

4L-7

図形の歪み対称性の認識

福島重広

九州工業大学・情報工学部

奥村武志

京都工芸繊維大学・工芸学部

1. 序

画像や情景に含まれる自然・非人工的なパターン情報を計算機で認識処理する場合、対象図形の歪み対称性の解析が多々必要となる。歪み対称性とは幾何学的対称性の条件をかなり緩めた概念であって、われわれ人間が湾曲した筒状体とか道路、古墳などを表わす歪んだ平面図形について認識する広義の対称性を指す。複雑な図形に対してこのような対称性を計算機が認識する方法は従来明確にされていなかったが、筆者らはこの歪み対称性を空間的な「場」または「縄張り」の概念にもとづいて堅い論理で認識する方法を見いだした。

2. 原理

図形を、その輪郭線上の点をなるべく密に、また、なるべく均等に標本化したドットの集まりを頂点とする多角形で近似し、これを認識処理の対象図形とする。以下では、図形とはこのような多角形を指す。図形の頂点をドットと呼び、その集合をドットパターンと呼ぶ。図形とはドットパターンに接続順序情報が付与された順序付き集合である。

ドットパターンに関して平面のデローネー三角分割とボロノイ領域分割を考える。ボロノイ領域分割とは、各ドットが対等の勢力をもつとして、平面をそれぞれの縄張りの集まりに分割することであり、場の知覚のモデルとして興味深い概念である。デローネー三角分割とはその各辺が各ボロノイ辺と1対1に対応する平面分割である。すなわち、デローネー辺はボロノイ分割の場において勢力が拮抗するドット間の関係を表わす。両分割は互いに双対な平面グラフを与える。

各ドットの接続順序の情報を用いると、ボロノイ辺のうち輪郭線を横切るものを識別することができ、そうすることによって、図形内部に存在するボロノイ辺だけを抽出することができる。これらは図形の局所的対称性を表わす骨格線を構成する。そして骨格線に含まれるボロノイ辺に双対なデローネー辺は骨格線に関して対称なドット対を接続している。骨格線には分枝が存在するが、これらを削除して最長経路を求め、さらに両端点を輪郭線まで延長すると、図形の大局的な対称軸(中心軸)が求められる。対称軸に含まれるボロノイ辺に双対なデローネー辺は対称軸に関して対称なドット対を表わす。つまり、この段階で対称軸、および対称軸に関して対称関係にあるドット対が識別されたことになる。いいかえれば、対称性が基本的には認識されたと考えてよい。

以上では説明上ボロノイ分割を導入したが、実際の処理では、両分割の双対性のためデローネー三角分割を求めるだけでよい。

3. 後処理

骨格線の分枝を削除するとき、それらに双対なデローネー辺によって対応付け

Recognition of skewed symmetry in Figures

Shigehiro FUKUSHIMA¹, Takeshi OKUMURA²

¹Kyushu Institute of Technology, ²Kyoto Institute of Technology

られていた一連のドットは対応を失って脱落する。しかし、脱落ドット群の前後には対称軸に関する対称ドット対が存在するから、2つのデローネー辺がV型に接続して存在する。これら2つのデローネー辺が共有するドットとおおのこの脱落ドットとを再度対応付ければ、すべてのドットについて対称対応関係が決まる。

連続した3本のボロノイ辺と双対なデローネー辺はN型またはV型に連結する。このうち、N型連結について中央の辺を取り除くと対応がより自然で簡潔になる。

対称軸は再度対応付けられたドット対の midpoint から偏る。また、N型連結中央辺に双対なボロノイ辺のため対称軸が折れ曲る。これらの問題は対称ドット対を表わすデローネー辺の midpoint を連結する補正によっていくぶん解消される。

4. 処理例

デジタル輪郭線の処理例を下図に示す。図1はボロノイ分割とデローネー分割のうち後続の処理の対象となる図形内部を識別した結果、図2は対称軸と対称ドット対を抽出しN型連結の中央辺を削除した結果、図3は脱落ドットの再対応付けと対称軸の midpoint 連結補正を行った結果である。対称軸の端の方が不自然なのは最長経路を採用したため、調整の必要がある。

5. 考察

この方法は、画像処理で知られている中心軸変換に較べ、連続体上で処理することが本質的に異なる。この違いから、対称性が一貫した原理で認識でき、しかも対称ドット対を結ぶ線分が交錯しないという、興味深い特徴が得られた。細部については調整が必要である。この方法の意義をあげる：(1) 対称性の認識、つまり、対称軸の決定と対称ドット対の識別が一貫して行える方法論を提供した。(2) この認識方法は対称ドット対を結ぶ線分が交錯しないという意味で安定である。(3) 平面の分割、場の知覚と、歪み対称性とが密接な関連をもつことを示した。(4) 幾何学にもとづく堅い論理が一見柔軟で人間的な処理の基礎となることを示した。(5) 図形認識における計算幾何学の新しい応用を示した。

文 献

福島, 岡下: 情報処理学会第37回全国大会, 3V-1, pp.1539-1540, 1988.

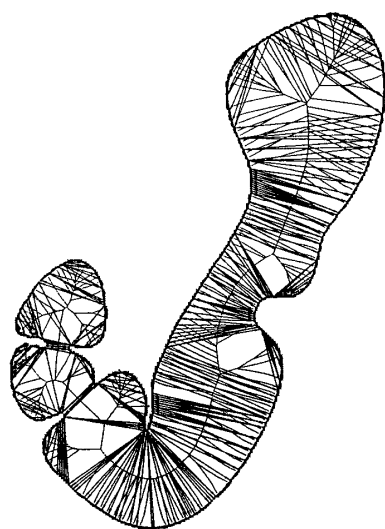


図 1

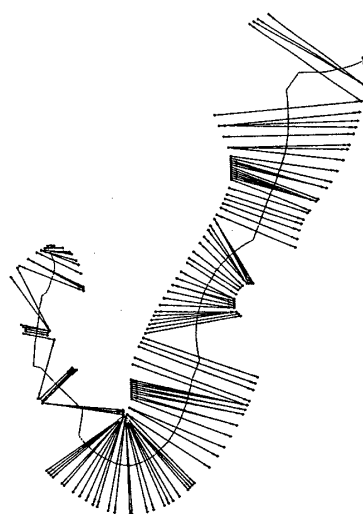


図 2

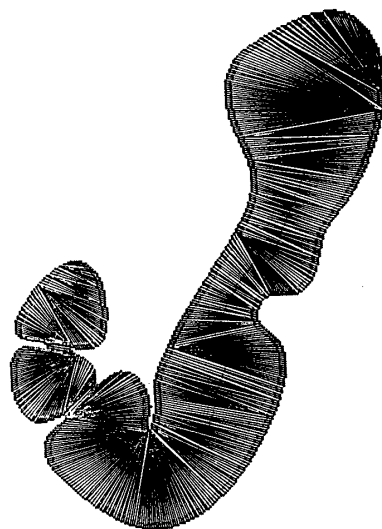


図 3