日本大学大学院

総合基礎科学研究科地球情報数理科学専攻 平成18年度修士論文

地形の特徴抽出モデルと 3 次元地形図への応用

指導教員 夜久竹夫教授

6105M15 横山隆介

2007年2月

概要

メッシュ型の数値標高データ f(m,n)から尾根,谷な どの地形に関する特徴抽出を行うために,3つの抽出 モデルを提案する. 1 つ目のモデルでは f(m,n)の 離散ラプラシアン $\Delta f(m,n) \equiv f(m-1,n) + f(m+1,n) +$ f(m,n-1)+f(m,n+1)-4f(m,n) 及びその変形を計算し, その値の正負から尾根と谷を決定する.2つ目は、地 形の各点における局所的な形状を分類し, 尾根と谷を 抽出する.3つ目は、ランダムに地表の点を選び、そ こを起点とし, 最急降下線を求め, その通過地点を数 えあげることによって,尾根と谷を抽出する.さらに, これら3つの地形の特徴抽出モデルを用いて、国土地 理院発行の数値地図から、尾根、谷に色をつけた 3 次元地形図を生成し Web ブラウザー上に表示する. また,等高線の抽出や3つ目のモデルである最急降下 線を利用し、流域表示を行う.

謝辞

本研究の機会を与えてくださり,数多くの示唆,実 り多い議論,親切なご指導を下さった夜久竹夫教授に 心より感謝の意を表します.

修士論文を丁寧に査読してくださり,数多くの助言 を下さった東洋大学の土田賢省教授,芝浦工業大学の 赤木剛朗氏に心より感謝の意を表します.

ご指導,ご支援を頂きました桜美林大学の有田友和 氏,情報システム解析学科の諸先生方,ならびに同研 究室の皆様に心よりお礼を申し上げます. 目次

1	はじめに	4
2 2 2 2 2 2	準備 .1 数値地図[14, 15] .2 3次元地形図 .3 地形 8 分格子グラフ[5, 7] .4 H7CODE[13] .5 離散ラプラシアンによる尾根・谷の抽出[4]	5 6 6 6 7
3	特徴抽出モデル	9
- 3	.1 離散ラプラシアンによる尾根・谷の抽出法の改良	9
3	.2 局所的な形状の分類による尾根・谷の抽出	10
3	.3 最急降下線を用いた尾根・谷の抽出	11
4	特徴抽出プログラム	13
4	.1 等高線の抽出	13
4	.2 離散ラプラシアンによる尾根・谷の抽出の実装	14
4	.3 改良型離散ラプラシアンによる尾根・谷の抽出の実装	15
4	.4 局所的な形状の分類による尾根・谷の抽出の実装	16
	4.4.1 尾根・谷部分で不必要な点を取り除く例	16
	4.4.2 尾根・谷部分で点を繋げる例	16
4	.5 最急降下線を用いた尾根・谷の抽出の実装	18
4	.6 流域表示	19
4	.7 生成・編集システム	19
5	終わりに	20

参考文献

21

1. はじめに

地形の特徴抽出とは、形状概念(丸い、四角い、細い、太いなどの図形的概念)から意 味概念(河川、山、尾根、谷、扇状地などの地形的概念)を導出する過程として、非常に 重要である.ところが、これらの地形の特徴の定義は曖昧である.実際、地学事典[3]では、

「尾根とは谷と谷との間に挟まれた山地の突起部の連続したもの」,「谷とは丘や山に囲ま れた細長い凹んだ地形」とあり曖昧さが残る.また,尾根線や谷線は公式に決められてい ている訳ではなく,地図上の等高線を見た人が独自の判断で引くため,個人差が出てしま う.本論文では,数値地図と呼ばれるメッシュ型の数値標高データから尾根と谷を抽出す るモデルを提案する.

近年、メッシュ型の標高データと地形の特徴に関するいくつかの研究がなされてきている. [1]では尾根線の3次元線分データから格子点ディジタル地形モデルを得る方法を述べており、尾根線にもとづく山岳形状が定義されている.また[2]では、フラクタル手法を用いた手法と用いていない手法の2つに分け、山岳・地形の定義を述べている.しかし、数値地図から地形の特徴を抽出するモデルに関する研究はいまだ完成しておらず、研究の余地が大いにある.

一方,地形図を3次元表示するための手法,及びデータ構造の研究として,次のような ものが挙げられる.まず,[9]ではVRMLを用い,地形の3次元表示プログラムが2003年 に穴田等により提案されている.VRMLはこれまで2次元のデータしか見ることのできな かったインターネットの世界で,その制約を取り払い3次元の仮想空間を表示することを 可能とした.さらに[10,12]では,不均一解像度の3次元地形図である多重解像度3D地形 図のグラフ表現である地形8分格子グラフとそのリスト構造であるH7CODE[13]が発表さ れている.この地形8分格子グラフとH7CODEは,表を表現するためのデータ構造を提案 した8分格子グラフ[5,7]とそのリスト構造であるH3CODE[6]の応用である.8分格子グ ラフのデータ構造は2001年に夜久等によって提案され,そのアルゴリズムは2003年に本 橋等によって発表されている.

本論文では、これらの研究を背景としてメッシュ型の数値標高データから尾根や谷などの地形に関する特徴抽出するモデルを提案し、地形の特徴の再定義を試みる.

本論文は次のように構成される.2章で,地形8分格子グラフとH7CODE,離散ラプラシ アン[4]を用いて尾根,谷を抽出する方法を解説する.3章では,地形の特徴抽出モデルと して,次の3つを提案する.1つ目の方法では,離散ラプラシアン及びその変形を計算し, その値の正負から尾根,谷を抽出する.2つ目は地形の各点における局所的な形状を分類し, 尾根,谷を抽出する.3つ目はランダムに地表の点を選び,そこを起点とし最急降下線を求 め,その通過地点を数えあげることによって,尾根,谷を抽出し,4章では,それぞれのモ デルを用いて,尾根を描画した3次元地形図を作成する.3次元地形図の作成には,VRML, 地形8分格子グラフとそのリスト表現であるH7CODEを利用している.最後にまとめとし て,既存のモデルと3つのモデルを比較し,今後の課題について述べる.

2. 準備

2.1 数值地図[14,15]

本研究で使用している基本データは、国土地理院が発行している数値地図 CD-ROM[14][15]である.数値地図データは、国土地理院が刊行している2万5千分の1地 形図に描かれている等高線から作成されたベクトルデータを基に、計算によって求めた数 値標高データをメッシュ方式で収めたものである.地形図を分割し、得られる各区画の中 心または平均の標高がテキスト形式で収録されている.50mメッシュ(標高)[14]は標高 の各区画の一辺の長さが実距離で約50mとなっている.約10km×10kmの区域ごとの標 高データがそれぞれ1ファイルに収められている.よって50mメッシュ(標高)の場合、 標高データの数が縦方向、横方向に200個×200個=計40000個のデータとなる.

2.2 3次元地形図

本研究で扱う3次元地形図は数値標高データを基に VRML で記述された地形の3次元 CG である.図1は富士山の3次元地形図の表示例である.



図1 3次元表示した富士山の地形図

2.3 地形8分格子グラフ[5,7]

<u>地形8分格子グラフ</u>は8分格子グラフによる3次元地形図の表現である.3次元地形図を 表示する際の計算量は、それを構成するポリゴンの数に大きく依存する.そのため、地形 に応じてメッシュサイズの異なる不均一メッシュ型の3次元地形図が必要となる.8分格子 グラフは、不均一な矩形分割の表現方法として知られており、それを不均一メッシュ型の3 次元地形図の表現に応用したものが地形8分格子グラフである.

8分格子グラフの各頂点から出る辺の数は高々8本である.図2で矩形分割の例と対応する8分格子グラフを示す.



内部の白い部分の矩形を内部セル(inner cell)と呼び、周りの部分の矩形を周辺セル (perimeter cell)と呼ぶ。

地形8分グラフは次のように定義される.

定義(地形8分格子グラフ)[12]

矩形分割*D* (定義は[11]を参照) に対応する 8 分グラフ $G_D = (V_D, E_D, L, \lambda_D, A, \alpha_D)$ は, 頂点 の集合 V_D (外側の頂点を周辺頂点と呼ぶ), 辺の集合 E_D , 辺のラベルの集合L. E_D からLに 対応させるラベル関数 λ_D , 属性の集合A, V_D からAに対応させる属性写像 α_D から構成され る, ただし G_D は以下の性質を満たす.

V_Dの頂点v_eをDのセルcに対応させ、E_Dは次の規則から定義する.

規則1 もしnw(c) = nw(d)で、同じ北壁を持つセルc, dの間にセルがなければ、 $[v_c, v_d] \in E_D$ 、 $\lambda_D[v_c, v_d] = enw$ となる.この場合、 $[v_c, v_d]$ は北壁辺と呼ぶ.

同様にして,規則2,3,4によって,**南壁辺,東壁辺,西壁辺**を定める.

一方, $L=\{enw, esu, eeu, ewu\}$ とし, λ_{D} は E_{D} からLへの関数で, E_{D} と同じ4つの規則から 定義される.また, $A=R^{32}$ とする. α_{D} は周辺頂点全体から R^{32} への属性写像で,周辺頂点 v_{c} に対して,

 $\alpha_D(v_c) = \{nw(c), sw(c), ew(c), ww(c), att_1, ..., att_{28}\}$ を対応させる (nw, sw, ew, ww については [7]を参照).

2.4 H7CODE[13]

H7CODEとは地形8分格子グラフを表現するリスト構造である.図3ではH7CODEの外部 表現の例を表す.各レコード(1区切りのデータ)のフィールド(データを書き込む最小 単位)の属性がメッシュ型標高データの1メッシュ分に対応している.

H7CODE は第1ブロックから第4ブロックで構成される(表1参

ブロック番号	H7コード	備考
1	ヘッダー部	表の基本情報
		3つのフィールドから
		なる(予備フィールド
		を除く)
2	リスト部	この表のセルを表す.
		セル数と等しい数のレ
		コードからなる.
		1 レコード当たり 3 2
		フィールドとする.
3	コンテンツ部	セルに付随する. 文字
		列,画像などの情報を
		格納する.
		1コンテンツ当たり8
		つのフィールドからな
		る(予備フィールドを
		除く)
4	表レイヤー部	複数の表を管理するた
		めの情報を表す。

表1 H7CODE の全体像

リスト部のセル1つのフィールドの内容を図3に示し,図4ではH7CODEの外部表現の 例を表す.



図4 図1の3次元地形図のH7CODEファイルの一部

2.5 離散ラプラシアンによる尾根・谷の抽出[4]

ここでは,<u>離散ラプラシアン</u>と呼ばれる 2 階の差分を計算し,その値の正負から尾根, 谷を抽出する方法について説明する(詳細は[4]を参照).メッシュ型標高データ *f(m,n)*に対 し,離散ラプラシアンは次のように定義される(図5参照).

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

(*f(m,n)*は座標*(m,n)*における標高値とする).

上の式により与えられる $\Delta f(m,n)$ は谷筋では正の値をとり,尾根の場合は負の値をとる. そして,得られた $\Delta f(m,n)$ の値からノイズを除去するために,ある閾値 g_0 を定める.

- $\Delta f(m,n) \ge g_0 \mathcal{O} \ge \vartheta g(m,n) = 1$
- $\Delta f(m,n) \leq -g_0 \mathcal{O} \geq \exists g(m,n) = 0$
- 上記以外のときg(m,n)=-1

として, g(m,n)の値を決める. g(m,n)=1の点を繋げることによって谷線が, g(m,n)=0

の点を繋げることによって尾根線が形成される.



図5 標高値が与えられている座標

3. 特徴抽出モデル

この章では、メッシュ型の数値標高データから尾根、谷、傾斜などの地形に関する情報 を抽出する方法について考える.

3.1 離散ラプラシアンによる尾根・谷の抽出法の改良

ここでは、2.5 節の方法の改良をする.2.5 節では、離散ラプラシアンを計算する際に、 隣接する場所の標高地のみを用いていたが、ここでは、2 つ先の標高値も用いて離散ラプラ シアンを求める.よって、離散ラプラシアンの計算式は次のようになる.

 $\Delta_{4,2} f(m,n) \equiv k_1 \Delta f(m,n) + k_2 \{ f(m-2,n) + f(m+2,n) + f(m,n-2) + f(m,n+2) - 4 f(m,n) \}$ ($\Delta_{4,2}$ の4は離散ラプラシアンを計算するために用いるデータの個数を表し、2は測定点からの距離を表す.また、 k_1, k_2 は $k_1, k_2 \in [0,1]$ 、 $k_1 + k_2 = 1$ とし、それぞれ重みパラメータとする.)

さらに、8方向の標高値を考慮した離散ラプラシアンを定義する.

 $\Delta_{8.1} f(m,n) \equiv k_1 \Delta f(m,n) + k_2 \{ f(m-1,n-1) + f(m+1,n-1) + f(m-1,n+1) + f(m+1,n+1) - 4 f(m,n) \} \div \sqrt{2}$ これらの変形した離散ラプラシアンを用いて 4.3 節で尾根, 谷を抽出する.

図 6 では点Pからの距離を d_1 、 d_2 で表し、点Pに与える影響は距離に依存すると考え、点Pにおける形状を特徴づけるために参照する情報の信頼度は $\frac{1}{p$ からの距離

そこで、重みパラメータk₁,k₂の定め方は以下の通りに決めるのが適切である.

図7より
$$\Delta_{4,2}$$
では $k_1:k_2 = \frac{1}{1}:\frac{1}{2}$
 $k_2 = \frac{k_1}{2}$
 $k_1 + k_2 = 1$ より
 $\frac{3}{2}k_1 = 1$
よって、 $k_1 = \frac{2}{3}, \quad k_2 = \frac{1}{3}$ が適切である.
図8より $\Delta_{8,1}$ では $k_1:k_2 = \frac{1}{1}:\frac{1}{\sqrt{2}}$
 $k_2 = \frac{k_1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}k_1$
 $k_1 + k_2 = 1$ より
 $\left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)k_1 = 1$
よって、 $k_1 = \frac{2}{2 + \sqrt{2}}, \quad k_2 = \frac{\sqrt{2}}{2 + \sqrt{2}}$ が適切である.



図6 pからの距離



3.2 局所的な形状の分類による尾根・谷の抽出

ここでは、各メッシュ上の地形の局所的な形状を分類することで、尾根、谷を抽出する 方法を提案する.

メッシュ型標高データから生成される 2 次元曲面は,90°回転による同一視をした場合, 尾根,谷になりうる部分の地点の形状は $2^4 = 16$ 通り考えられるが,そのうち意味のあるもの 5 種類を図 9 で示す. 尾根になる可能性のある形状は(1),(3),(5),谷になる可能性のある形状は(2),(3),(4),となり,(3)は尾根,谷のどちらにもなりえると定める.



- ●:測定点
- ○:測定点より標高が高い点、もしくはそれと標高が同じ点
- □:測定点より標高が低い点

図9 注目する地形の形状

これらの 5 種類の形状を持つ点を調べることで、尾根、谷を抽出することが出来る.図 10 にメッシュ型標高データの例を示す(メッシュの中に書かれた数値が標高である).また、 図 11 では図 10 のメッシュ型標高データに図 9 で対応する形状番号を記入したものを示す. ただし、(1)から(5)以外の形状には斜線を引き、隣接するセルに標高値がなく形状が決め られない箇所は空白のままにする.

20	20	30	20	2 0
35	30	40	30	2 0
20	2 5	50	30	2 5
1 5	20	4 0	35	4 0
2 0	1 5	3 0	3 0	3 0

(3)	(5)		
	(1)		
	(5)	(3)	

図10 メッシュ型標高 データの例

図11 図9に対応する 形状番号

3.3 最急降下線を用いた尾根・谷の抽出

ここでは、任意のセルから<u>最急降下線</u>と呼ばれる最大傾斜方向に下っていく操作を行い、 そこに線を引くことで、尾根、谷を抽出する方法を提案する.

そして最急降下線は、次のように求められる.

任意の標高の点(セル)を選び,そのセルが周辺セルでなければそこから北,南,東,西, 北西,南西,北東,南西の8方向の傾斜を計算する.0°未満で一番傾斜が深い方向へ進み, その条件を満たさなければ終了,以上の工程を繰り返すことにより求める.

メッシュの幅が縦と横,共に 50m の傾斜を求める場合,傾斜の計算は,任意の標高の点から北,南,東,西方向はそれぞれ距離が 50mであり,北西,南西,北東,南西方向はそれぞれ距離が 70mとなり,比較する標高との標高差を求める.イメージを図 12 に示し,計算式は次のようになる.

$$\theta_1 = tan^{-1} \{(a - b)/50\}$$

$$\theta_{2} = tan^{-1} \{ (c - d)/70 \}$$

a.b.c.d は標高値をあらわす.



図12 地形図の標高2点間を直角三角形で表現

上記の方法で傾斜を求めた後,8方向の傾斜を比較して最大傾斜の方向を決定する.この 抽出方法では最急降下線を求め,統計的な手法を用いることで尾根,谷を抽出する.

まずランダムに点を複数選び、そこを起点とする最急降下線を引き、その通過点(各メ ッシュ)ごとにカウントする.そして、あらかじめ定めておいた閾値よりも、カウント数 が多い場所を谷と決定する.尾根を抽出する場合は地形を反転、もしくは標高値を-1倍し、 谷線の場合と同様の操作を行う.

以上の特徴抽出モデルをもとに、図 13 で、1 本の最急降下線を引く操作のフローチャートを提案する.



図13 1本の最急降下線を引く操作のフローチャート

4. 特徴抽出プログラム

この章ではメッシュ型の標高データから,等高線を抽出した例と実際の等高線が入っている地図を比較する.また,離散ラプラシアンを用いた抽出方法,局所的な形状を分類した抽出方法,最急降下線を用いた抽出方法を実装し,得られた尾根,谷に色をつけ3次元地形図として表示する.

4.1 等高線の抽出

ここでは、メッシュ型の標高データから等高線を抽出するアルゴリズムについて説明する.等高線とは土地の起伏を正確に表すために、標準海面から等しい高度の点を結んだ曲線である.

標高 q_nの等高線描画のアルゴリズムは以下のとおりである.

- (1) 閾値 g₀を決める
- (2) すべての点で標高値 aを比べる
- (3) $|a_0 a| \le g_0 \Rightarrow メッシュに色をつける$
- (4) $|a_0 a| > g_0 \Rightarrow メッシュに何もしない$
- (5)標高値をすべて0にする(表示するときに見やすくするため).

図14はメッシュ型標高データから等高線を引いた例である.外側から1000m,1500m,2000m, 2500m,3000m,3500mの標高に黒色が塗られている.図15は図14と同じ場所の実際の等高 線が引いてある地図の外側から1000m,1500m,2000m,2500m,3000m,3500mの箇所を強調 して線をひいたものである.



図14 抽出した富士山付近の等高線



図15 富士山付近の場所の地図

4.2 離散ラプラシアンによる尾根・谷の抽出の実装

2.5節で述べた方法のように,離散ラプラシアンから,尾根を抽出し,それをVRML上に 表示する.閾値g₀はプログラムをコンパイルするときに決め,条件を満たすメッシュの場所 に色をつける.

適切な閾値g₀を定めるために、いくつかの値で実験した.





図16 閾値を-10にして尾根を3次元地形図上に表示したもの、右は上から見た実行例 (富士山)





図17 閾値を-20にして尾根を3次元地形図上に表示したもの、右は上から見た実行例 (富士山)





図18 閾値を-30 にして尾根を 3 次元地形図上に表示したもの、右は上から見た実行例 (富士山)

図 16, 図 17, 図 18 ではそれぞれ閾値を-10, -20, -30 に選び, 抽出した尾根を 3 次元地 形図で表示したものである. 比較して分かるように,図 16 は図 17 より閾値の条件が弱い ため,余計な点で色が塗られている. 図 18 は閾値の条件が強いためほとんど色が塗られて いない. この例の中では図 17 の閾値を-20 にしたものが適当と考える.

4.3 改良型離散ラプラシアンによる尾根・谷の抽出の実装

3.1節で述べた方法のように、変形型離散ラプラシアンを用いて尾根を抽出し、それを VRML上に表示する.

図 19 で $\Delta_{4,2}$ f(m,n)の実行例を示し,図 20 で $\Delta_{8,1}$ f(m,n)の実行例を示す.





図 19 $\Delta_{4,2}$ f(m,n)を用いて閾値を-20 にしたときの実行例(八ヶ岳西部) (重みパラメータ $k_1 \doteq \frac{2}{3}, k_2 \doteq \frac{1}{3}$)



図 20 Δ_{8.1} f(m, n) を用いて閾値を-20 にしたときの実行例(八ヶ岳西部)

(重みパラメータ
$$k_1 \stackrel{i}{\Rightarrow} \frac{2}{2+\sqrt{2}}, \quad k_2 \stackrel{i}{\Rightarrow} \frac{\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}$$
)

図 19 で示した $\Delta_{4,2}$ f(m,n)と図 20 で示した $\Delta_{8,1}$ f(m,n) 共に閾値を-20 と同じに設定したが、 結果は異なるものになった. 2 つ先の標高値を考慮している離散ラプラシアン $\Delta_{4,2}$ f(m,n)の 方が、隣接する 8 方向を考慮している離散ラプラシアン $\Delta_{8,1}$ f(m,n) よりも線が太く、より 繋がって表示されるように見られる.

4.4 局所的な形状の分類による尾根・谷の抽出の実装

3.2節で述べた方法のように、局所的な形状の分類から、尾根を抽出し、VRML上に表示する.

図 21 で局所的な形状の分類を用いた実行例を示す.



図21 局所的な形状を分類して求めた実行例(八ヶ岳西部)

局所的な形状の分類による抽出は4.3節の改良型離散ラプラシアンを用いた図19や図20の実装例と比べ,尾根が繋がっていてほしいセルで繋がっていなかったり,その逆であったりする.そこで4.4.1で尾根,谷部分でノイズを取り除く例を示し,4.4.2で点を繋げる状態の例を示す.

4.4.1 尾根、谷部分で不必要な点を取り除く例

尾根,谷であるセル1点(色が塗られている箇所)に注目し,そのセルに隣接する周り8 箇所と2つ先のセルが尾根,谷でなければその点はノイズとして取り除き,尾根,谷とは 認めない(図22参照).



図22 点を取り除く例

4.4.2 尾根、谷部分で点を繋ぐ例

図 23 のような状況のときは図 24 のように,図 25 のような状況のときは図 26 のように セルに色をつけ本来,尾根,谷でなかったセルを尾根,谷として認めて繋げる操作を行う. 縦,横,斜めどの方向からみても同様にする.





図23 点を繋ぐ例1





図25 点を繋ぐ例3



はじめに 4.4.1 の手法でノイズを除去し, 続いて 4.4.2 の手法を用いて点を繋げられる セルを繋いだものを図 27 で示す.





図 27 局所的な形状を分類した後に 4.4.1, 4.4.2 の手法で求めた実行例(八ヶ岳西部) 右は点を繋げたセル部分を赤く表示

局所的な形状を分類した後に4.4.1,4.4.2の手法を用いることで,4.4の図21で示された単純に局所的な形状を分類して求めた実行例よりもノイズが減り,点が繋がったことを確認することができる.

4.5 最急降下線を用いた尾根・谷の抽出の実装

3.3節で述べた方法のように,最急降下線を用いたものから,尾根を抽出し,VRML上に 表示する.

図28で最急降下線を用いた実行例を示す.





図28 最急降下線を用いた実行例(八ヶ岳西部)

最急降下線を用いた抽出は 4.3 節の改良型離散ラプラシアンを用いた図 19 や図 20 の実 行例や 4.4 節の局所的な形状を分類した後に 4.4.1, 4.4.2 の手法で求めた実行例の図 27 と比べ,より連続的に尾根が表現されている.

次に八ヶ岳西部を中心に北,南,東,西,北西,南西,北東,南西の周り8箇所の50m メッシュの場所も最急降下線を用い尾根を抽出し,9枚を繋げたものを図29で示す.大き さは縦と横,30km×30kmである.



図29 最急降下線を用いた実行例(八ヶ岳周辺)

4.6 流域表示

ここでは3.3節で述べた最急降下線を利用して<u>流域</u>を抽出し,VRML上に表示する. 流域とは降雨や降雪が河川に流入する全地域(範囲)である.流域の抽出方法は,川の 河口部分など河川のいくつかのセルを選択し、すべてのセルから最急降下線を引き,その

セルを通る最急降下線に色をつけることで流域を表示する. 図 30 では八ヶ岳西部の流域区分した実行例を示す. 黄色の部分が柳川の流域であり,紫 色の部分が弓振川流域,そして水色の部分が立場川流域である. それぞれの流域の境界線 がはっきり分かるのが特徴である.



図 30 最急降下線を用いて流域を表示した実行例(八ヶ岳西部)

4.7 生成・編集システム

尾根,谷が描画された3次元地形図を生成するために,数値地図データからH7CODE に 変換し,そこを起点に画像を貼る操作や,地形に合わせた不均一のH7CODE に書き換えて VRML データを作成することが可能である.また,加工プログラムを通し,尾根,谷など の特徴抽出データを得ることができる.以下の図31では地形図表示システムのデータ流れ 図を表す.



図 31 3次元地形図生成・表示システム流れ図

5. おわりに

定義が曖昧であった尾根,谷をメッシュ型の数値標高データから,自動的に抽出し,3次 元地形図で表現することに成功した.

1つ目のモデルでは離散ラプラシアン及びその変形を計算した値の正負で抽出する方法, 2つ目に地形の各点における局所的な形状を分類して抽出する方法,3つ目にランダムに地 表の点を選び,そこを起点とする最急降下線を求め,その通過地点を数えあげることによ って抽出する方法の3つを提案した.さらに,これらの特徴抽出モデルを用いて,尾根,谷 を抽出し,それに色をつけた3次元地形図を生成するプログラムを作成した.またその際, 数値地図からH7CODEを生成するプログラム及びH7CODEから3次元地形図を表示するプロ グラムを作成した.

表2で示す通り、従来型の離散ラプラシアンを用いた尾根、谷の抽出よりも計算量は多く なるが、変形型の離散ラプラシアンや最急降下線を用いた抽出モデルの方がより連続的に 尾根や谷が現れており、抽出制度はよいと考えられる.

今後はこれらの抽出モデルを評価,検証しさらに抽出制度を上げ,その他の地理的特徴 (扇状地,三角州,クレータなど)の抽出モデルの開発を行う.また,地理・地学のCAI にユーザーインターフェースを考慮して組み込むことが今後の課題である.

各モデル	実装箇所	計算量	抽出精度 (人間の目 での比較)
2.5節 離散ラブラシアンを 用いた尾根・谷の抽出[4] (既存モデル)	4.2節で実装	少ない ↑	\bigcirc
3.2節 局所的な形状の分 類による抽出モデル	4.4節で実装		\bigcirc
3.1節 離散ラブラシアン による尾根・谷の抽出法 の改良	4.3節で実装		\bigcirc
3.3節 最急降下線を用い た抽出モデル	4.5節で実装	↓ 多()	\bigcirc

表 2 各抽出モデルの比較表

参考文献

- [1] 八重樫一仁,千葉則茂,「尾根線にもとづく山岳形状の定義法」,情報処理学会研究報告, 1989-CG-37-7, pp. 49-55 (1989).
- [2] 宮田一「山岳・地形の生成技法の研究動向」情報処理学会研究報告, 1989-CG-40-11, pp75-80(1989).
- [3] 下中弘,「新版 地学事典」地学団体研究会 (1996).
- [4] 萩原幸男,糸田千鶴, "地球システムのデータ解析",朝倉書店 (2001).
- [5] T. Yaku, Representation of heterogenenous tessellation structures by graphs, Memoir of WAAP Meetings 108, 1 - 6, Dec. (2001). URL: http://hichart.yaku.cs.chs.nihon-u.ac.jp/waap/waap-memoir/waap108/
- [6] T. Arita and T. Yaku, "H3-Code 2.0 Reference Manual" HCC-2003-004 WAAP (2002-2003), URL:http://www.yaku.cssa.chs.nihon-u.ac.jp/tech_note/2003/hcc03-001/h3c10-030 828/index.html.
- [7] T. Motohashi, K. Tsuchida, and T. Yaku, "Attribute Graphs for Table and Their Algorithms" Proc. Foundation of Software Engineering 2002, K. Inoue Ed, Kindaikagakusha, pp183-186(2003).
- [8] 本橋 友江, 谷 聖一, 土田 賢省, 夜久 竹夫, Algorithms for Table Transformation, 京都大学数理解析研究所講究録 1325, pp152-157, (2003).
- [9] 穴田 浩一,「地理学学習支援のための地図データの3次元表示システム」,第一回教育 支援システムシンポジウム,(2003).
- [10] 穴田浩一,小林純,土田賢省,宮寺庸造,本橋友江,夜久竹夫"地理教育支援のための3 次元地形表示システムとそのデータ構造"教育システム情報学会第29回全国大会講究 録,(2004).
- [11] T. Arita, T. Motohashi, K. Tsuchida, and T. Yaku, "An Octet Degree Graph Representation for the Rectangular Dissections", 応用数学合同研究集会報告集, pp131-136(2004).
- [12] G. Akagi, T. Motohashi, K. Nomaki, and T. Yaku, "Octal Graph Representation for Multi-Resolution 3D Landform Maps and Its Application" Proceedings of Applied Mathtics Symposium, pp. 27-32 (2005).
- [13] 赤木剛朗,有田友和,本橋友江,野牧賢志,土田賢省,夜久竹夫,H7CODE:8分格 子グラフに基づく3次元地形図のファイルフォーマット,日本大学自然科学研究所 紀要,(2007) 印刷中.
- [14] 国土地理院, 数値地図 50m メッシュ (標高).
- [15] 国土地理院, 数値地図 250m メッシュ (標高).