

画像交差値による照合とそのステレオ計算への応用

北海道大学工学部 ○渡辺 暢 金子俊一 五十嵐悟

あらまし 画像交差値と呼ぶ新しい画像パタンの類似度を提案し、それに基づくテンプレート照合法を提示する。これは正規化相関の約半分の計算コストによって実現でき、画像情報を利用して照合処理の S/N 比を向上できる可能性をもつ。さらに分岐限定的な工夫を導入して高速化を図ることができる。実画像を用いた照合実験を併せて示す。また、その画像交差値を利用し、近似によるPI誤差を用いた照合アルゴリズム、実験例を併せて示す。

1. はじめに

正規化相関の盛んな利用に見られるようにテンプレート照合法は画像理解や視覚検査の分野において非常に基本的かつ重要な手法である。本報告では新しい画像照合手法である画像交差値によるテンプレート照合法について述べる。ここで用いられる基本的な類似度は「交差値(intersection)」とよばれ、Swainらによって色ヒストグラムに基づく画像検索に用いられた概念[1]を修正したものである。提案する手法は、正規化相関の約半分の計算コストによって実現でき、画像情報を利用して照合処理の S/N 比を向上できる可能性をもつ。さらに分岐限定的な工夫を導入して高速化を図ることができる。本報告では基本的定式化、基本特性、実画像による照合実験、さらにその応用例などについて述べる。

2. 画像交差値

画像交差値PIは次式によって定義される。

$$PI = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in T_R} \frac{\text{small} \{n_I(x,y), n_T(x,y)\}}{\text{large} \{n_I(x,y), n_T(x,y)\}} \\ = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in T_R} pi(x,y) \quad (1)$$

ここで、 T_R はテンプレート画像領域(対象画像内において適当なオフセット量平行移動されている)、 N はその画素総数、 $n_I(x,y)$ および $n_T(x,y)$ は対象画像およびテンプレート画像の画素に定義されるスカラー値(通常は明度値や色度値など)である。すなわち、画素の相違を常に1以下になる比 $pi(x,y)$ として表し、その総和量として画像全体の類似を表現する。

画像交差値の基本特性を解析する。まず両画像が互いに似ている状態においてPIが重み付けされた画素値の差の和として近似できることを示す。 $n_I(x,y) = n_T(x,y) + \Delta n(x,y)$ とする。 $\Delta n(x,y)$ は差であり、これがテンプレート画素値 $n_T(x,y)$ に比べて小さい場合には、幾何級数展開近似を用い

てPIは次式のように近似できる。ここで $\Delta n(x,y) > 0$ としているが負の場合にも容易に同様の結果を導くことができる。

$$PI = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in T_R} \frac{\text{small} \{n_I(x,y), n_T(x,y)\}}{\text{large} \{n_I(x,y), n_T(x,y)\}} \\ \approx 1 - \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in T_R} \frac{\Delta n(x,y)}{n_T(x,y)} \quad (2)$$

したがって、PIは単なる差の総和ではなく、テンプレート画素値によって重み付けされた差の総和とみなすことができる。すなわち、 n_T が大きな値をもてば全PIに対する寄与の割合は小さくなり、逆もまた真である。人間の応答特性は通常対数関数(log)的な「飽和特性」をもつとよく言われる。特に視覚特性(光刺激)ではWeber-Fechnerの法則として知られている[2]。たとえば明度差を重み付けて総和を計算することによって類似する効果を得ることができるだろう。

3. 照合アルゴリズム

前節で定義したPIを用いて画像照合アルゴリズムを設計することができる。通常は順次走査に基づく照合アルゴリズムを利用する。

PIを次式のように変形し、PIは正規化せずに用いる。

$$PI_{N|1} = PI_{N|k} + PI_{k|1} \\ \leq N - k + PI_{k|1} \quad (3)$$

$PI_{i,j}$ は全画素中の*i*番目から*j*番目までの画素に基づく部分的なPIを示す。上式から、*k*番目までPIを計算した時点でその最終値は上式で示される上限値を超えないことが保証されることになる。これを用いれば、分岐限定法における高速化の工夫を導入することができる。すなわち、対象画像内における最大照合値を保持しながら順次走査を行っていくが、その最大値を超える可能性のないPIの計算を途中で打ち

図1に照合例を示す。図2はピーク特性を示す。一致している位置において鋭いピークが現れている。

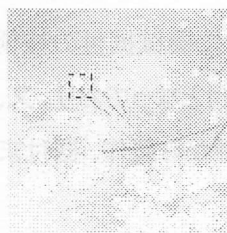


図1 画像交差値による画像照合(順次走査).
対象画像:160×160, テンプレート画像:15×15.
照合時間:16秒. 使用CPU:Pentium,200MHz.

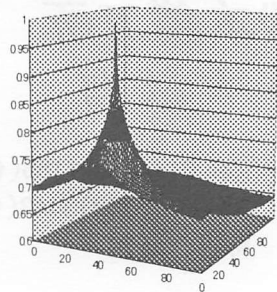


図2 画像交差値のピーク特性

4. 最小メディアンPIによる画像照合

一般にテンプレート照合法は画像の遮断に弱く、ロバストではない。ここでは誤差値の中央値の評価に基づくロバスト照合法を設計する。

式(1),(2)より、画素(x,y)における $pi(x,y)$ の誤差は次式で示される。

$$dif(x, y) = n_T(x, y) \{1 - pi(x, y)\} \quad (4)$$

ここで、 $dif(x,y)$ は画素(x,y)における $pi(x,y)$ の誤差を表す。画像照合において、テンプレートの位置ごとに $dif(x,y)$ の中央値を取り、その中央値が最小となるテンプレートの位置を照合位置とする。次にPI照合と最小メディアンPIによる照合の比較例を示す。

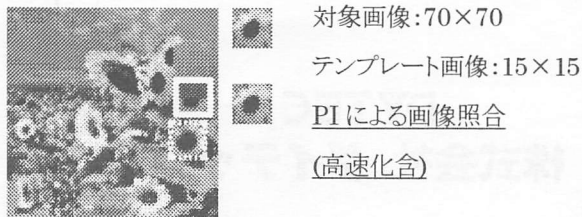


図3 対象画像とテンプレート画像

実線枠はテンプレート画像の位置を示し、テンプレート画像上の対象物は対象画像上においては約50%隠れている。最小メディアンPIによる照合は正しい位置を検出している

が、PIによる照合は点線枠で示す位置を検出した。このように、最小メディアンPIによる照合は、PIによる照合と比較して、対象物の隠れに強いという特性を有している。

5. 色特性に基づく照合評価

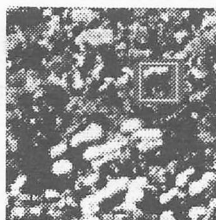


図4 画像交差値による画像照合
照合値10点(順次走査).
対象画像:80×80
テンプレート画像:15×15
照合時間:9秒
使用CPU:Pentium,200MHz

上の図4はPI照合において照合値上位10点を赤枠で示した図である。照合位置は明るい枠で示している。照合位置の近傍において照合値が高くなっていることがわかる。

式(1)において、 $n_I(x,y)$ および $n_T(x,y)$ は対象画像およびテンプレート画像の画素に定義されるスカラー値であるが、それぞれが色度値による値、次に明度値による値、であるときのPI照合のピーク特性を次に示す。

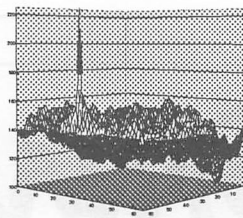


図5 色度値による照合

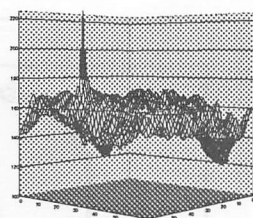


図6 明度値による照合

色度値による照合は情報量が多い為、明度値による照合より計算量は増大するが、より大きなピークを取ることが判る。

6. まとめ

画像交差値に基づく画像照合法、またその誤差の中央値を利用した照合法について提案した。基礎的な実験を通して、有効性を確かめた。

参考文献

- [1] M. J. Swain and D. H. Ballard: Color Indexing, IJCV, 7,1,pp.11-32, 1991.
- [2] 渡辺 暢: 色交差値に基づくテンプレート照合法の研究: 北海道大学工学部精密工学科卒業論文, 1998.
- [3] 渡辺 暢, 金子俊一, 五十嵐悟: 画像交差値によるテンプレート照合法: 電気学会パターン認識協同研究委員会北海道地区研究会資料, 1997.