

2010 年度冬の LA シンポジウム [S1]

## 最急上昇法による尾根抽出

高加 晋司\*    野牧 賢志†    杉田 公生‡    土田 賢省§    夜久 竹夫¶

### 概要

本論文では、「最急上昇法」という新しい尾根抽出法を提案し、これを用いて日本と韓国の尾根抽出地形図を作成する [5]。この方法は、最急上昇線という隣接する 8 個のセルから一番大きな標高値をもつものを選択し、線を引く方法である。さらに、この方法がシンプルかつ日本全土のような広大な範囲に適している、3 次元地形図の尾根をより適確に抽出できることを示す。

### 1 はじめに

3 次元地形図に尾根、谷、扇状地、クレーターなどのような地理的特徴を併せて表示することは重要な課題である。この論文では、尾根を抽出して 3 次元地形図に重ねて表示する問題 (例えば [3]) を扱う。

特徴抽出の方法で以前から知られている離散ラプラス変換法について紹介する。離散ラプラス変換法は、離散ラプラシアンと呼ばれる 2 階差分を求める方法である。

しかし、離散ラプラス変換法は、尾根のような特徴を抽出するのに実際に適用すると不十分な結果しか得られない。本論文では、水滴原理 [4] を応用して新しい尾根抽出法を提案する。その方法を「最急上昇法」と呼ぶ。この方法がシンプルかつ日本全土のような広大な範囲に適している、3 次元地形図の尾根をより適確に抽出できることを示す。

本論文では、2 節で前の方法等について解説し、3 節で、最急上昇法と呼ばれる尾根抽出法のアルゴリズムを定義する。さらに、1 つの場所を参考にし、閾値をパラメータにして、最急上昇法と離散ラプラス変換法を比較する。4 節で、DEM データから尾根抽出地形図までの作成プロセスを示す。その作成プロセスを用いて、日本と韓国の尾根抽出地形図を作成する。最後に、5 節で結論を述べる。

### 2 関連研究

#### 2.1 離散ラプラス変換法

はじめに、格子点  $(m, n)$  に標高  $f(m, n)$  が与えられているとして、 $(m, n)$  での  $f$  の離散ラプラシアン  $\Delta f(m, n)$  を次の式で定義する。

$$\Delta f(m, n) \equiv f(m-1, n) + f(m+1, n) + f(m, n-1) + f(m, n+1) - 4f(m, n)$$

図 1 で  $\Delta f(m, n)$  を計算する格子点を丸で表す。

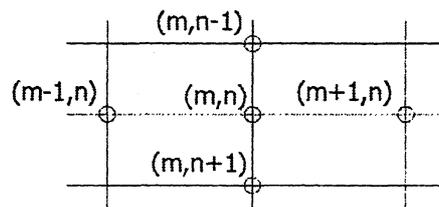


図 1: 標高値が与えられている座標。

次に、閾値  $h_0 < 0$  が与えられているとき、 $\Delta f(m, n) \geq h_0$  のとき  $(m, n)$  の格子点を尾根であるとする。地図上では、地の色と異なる例えば、灰色で表示する。

\* 日本大学  
† 第 1 著者に同じ  
‡ 東海大学  
§ 東洋大学  
¶ 第 1 著者に同じ

## 2.2 画像の中の尾根と谷

Lopez et al.[1] は、尾根や谷の原理を説明し、他の方法を提案している。

Ohtake et al.[2] は、周密な三角メッシュで近似された図形の1階と2階の曲率微分により定義される尾根・谷線を用いて、視点やスケールに独立な簡易かつ効果的な方法を発表している。

## 3 最急上昇法

### 3.1 アルゴリズム

この節では、水滴原理を応用して新しい尾根抽出法を提案する。我々はこれを「最急上昇法」と呼び、最急上昇線という隣接する8個のセルから一番大きな標高値をもつものを選択し、線を引く方法を用いる。その後、全てのセルで最急上昇線を引き抽出する。

図2では1個のセルから最急上昇線を求めながら、セルを移動していく様子を示す。セル内の数字は、そのセルの標高を示す。

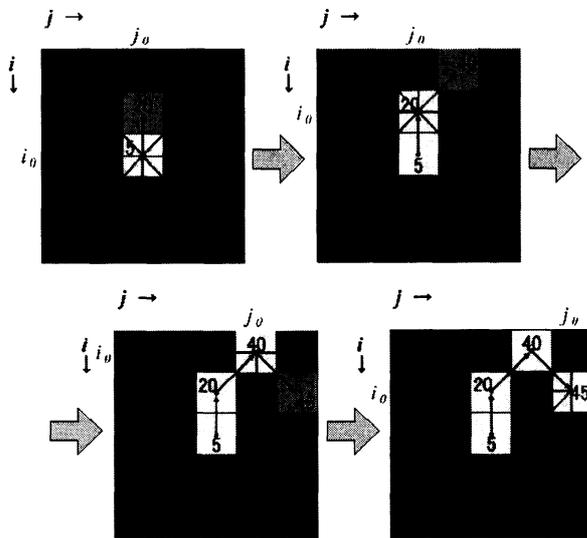


図 2: 1 個のセル移動の様子。

最急上昇法アルゴリズムは次の通りである：

---

#### Algorithm : 尾根抽出

---

**Input**  $height(i,j)$ : DEM データ,  $200 \times 200$  セル,  $90m$  メッシュ,  $18km \times 18km$

$g_0$ : 閾値

**Output**  $color(i,j)$ : 尾根抽出地形図  
(灰色が尾根)

#### Method

##### Initialization

Set  $color(i,j) := \text{Green}$

and  $count(i,j) := 0$  for all  $i, j = 1, \dots, 200$ ;

##### Evaluation

for all  $i, j = 1, \dots, 200$ ;

1: Evaluate  $count(i,j)$  by the followings.

2: Let cell  $(k,l)$  be the highest cell in the neighboring 8 cells of cell  $(i,j)$ .

i.e.  $i-1 \leq k \leq i+1, j-1 \leq l \leq j+1,$

$k \neq i, l \neq j$ ;

3: if  $height(k,l) > height(i,j)$ ,

then  $count(k,l)++$ , replace cell  $(i,j)$

with cell  $(k,l)$  and return to line 2,

else quit.

##### Finalization

if  $count(i,j) \geq g_0$ ,

then  $color(i,j) := \text{Grey}$  for all  $i, j = 1, \dots, 200$ .

---

### 3.2 比較例

図3で富士山を対象にし、閾値をパラメータにして、抽出法の違いによる優劣を比較した図を示す。

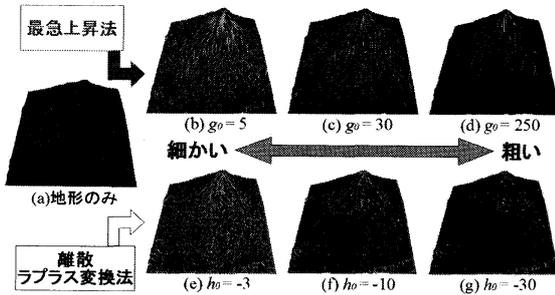


図3: 富士山の尾根抽出 3次元地形図。(All maps generated from NASA SRTM-3 DEM data.)

図3(e)を見ると、離散ラプラス変換法を適用した場合、尾根が線にならずに全体的にぼやけてしまっていることがわかる。この傾向は、他の線やエッジを抽出するための良く知られた方法でも同様に現れる。一方、最急上昇法で抽出した尾根は、離散ラプラス変換法よりも適切で、はっきりとした線と認識できる。

次に、閾値を変えたものを考える。(c)と(d)はそれぞれ閾値を $g_0=30$ と $g_0=250$ として最急上昇法で生成されたものである。しかし、閾値が $g_0=250$ の場合の地図では線の量が少なすぎるので、全ての尾根を抽出することができていないことがわかる。閾値が $g_0=30$ 、(c)のとき、尾根を十分に得ることができる上に、ノイズもほとんど見られない。このことから、最急上昇法を用いると(c)のように最適な閾値を得ることができる。それに対して、離散ラプラス変換法では、尾根のみが抽出できる最適な閾値を見つけることはできない。なぜなら、(f)と(g)を見られるように、離散ラプラス変換法では、平らな部分は小さな凹凸まで抽出してしまうだけでなく、閾値を大きくしていくとまばらにしか抽出できず、急な傾斜では線が途切れてしまう。

したがって、最急上昇法の方が、他の方法よりも尾根抽出のためにはより優れていると言える。

最急上昇法の特徴を次に示す。

**Claim 1.** 最急上昇法は、ノイズが少なく綺麗かつはっきりと尾根を抽出することができる。

**Claim 2.** 最急上昇法は、粗くしても線が途切れることなく尾根を抽出することができる。

**Claim 3.** 最急上昇法は、尾根を抽出するグローバルな閾値を決定することができる。

**Claim 4.** 最急上昇法は、グローバルな閾値で広範な尾根抽出地形図を作成することができる。

## 4 大域的な適用例

### 4.1 地形図作成プロセス

前の節で述べたように、最急上昇法はシンプルで日本全土のような広大な範囲に適している。この節では、90mメッシュDEMデータの日本と韓国に我々の方法を適用する。

図4は地形図の作成プロセスを示す。

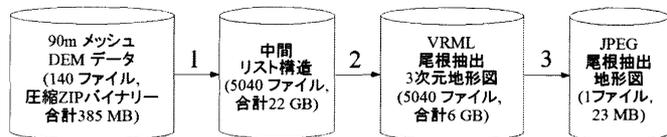


図4: DEMデータから尾根抽出地形図を作成するプロセス。

1. DEMデータから中間リスト構造に自動的に変換する。
2. 次に、中間リスト構造から尾根抽出3次元地形図 (VRML) に自動的に変換する。
3. 最後に、尾根抽出3次元地形図 (VRML) から尾根抽出地形図 (JPEG) に手動で組み立てる。

## 4.2 適用例

図5は、図4で説明したプロセスを用いて、日本列島全体と韓国に尾根抽出を適用したものである。

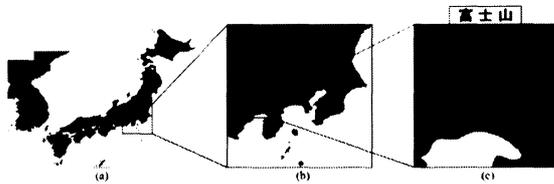


図5: 日本と韓国の尾根抽出地形図. (All maps generated from NASA SRTM-3 DEM data.)

図5(a)は日本( $4.5 \times 10^7$ セル)と韓国( $3.3 \times 10^7$ セル)の尾根抽出地形図である。(b)と(c)は(a)の拡大表示である。(b)は関東地方( $7.2 \times 10^6$ セル)、(c)は富士山( $3.3 \times 10^5$ セル)の尾根の様子である。((c)は閾値を変える事により異なった詳細度で尾根を抽出することができる。)

## 5 おわりに

本研究では、我々が最急上昇法と呼ぶ尾根抽出アルゴリズムを提案した。これまでの研究の多くは、局所的な範囲に対しては適切な尾根抽出が可能であるが、広大な範囲に対しては一部不適切な尾根抽出がある。しかし、最急上昇法では、非常に広大な範囲に対しても尾根抽出が鮮明に行われた。

今後は、解像度が不均一な地形図に対する尾根抽出法を考える。さらに、扇状地やクレータなどの地理的特徴についても抽出法の開発を行う。

## 謝辞

本稿の内容について貴重なコメントを頂いた日本大学の遠藤邦彦教授、中山裕則教授、安井真也准教授、横山隆介氏、浅沼稔美氏、牧山華実氏、神藤悠希氏、早稲田大学高等学院の穴田浩一教諭、芝浦工業大学の赤木剛朗氏に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] A. M. Lopez, F. Lumbreras, J. Serrat, and J. J. Villanueva, Evaluation of methods for ridge and valley detection, *IEEE Trans. PAMI*, 21, 327-335, 1999.
- [2] Y. Ohtake, A. Belyaev, and H. Seidel, Ridge-valley lines on meshes via implicit surface fitting, *ACM Trans. Graph. (Proc. ACM SIGGRAPH)*, 23, 3, 609-612, 2004.
- [3] R. Yokoyama, A. Kureha, T. Motohashi, H. Ogasawara, T. Yaku, and D. Yoshino. , Geographical Concept Recognition With the Oct-grid Method for Learning Geography and Geology, *Proc. IEEE ICALT 2007*, 470-471, 2007.
- [4] J. Cousty, G. Bertrand, L. Najman, and M. Couprie, Watershed Cuts: Minimum Spanning Forests and the Drop of Water Principle, *IEEE Trans. PAMI*, 31, 1362-1374, 2009.
- [5] S. Koka, K. Nomaki, K. Sugita, K. Tsuchida, and T. Yaku, Ridge Detection with a Drop of Water Principle, *SA'10 (ACM SIGGRAPH ASIA 2010 Posters)*, 2010. DOI=10.1145/1900354.1900392 <http://doi.acm.org/10.1145/1900354.1900392>