

テンプレートマッチング法のパターンの変形に対する 耐性の実験的評価

Empirical Evaluation of Robustness of Template Matching Methods against Pattern Deformations

阿久津 裕之[†]
Hiroyuki Akutsu[†]

太田 直哉[†]
Naoya Ohta[†]

1 はじめに

テンプレートマッチングとは、テンプレートと呼ばれる特定の画像と同じ画像パターンを入力画像の中から検出する画像処理である。しかし実際に使用される状況を見ると、検出すべき画像パターンがテンプレートと同じ向き・サイズで入力画像中に存在する場合はきわめて稀である。したがって、この手法を実際の状況で信頼性高く使用するためには、この手法の対象の変形に対する耐性を評価しておく必要があるが、それに関する報告はほとんどないと思われる。そこで本研究では、この耐性を実験的に評価した結果を報告する。

本研究で調査したテンプレートマッチング法は SAD (差の絶対値の和)、SSD (差の 2 乗和)、NCC (正規化相互相関)、ISC (増分符号相関)[1]、SRF (統計的リーチ特徴法)[2] の 5 つである。テンプレートがマッチすべき画像を変形しながら、それぞれの手法の評価値 (類似度) の変化を観測する。どの程度の変形でミスマッチが生じるかを計算し、これを各手法のパターン変形に対する耐性として評価した。

2 評価方法

評価方法は以下の通りである。まず検出すべき画像 (テンプレート画像) を用意する。その画像に倍率の変化、回転、台形変形を施した後にノイズを加え、探索される画像 (探索画像) を作成する。次に変形する前の画像 (テンプレート画像) と変形後の画像 (探索画像) との間でテンプレートマッチングの評価値を計算する。その一方、テンプレート画像と全く無関係な画像に対してマッチングを行ったときの最大の評価値^{*1}を計算しておく。そして探索画像に対する評価値が無関係な画像に対する評価値を下回らない変形の範囲、すなわち画像の検出誤りが生じない変形の範囲を調べる。以上の処理を複数のテンプレート画像に対して行い、検出誤りが生じない変形の範囲の平均を計算し、それによって各テンプレートマッチング手法の耐性の評価値とする。

テンプレート画像として図 1 に示す 7 種類の画像を用いた。これらに施す変形は倍率に関しては 80%~120% の範囲で 2% 刻み、回転は 0° ~ 20° の範囲で 2° 刻みとした。台形変形は、3 次元空間中の平面をカメラの画像面と平行な軸で

回転させた場合を想定した変形である。撮影ジオメトリは焦点距離が 35mm のカメラを仮定し、対象平面の一边が約 100 画素 (正確な値は各テンプレートによって異なる) に撮影される位置に置いた状況を考えた。その 3 次元空間での回転が 0° ~ 50° の範囲、5° 刻みでの変形を合成した。最初のテンプレート画像 (文字「画像」) に各変形を施した画像を図 2 に示す。このように作成した画像、およびそれにノイズを加えた画像を探索画像とする。加えたノイズは平均 0 で、標準偏差が 2, 8, 32 レベルのガウスノイズである。なお画像のレベル数は 256 レベル (8bit) である。

一方、テンプレート画像と無関係な画像パターンに対する評価値を計算するために使用した 6 種類の画像 (ここでは背景画像と呼ぶ) を図 3 に示す。ラスタスキャンによって、これらの画像の各部分でテンプレートマッチングの評価値を計算し、その最大値をミスマッチを生じない最小のしきい値と見なした。



図 1 実験に使用した 7 種類のテンプレート画像

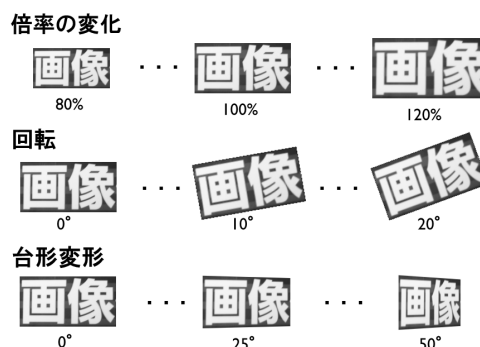


図 2 探索画像 (変形されたテンプレート画像)

[†] 群馬大学大学院工学研究科

^{*1} 本研究で、評価値とは類似度の意味で用いている。SSD など画像から計算される値が小さい方が類似度が大きい、その場合には評価値が大きいとは計算値が小さいという意味である。



図3 背景画像 (テンプレートと無関係な画像)

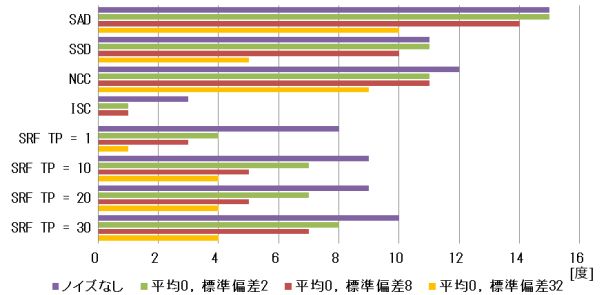


図6 回転の変化

3 実験結果

倍率変化の結果を図4および図5、回転の結果を図6、台形変形の結果を図7に示す。各棒グラフが前節で述べた耐性範囲(ミスマッチが生じない範囲の平均値)を示している。また手法SRFには調節可能なパラメータ t_p があるが、それを1, 10, 20, および30にした場合の結果を分けて示してある。また各手法に関してグラフの棒は4本あるが、これは画像に加えたノイズの違いで、上からノイズ無し、ノイズの標準偏差が2レベル, 8レベル, 32レベルの結果になっている。

一般的傾向としてはSADおよびNCCが画像変形に対する耐性が比較的良好で、SSD、SRFがそれらに続き、ISCが耐性が劣るという結果になっている。また画像に加えるノイズに関しては、どの手法もノイズを加えると変形に対する耐性が低下するが、低下の程度はSAD、SSD、NCCなどの古典的な手法が比較的良好で、ISC、SRFのような画素の大小関係を比較する手法は敏感であることが分かる。

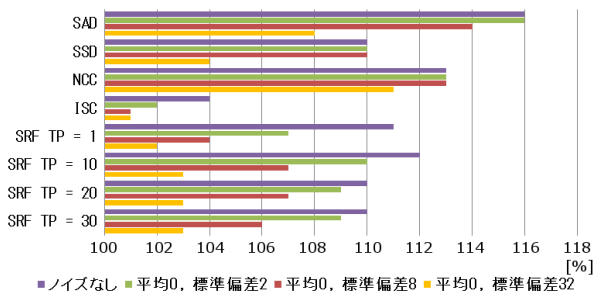


図4 倍率の変化 (拡大方向)

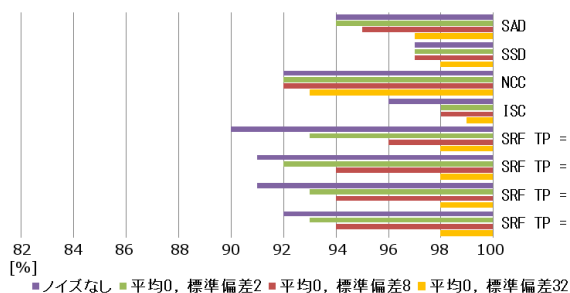


図5 倍率の変化 (縮小方向)

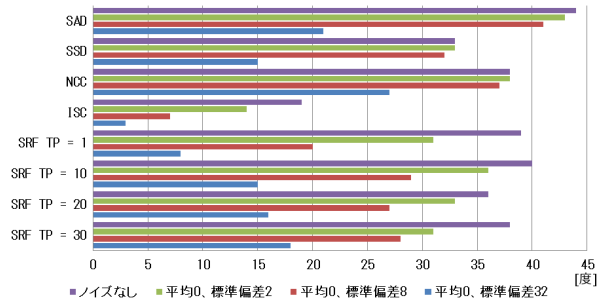


図7 台形変形

4 まとめ

本研究では、テンプレートマッチングの主要な5つの手法に関して、対象パターンの変形に対する耐性を、実験的に調べた。一般に、テンプレートマッチングが使用される状況では、探し出すべき画像とテンプレートの間にサイズや方向の違いが存在する。それに対処するために、サイズや方向を変えた複数のテンプレートを用いること(マルチテンプレート)が行われるが、サイズと回転に関してどのような間隔でテンプレートを用意すれば良いかは、あまり明らかでない。一つの例ではあるが、本研究の結果はこのような場合の指針になる。たとえばNCCを用いる場合、図6によれば、ノイズが大きい場合でも8度程度の許容範囲はあるので、その倍の16度間隔でテンプレートを用意するのが妥当と考えられる。

謝辞: 本研究の一部は科研費基盤研究(C)(No.21500156)によった。

参考文献

- [1] 村瀬一朗, 金子俊一, 五十嵐悟, "増分符号相関によるロバスト画像照合", 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J83-D-II, No. 5, pp. 1323-1331, 2000.
- [2] 尾崎竜史, 佐藤雄隆, 岩田健司, 坂上勝彦, "統計的リサーチ特徴法によるロバスト画像照合", ViEW2008 ビジョン技術の実利用ワークショップ, pp. 191-196, 2008.