

3次元地形形状の3角形パッチ生成方法

4D-1

向井 信彦 亀山 正俊

三菱電機(株) 情報電子研究所

1 はじめに

近年における環境保護を背景として、都市再開発、リゾート開発等では景観シミュレーションが重要な技術となってきた。景観シミュレーションを行う場合、最も重要な要素は如何に正確な事前検証ができるかということである。特に、建物が背景と自然に調和することが重要である。また、様々な状態(日時、天候等)を検証する必要性から、建物だけではなく背景となる地形をもグラフィックデータとして取り扱う様になってきている。

本報告では、景観シミュレーション等に用いられる背景としての地形データを構築する方法について述べる。特に、白地図から得られた等高線データを基に3角形パッチを自動生成するアルゴリズムについて報告する。

2 等高線抽出

国土地理院発行2万5千分の1地形図をイメージリーダで読み取り、等高線の抽出を行う。2万5千分の1地形図の場合、等高線は茶色、文字/境界線等は黒色で表現されているため、茶色成分を抽出すれば簡単に等高線を抽出することができる。但し、崖マークは茶色であるため残る。また、元々文字等のあった部分では等高線が切断されている。等高線抽出と同時に、2値化処理も行う。

次に、2値化された等高線画像から等高線の点列を抽出する。この作業は対話的に行われる。等高線の両側をマウスで指定すると、等高線を構成している点列を自動的に検索する。この方法には、1)最も近い点を結ぶ方法、2)検索軌跡から推測を行う方法の2種類がある。どちらの場合を用いても完全な自動化は困難であり、誤って検索した場合には検索を中止し、画像修正後、再び自動検索を行わせる。

3 等高線分類

ある限定された範囲内における地形図の等高線データは、一般に閉ループと開ループの2種類が存在する。本手法では、これらを全て閉ループとして取り扱うことにより、統一的な3角形パッチ方法を提案する。開ループの等高線に対して地形図の情報を基に境界線を加えるこ

とにより、容易に閉ループに変換することができる。これは、等高線抽出の過程で行う。

閉ループの等高線に対して等高線の包含関係から、次の3つに分類することができる。

A-1) 2つ以上の等高線を包含する

A-2) 1つの等高線を包含する

A-3) 等高線を包含しない

但し、等高線の包含関係が入れ子状になるとき、各等高線の包含数は1とする。本手法ではA-2)及びA-3)を基本形状と考え、A-1)をA-2)とA-3)に分解する。

4 仮想等高線作成

2つの等高線を包含する場合について分類すると、図1の様になる。

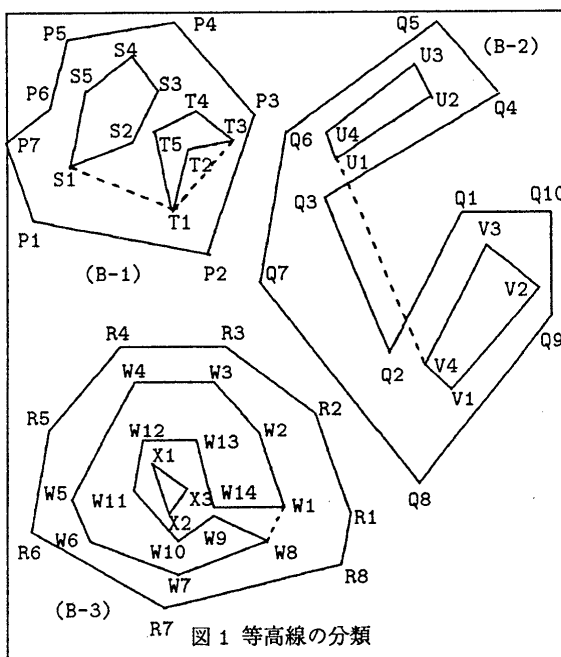


図1 等高線の分類

- B-1) 内等高線を結ぶ線分は外等高線と交差しない
- B-2) 内等高線を結ぶ線分は外等高線と交差する
- B-3) 内等高線が擬似包含関係にある

ここで、外側にある等高線を外等高線、内側にある等高線を内等高線と呼ぶことにする。また、A-1)をA-2)に分解するためには、内等高線を包含する一つの大きな等高線を考える必要があり、この等高線を仮想等高線と呼ぶことにする。

図1では、外等高線上の点をP,Q,R、内等高線上の点をS,T,U,V,W,Xと表記してある。仮想等高線を作成する場合、各内等高線上の頂点を連結する。仮想等高線上の1本の線分を作成する場合、注目すべき内等高線は2つである。従って、2つの内等高線を包含する状態を考えておけば十分である。

仮想等高線作成の基本的概念を、次に示す。

#### <仮想等高線作成概念>

- 1) 外等高線上の2点に最も近い内等高線上の2点を求める(例えば、P1-P2に対してS1-T1)。
- 2) 内等高線上の2点が異なる等高線上にある場合、2点を結ぶ線分が外等高線と交差しない場合は、内等高線上の2点を結ぶ(S1-T1)。交差する場合は、内等高線上の2点と内等高線上の2点に最も近い外等高線上の2点及び外等高線上の2点間にある点を結ぶ(V4,Q2,Q3,U1)。
- 3) 内等高線上の2点と同じ等高線上にある場合、2点とその間にある点で等高線を作り、この等高線が他の等高線を包含する場合は、2点のみを結ぶ(W1,W8)。包含しない場合は、すべての点を結ぶ(T1,T2,T3)。

図1の各場合について仮想等高線を与える点列は、次のようになる。

- B-1) S1,T1,T2,T3,T4,S3,S4,S5,S1
- B-2) V1,V2,V3,V4,Q2,Q3,U1,U2,U3,U4,Q6,Q7,Q8,V1
- B-3) W1,W2,W3,W4,W5,W6,W7,W8,W1

#### 5 3角形パッチ生成

仮想等高線を用いることにより、A-1)はA-2)に分解され3角形パッチが当てられる。3角形は外等高線上の点と内等高線上の点を結ぶことにより得られる。3角形パッチが当てられなかった部分については、再帰的に等高線分類を行なうことにより、最終的にはA-2)あるいはA-3)に分解できる。また、A-2)の場合でも突起状になっている所は、局所的にA-3)の場合を適用する。A-

3)の場合には等高線を包含しないため、外等高線、内等高線という概念を適用できない。任意の一点を定め、この点から右回りの点列を外等高線、左回りの等高線を内等高線とすることにより、A-2)の場合と同様に3角形パッチを作成できる。図1の3角形パッチ結果を、図2に示す。

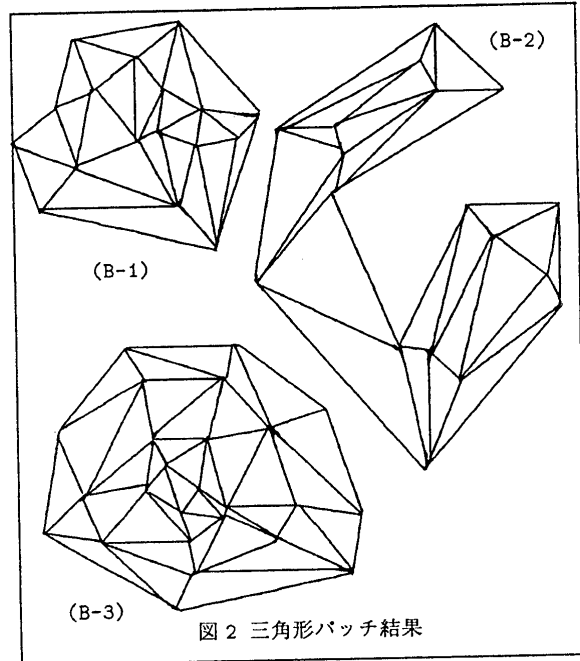


図2 三角形パッチ結果

#### 6 まとめ

国土地理院発行2万5千分の1地形図(天城山)から約1.6km四方を抽出し、3角形パッチ生成を行った。等高線間隔は10m、ベクトル化のしきい値距離を5mとすると、生成された3角形数は約43,000個であった(但し、地表面の3角形だけでなく側面の3角形も含む)。3角形パッチ生成には多少の処理時間(約2時間)を要するものの、本アルゴリズムにより3角形パッチの自動生成が可能となった。しかしながら、等高線抽出に関しては人間の判断を要し、画像修正を行いながら対話的に処理にする必要がある。等高線抽出を如何に効率良く行うかが今後の課題である。

#### 参考文献

- (1) 安居院他：等高線からの現実感のある山岳情景の生成法，機能図形情報システムシンポジウム講演論文集，pp.71-76 (1990)
- (2) 中嶋他：三次元自然形状の擬似符号化について，グラフィクスとCAD研究会報告，No.20，pp.1-8 (1986)