

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、色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、ステレオ計算による岩質壁への凹凸の計測について検討する。

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、色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は各対応画素による比の照合領域にわたる総和として次式によって定義できる。

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

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。ここでは $\Delta n(x,y) > 0$ 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。

$$\begin{aligned} PI &= \frac{1}{N(x,y)} \sum_{(x,y) \in T_R} \frac{\text{small}\{n_I(x,y), n_T(x,y)\}}{\text{large}\{n_I(x,y), n_T(x,y)\}} \\ &= \frac{1}{N(x,y)} \sum_{(x,y) \in T_R} \frac{n_T(x,y)}{n_T(x,y) + \Delta n(x,y)} \\ &\approx \frac{1}{N(x,y)} \sum_{(x,y) \in T_R} \left\{ 1 - \frac{\Delta n(x,y)}{n_T(x,y)} \right\} \\ &= 1 - \frac{1}{N(x,y)} \sum_{(x,y) \in T_R} \frac{\Delta n(x,y)}{n_T(x,y)} \end{aligned}$$

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し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。

PIの統計的性質について検討すべく期待値を求める。

$$\begin{aligned} E\{PI\} &= 1 - \sum_{(x,y) \in T_R} \frac{E\{\Delta n(x,y)\}}{n_T(x,y)} \\ &= 1 - \frac{2\sigma}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{N(x,y)} \sum_{(x,y) \in T_R} \frac{1}{n_T(x,y)} \\ &= 1 - \frac{2\sigma}{\sqrt{2\pi}} T \end{aligned}$$

ここで σ は差をノイズとしてみなした場合の標準偏差、 T はテンプレート画像によって各々決まる定数である(テンプレート画像内の画素値は確定変数として扱っている)。ノイズの分散値は撮像条件などに左右され事前に推定できる場合が多い。そのような場合には上式は照合処理における検出判定

のためのしきい値の設計などに利用できる。

2. 照合アルゴリズム

2.1 順次走査アルゴリズム

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する。ここではPIは正規化せずに用いている。

$$PI_{N|j} = PI_{N|k} + PI_{k|j} \\ \leq N - k + PI_{k|j}$$

$PI_{i,j}$ 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切る(限定操作)。そして次のPI計算に移行する(分岐操作)。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。

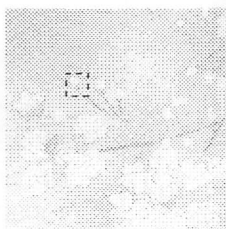


図1 画像交差値による画像照合(順次走査)。
対象画像:160×160, テンプレート画像:15×15. 照合時間:16秒. 使用CPU:Pentium,200Mz.

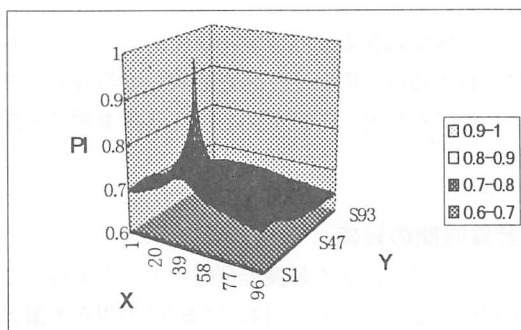
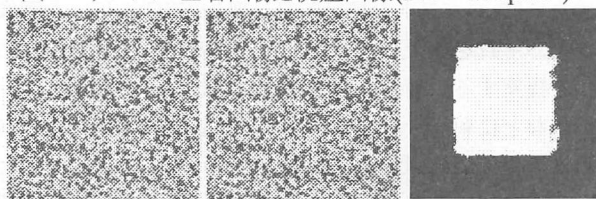


図2 画像交差値のピーク特性

3. ステレオ計算への応用

ステレオ画像による奥行き計算のために画像交差値を利用する方法について検討している。ここでは固定のテンプレート画像ではなく、例えば左画像から切り出す部分画像に対応する右画像内の部分画像を探索する。一般にエピソード条件より走査線の対応は既知である場合には、水平位置のずれ(視差)の探索問題となる。予め設定する最大視差(ここでは±5画素)によって探索範囲を限定している。図3はシミュレーション実験の実験画像と結果である。

図3 サンプル左右画像と視差画像(105×105pixel)



(a)左画像 (b)右画像 (c)視差画像

左画像の(23,23)-(77,82)の部分画像が、右の(28,23)-(82,82)の部分に対応している。つまり、部分画像全体にわたり5画素の視差が存在している。また、左右画像とも、標準偏差2.0(分散4.0)のガウスノイズが画像全体に付加されており、さらに標準偏差20.0のガウスノイズが中央の正方形部分に付加されている。ここで、視差画像において、(明度)=(視差×50)とした。

結果、左右画像の対応する部分は境界部分を除けばすべて明度が250を示した。つまり、視差が5画素であるということになり、画像交差値による計測はノイズによる影響が少なく、安定しているということがわかる。

4. まとめ

画像交差値に基づく画像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。今後の課題としては、実画像を用いた照合実験、その高速計算の検討などがあげられる。

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.