

平成 30年 3月 19日

情報・知能工学専攻	学籍番号	第 103440 号	指導教員	菅谷 保之
氏名	益崎 智成			栗山 繁

論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	アウトライアを考慮した楕円検出の高性能化に関する研究
---------	----------------------------

(要旨 1,200 字程度)

シーン中の円形の物体を撮影すると画像中では楕円となり、その投影像からその物体の3次元位置が解析できる。このため、画像から楕円を抽出することは視覚ロボットを含む広範な応用の基本的な処理の一つであり、楕円弧を抽出する種々の研究がなされている。そして、画像より複数の楕円を検出するさまざまな方法が研究されてきた。

本研究では、まず超精度くりこみ法に点の分布を考慮したランダムサンプリングを用いた楕円当てはめ処理を加えた高精度な楕円限定当てはめ法を提案する。楕円限定当てはめとは、与えられた楕円弧点列に楕円のみを当てはめる方法であり、楕円弧点列にノイズが大きく含まれる場合でも楕円を当てはめることができる方法である。提案手法は、超精度くりこみ法の解の判定を行い、解が楕円でなかった場合にランダムサンプリングによって入力点列から選択した点を用いて楕円を当てはめることにより、高精度な楕円限定当てはめを実現した。実験により超精度くりこみ法が双曲線を当てはめてしまう場合でも、提案手法は正しい形状の楕円に近い楕円を当てはめられることを確認した。

楕円限定当てはめ手法は、入力として与えられる点列は楕円弧上の点にエッジ検出時の誤差が加わったような点列を仮定しており、楕円弧とそれ以外の形状が組み合わさった点列に対しては、正しい楕円を検出することが困難である。

この問題に対し、入力に楕円弧以外の点列が含まれる場合に楕円上の点列を効率的に選択する手法を提案する。提案手法では、楕円限定当てはめによって当てはめた楕円と入力点列の交点で点列を分割する。そして、当てはめた楕円と入力点列の当てはめ誤差を求め、分割した点列の中から誤差グラフの曲率をもとに楕円弧を選択する。前述した処理を選択した点列が変化しなくなるまで繰り返し、入力点列中の楕円弧点列を選択する。この手法では、入力点列を当てはめた楕円との交点によって自動的に部分弧に分割するため、経験的なしきい値などを必要としない。実験では既存手法と比較し、提案手法の有効性を示した。

しかし、楕円上の全ての点列が一つに連結した入力点列として得られる状況は少なく、楕円弧点列が短い場合は、楕円の検出精度は低下する。この問題を解決するため、菅谷は同一楕円上の分裂または欠落して得られる楕円弧点列を統合して楕円を当てはめることで、より正しい形状の楕円を当てはめる方法を提案した。しかし、入力楕円弧の数が多いと楕円弧の統合判定の組合せ数が大きくなり、非常に処理時間がかかってしまう。本研究では菅谷の手法を改善した効率的かつ高精度な楕円検出法を提案する。提案手法では、統合判定の対象となる楕円弧点列へ、「当てはめた楕円の弧長に対する楕円弧の占める割合による選別」と「当てはめた楕円に対する楕円弧の位置による選別」を適用し、組み合わせの数を削減した。実験により、提案手法と効率化を行わなかった場合と既存手法と比較し、計算時間と楕円の検出精度について評価を示した。実験より、提案手法の効率化は有効であり、再現率の高い手法であることを示した。

さらに、提案した楕円検出法を応用した移動ロボットの壁と床の境界認識システムを提案し、その動作を確認した。

Date of Submission (month day, year) : March 20, 2018

Department Science and Engineering	Student ID Number D103440	Supervisors Yasuyuki Sugaya Shigeru Kuriyama
Applicant's name Tomonari Masuzaki		

Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Study on improvement of ellipse detection with outliers
-----------------	---

Approx. 800 words

Detecting circles and ellipses in images is the first step of many computer vision applications including industrial robotic operations and autonomous navigation. To this purpose, point sequences constituting elliptic arcs are detected by image processing operations, and then an ellipse equation is fitted to them.

In this study, we first propose a high accuracy ellipse-specific fitting method which is combination of hyper-renormalization and an ellipse fitting method using random sampling in consideration of a distribution of points. The proposed method always fits an ellipse to a point sequence using random sampling in consideration of a distribution of points if the method cannot fit an ellipse by using hyper-renormalization. In experiments, when hyper-renormalization returns a hyperbola, our method fits an ellipse close to an ellipse of the true shape.

Usually, an ellipse-specific fitting method fits a correct shape of an ellipse if the sequence is extracted from an elliptic arc, but a non-correct shape of an ellipse could result when the input contains sequences which contain the large noise or non-elliptic arcs.

We also propose an efficiency method to select point sequences on an ellipse when a n input point sequence contains non-elliptic arcs. We also propose a method to select point sequences on an ellipse when a point sequence contains non-elliptic arcs. Our method first divides an input point sequence at the intersection points of the fitted ellipse. Next, we compute residuals of the fitted ellipse for all input points and select elliptic arcs among the segmented arcs. Then we fit an ellipse to the selected arcs and repeat the above process until the selected arcs does not change. Since an input point sequence is automatically divided into partial arcs by the intersection of the fitted ellipse, our method is not required empirical threshold values. We compare the performance of our method with existing methods and show the efficiency of our proposed method.

However, there are a few cases that all points on an ellipse are extracted as a connected point sequence, and when the elliptic arc is short, the detection accuracy of an ellipse deteriorates. For this problem, Sugaya proposed a method which detect correct ellipses by integrating elliptic arcs which lie on the same ellipse. But, if the number of elliptic arcs is large, the number of combinations for the integral judgment will be large and computation time will be very high. For this problem, we proposed an efficient and high accuracy ellipse detection method which improved Sugaya's method. Our method applies "selection based on proportion of elliptic arcs to the arc length of a fitted ellipse" and "selection based on positional relationships of elliptic arcs" to integration judgment, and reduces the number of combinations. By many experiments, we evaluated the effectiveness of our ellipse detection method by comparing with a non-improved method and existing methods.

Finally, we apply the proposed ellipse detection to the wall-floor boundary estimation system for a mobile robot and confirmed its operation.