結果を図2に示す( $\alpha=10$ )。正確な照合を達成している。

## 2-2. 計算時間の短縮

このアルゴリズムはある頻度で分岐チェックを行って無駄な計測を省略するものである。探索はSSCの現在の最大値を保持しながら対象画像全体をテンプレート画像によって走査する。図3は現在位置におけるSSC計算の様子を示している。図はSSCの計算がテンプレート画像のM列目のk番目まで終了したことを示す。このときのSSCの可能な最大値は、テ

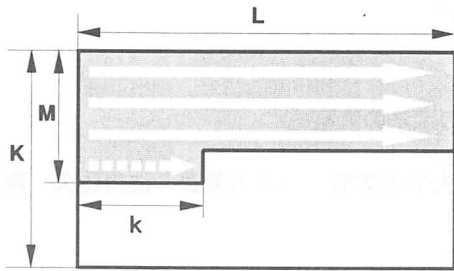


図3 高速化アルゴリズム

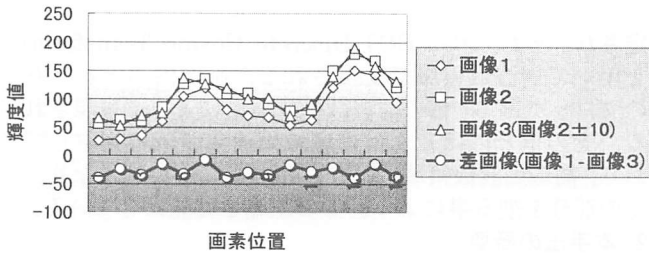


図4 SSC(DSC)では照合されない例

ンプレート画像の残りの部分すべてにおいて符号変化するときを得られる。その可能な最大値が保持している既知の最大値を越えない場合には残りの部分の計算を行う必要はなく分岐することができる。現在の SSC の値を SSC、それまでに測定した SSC の最大値を SSCmax と置く。すでに計測済みの画素数は  $(M-1)L+k$  と表せるので、

$$SSC < SSC_{max} - [KL - \{(M-1)L + k\}]$$

を判別式として、式が成り立つときは測定を次のステップに移るといものである。この高速化アルゴリズムによって図2の実験では約88%の時間短縮に成功した。表1に計算時間などを示す(Pentium150Hz, Visual Basic v.5)。

表1 実験の仕様、結果

元画像		135×155pixel
テンプレート画像		35×35 pixel
計算時間	分岐検査あり	33秒
	分岐検査なし	4分30秒

### 3. 増分符号一致度を利用した画像照合

#### 3-1. SSCの課題

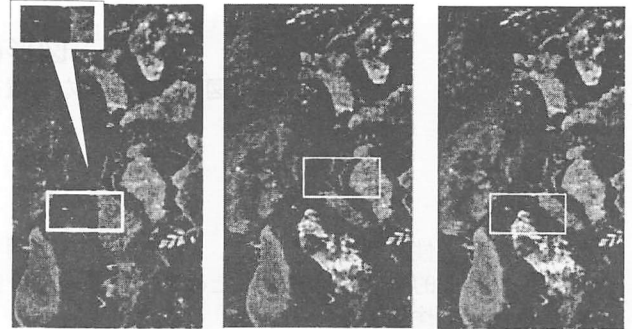
SSC および DSC では2つの画像の輝度値が全体的に照明条件などによって変化している場合に照合できない欠点がある(図4の差画像)。DSCにおける $\alpha$ の設定も画像ごとに依存し一般的に行うことは難しい。

#### 3-2. 増分符号一致度

SSCを拡張した画像の輝度の増分符号を利用した手法を提案する。これは単一画像内の輝度値の増分符号を判断の材料とする手法である。照合すべき2つの画像に対応するビット列をそれぞれ  $\{b_i^k\}$  ( $k=1,2$ ) とする。

$$b_i^k = \delta(\text{sign}(f_i^k - f_{i+1}^k) + 1) \quad k=1,2$$

#### テンプレート画像



(a)テンプレート画像元(注:白枠は手作業で書き加えたもの)  
(b)SSCを用いた例  
(c)増分符号一致度を用いた例

図5 実験結果画像

すなわち隣接する画素において輝度値が増加するか(1)、減少するか(0)を示している。このとき増分符号一致度  $r$  ( $0 \leq r \leq 1$ ) は次の式になる。例えば図4では符号変化は左か

$$r = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N (b_i^1 \cdot b_i^2 + (1-b_i^1) \cdot (1-b_i^2)) \right)$$

ら画像1では  $\{+, +, +, +, +, -, -, -, -, -, +, +, +, -, -\}$  画像2では  $\{+, +, +, +, +, -, -, -, -, -, +, +, +, -, -\}$  であり、 $r=11$  となる。

### 4. 実験

実験に使用した画像は北海道大学構内の工学部駐車場にて、7月1日午後1時、天候晴れ、手持ちという条件で撮影したものである。撮影には Kodak 社のデジタルカメラ DC210A Zoom を使用した。この撮影ではテンプレート画像を切り出した位置に別の石を加えることにより人為的に遮蔽を作っている。画像は原画像が  $250 \times 120$  pixel、テンプレート画像が  $25 \times 50$  pixel である。

この実験では非常に良好な結果が得られた。1つは大きな障害物を付加しているにもかかわらず照合をしていることである。SSCでは2つの画像の輝度が離れているために別の部分を照合しているが、増分符号一致度を用いた場合には輝度に影響されずに照合位置を決定している。

### 5. あとがき

SSC、DSCの説明を行い、独自の高速化アルゴリズムを提案し、実験によってその効果を確認した。増分符号一致度という新たな手法を提案し実験によってその効果を確認した。その際、大きな障害物を付加しても画像照合ができることを確認した。計算時間の短縮が課題である。

#### 参考文献

[1] A.Venot, J.F.Lebruccec and J.C.Roucyayrol: A New Class of Similarity Measures for Robust Image Registration, CVGIP, Vol.28, pp176-184 (1984).