

画像中の構成要素の支配領域と幾何学的モデルによる立体化

1C-8

山本 輝樹 福山 隆晃 村尾 洋 榎本 肇

芝浦工業大学

1. はじめに

対象の立体画像を生成する場合、対象を構成する画像要素が適当な支配領域(凹凸領域)に分割されている必要がある。ここでは構造線中の分割線と特徴点(極値点、峠点)を用いて対象画像の支配領域を決定し、その決定された領域に幾何モデル(球、円錐、楕円)を適用することにより立体画像を生成する。具体例として顔画像を考察した。顔を構成する要素は主に、眼、鼻、口である。例えば、鼻は極大点を含む凸領域に含まれ、その形状は円錐に近いので、その領域に円錐モデルをあてはめる。これまでに研究^[1]を行った幾何モデルに対する立体画像の生成方法を応用して、そのモデルのハイライト部に若干の修正を加えることにより立体画像を生成することができる。

2. 画像の特徴と支配領域^[2]

対象画像の凹凸を分割するために、分割線と特徴点(極値点、峠点)を画像の特徴として扱う。分割線はモード情報を持っているので凹凸の境界を表現するのに適している。極値点(極大点、極小点)は分割線によって分けられた領域が凸であるのか凹であるのかを判定する。峠点は分割線が交わる点であり、その位置によって、分割線の大まかな形状がわかる。そこで、分割線によって分けられた凹凸領域を支配領域と定義する。顔画像の場合の主な支配領域は眼(凹)、鼻(凸)、口(凸)であり、従属する領域として、頬(凸)、顎(凸)がある。これらの支配領域に特有の構成部分が存在していると考えられる。

以下に各特徴の定義を与える。4節で特徴線の方程式を用いるのでその定義も与える。座標 x, y における画像の値(濃淡値)を $f(x, y)$ とする。 $f_x, f_y, f_{xx}, f_{yy}, f_{xy}$ はそれぞれ x, y 方向への微分を表す。等高線方向を v 、それに直交する方向を u とした局所座標を用いた表現も同時に示す。

2.1 分割線

画像の分割線とは画像の凹凸の境界部に存在し、以下の方程式を満足する。

$$D = f_{yy} f_x^2 - 2 f_{xy} f_x f_y + f_{xx} f_y^2 = f_{vv} = 0 \quad (1)$$

2.2 特徴線

画像の特徴線とは、尾根線・谷線を一般化したものであり、すべての極値点を通り、以下の方程式を満足する。

$$C = f_{xy} f_x^2 + (f_{yy} - f_{xx}) f_x f_y - f_{xy} f_y^2 = f_{uv} = 0 \quad (2)$$

2.3 極値点

極値点とは画像の輝度値の頂上と谷底を指し、以下の式を満足する。

$$f_x = 0, f_y = 0 \quad (3)$$

$$f_{xy}^2 - f_{xx} f_{yy} < 0, f_{xx} \neq 0 \quad (4)$$

2.4 峠点

峠点は構造線が交差する点であり、式(3)と以下の式を満足する。

$$f_{xy}^2 - f_{xx} f_{yy} > 0 \quad (5)$$

3. 画像からの特徴点抽出

対象となる顔画像は正面を向いていて、あまり傾きがないモノクロあるいはカラー写真とし、スキャナーからワークステーションに取り込まれる。ここでは濃淡値を処理するので、カラー写真の場合はモノクロに変換される。原画像には様々なノイズが含まれているがここでは各ピクセルを中心とする 7×7 近傍領域に最小二乗法を用いて曲面をあてはめる。この正規化された画像から各特徴点を次の条件の下で抽出する。極値点は式(3)の微係数の絶対値が ϵ より小さく、かつ式(4)を満たす必要がある。峠点は式(3)の微係数の絶対値が ϵ より小さく、かつ式(5)を満たす必要がある。

3.1 抽出結果

問題は ϵ の値であるが、値を変化させて実験してみた結果、 ϵ を大きくすると妥当点も含まれるが、ノイズもかなり含まれる、逆に ϵ を小さくするとノイズがかなり減少するが妥当点も少なくなる。

4. 顔画像の特徴認識

ここでは顔に関する知識を用いて、3節で抽出された特徴点を段階的に認識する。最初に眼の極値点を認識し、この認識結果を用いて、鼻と口の極値点や眉間、頬などの峠点を認識する。

4.1 眼の極値点

3節で用いた抽出方法を目の極値点に適用すると多くの候補点が抽出されるので、これから妥当な極値点のみを抽出するために以下の方法を用いる。3節で抽出された極値点を図1のように中心 (i, j) に置き、その 7×7 近傍の領域に対して最小二乗法を用いて曲面をあてはめる。図1の■点における濃淡値を最小二乗法により得られた関数を用いて計算する。眼の形状は球に近いので、図1の中心 (i, j) から等距離の場所における濃淡値はほぼ等しいと思われるので、以下の条件を満たすものを眼の極値点とする。

$$\begin{aligned} |f(i+1, j) - f(i-1, j)| &< \delta \\ |f(i, j+1) - f(i, j-1)| &< \delta \\ |f(i+1, j) - f(i, j+1)| &< \delta \\ |f(i+3, j) - f(i-3, j)| &< \delta \\ |f(i, j+3) - f(i, j-3)| &< \delta \\ |f(i+3, j) - f(i, j+3)| &< \delta \end{aligned}$$

この方法は δ の値によって結果が違ってくると思われる。値をいろいろ変化させて実験を行ったところ $\delta = 18$ の時(対象としている濃淡値の階調数は256である)に良好な結果が得られた。

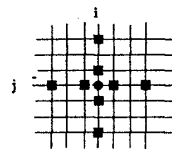


図1 眼の極値点の認識

4.2 他の特徴点の認識

他の特徴点は眼の極値点の認識結果を用いて認識される。眼の極値点間を結ぶ直線を基準線とする。基準線の垂直二等分線を中心線とする。基準線の長さを図2のように L_e としたとき、他の特徴点が存在する範囲は L_e を用いて推定できるので、その範囲内で、式(3)の微

係数の絶対値が ε ($\varepsilon = 3$ 程度) より小さく、以下のような評価関数の値が最小のものを選択することによって、各特徴点を認識する。極値点の場合、式 (2) の絶対値を用い、峠点の場合、式 (1) の絶対値を用いる。

例えば、鼻の極値点は図 2 の中の斜線領域に存在する。

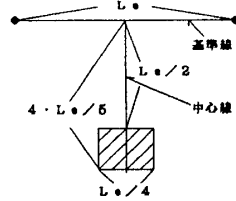


図 2 鼻の極値点の存在範囲

5. 顔画像の支配領域生成^{[3][4]}

分割線は峠点で交差するので、4 節で認識された峠点間を適当に補間することにより、ある程度正確な分割線が生成できると思われる。ここではエルミート補間を用いて峠点間を補間する。エルミート曲線は 2 点における位置および、 k 次までの導関数ベクトルを指定することにより得られる $2k+1$ 次の多項式曲線である。よって、峠点において接線ベクトルを定義することができるならば、ある程度正確に分割線を近似できる。また、接線ベクトルを定数倍することにより、本来の分割線に近い形状に修正することも可能となる。

5.1 接線ベクトル定義

接線ベクトルの始点を峠点 (図 3 中の■点) とし、終点を峠点に隣接する領域 (それぞれ 20×20 の大きさを持つ) から式 (3) の微係数の絶対値が ε ($\varepsilon = 3$ 程度) より小さく、評価関数 (式 (1) の絶対値) の値が最小のものを抽出する。写真 1 は等高線、分割線、極値点 (◆)、峠点 (■) を表示したものである。

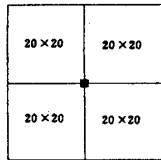


図 3 接線ベクトルの存在領域

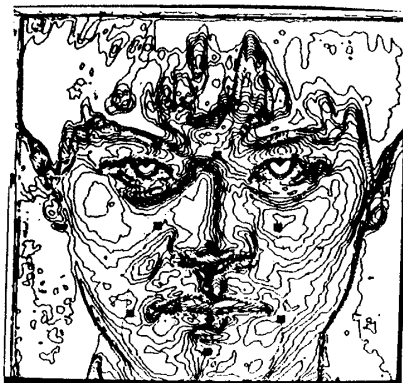


写真 1 顔画像の特徴点と分割線

6. 支配領域への幾何モデルの適用^[1]

「自然は球・円筒・円錐形に還元できる」というセザンヌのことばからもわかるが、自然界の物体そして人工物はその全体あるいはその部分にそれらの形状あるいはその一部を含んでいる。よって上記のような簡単な物体で対象をある程度正確に近似できるものと考えられる。幾何モデル (球、円錐、楕円、円柱) に対する立体画像

(ステレオペアによるもの) はそのモデルの大きさを入力として生成される。以下に、円錐と楕円の例 (図 4) をあげる。この図 4 から明らかであるが、本研究では、左右透視図においてのハイライト線のズレ (両眼視差によるもの) を用いて 2 次元の画像から 3 次元情報を得ている。また、WELL-PPP^[5] により実現される描画システムを用いることにより、線画で囲まれた領域を濃淡あるいはカラーで滑らかに補間することができる。



図 4 円錐と楕円の幾何モデル

顔の構成要素の中で、ハイライトが顕著にあらわれる領域は鼻の支配領域と、口のそれである。写真 1 からわかるように鼻を取り囲む支配領域はほぼ円錐形である。また口は、上唇と下唇に分けることができ、それぞれ楕円形状に近い。よって、それぞれの領域に幾何モデルを適用することにより立体画像を生成することができる。尚、ハイライト線のズレは領域の大きさから推定できる。

7. 立体画像生成

顔を構成する主要素 (眼、鼻、口) を含む支配領域は 5 節で生成されている。ここでは、それらの領域を輝度値を用いて補間して、モノクロの立体画像を生成する。写真 2 を別々に見ればほとんど差がないが、ステレオビューアを用いれば明確な立体感が得られる。

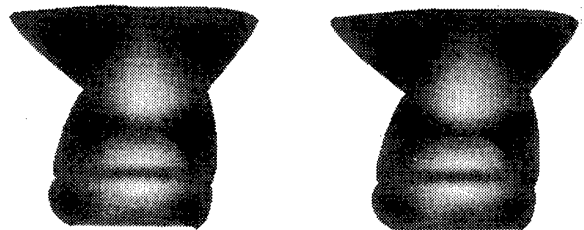


写真 2 顔の主構造の立体画像

8. まとめ

複雑な形状を持つ画像の立体画像を生成するための一つの方法を顔を具体例として示した。一般的な画像処理、認識システムでは輪郭線を特徴として抽出する。輪郭線は対象を背景から区別するという意味で重要であるが、必ずしも対象の内部構造 (凹凸構造) を表現しているとは限らない。よって、ここでは特徴として分割線と特徴点を用いた。分割線を原画像から抽出するのは困難であるので、最初に特徴点を抽出し、その結果を用いて分割線を近似する方法を用いた。そして、顔の主構造 (眼、鼻、口) を含む支配領域に幾何モデルを適用して立体画像を生成した。

文 献

[1] 山本、鴨志田、榎本：立体知覚のモデル実験とそれによる立体画像生成、情報処理学会第 44 回全国大会、1992
 [2] 榎本 肇 編著：画像の情報処理、コロナ社、1987
 [3] 山口 富士夫：形状処理工学 [1]、日刊工業新聞社、1985
 [4] 榎本 肇：私家版画像情報論、PCSJ、1992
 [5] 鴨志田、丹羽、榎本：オブジェクトネットワークによる画像システム 記述言語、情報処理学会第 44 回全国大会、1992