

GA手法を用いた超二次曲面による主観的輪郭の生成*

2 J-4

鈴木信也†

平井有三‡

†三洋電機(株)筑波研究所 ‡筑波大学

1 はじめに

人間の視覚が持つ色々な機能は互いに補完しあって機能しており、ハードウェアとしての視覚系のもつ弱点をカバーし、人間にとって正常な視覚を構成している。しかし、生物の持つ基本的なあいまいさゆえにその弱点が出てしまうことがあり、錯視や残効といった現象に現われる。これらは人間の視覚系のもつ色々な性質が表出したものであり、その性質を調べることは視覚系の理解に役立つものである¹⁾。ここでは、超二次曲面という立体を表現可能な手法を使い、主観的輪郭線を知覚する視覚系をシミュレートした結果を報告する。

2 主観的輪郭線

図1のような図形を見た場合、我々には実際には存在しない線やエッジを知覚する。これを主観的輪郭線と言い、左の図では白い三角形が中央に見え、右の図では白い円が見える。似たような図形の組み合わせを色々描いてみると、主観的輪郭線が見えるのは、少なくとも内部の図形に形としてのまとまりがある場合であることがわかる。ここで言うまとまりとは、何らかの一般的な意味のある図形であるとか、図形がなめらかな曲線で描かれているということである。

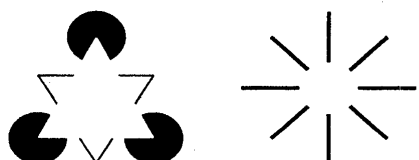


図1: 主観的輪郭線

図2の(a)や(b)では、内部の図形は知覚できるが、(c)では図形を知覚できない。また、図2の(d)のように背景となる図形が比較的不規則なものになってくると、内部の図形のなめらかさはあまり役に立たなくなる。つまり、こういった主観的輪郭線は内部の図形とそれを囲む図形との相対的なまとまりの関係により知覚されている可能性がある。

このように生じるいわゆる錯覚は、上で述べた存在しない線やエッジの知覚の他にも、中央の主観的輪郭線に

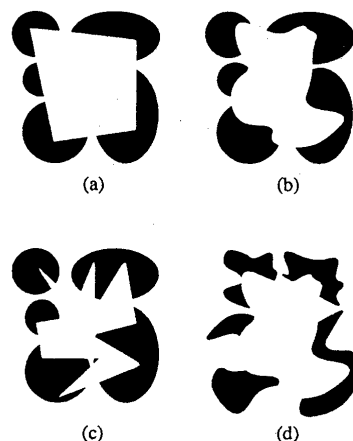


図2: 図形のまとまり

よって囲まれて見える図形が周辺部よりも明るく浮き上がって見えることや、その明るく見える図形が下の図形の上にあると知覚されることなどがある。これはおそらく高次の視覚の処理の結果である奥行きや重なりを知覚といった、三次元の知覚との関連が考えられる。

これまでの主観的輪郭線の研究は初期視覚の性質に結び付けているものが多い。それらのほとんどが、実際に存在する輪郭やエッジをガウシアンのようなものでぼかして引き伸ばし、それにより目的の形状を得ている。ここでは、主観的輪郭を知覚する時に面とその重なりを同時に知覚することに着目し、対象の図形を薄い平板で面を表現する簡単なモデルと結び付けるトップダウン的な視覚系を考える。

3 超二次曲面

主観的輪郭線が見えるということ、二次元の画像情報から三次元のデータを引き出すこととみなすためには、二次元のデータを三次元の表現にあてはめる手段が必要となる。それは解が一意に定まらない不良設定問題であり、非線形な演算が必要となる。

ここでは、その手法としてコンピュータグラフィックスなどで使われる超二次曲面を使う²⁾³⁾。超二次曲面は、比較的簡単な方程式で少数のパラメータを使いきなり多様な形状を表現できる。

簡単な表現をベースとしているが、種々のパラメータを加えるだけで色々な図形を表現できる。基本的な式に

*Creating Subjective Contours by Superquadrics with GA

†Nobuya SUZUKI Sanyo Electric Co.,Ltd.

‡Yuzo HIRAI University of Tsukuba

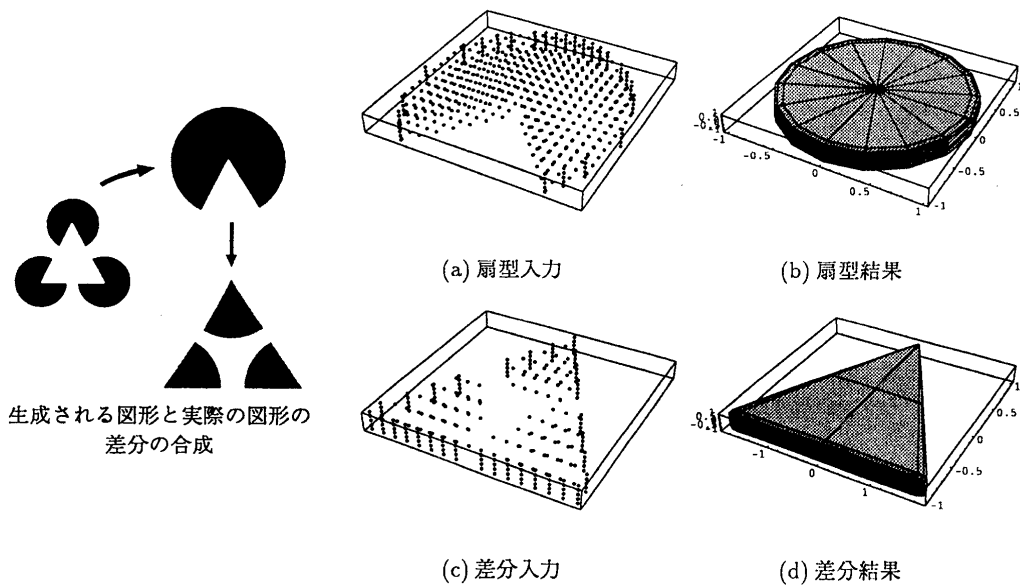


図 3: 主観的輪郭の生成

tapering パラメータ p_1 、 p_2 を加えて次のように表わす。

$$\left(\left(1 + \frac{p_1}{a_3} z \right) \frac{x}{a_1} \right)^{\frac{1}{a_2}} + \left(\left(1 + \frac{p_2}{a_3} z \right) \frac{y}{a_2} \right)^{\frac{1}{a_2}} + \left(\frac{z}{a_3} \right)^{\frac{1}{a_1}} = 1 \quad (1)$$

上式により少なくとも三角柱のような主観的輪郭線の検出に良く使われる形状が表現できる。

4 主観的輪郭の生成

主観的輪郭線を知覚する二次元の画像に適当な奥行き情報を加えて入力とし、超二次曲面で表わされる三次元物体の組合わせとして表現できることを示す。

簡単な図形で説明する(図3)。三つの扇型にまず着目し、その各々に対し入力された点(a)を最も良く表わす超二次曲面のパラメータを求めた(ここでは、円形になった(b))。扇型を円形として知覚するならば、扇型の欠けた部分は上に重なった図形により遮蔽された部分であると考えられる。そこで、円形と元の扇型の差をとり、その差分三つを入力データ(c)として、完結した図形となるように超二次曲面のパラメータを求めた。これが主観的輪郭として知覚される三角形(d)となった。

超二次曲面の各パラメータのあてはめでは、複雑な対象図形に対してパラメータの増加により収束性が悪化し計算時間が増大する。そこで収束法として遺伝的アルゴリズム(GA)手法を採用し、その結果比較的高速かつ安定に収束できた。

GAの計算では各パラメータの並びを遺伝子とし、最も良い値を示した組合わせを残すエリート戦略を使い、突然変異を1~5パーセント入れ、一点交差により200~400世代間に渡り計算を行った。ニュートン法の一環であるマルカート法と比較すると、最適解への収束に時間がかかり、計算するパラメータの組合わせ数の増加に

より計算時間が増大する問題点はあるが、ローカルミニマムに陥ることはほとんどなかった。

5 最後に

GA手法により超二次曲面のパラメータの推定を行い、主観的輪郭線の知覚を二次元図形からの三次元図形の認識という形でシミュレートした。トップダウン的な手法でも主観的輪郭を知覚する事が出来ることがわかった。GA手法を関数のパラメータ推定に用いることにより、収束には計算時間がかかったが、ローカルミニマムに陥る確率が減った。

今後は、より複雑な図形への適用を目指すとともに、超二次曲面のような幾何的なモデルではなく、人間の持つ概念のようなものを使い、初期視覚と高次視覚の性質を包含した単眼立体視を実現する。

参考文献

1. 安藤、杉江(1986) 主観的輪郭の生成アルゴリズム 信学会パターン認識・理解研究会資料 86-68
2. F.Solina and R.Bajcsy(1990) Recovery of Parametric models from range images: The case for superquadrics with global deformation, IEEE Trans. PAMI, vol.12, No.2, pp131-147
3. 金田、横矢、山本(1990) アニリング法を用いた距離画像からの超二次曲面記述の抽出 信学会コンピュータビジョン研究会資料 65-6