

修正 RANSAC に基づく楕円検出手法の性能評価に関する検討

Study on performance evaluation of a modified RANSAC based ellipse detection method

張 勇[†] 謝 英弟[†] 大谷 淳[‡]
Yong Zhang Yingdi Xie Jun Ohya

1. はじめに

ハード技術の進歩と計算機の発展に伴い、コンピュータビジョンの研究は複雑度を増している。形状認識も基礎的な視覚処理技術として広く注目されている、特に、困難な課題である楕円検出手法は現在までに数多くの方法がある。検出対象は同じであるが、それぞれ利点と欠点がある。例えば、典型的なハフ変換[1]はパラメータ空間全体を探索し、検出精度を高めることは可能だが、楕円パラメータ空間は多次元のため、大量のメモリと計算負荷が生じるだけではなく、確実に正確な検出を行うことが困難である。これらの問題を解決するため、ランダムサンプリングの方法を用いるランダム化ハフ変換[2]アルゴリズムが開発されたが、エッジ画素の選択を完全にランダムに行うため、大量のノイズが存在する画像から楕円を検出する時、その効果は望ましくない。最近、謝と大谷[3]は映像エッジ形態分析の前処理メカニズムに基づき、修正 RANSAC アルゴリズムと結びつき、効果的かつ正確なアルゴリズムを提案した。これらのアルゴリズムのほかに、最小二乗法と遺伝的アルゴリズムに基づく楕円検出手法も提案されてきた。しかし、楕円検出アルゴリズムの検出性能に関する研究は未だない。このため、本論文では楕円検出アルゴリズムの性能評価用楕円生成法を提案し、実際に楕円検出アルゴリズムの比較を行う。

2. 楕円検出評価要素

殆どの楕円検出アルゴリズムは楕円のエッジを処理対象としている。一般に、画像中には楕円検出にとって多様なノイズが存在する。

カメラで撮影された画像は平面的で、後ろの物体はよく前の物体に遮られてしまう。このため、不完全な楕円を検出することができる手法はより実用的である。また、照明条件の影響により本来黒い画素が白くなることがあるため、欠損している楕円を検出する必要がある。医療用画像の中で、顕微鏡下の赤色に着色された細胞のエッジは一般的にぎざぎざであり、二つの赤細胞が交わっている場合があるため、このような楕円の検出ができる手法が医療の分野で要求されている。

以上のことを考慮し、本研究では楕円が分離、重合と交差、ノイズが含まれている場合などを想定した自動的楕円生成法を提案し、楕円検出手法を評価する。

3. 実験画像の自動生成

上述の楕円検出評価用画像を生成するため、以下の共通パラメータを設定した：(1) 楕円位置：楕円の位置および2つの楕円の位置関係として分離、重合と交差。(2) 楕円エッジ画素の数：このパラメータは \logarithm 値を用いて、特定の範囲を設定し、この範囲で楕円の大きさを制限することによって、各アルゴリズムの画素数に対する頑健度を測定する。(3) 画像の中のノイズタイプ

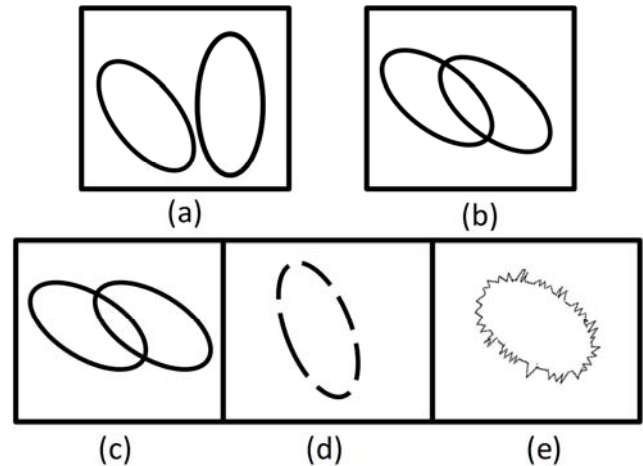


図 1. 楕円類型。(a)分離, (b)重合, (c)交差, (d)断線, (e)ノイズが含まれている

と数量：各種楕円検出アルゴリズムの特徴を考慮して、本研究では、楕円以外の図形のエッジと空間上 Gaussian 分布によるノイズ画素の 2 種類のノイズから選択する。また、ノイズ数を指定することにより、各種アルゴリズムのノイズの影響に対する頑健性を評価する。以上の共通パラメータ以外に、図 1 に示すような場合の楕円のパラメータを設定した。以下に詳しく説明する。

分離楕円の画像を生成する際、主に解決する問題は順次生成した楕円のエッジが重なっているか否かを判定することである。通常の計算方法は二つの楕円エッジ上に距離が 0 となる一組の画素があるかを計算する。しかし、計算量が大きいため、大量の楕円を生成する際に、有効ではない。本研究では計算上の複雑さを避けるため、二つの画像を重ねるアルゴリズムを採用した(画像重畳に基づくアルゴリズムを採用した)。具体的には：(1) サイズが指定された、全ての値が 0 の空白画像行列の中で楕円を作って、楕円エッジ画素の値を 1 と設定する、この画像行列をベース画像行列とする。(2) もう一つサイズが同じ空白画像行列の中で任意に楕円を作る。(3) これら二つ楕円の画像行列を加算する。(4) 値が 2 以上の画素を探索する、あったら、2 以上の値が出ないまで、ステップ(2)、(3)を繰り返す。(5) 加算後の画像はベース画像として、指定の数の楕円が生成されるまで、ステップ(2)~(4)を繰り返す。

楕円が重なっているか否かは分離楕円の生成と同じ方法で判定できる。つまり、二つの楕円が重なっている場合、値が 2 以上の画素が存在する。

断線楕円は生成した楕円のエッジ画素をランダムに消すことによって生成する。楕円検出アルゴリズムによる、欠損している楕円の検出効果をテストするため、断線のパラメータを以下のように 2 つ設定する、(1) 断線の数 (2) 断線の弧長。

ノイズが含まれる楕円はノイズ幅と波及範囲二つのパラメータを設定した。以下のように画像を生成する：まずノイズと同じ幅の

楕円を生成する、それから楕円上の任意の一点を始点としてこの楕円のエッジに沿って一周回って探索する。次の点の探索方法は下記の通りである：例えば、図2に示しているように、P5を前の点として、次の点はP5と8-近傍及び黒画素の点の中から選ぶ、つまり、P5以外のP1~P4、P6~P8の中から選ぶ(P9は白画素のため候補点としない)、同一方向、時計回り或いは反時計回りに沿って探索するため、次の点と楕円中心とのスロープは前の点と楕円中心とのスロープより大きく/小さくなるようにする、つまり、時計回りだと、P4、P7、P8の中から選ぶ、反時計回りの場合、P1、P2、P3、P6から選ぶ。ランダムに生成された楕円パラメータで、楕円を描画する際、一部の楕円が画像の外部にある可能性があるため、事前に画像の中心点に平行移動する。楕円の長軸とX軸が重なっていない場合、上述した方法で次の点を探索する時に、見出せない場合もあるので、事前に楕円の長軸とX軸が重なるように回転する。最後に、見出された全ての点の座標を元の位置になるように、逆回転と逆平行移動する。

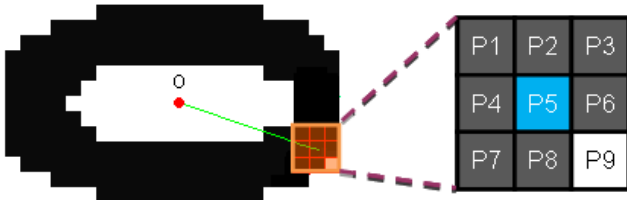


図2. ノイズ楕円の生成

4. 実験

上記の楕円生成ステップで生成した楕円画像を用いて、アルゴリズムを評価する。実際の計算スピードを考慮し、生成画像のサイズを300 x 300、楕円の個数を10個以内にす。その他のパラメータは以下の通り：

表1. 楕円生成パラメータ

断線楕円が現れる確率	1/3
断線の数	3~5 個
断線の弧長	5~10 画素
ノイズが含まれる楕円の個数	1~3 個
ノイズが含まれる楕円のエッジ幅	3~6 画素
ノイズが含まれる楕円の長軸	15~25 画素
ノイズが含まれる楕円の短軸	7~15 画素
粒子ノイズの個数	10~22 個
正方形ノイズの個数	1~3 個
正方形ノイズの幅	15~20 画素

本論文で検討する楕円検出アルゴリズムは(1)ランダム化ハフ変換(2)修正 RANSAC に基づく楕円検出手法である、簡単に説明すると：

(1) ランダム化ハフ変換：

- ① ランダムに5個或いは3個(改良パラメータ空間)のエッジ画素を選んで、パラメータ空間の中に投票する。
- ② ①を繰り返し、当該パラメータ空間のある楕円の投票数は既定の閾値を超える時、当該楕円を記録すると同時に、当該楕円の全てのエッジ画素を楕円画像から削除する。
- ③ 一定の終止条件(投票数上限或いは検出数がある特定値以下)になるまで、①と②を繰り返す。

(2) 修正 RANSAC に基づく楕円検出手法：

- ① エッジ画素の主観的連続性によって、クラスターする。
- ② 各クラスターの中から5個のエッジ画素を選んで、一組の楕円パラメータを算出する。
- ③ エッジ画像の中で、画素の点と楕円の距離から当楕円の重みを計算する。もし、重みがある一定の閾値を超えたら、当該楕円を記録すると同時に、楕円画像の中で、距離は当該楕円と近いエッジ画素を削除する。
- ④ 全ての画素が削除される、或いは指定された繰り返し数になるまで、上記を反復する。

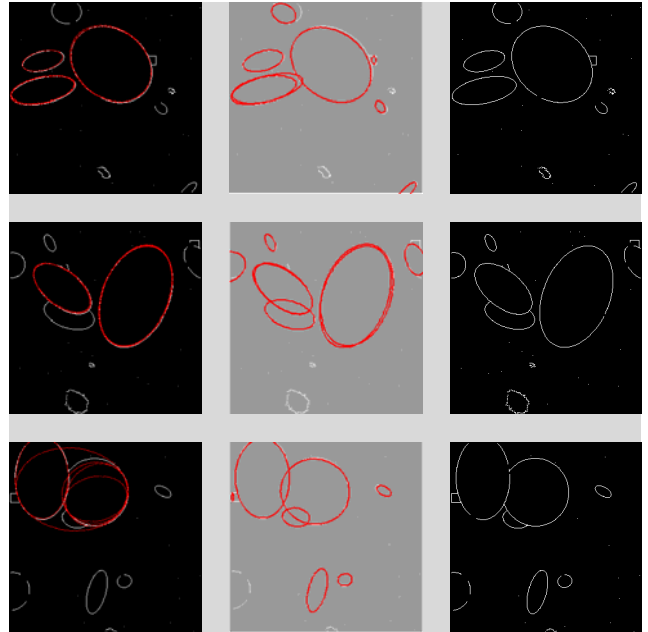


図3. 楕円検出結果(一列目：検出手法(1)の結果、二列目：検出手法(2)の結果、三列目：原画像)

図3に示すように、原画像と検出結果の比較から、修正 RANSAC に基づく楕円検出手法はランダム化ハフ変換より優れていることが分かった。

5. まとめ

本研究では既存の楕円検出方法を評価する手法を提案した。物体の位置、エッジ及び照明条件を分析することによって、楕円検出方法を評価する際に重点的に考慮すべき楕円の特徴を述べた。これらの特徴をベースに、実験用画像自動生成ツールを作成した。このツールを用いて、実験用画像を生成して、上述した2種類の楕円検出手法を評価した。本研究は検出精度だけを評価したため、処理速度に対する評価は今後の課題となる。

参考文献

- [1]R. Boyle and R. Thomas Computer Vision:A First Course, Blackwell Scientific Publications, 1988, Chap. 5.
- [2]L. Xu, E. Oja, and P. Kultanen. "A new curve detection method: Randomized Hough Transform (RHT)." Pattern Recognition Letters, 11:331-338, 5 1990.
- [3]Y. Xie, J. Ohya, "Elliptical Shaped Object Recognition via a Modified RANSAC with Edge Orientation Curve's Segmentation-Merge," The Ninth IASTED International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP2009), Jul. 2009, to appear