

# TIN とボロノイの重ね合わせルールによる等高線から尾根線・谷線を抽出するフ リーソフトウェアの紹介と評価

## 尾野久二

### Introduction to Free Software Generating Skeletons and Crusts from Contour Lines by Using Rules of Overlaying Voronoi with TIN<sup>1</sup>

#### Hisaji ONO

**Abstract:** For analysis methods of DEM(Digital Elevation Model), there are two available. One is Grid, and other is TIN. Aside from these methods, there are recently studies on extracting DEM from contour data. In these works, Gold et al(2002) suggested new method by using voronoi and TIN. This result will contribute to enrich qualities of DEM.

In this article, I will introduce Gold's software tool which can extract DEM from contour data, and I have evaluated this. Although this tool has some advantages, some problems exist.

**Keywords:** TIN (TIN), ボロノイ (voronoi), DEM (DEM), 空間内挿(Spatial Interpolation)

## 1. はじめに

DEM (数値標高モデル) の解析はグリッドによるものと, TIN によるものがあり, デジタルの地形解析手法の中心となっている. グリッドとは別に, 等高線からできるだけ元の情報量を損ねることなく, たとえば, 小さな尾根や谷などを見過ごさず, 斜面の推定を誤りなくおこなえ, 人間の理解する等高線に近い形で地形情報を取得する研究がある (水越・安仁屋, 2000). Gold は, TIN と ボロノイとの重複関係より, skeleton (ボロノイ辺の一部) 及び crust (ドロネイ辺の一部) 作成するという画期的なアルゴリズムを開発した. Gold はこれまでの研究成果を自らのサイト (<http://voronoi.com>) で公開している.

---

尾野久二 〒153-0043 東京都目黒区東山2-8-11

株) パスコ

Phone: 03-3715-4011

E-mail: hisaji\_ono@pasco.co.jp

本論ではサイトで公開されているソフトの内, HKTM (Hong Kong Terrain Modelling MultiMesh) の紹介と評価をおこなう. 紹介するツール内では, TIN をメッシュと呼んでいる.

## 2. 手法の概略

### 2.1 機能

使用ツールの主要な機能を以下に挙げる.

ベクターデータ及び画像データからの crust 及び skeleton の作成・修正, 画像処理 (2値化→細線化→独立ピクセル抽出→TIN), Grid の作成, 流出モデル, 3D 表示.

### 2.2 TIN とボロノイの重ね合わせルール

Crust とは, 元の輪郭線のバーテックスの密度が高い場合, このバーテックスのボロノイ図のバーテックスと元のバーテックスの輪集合のドロネイ図

の辺の端点が元のバーテックスに一致するならば、この辺を crust とする(Amenta 他, 1998).

skeleton とはポリゴンの少なくとも 2 つのエッジと等距離にあるポイントの集まりである.

図 1 に crust と skeleton の作成のフローチャートを、図 2 に組み合わせルールを示す.

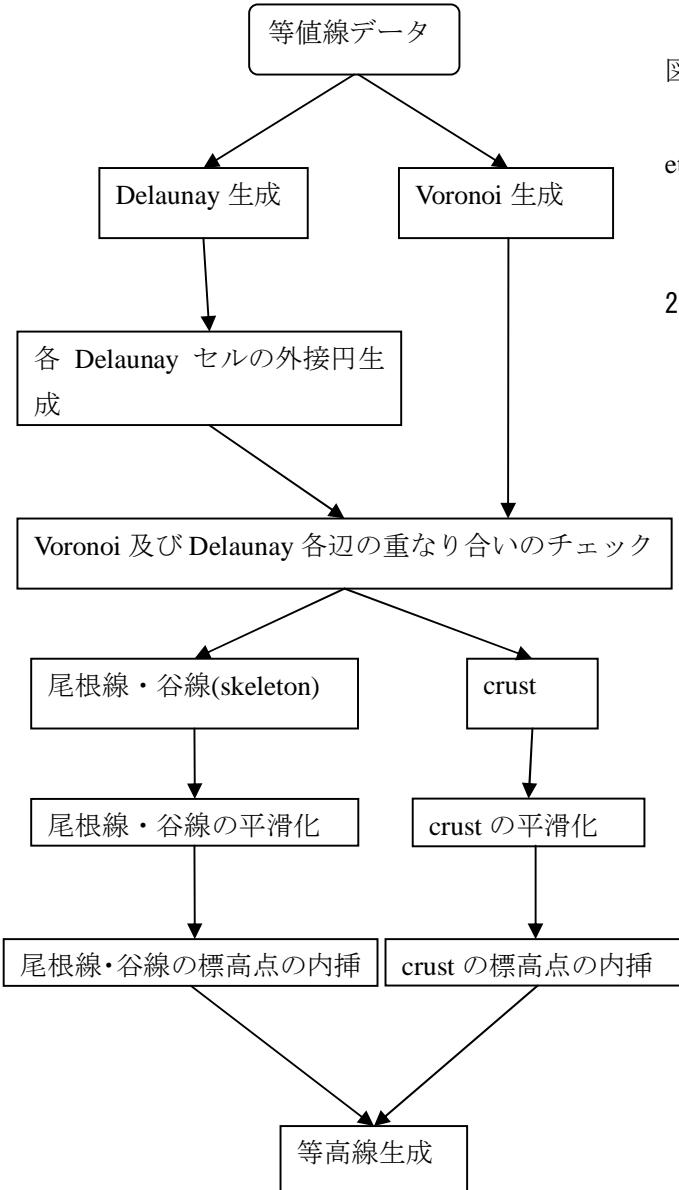


図-1 「Skeleton と Crust を抽出する」フローチャート

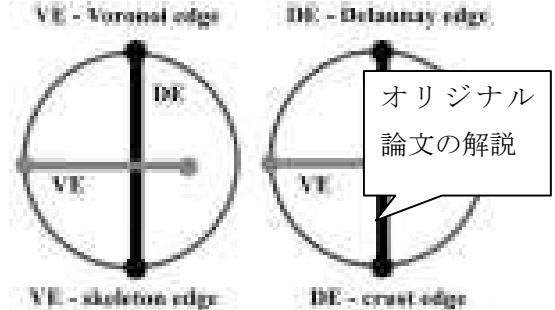


図-2 TIN のセルの外接円とボロノイの関係により特定の尾根線または谷線を求める(Gold and etc.(2002))ルール. ここで、VE:ボロノイ辺, DE: ドロネイ辺

### 2.3 標高値の内挿

・スケルトンのバーテックスの標高推定は以下の方法でおこなわれる.  
 ①谷の距離, ②半径, ③半径-距離(radius - distance), ④選択ノードからの距離に基づいた crust ノードの標高値, ⑤スケルトンを TIN に追加によって地形情報を豊かににする. また, 水系の場合は TIN のバーテックスは標高値がデフォルトでは 0 のため、三角形の外周半径に基づいて、標高を推定する.

このうち、尾根線、及び谷線の標高値については、それぞれ、図 3, 図 4 にスケルトン関数を利用したの内挿方法を示す.

まず、標高の原点を指定する.

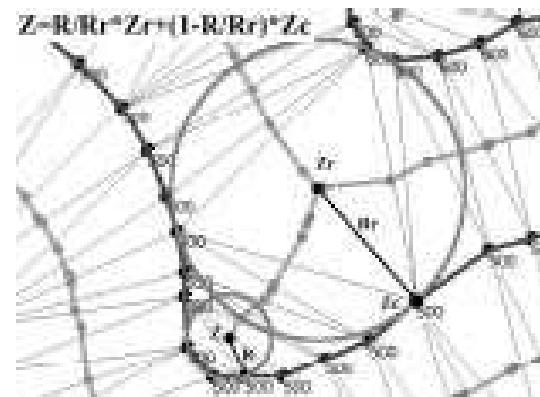


図-3 尾根線の標高を求める方法

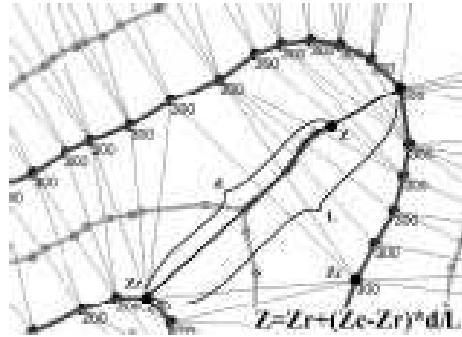


図-4 谷線の標高を求める方法(Gold et al.(2002))

図3,図4でここで、Zは求める標高値、Zrは照円の中心の標高値,Zcは凸部(くぼ地)(re-entrant)のコンターの標高値,Zbは他のコンターの標高値,Rは標高値を求めるZを中心にもつドロネイのセルの外周円,Rrは参考円の半径である。

### 3. 適用例

#### 3.1 crust と skeleton の生成

図5にツールの実行例を示す。

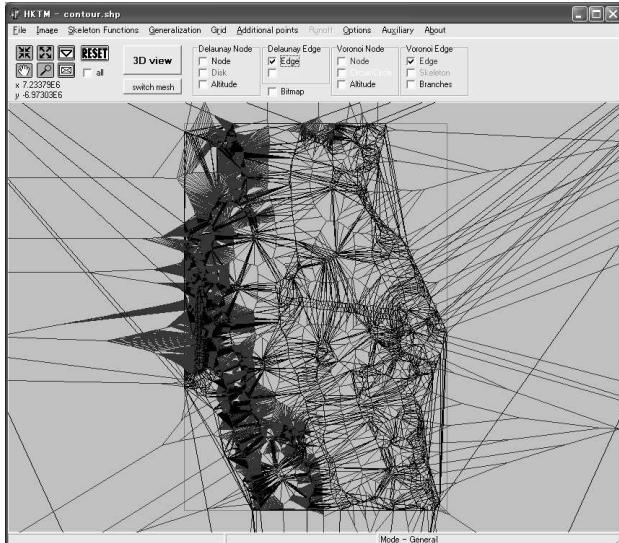


図-5 実際のデータを使った実行結果(Crust(黄色), Skeleton(オレンジ))

実行後、以下のようにラインの総描により、

Skeleton の不自然な「枝」を取り除く(図-6,図-8)。

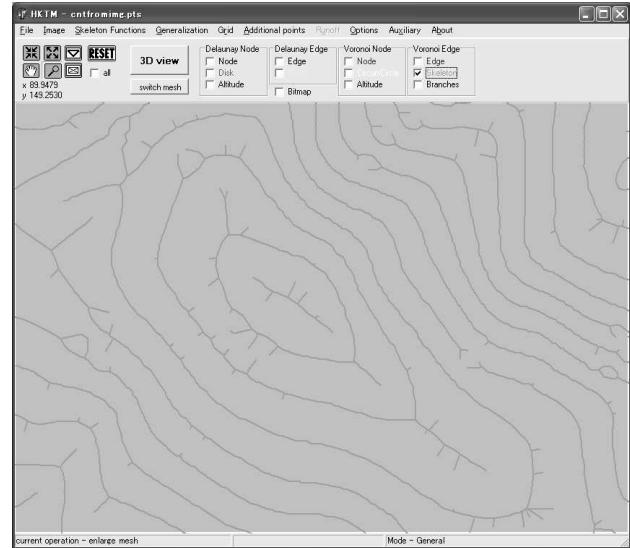


図-6 Skeleton の総描前

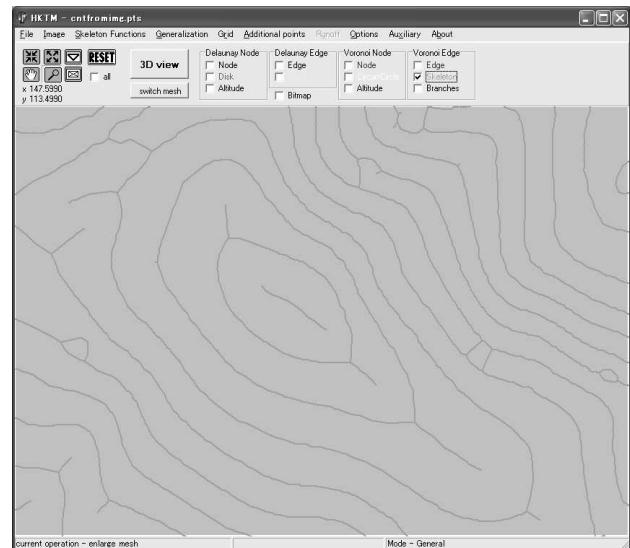


図-7 Skeleton の総描後

#### 3.2 グリッドの生成

前述のスケルトンのバーテックスより、グリッドが生成できる(図8)。

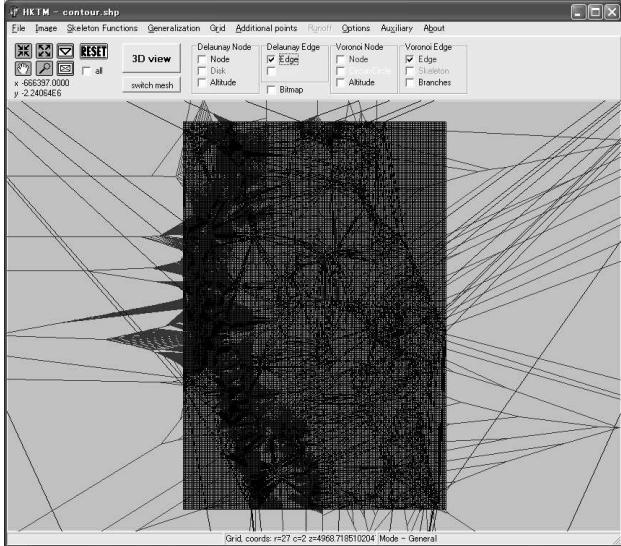


図-8 グリッド表示

### 3.3 流出モデルと3Dモデル

上記で作成したデータを用いて、流出モデルを実行し、シミュレーションができる、これらの結果をグリッドにドレープできる含めた3D表示ができる(図-9)。

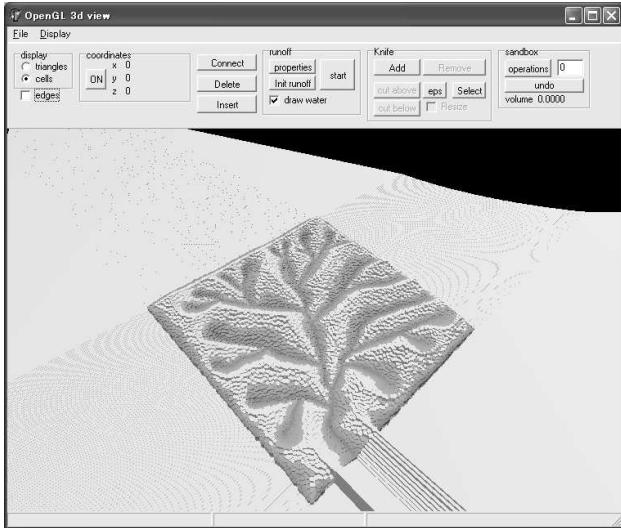


図-9 3D表示

### 3.4 ツールの問題箇所

問題点としては、動作が不安定であること、サイ

ズの大きなデータには対応できない。フリーではあるが、拡張性がないの、計算結果のシェーフファイルエクスポートが未対応。マニュアルによるドロネイの修正(ポイントの新規追加等)が必要なケースがある。

### 4. おわりに

前述したように本ツールのアルゴリズムは画期的なものではあるが、ツールには問題がある。これらの問題を解決するには、この手法をPythonなどの汎用スクリプト言語に移植して汎用的に利用可能なものにする必要がある。

### 参考文献

- 水越博子・安仁屋政武(2000)：数値等高線データを用いた斜面型の自動分割、地形、3、307-328.  
 Amenta, N., Bern, M. and Eppstein, D., 1998. The crust and the beta-skeleton: combinatorial curve reconstruction. *ACM Transactions on Graphics*, **60**, 125-135.  
 Thibault, D., Gold, C.M., 2000. Terrain Reconstruction from Contours by Skeleton Construction. *GeoInformatica*, **4**, 349-373.  
 Gold, C., M. and Dakowicz, M., 2002. Terrain modelling based on contours and slopes. In Richardson, D. and van Oosterom, P., eds. *Advances in Spatial Data Handling*. Proceedings, 10th International Symposium on Spatial Data Handling. Springer-Verlag.