

1 次元ヒストグラムと Polytope 法を用いた線図形抽出法の提案

劉岳[†] 北園優希[†] 中島翔太[†] 張力峰[†] 芹川聖一[†]

九州工業大学[†]

1. はじめに

近年、高速かつ正確な図形認識は、画像認識の研究分野において重要な課題とされ、今までに多くの研究がされてきた。一般に、直線や円などを抽出するために用いる手法として Hough 変換 (HT) が代表的な手法として挙げられる^[1]。任意の図形も抽出できるように拡張したものが、一般化 Hough 変換 (GHT) である^[2]。他の手法としては、フーリエ変換^[3]、遺伝的手法^[4]、幾何学ハッシング^[5]を用いるものがある。しかし、メモリ空間または処理時間が非常に多くかかるといった問題点が残されている。そこで、本論文では、1 次元ヒストグラムと Polytope 法を提案する。本手法は、アルゴリズムが簡易で、使用する作業メモリ空間が小さく、処理速度も速い等の特徴を有する。

2. 1 次元ヒストグラムと Polytope 法を用いた線図形抽出法

2.1 概要

本手法の図形抽出法では、1 次元ヒストグラムと多次元の最小化アルゴリズムの一種である Polytope 法を用いる。このヒストグラムには、2つの性質がある。

- (1) 図形を表すパラメータが変化すると、ヒストグラムの分布は変化する。
- (2) ヒストグラムの最頻度の値が最大となるとき、正しい図形パラメータが得られる。

これらの性質を利用し、本論文では Polytope 法を用いてヒストグラムの最頻度の値が最大となるときに図形パラメータを探索する。本手法では、このヒストグラムと最小化法を、直線・円・楕円・任意図形抽出のどの線図形抽出においても同様に適応できるため、基本的なアルゴリズムは同じである。

2.2 線図形抽出法

ここでは、1 次元ヒストグラムを用いた任意図形の抽出までの流れを述べる。まず、抽出対象となる任意図形 C を探索するためのテンプレートとなる図形を用意する。この図形を表すパラメータは、中心座標点 $p(x_0, y_0)$ (図 1 (a))、回転角度 θ (図 2(a))、縦横比 a (図 2 (b)) と定義する。この定義に基づいて描いた図形を探索図形 c と呼ぶ。その探索図形 c の中心座標点 $p(x_0, y_0)$ から抽出対象となる任意図形 C 上の任意の点までの距離を R とする。その点方向の探索図形 c の距離を r とし、距離の比 R/r を d とする。図 1(a)に示すように、任意図形 C を構成する全画素に対して d を計算した後、横軸を d 、縦軸をその頻度 f として 1 次元ヒストグラムを作成する。探索図形 c のパラメータ、中心座標点 $p(x_0, y_0)$ 、縦横比 a 、回転角度 θ が抽出対象の任意図形 C を表すパラメータと大きく異なっていれば、距離の比 d は大きく異なる。そのため、図 1(b)に示すように、距離の比 d は 1 次元ヒ

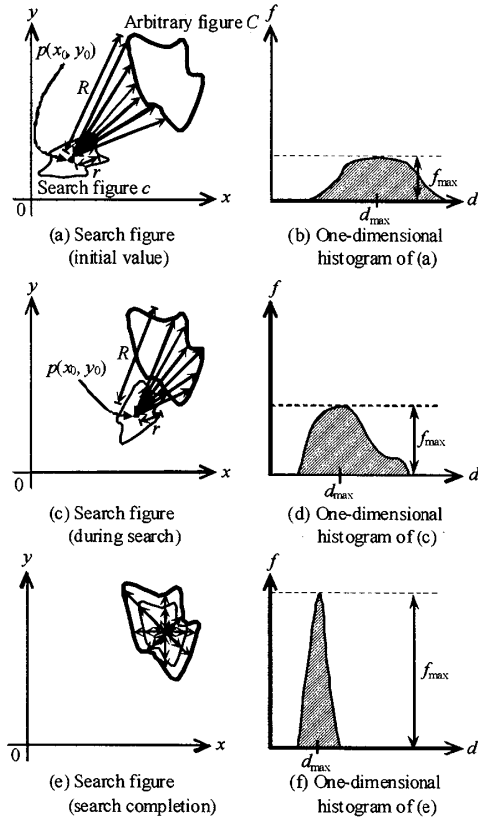


図 1: 線図形抽出法

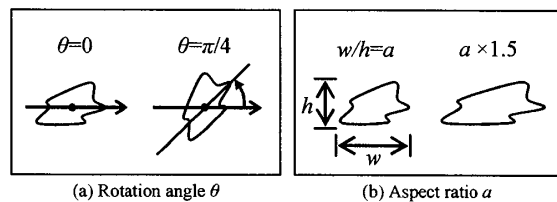


図 2: 探索図形を表すパラメータ

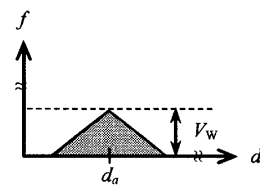


図 3: 1 次元ヒストグラム

Study of Method for Extraction of Line Figure using One-Dimensional and Polytope

Yue Liu[†], Yuhki Kitazono[†], Shota Nakashima[†], Lifeng Zhang[†], Seiichi Serikawa[†]

[†] Kyushu Institute of Technology

ストグラムに分散されて投票される。その結果、1 次元ヒストグラムの分布はなだらかになり、最頻度 f_{max} は小さくなる。ここで、最頻度 f_{max} の時の横軸 d の値を d_{max}

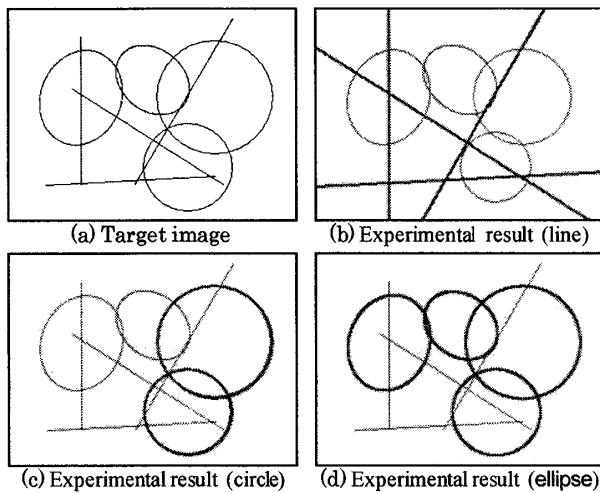


図 4: 直線・円・楕円の抽出

とする。一方、図 1(c)に示すように、探査図形 c のこれらのパラメータが抽出対象の任意図形 C に近づくと、距離の比 d は近くなる。そのため、図 1(d)に示すように距離の比 d は 1 次元ヒストグラムへやや局所的に投票され、最頻度 f_{\max} は大きくなる。図 1(e)に示すように、探査図形 c のパラメータが、抽出対象の任意図形のそれらと完全に一致する場合、距離の比 d はすべて等しくなる。その結果、図 1(f)に示すように、距離の比 d は、1 次元ヒストグラムに局所的に投票され、最頻度 f_{\max} は最大となる。このとき、抽出対象の任意図形の幅は d_{\max} 、高さは $d_{\max} \times a$ となる。よって、最頻度 f_{\max} の値が最大となれば、任意図形が求まる。そこで、最頻度 f_{\max} の値が大きくなるにつれて誤差が小さくなる評価関数 E を以下のように定義する。

$$E = 1 - \frac{f_{\max}}{C_{ir} \times V_W} \quad (1)$$

ここで V_W は 1 次元ヒストグラムへ d を投票するときの裾をもった重みである。たとえば、図 3 に示すように、 V_W の重みで d_a に投票する場合、 d_a から離れる毎に重み V_W を 1 減らしながら投票する。この重みをつけることにより、ヒストグラムの形状を緩やかにすることができる。 C_{ir} は、ヒストグラムが最頻度 f_{\max} となる時の横軸の値 d_{\max} から求まる任意図形の周長である。

この評価関数 E は、1 次元ヒストグラムの最頻度 f_{\max} が最大となるときに最小となる。Polytope 法を用いて、式(1)で示す評価関数 E が最小となる探査図形 c のパラメータ (中心座標点 $p(x_0, y_0)$, 縦横比 a , 回転角度 θ) の探索を行う。

3. 実験

まず、基本的な図形である直線・円・楕円の抽出実験を行った。抽出対象の図形およびそれぞれの抽出結果を図 4 に示す。画像サイズは 320×240 画素である。次に、任意図形の抽出実験を行った。それぞれの抽出対象の図形、探査図形および抽出結果を図 5 に示す。画像サイズは 640×480 画素である。また、すべての実験での処理時間およびメモリ消費量を表 1 に示す。

結果より、全ての図形が正しく抽出できていることが確認できる。また、処理速度が早くメモリ消費量も非常に小さいこともわかる。

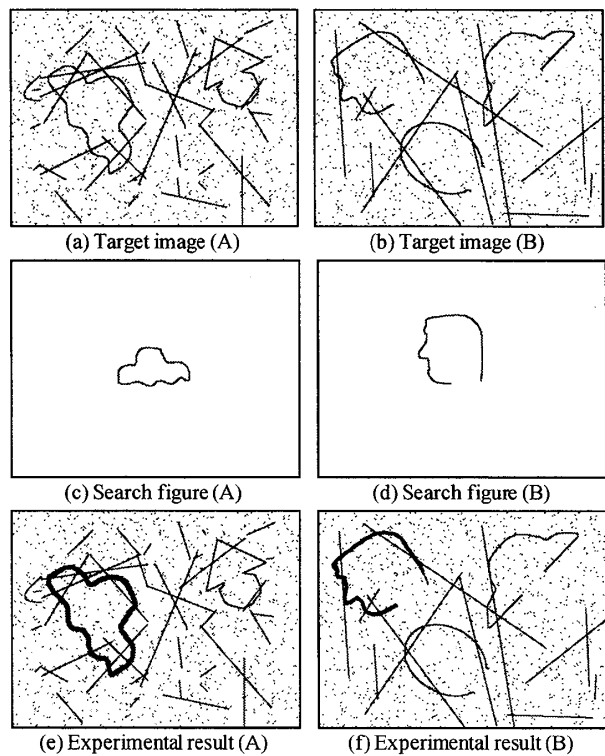


図 5: 任意図形の抽出

表 1: 処理時間とメモリ消費量

	Fig.4(b)	Fig.4(c)	Fig.4(d)	Fig.5(e)	Fig.5(f)
Processing time[s]	0.063	0.22	3.75	4.7	4.6
Memory space[kB]	3.2	1.6	1.6	3.2	3.2

4. まとめ

本論文では、1 次元ヒストグラムと Polytope 法を用いた線図形の抽出法について述べた。実験結果から、本手法は処理速度が早く、メモリ消費量も非常に小さいことがわかった。また、直線・円・楕円・任意図形を含む全ての線図形が正しく検出され、本手法の有効性を証明した。

謝辞

本研究は科研費(19500478)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Tsuji, S. and Matsumoto, F., "Detection of ellipses by a modified Hough transform", IEEE Trans. On Computers, Vol.27, No.8, pp.777-781, 1978.
- [2] D.H. Ballard, "Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes", Pattern Recognition, Vol.13, No.2, pp.111-122, 1981.
- [3] 宮武孝文, 松山隆司, 長尾真, "フーリエ記述子を用いたアフィン変換に不変な曲線の認識について", 情報処理学会論文誌, Vol.24, No.1, pp.64-71, 1983.
- [4] 長尾智晴, 安居院猛, 長橋宏, "遺伝的手法を用いた 2 値図形のパターンマッチング", 情報処理学会論文誌, Vol.24, No.1, pp.64-71, 1983.
- [5] F. C. D. Tsai, "Geometric hashing with line features", Pattern Recognit., Vol.27, No.3, pp.377-389, 1994.