

インタレース高速相関マッチングによる画像オブジェクト検出

Image Object Detection by Using Interlaced Fast Correlation Matching

下地 勇樹^{*1}

Yuuki Shimoji

比嘉 克也^{*1}

Katuya Higa

山口 力^{*2}

Chikara Yamaguti

長山 格^{*1}

Itaru Nagayama

1. はじめに

画像処理・画像解析において画像中に含まれるオブジェクトの検出は重要な課題であり、これまでに様々な方法が提案されている。特に、複数の物体が存在するときや高解像度画像から物体検出処理を行うときは処理の高速性が求められる。画像計測の実用的場面においても、高速なオブジェクト検出は非常に重要な条件であり、画像処理技術の産業上の応用領域拡大に大きく寄与する。

これまでに提案された多くの画像オブジェクト検出方法のうち、テンプレートマッチングは処理の容易さや有効性などから、工作用ロボットや製品検査における位置決め制御・部品識別、衛星偵察における目標探索等に幅広く利用されている。特に、テンプレートマッチングの一種であるSSDA法(Sequential Similarity Detection Algorithm, 以下SSDA法と略す)は、高速な処理が実現できる点で有効である。しかし、大容量画像が処理対象となる現在では必ずしも十分ではなく、いっそうの高速化が求められるこれらの問題を解決するために本研究ではSSDA法をさらに高速化するインタレース高速相関マッチングを複数オブジェクトと検出するために部分探索エリアを定義し、重複せずかつ高速にオブジェクトを検出できる手法を検討する。

2. SSDA法(残差逐次検定法)

SSDA法はノイズに強く、相関法などに比べ計算量の少ない手法である。SSDA法では、テンプレート画像と探索画像の濃度残差が最小となる位置を求めて探索画像内を他探索する。誤差の累積である濃度残差 R を式(1)で示す。

$$Er(x, y) = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} |S_{xy}(i, j) - T(i, j)| \quad (1)$$

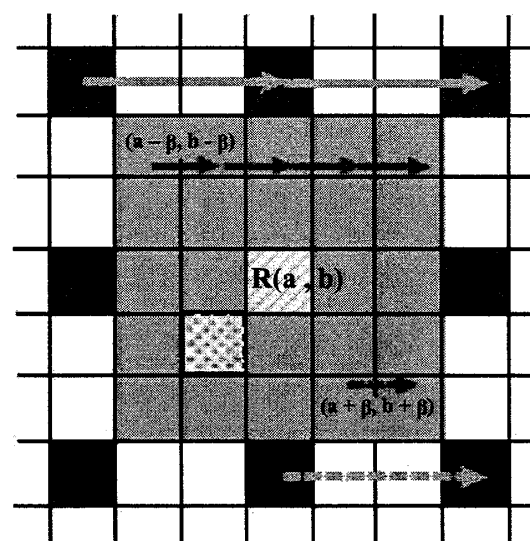
$$(0 \leq a \leq N_x - M_y, 0 \leq b \leq N_y - M_y)$$

個々の (a, b) の位置で、部分画像 i 、テンプレート画像 T の、通常はすべての対応する画素について演算を行う。また、通常画像 i は通常1画素単位で探索画像 I の内部を移動し、そのつどその位置 (a, b) で式(1)の演算を行う。そのため、マッチングするまでの演算量は相関法に比較すれば少ないが、それでも相当な量となるためSSDA法では R に閾値を設け演算の打ち切りによる処理時間の短縮を図っている。

3. インタレース高速相関マッチング

3.1 インタレースマッチング

従来のSSDA法では、マッチングにおいて演算の打ち切りを行うため相関法などに比べ処理時間が短縮されていた。しかし、計算量からすればまだ膨大であり、大容量画像が処理対象となる現在では必ずしも十分ではなく、いっそうの高速化が求められている。そこで、本研究ではSSDA法をさらに高速化する方法として図1(a)に示すようなインタレースマッチングを行う。すなわちインタレースマッチングとは、テンプレート、探索画像の全てのピクセルにおいてマッチングを行うのではなく、双方においてある一定の間隔をおいたピクセルのみをマッチング対象とし残差を求めていく方法である。ここでの間隔をインタレース値とし、この値は画像のテンプレートのサイズによって決められる。インタレースマッチングにより総演算回数を減らすことが可能となり、処理速度の大幅な向上が実現される。



STEP1.

探索対象画像

一回目の探索

検出位置(候補)

精密探索の範囲

STEP2.

2回目の探索

最終検出位置

^{*1} 琉球大学工学部, University of the Ryukyus

^{*2} 沖縄富士通システムエンジニアリング,
Okinawa Fujitsu System Engineering

図1 インタレース高速相関マッチング

表1 処理速度の向上率(倍)

$\alpha \setminus \beta$	0	1	2	3	4	5
0	1	4	8	15	23	32
1	4	16	35	60	94	130
2	9	36	75	129	202	277
3	16	62	131	227	344	471
4	25	95	199	343	545	725
5	36	138	290	492	760	1093

※ α : テンプレートのインタレース値

β : 探索画像のインタレース値

3.2 精密探索

探索画像をインタレースしてマッチングを行った場合,正しい検出位置を見逃す可能性がある.この問題に対処するために,インタレースマッチングを行ったあと,最小値の候補となる領域を選び,その中を細かく探索することにより正しい位置を検出する2段階の探索手続きをとる.すなわち,第一段階のマッチングで探索画像を β 個インタレースして最小残差を求める.つぎに図1のstep2に示すような一回目の検出位置を中心とした $(2\beta+1)^2$ の領域を探索範囲として今度は第二段階の逐次探索を行い正確な位置を求める.このときの閾値は最初の探索で求めた最小残差であり,ここでもSSDA法による打ち切りを行っているため,検出時間の短縮が可能である.そして,その領域の探索が終わり最終的に残った最小残差の位置を正しい検出位置として表示する.

4. 評価実験

4.1 精密探索

提案手法であるインタレースマッチングの処理時間を検証するための実験を行った.インタレース値の違いによる処理時間をみるため,インタレース値をテンプレート,探索画像ともに0から5までの範囲でかえ,1024×768の濃淡画像からオブジェクトを探索するのにかかる時間を計測した.結果を表1に示す.テンプレート,探索画像のインタレースがともに0の場合従来法であるSSDA法を意味しており,探索に約227秒かかった.それに対し,提案手法ではインタレース値が大きくなるにつれ処理時間が短くなり,テンプレート,探索画像のインタレース値がともに5の場合0.217秒で探索が終了し,処理速度の向上率でみると約1100倍の高速化が実現できた.

4.2 複数オブジェクト検出

3.2節で述べた部分探索エリアの評価実験として,高解像度の衛星画像からの複数のオブジェクトを重複せずに検出可能か実験を行った.

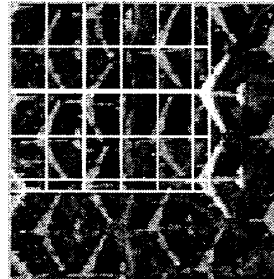
検出結果として,図2に示すように,重複せずにオブジェクトを検出することができた.図2では,オブジェクト間の位置関係が密接であつが部分探索エリアの定義,エリア間における距離の比較が正しく行われた結果といえる.



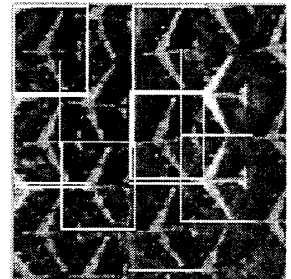
(a)テンプレート画像(54×64)



(b)テスト画像(200×200)



(c)探索画像



(d)検出画像

図2.部分探索エリアを用いた複数オブジェクト検出

5. 傾いたオブジェクトへの適応

テンプレートマッチングを画像中の傾いたオブジェクトの検出へ拡張する.そのため,テンプレート画像を1度ずつ回転させ,その回転画像ごとにインタレース高速マッチングを行う.しかし,1度ごとにマッチングを行うと計算量が多くなる.そこで,角度に対してもインタレースをおこなうことにより,傾いたオブジェクトを高速に検出することができる.

6. まとめ

本研究では,テンプレートマッチングの一手法であるSSDA法に対してマッチング処理にインタレースプロセスを導入することにより,目標物の検出に要する処理時間の短縮を行った.濃淡画像を用いた評価実験により,従来法と比較して処理速度において高速化が実現できた.また,インタレースによる検出位置のずれに対しても精密探索を行うことにより正確な位置検出が可能である.

今後の課題としては,縮尺の変化への対応及びPCクラスタによる並列化の実装などが挙げられる.

参考文献

- (1)D. I. Barnea and H. F. Silverman: "A Class of Algorithms for Fast Digital Image Registration," *IEEE Trans. Comput.*, Vol. C-21, No. 2, pp. 179-186(1972-2)
- (2)尾上守夫, 前田紀彦, 斎藤優: "残差逐次検定法による画像の重ね合わせ", *情報処理*, Vol. 17, No. 7, pp. 634-640, (1976-7)

謝辞

本研究の一部はH14年度科学研究費補助金若手(B)(課題番号14790299)により行われた.