

円形エッジ抽出フィルタによる円の中心と半径の推定

齊藤 英樹* Sandoval Hector* 服部 泰造‡ 千種 康民*

東京工科大学 工学研究科 システム電子工学専攻

1. はじめに

本研究では、研究者らが考案した円形エッジ抽出フィルタ (CED) を用いて、対象画像中に存在する複数の円の中心座標とそれぞれの半径を推定することを目的とする。

CED は、対象画像中に複数の円が存在する場合でも、円の中心座標と半径をある程度推定可能である。

2. 円形エッジ抽出フィルタ (CED)

CED の基本的な考え方は、円の中心画素を基準とする参照画素 (点 O) と着目画素 (点 P) の相対関係を調べ、 OP の角度によりフィルタマスクを決定し、画像フィルタとして適用する手法である。処理手順は、i) 参照画素、着目画素の決定と $u-v$ 座標系変換, ii) マスク生成, iii) 画像フィルタリング, で実現される。

図1に示すように、画像 $I(x, y)$ 中の円 S の円形エッジ抽出を行う場合を考える。図1において、参照画素 $O = (x_O, y_O)$ と着目画素 $P = (x_P, y_P)$ を与えたとき、半径方向の直線 $R = \overline{OP}$ と円の接線方向の直線 v を新しい座標系とし、それぞれを u 軸、 v 軸とする。点 P に適用するマ

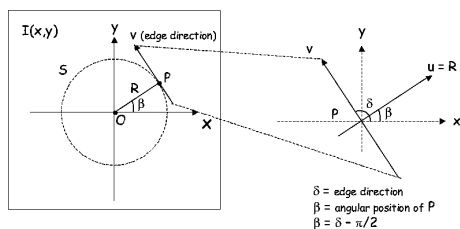


図 1: エッジ抽出手法

スクは、図中の x 軸と直線 v とのなす角が δ であるとき、式 (1) でフィルタの特性を決定する (2)。これをサンプリングして図3のマスクを得る。

$$\partial_{\delta} G(u, v) = \sin \delta \times \partial_u G(u, v) - \cos \delta \times \partial_v G(u, v) \quad (1)$$

図4に CED フィルタの実行結果を示す。

Edge Detection Filter for circular-shaped objects based on central-point and radius estimation

Hideki SAITO*, Sandoval HECTOR*, Taizou HATTORI‡, Yasutami CHIGUSA*

*Tokyo University of Technology, ‡Tokyo International University

E-Mail chigusa@cc.teu.ac.jp

URL <http://www.teu.ac.jp/chiit/>

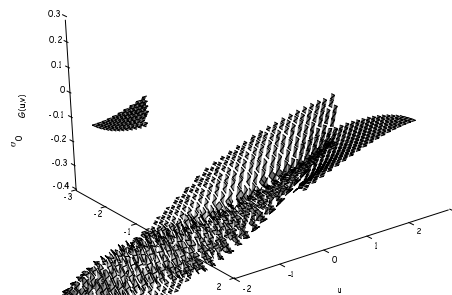


図 2: 式 (1) の 3D プロット

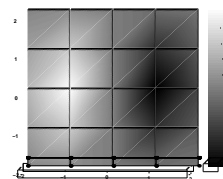


図 3: 5 × 5 のマスクへのサンプリング

3. 円の推定法

円の半径と中心の推定をするために、まず CED を用いてエッジ抽出する。次に図5(a)と図5(c)の点 \hat{O} のように画像中の任意の位置に予測参照画素 \hat{O} を設定する。点 \hat{O} からエッジの各画素までの距離を計算する。求めた距離 r ごとに画素数を計数し、図5(b)と図5(d)を得る。

全画素を走査すると計算量が多いため、予測参照画素のサンプル数を間引きすることで高速化を実現している。点 \hat{O} が円の中心と一致するとき、 $r=R$ で $2\pi R$ のカウントとなる。つまり、このときの点 \hat{O} の座標と R が円の中心座標と半径であると推定できる。

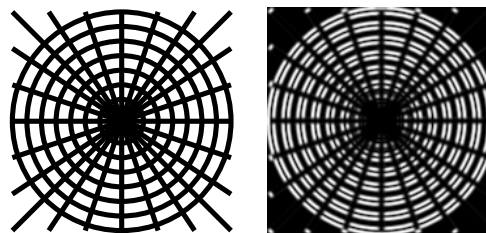
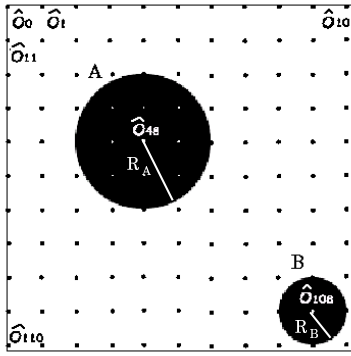
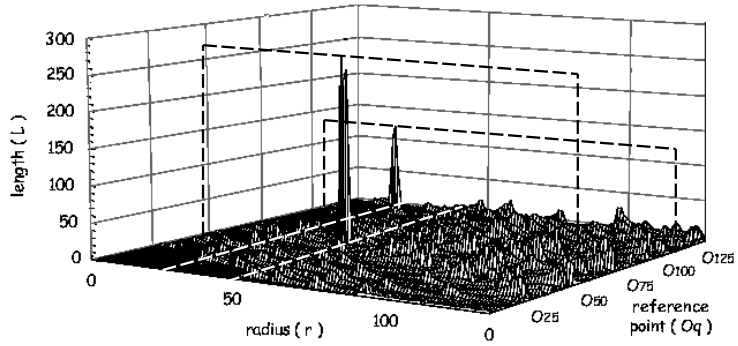


図 4: (a) 元画像 (b) 円形抽出後

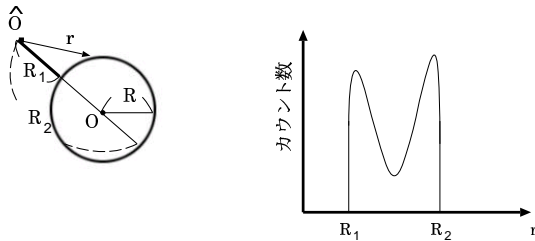


(a)

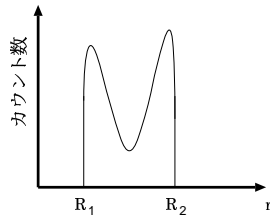


(b)

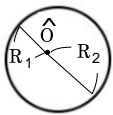
図 6: (a) 入力画像:予測参照画素点 (b) 入力画像の半径の計数の分布図



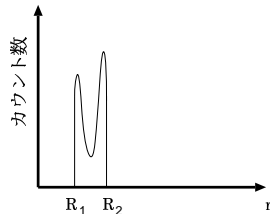
(a)



(b)



(c)



(d)

図 5: (a) 入力画像 1 (b) 入力画像 1 の半径 r の計数の分布 (c) 入力画像 2 (d) 入力画像 2 の半径 r の計数の分布

4. 実行結果

実行例として、図 6(a) の 256×256 画素の画像中に円 A (中心 $\hat{O}_{48} = (100, 100)$, 半径 $R_A = 50$) と円 B (中心 $\hat{O}_{108} = (225, 225)$, 半径 $R_B = 25$) が存在する画像を用いた。

画像中に点 $\hat{O}_0 \sim \hat{O}_{120}$ まで予測参照画素を設定し (図 6(a) の等間隔の点), 計数結果の分布図を 6(b) に示す。

図 6(b) において $A \simeq 2\pi R_A$ (理論値の 90%), $B \simeq 2\pi R_B$ (理論値の 85%) であり, この図のピー

ク A, B の座標から, 円 A と円 B の中心と半径が図 6(a) の点 $\hat{O}_{48} = (100, 100)$, $50 \simeq R_A$ と点 $\hat{O}_{108} = (225, 225)$, $25 \simeq R_B$ であると推定できる。

5. まとめと今後の課題

本研究では画像中に存在する複数の円の中心位置と半径を推定することを可能にし, その有効性を示した。その際, 実行時間において, 全画素を走査すると, 256×256 画素の画像で約 10 分を要するため, 予測参照画素数を 11×11 に間引きして, 11 秒に実行時間を $1/60$ に短縮し, 実用に耐えるよう改善した。

この時, 予測参照画素が円の中心と一致しない可能性があるため, 階層的に本アルゴリズムを適用して正確な中心位置を高速に求める手法に取り組む予定である。さらに, 画像中の対象図形が真円でなく, 楕円や歪みを有する場合での適用方法も検討中である。

参考文献

- [1] H. Sandoval, T. Hattori, S. Kitagawa, and Y. Chigusa, "A filter of concentric shapes for image recognition and its implementation in a modified dt-cnn," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Science, vol. E84-A, pp. 2189-2197, September 2001.
- [2] Reference: H. Sandoval, Y. Chigusa, and T. Hattori, "Circle detection using directional derivatives of gaussian," in Proc. of the 2002 Int. Symp. on Non-linear Theory and its Applications (NOLTA 2002), pp. N9-6-2, October 2002.