

# オフセット曲線を利用した山岳地形の3次元モデル生成手法

張志毅<sup>†</sup>, 今野晃市<sup>†</sup>, 徳山喜政<sup>‡</sup>

岩手大学工学部<sup>†</sup>, 東京工芸大学工学部<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

地理情報システムにおいて、3次元地形データは欠くことのできない基本的なデータである。地形データは、デジタル地図やカーナビ、防災などに利用されている。地形データの表現方法のひとつに、数値標高データ<sup>1) 2)</sup> (DEMデータ)がある。数値標高データは、空間的に連続した地形表面の標高データを規則的格子状(メッシュ状)に並べたもので、コンピュータで地形を扱ううえで欠かせないデータである。

本論文では、周期 B-spline 曲線で数値標高データを補間する等高線を生成し、等高線間を補間する B-spline 曲面を生成する方法について述べる。

## 2. 山岳地形の表現

数値標高データは離散的なデータであるため、表面モデルを生成するためには、離散データを補間し連続的なデータにすることが必要である。本手法では、周期 B-spline 曲線<sup>3)</sup>を用いて、数値標高データを補間し等高線を生成する。周期 B-spline 曲線の表現式は次式のように定義する。

$$C(t) = \sum_{i=0}^{n+k-3} N_{i,k}(t) P_i, \quad (0 \leq t \leq 1). \quad (1)$$

ただし、 $N_{i,k}(t)$ は基底関数、 $P_i$ は制御点、 $k$ は位数である。本論文で述べる手法では、3次の B-spline 曲線を用いる。すなわち、 $k=4$ とする。ノットベクトルは通過点間の距離を利用して、求心パラメータ化<sup>4)</sup>で決定する。

## 3. 曲線メッシュの生成

本手法では、高さが隣接する等高線間を補間する曲面を生成するために、高さの低い等高線と高い等高線を境界とし、低い等高線を内側にオフセットした曲線、及び高い等高線を外側に

オフセットした曲線を含んだ4本の曲線を利用する。これらの曲線を3次多項式補間することにより、周期 B-spline 曲面を生成する。

また、地形によっては、曲面を補間するときに意図した形状を得ることができないため、山岳地形の形状を6つの場合に分類し、等高線のオフセット方法と曲面の補間方法を変更する。以下では、6つ場合のアルゴリズムについて説明する。

◆Case 1. “窪地”の認識: “窪地”を認識するために、同じ高さにあるすべての等高線の包含関係を調べる。図1の(a)は、同じ高さの等高線  $C_0, C_1, C_2$  を示す。等高線で囲まれる領域の面積が大きいほうから小さいほうに向かって番号を付け、番号の最も若い等高線を基本等高線  $C_0$  とする。基本等高線  $C_0$  の領域内に  $C_1$  が含まれる場合には、 $C_1$  は“窪地”とする。

◆Case 2. “頂部”の認識: “頂部”を認識するために、等高線間の対応関係を調べる。図1(b)の  $C_0$  と  $C_1$  は同じ高さの等高線であり、 $C'_0$  は  $C_0$  より1段高い等高線である。 $C_1$  の領域内に1段高い等高線を含まない場合、 $C_1$  を“頂部”とする。

◆Case 3. “崖”の認識: 高さが隣接する等高線の形状が類似するかどうかを調べる。図1(c)は、高さが隣接する等高線  $C_0$  と  $C'_0$  を示す。 $C_0$  と  $C'_0$  の長さを比較して、 $C'_0$  が長い場合に、 $C_0$  と  $C'_0$  は、類似してないため、等高線  $C'_0$  を“崖”と認識する。

◆Case 4. “一对多対応”の認識: 高さが隣接する等高線間の包含関係を調べる。図1(d)の  $C_0$  と  $C'_0$  は高さが隣接する等高線であり、 $C'_0$  は  $C'_1$  と同じ高さの等高線とする。等高線  $C'_0, C'_1$  が等高線  $C_0$  で囲まれる領域内に存在する場合には、等高線  $C'_0, C'_1$  は“一对多対応”とする。

◆Case 5. “多対一对応”の認識: 高さが隣接する等高線間の包含関係を調べる。図1(e)の  $C_0$  と  $C'_0$  は高さが隣接する等高線であり、 $C_0$  は  $C_1$  と同じ高さの等高線とする。 $C'_0$  が  $C_0$  で囲まれる領域内に存在するが、 $C_1$  で囲まれる領域内に存在しない場合には、等高線  $C_0, C_1$  を“多対一对応”とする。

3D model of mountain geographic generation based on offset curves

<sup>†</sup> Zhiyi Zhang, Kouichi Konno,

<sup>†</sup> Faculty of Engineering, Iwate University

(4-3-5, Ueda, Morioka-shi, 020-8551, Japan)

<sup>‡</sup> Yoshimasa Tokuyama

<sup>‡</sup> Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Polytechnics

(1583, Iiyama, Atsugi-shi, 243-0297, Japan)

◆Case 6. “一対一対応”の認識:等高線のペアが一意に決まる場合, “一対一対応”とする. 図1の(f)は“一対一対応”の模式図である.

以上の分類アルゴリズムを組み合わせて, 処理方法を6つ場合に分類した. 6つ場合に基づいて, それぞれの前処理を行い, オフセット曲線を生成する. 表1に分類した6つ場合についての前処理方法及びオフセット方法を示す. 前処理の“分割する”は, “崖”の部分と“崖”ではない部分を分けることである. “橋を作る”は, 同じ高さの多個等高線を一つにするため, これら多個等高線間の最短距離の場所で連結することである. “内オフセット曲線”は, 等高線領域の内部へオフセットした曲線, “外オフセット曲線”は, 等高線領域の外部へオフセットした曲線である.

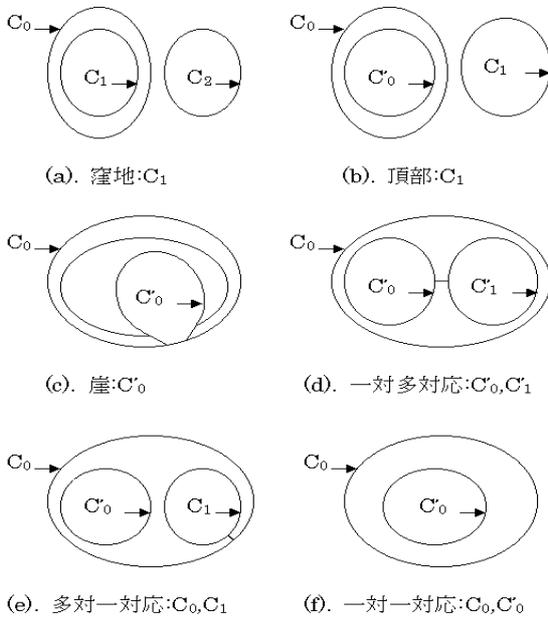


図1: 等高線形状を認識する模式図.

表1: 分類した結果, 前処理方法及びオフセット方法

場合	結果	前処理	オフセット方法
Case1	窪地	----	外・内オフセット
Case2	頂部	----	外オフセット
Case3	崖	分割する	内・外オフセット
Case4	一対多	橋を作る	内・外オフセット
Case5	多対一	橋を作る	内・外オフセット
Case6	一対一	----	内・外オフセット

山岳の頂上から, 底部までの順に, 隣接する等高線に対して, Case 1 から Case 6 のうちのいずれかのアルゴリズムを適用して, 山岳地形の曲線メッシュモデルを生成することができる.

#### 4. 曲面のあてはめ

山岳地形の曲線メッシュモデルとオフセット曲線を, B-spline 曲面の制御点に当てはめ, 曲面を生成する. 本論文では, 式(2)に示すような3次のB-spline 曲面を利用した.

$$S(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,4}(u) N_{j,4}(v) P_{i,j} \quad (2)$$

#### 5. 結果

岩手山へ適用した結果を図2に示す. (a)は高さが隣接する等高線間を補間した表面形状モデルである. (b)は表面形状モデルの面fに関して, B-spline 曲面の制御点を拡大した図である.

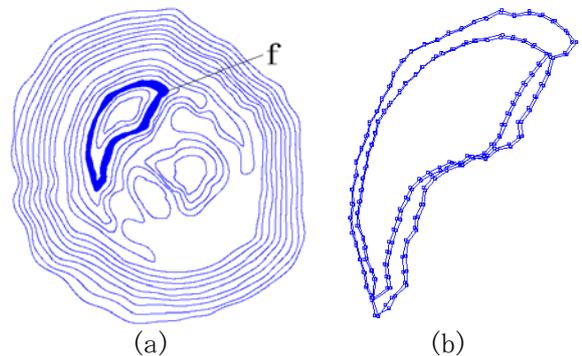


図2: 岩手山の曲線メッシュモデル

#### 6. まとめ

本稿では, オフセット曲線を利用し, 山岳地形の数値標高データから, 表面形状を表わすモデルを生成する方法を提案した. 今後は, 生成した曲面間の連続性, 制御ベクトルとパラメータによる品質の高い曲面生成を目指す.

#### [参考文献]

- [1] 古舘守通, 渡辺孝志, 阿部英志, 横山隆三: “数値標高モデルの生成に用いる補間手法の性能評価” 地理情報システム学会, GIS-理論と応用, Vol. 8, No. 1, pp. 29-38, 2000.
- [2] 佐藤研一, 今野晃市, 徳山喜政, 曾根順治, 李仕剛: “QEMを利用した3次元地形データの軽量化” 映像情報メディア学会誌, vol. 56, No. 12, pp. 128-131, 2002.
- [3] Hyungjun Park and Kwangsoo Kim, “Smooth surface approximation to serial cross-sections”, CAD, Vol. 28, No. 12, pp. 995-1005, 1996.
- [4] G. Farin, Curves and surfaces for CAGD · A Practical Guide, Academic Press, Inc., 1990.
- [5] G. Elber, I.-K. Lee and M.-S. Kim, “Comparing offset curve approximation methods”, IEEE CG&A, Vol. 17, No. 3, pp. 62-71, 1997.
- [6] Yoshimasa Tokuyama, “Skinning-surface generation based on spine-curve control”, The Visual Computer, vol. 16, No. 2, pp. 134-140, 2000.