

集水域

TNT 入門



集水域地形学の モデリング



TNTmips®

www.opengis.co.jp

はじめに

地表面の水の流れは、主に地形の形状によって支配される重要な環境要素です。TNTmips の集水域処理は標高モデルを解析して、異なる流域 (集水域) 間の境界や水系網を、関連する属性と共に定義します。本書の練習問題を使用しながら、集水域処理の集水域モデリングに関する主要な処理を説明します。

必須基礎知識 本書では、読者が『TNT 入門：地理空間データ表示』、『TNT 入門：システムの基本操作』の練習問題を完了しているものと仮定しています。必須知識や基本操作についてはこれらの練習問題で説明されていますので、本書では繰り返して説明しません。わからない部分がある場合は、必要に応じこれらのマニュアルで調べてください。

サンプルデータ 本書の練習問題では TNT 製品に添付されているサンプルデータを使用します。TNT 製品 CD にアクセスできない場合は、マイクロイメージ社のホームページからデータをダウンロードできます。特に、本書では **TERRAIN** データ集の **WATRSHEd** サンプルファイルを使用します。

その他の資料 本書では、集水域のモデリングに関する概要しか示されておりません。本書で説明している処理の詳細については、マイクロイメージ社ウェブサイトですぐ入手可能な各種テクニカルガイド、クイックガイド等を参照してください。

TNTmips と TNTlite® TNTmips には 2 つのバージョンがあります。プロフェッショナル・バージョンの TNTmips Pro と、無料バージョンの TNTmips Free です。本書では、どちらのバージョンも「TNTmips」という名前で示されています。プロフェッショナル・バージョンにはハードウェア・キーが必要です。このキーがない場合、TNTmips は Free モードで作動し、オブジェクトのサイズに制約があります。

集水域処理は、TNTview や TNTatlas では実行できません。TNTmips Free では、提供されているサンプルの地理データを使用してすべての練習問題を実行することができます。

*Randall B. Smith 博士, 2010 年 5 月 17 日
©MicroImages, Inc. 2000-2010 年*

一部のイラストでは、カラーコピーでないと重要な点がわかりにくい場合があります。マイクロイメージ社のウェブサイトから本書を入手されれば、カラーで印刷したり表示できます。また、このウェブサイトからは、その他のテーマに関する最新の入門書も入手できます。インストールガイド、サンプルデータ、および最新バージョンの TNTmips をダウンロードできます。アクセス先は次の通りです。

<http://www.microimages.com>

集水域モデリングによるこそ

集水域処理は、地上の水の流れをモデル化することによって地表水理に対する地形の影響を、扱っています。処理の入力データはDEM (Digital Elevation Model : 数値標高モデル) であり、これは、標高値がラスタオブジェクトとして格納された格子状データです。


集水域処理は、局所的な水流の方向と、景観を下り斜面を流れる水の漸進的な蓄積を計算します。これらの中間結果から、「水路網」や、特定の水系で排水される領域である「集水域 (Watershed)」の間の境界線をなす「分水界」を計算します。集水域はさら、流路網の中の特定の支流に関連する「盆地 (Basins)」に分割されます。流路網、集水域の境界、そして盆地は別々の一時的なベクタオブジェクトとして作られます。最終結果を保存する前に、処理パラメータを調整してこれらのオブジェクトの細かさのレベルを変えることができます。さまざまな属性情報も作成され、流路か集水域と共に保存されます。このような領域全体にわたる計算から作られる情報は、水資源の問題や、洪水や侵食などの災害、そして汚染物質の移動といったさらなる解析の入力データとして使うことができます。

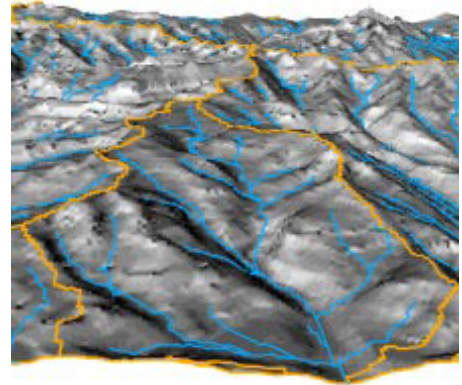
標高モデルの特定位置に対する流路と盆地を生成するための、対話的なツールも提供されています。このツールは、集水域内のポイントを源とする汚染源の影響を解析するのに役に立ちます。

流れの道筋を決める前に、標高モデルの凹みを埋めるための連続的処理オプションも用意されています。この処理は、景観内の様々な自然の凹みの影響を評価するのに有効です。

TNTmips の他の地形解析処理は、姉妹編の入門書である『*地形と表面の解析 (Analyzing Terrain and Surface)*』に紹介されています。



 TNTmips のメニューから Terrain / Watershed (地表面 (サーフェス) / 流水解析 ...) を選択します。



起伏が陰影表示された DEM の三次元鳥瞰図に、集水域処理により生成された分水界の境界 (オレンジ色) と流水線 (青) を重ねたもの。

4~9 ページでは、流路と集水域の計算について紹介しています。10~13 ページでは、それらの図形に対して計算されるデータベース属性について説明しています。14~16 ページでは、集水域処理で計算される他のオブジェクトについて説明しています。17~18 ページでは、凹みを埋めたり排水する方法を説明しています。19~20 ページでは、ヌルセルとマスクの使い方について説明しています。21~22 ページでは、流路ラインの分割の方法を説明しています。23~27 ページでは、連続的な処理について説明しています。

集水域解析を開始する

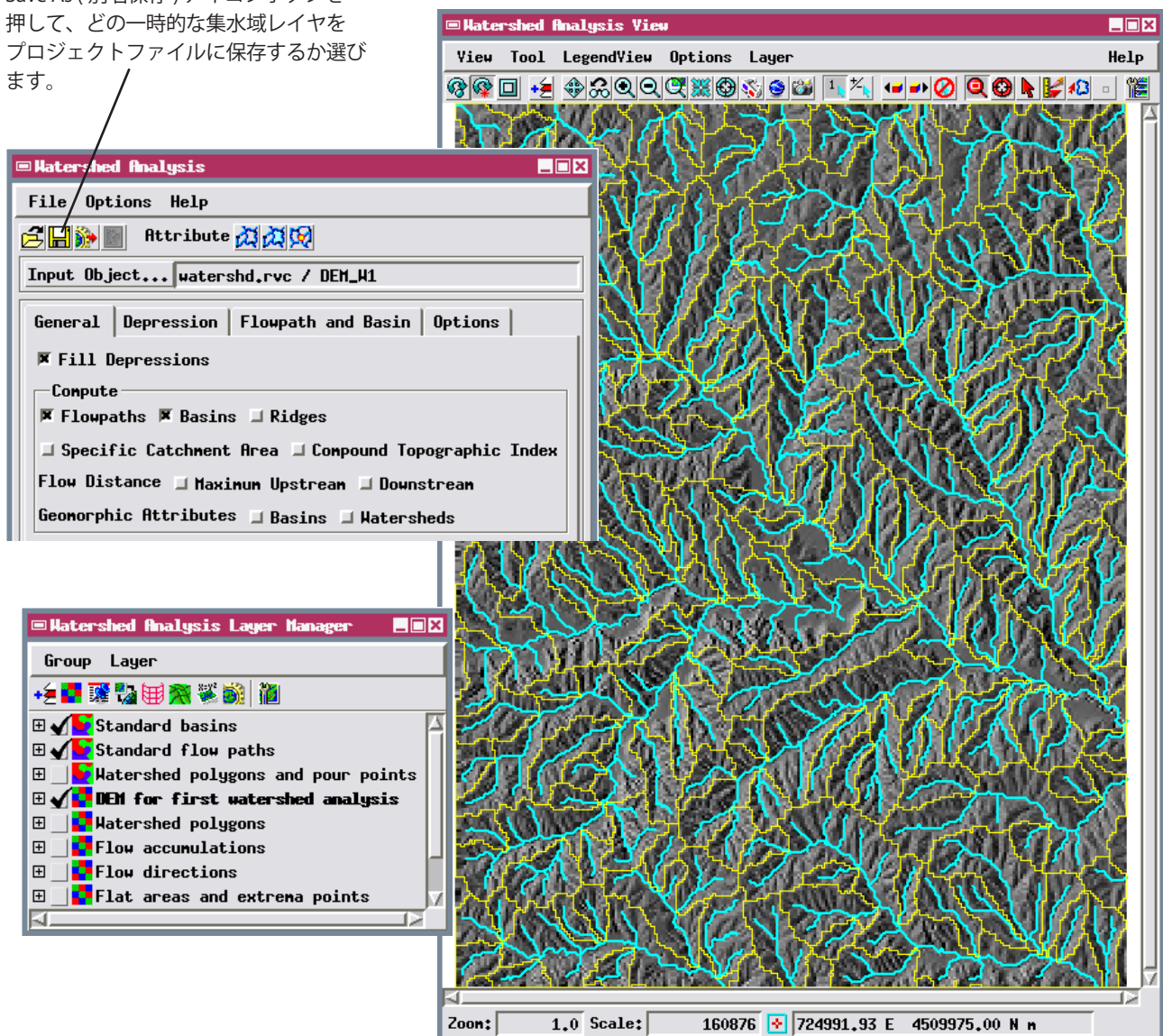
ステップ

- Watershed Analysis (流解析) ウィンドウの中の [Input Object... (入力オブジェクト ...)] ボタンを押します。
- オブジェクトの選択ダイアログを使用して **TERRAIN** データ集の中の **WATERSHD** プロジェクトファイルから **DEM_W1** を選択します。
- General (一般) パネル内の [Fill Depressions (窪みを埋める)] トグルボタンがオンになっているか確認します。
- Run (実行 ...) アイコンボタンを押します。 

集水域処理を起動すると、Watershed Analysis (流解析)、Watershed Analysis View (流解析表示ウィンドウ)、Watershed Analysis Layer Manager (流解析レイヤマネージャ) ウィンドウが開きます。表示ウィンドウには、解析用に選択した DEM が自動的に表示され、処理後は、選択された処理結果が表示されます。

DEM 内の集水域と流路を完全に表現するには、標準でオンになっている Fill Depressions (窪みを埋める) オプションを使用するのが最も手軽な方法です (このオプションの選択が処理に及ぼす影響については後述の練習問題の中で説明します)。集水域処理では、結果のさまざまな側面を示す一連の一時的なベクタオブジェクトとラスタオブジェクトが生成されます。これらのオブジェクトのすべて、またはいずれかを保存するには、流解析ウィンドウの Save As (別名保存 ...) アイコンボタンを押します。

Save As (別名保存) アイコンボタンを押して、どの一時的な集水域レイヤをプロジェクトファイルに保存するか選べます。



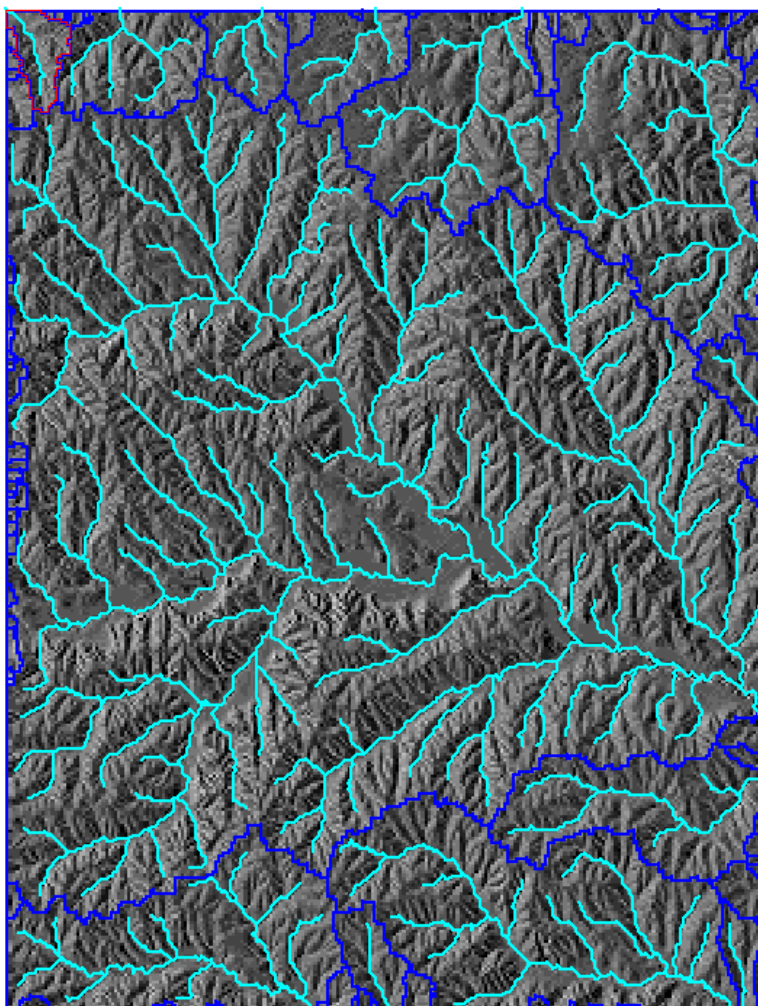
流路と集水域

[Fill Depressions (窪みを埋める)] オプションを使用して集水域処理を行うと、標準の盆地 (basin) と流路を示す 2 つのベクタオブジェクト (前者は **STDBASIN**、後者は **STDFLOWPATH**) が、表示ウィンドウの入力 DEM の上に重ねて表示されます。他の出力ベクタオブジェクトとラスターオブジェクトのリストは Layer Manager (レイヤマネージャ) ウィンドウに表示されますが、最初は隠されています。標準の盆地オブジェクトについては後で触れますが、ここではこれは隠しておき、代わりに集水域ポリゴンを示すベクタオブジェクト (**WATERSHED**) を表示します。

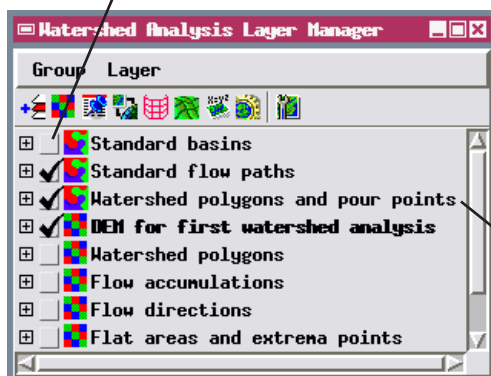
流路ベクタに含まれる線 (水色で表示されているもの) は、計算により求められた各集水域から排水される実際の集水路と可能性のある集水路からなる水路網を示します。集水域の境界は、集水域ベクタオブジェクト内の青いポリゴンで示されます。集水域の境界は、地形上の異なる排水系を区切る線と一致します。

ステップ

-  **Watershed Analysis Layer Manager** (流路解析レイヤマネージャ) ウィンドウで、**STANDARD BASINS** ベクタオブジェクトに対応する Show / Hide (表示 / 非表示) チェックボックス をクリックしてチェックを外し、このレイヤを隠します。
-  **WATERSHED POLYGONS** のチェックボックスをオンにしてこのレイヤを表示します。



Show / Hide (表示 / 非表示) チェックボックスを使用して、表示するレイヤを切り替えてみましょう。



レイヤマネージャウィンドウ内の集水域オブジェクトのレイヤ名にはオブジェクト名ではなく、各オブジェクトに関する記述が使用されます。集水域処理によって作られたそれぞれの一時的なベクタオブジェクトは、あらかじめ割り当てられている色で表示されます。色と線幅を変更するには、そのレイヤの Vector (ベクタ) アイコンボタンをクリックして、そのレイヤの Vector Layer Controls (ベクタレイヤコントロール) ウィンドウを開きます。

流路解析レイヤマネージャウィンドウを閉じた場合、表示ウィンドウ内の Layer Controls (レイヤコントロール ...) アイコンボタンを押すと再び開くことが出来ます。



集水域のプロパティ

ステップ

- Watershed Analysis (流水解析) ウィンドウの Attribute (属性) ツールバーにある Watershed Attribute (集水域の属性) アイコンボタンを押します。
- 表示ウィンドウの上側にある Select Watershed (集水域を選択) アイコンボタンを押します。
- 中央にある大きい集水域ポリゴンの中で左マウスボタンをクリックします。



選択されたポリゴンは、表示ウィンドウと Watershed Attributes (集水域の属性) ウィンドウ内で色で強調されます。

Watershed Attributes (集水域の属性) ウィンドウには、処理によって発見された集水域の基本プロパティのリストが表示されます。すべての窪みが埋められると、各集水域はラスタオブジェクトの縁の部分に向かって排出されます (または有効なラスタ値と無効なラスタ値の間の境界に向かって排出されます。この境界を使用して岸の線を示すことも出来ます)。ウィンドウ内の Outflow (流出) と Inflow (流入) のチェックマークが無いことから分かるように、この場合、上流の集水域からの流入や下流の集水域への流出がありません。ラスタの縁部を越えて同じ方向に排出される集水域群は、実際には下流で合流してより広い範囲の集水域を形成することもあります。

集水域の属性には、標高値 (集水域内での最小と最大の標高、そして境界の最小標高) と、面積 (単位は平方メートル) や周囲の長さ (メートル) が含まれています。

Watershed	Inflow	Outflow	Area	Perimeter
26			147818	1807
27			82121	1450
28			197090	2172
29			476301	3622
30			98545	1452
31			394483921	120775
32			1018299	4702
33			229938	2532
34			65697	1265
35			98545	1447
36			435240	3072
37			32848	725
38			98545	1627
39			73909	1267
40			82121	1265

Watershed Attributes dialog box summary:

- Total Watershed: 96
- Active Watershed: 31
- Lower Pours: Number 0, Index 0, Current 0
- Upper Pours: Number 0, Index 0, Current 0

各集水域の面積と周囲の長さは、DEMに関するジオリファレンス情報を使用して (または DEM がジオリファレンスされていない場合はラスタのセルサイズからのジオリファレンス情報) 計算されます。セルサイズが指定されていない場合、行と列のセルサイズが 1 メートルと想定されます。

流路パラメータ

集水域と流路のベクタオブジェクトを詳細に調べると、流路が集水域の境界までは伸びていないことが分かります。また、DEMの縁付近の比較的小さい一部の集水域では流路がまったく表示されていません。Flowpath and Basin (流路と盆地) パネルに表示されるパラメータ値は、現在の流路ベクタオブジェクトと盆地ベクタオブジェクトの計算処理で使用されたデフォルトのしきい値です。これらのパラメータ値を変更することで、新しい流路ベクタオブジェクトと集水盆地ベクタオブジェクトを再計算し、表示する際の詳細度を変更することができます。

集水域処理では、流路を生成するために、DEM内の各セルへの流量に関係する上流のセルの数を計算します。これらの流量の累積値を利用して上流の流路がトレースされます。この場合、流路が領域の境界部に達し累積値が最大になる場所がトレースの始点となります。Outlet (流出地点) パラメータは、ラスタの縁部で流路を開始するための累積流量値のしきい値を設定します。Outlet で設定されたしきい値より累積流量値が大きい境界セルだけが、流路の始点として使用されます。

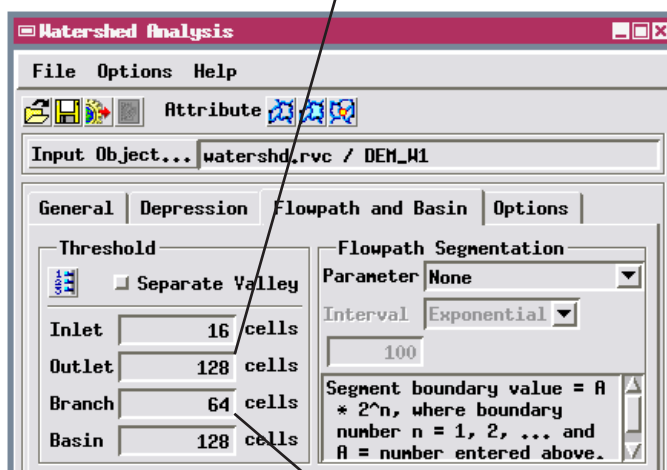
Inlet (流入地点) パラメータは、源流に向かって各流路をどこまで上流に遡るかを決定します。上流側の次のセルの累積流量値が Inlet パラメータの値より小さくなった場所が流路の端点となります。

Branch (分岐) パラメータは、上流の支流の潜在的合流部における流路の分岐を制御します。支流の口における累積流量値が Branch パラメータの値より大きくなる場所に、支流が形成されます。

ステップ

- Watershed Attributes (集水域の属性) ウィンドウを閉じます。
- Flowpath and Basin (流路と盆地) タブをクリックして対応するパネルを開きます。

DEMの周囲の小さい集水域に対して流路を生成したくない場合は、Outlet (流出地点) パラメータの値を大きくします。




上流側の集水域により近い位置まで流路を延長したり、表示される支流の数を増やすには、Inlet (流入地点) パラメータと Branch (分岐) パラメータの値を小さくします。

Flow Path and Basin (流路と盆地) のパラメータをデフォルト値に戻すには、Set to Defaults (デフォルトにセット) アイコンボタンをクリックします。



流路と盆地の再計算

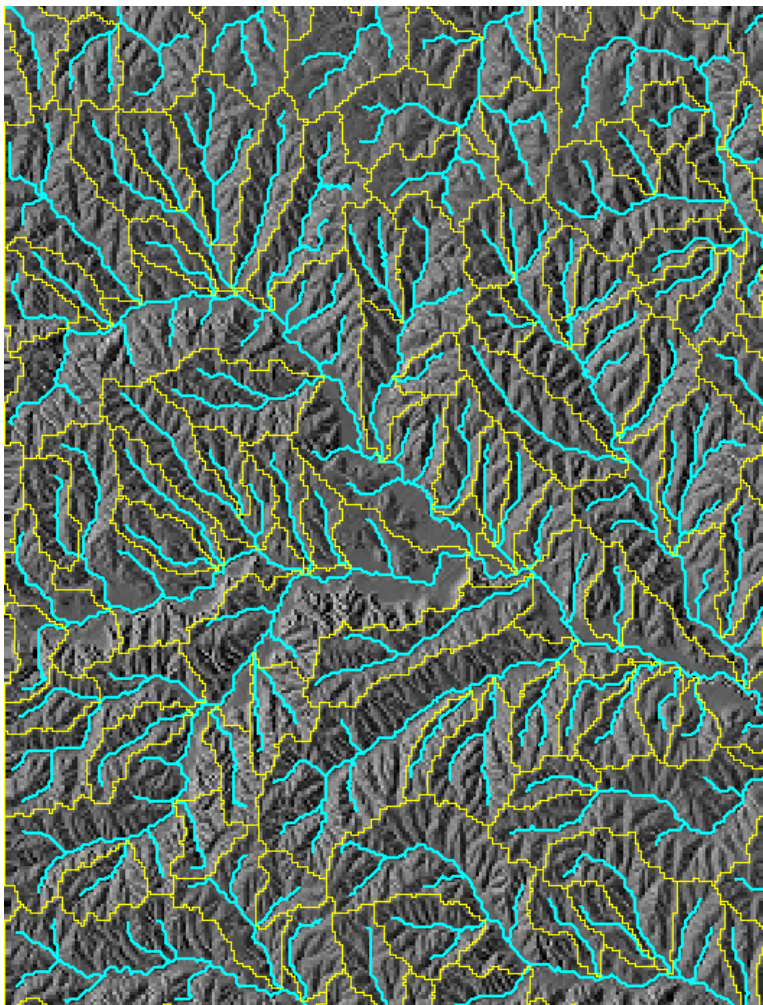
ステップ

- Layer Manager (レイヤマネージャ) ウィンドウの Show / Hide (表示 / 非表示) のチェックボックスを使用して **WATERSHED** ベクタレイヤを隠し、**BASINS** レイヤを表示します。
- Flowpath and Basin (流路と盆地) パネルで Inlet (流入地点) パラメータの値を 32 に変更します。
- Branch (分岐) パラメータの値を 128 に変更します。
- Basin (盆地) パラメータの値を 256 に変更します。
- Run (実行...) アイコン  ボタンを押します。
- 前回の処理結果を保存しない場合は Question (質問) ウィンドウで [No (いいえ)] をクリックし、そうでない場合は [Yes (はい)] をクリックし、出力オブジェクトに名前を付けます。

標準の盆地ベクタオブジェクト (4 ページの図で黄色で示されている部分) のポリゴンは、より大きい集水域の一部です。各盆地 (小さい集水域) は、主流の支流網により排水される領域です。各盆地の中の標高が最も低い場所は、その流路網とより大きい流路の接合部になります。

Basin (盆地) パラメータは、各集水域内に盆地ポリゴンを生成するための面積のしきい値を設定します。Basin パラメータに設定された値以上の面積 (単位はセル数) の領域を排水する各支流系ごとに、盆地ポリゴンが生成されます。累積流量は、流量に関係するセルの数として表されるため、盆地の面積は、支流系の口部分にあるセルの累積流量値に等しくなりません。

この練習問題でユーザが流路と盆地のパラメータを変更すると、より数が少ない短い支流と、より少ない大きな盆地を含む、より密度が低く粗い流路網が生成されます。



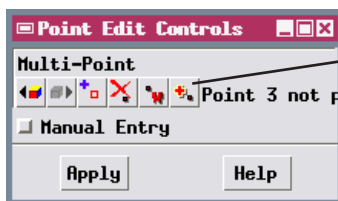
Threshold		
<input checked="" type="checkbox"/>	Separate Valley	
Inlet	32	cells
Outlet	128	cells
Branch	128	cells
Basin	256	cells

流路と盆地を再計算する前に Separate Valley (谷の分割) トグルをオンにすると、主流に対応する大きな長い盆地が、支流の合流部で別のポリゴンに分割されます。これらのポリゴンの最小サイズも、Basin パラメータの値により設定されます。

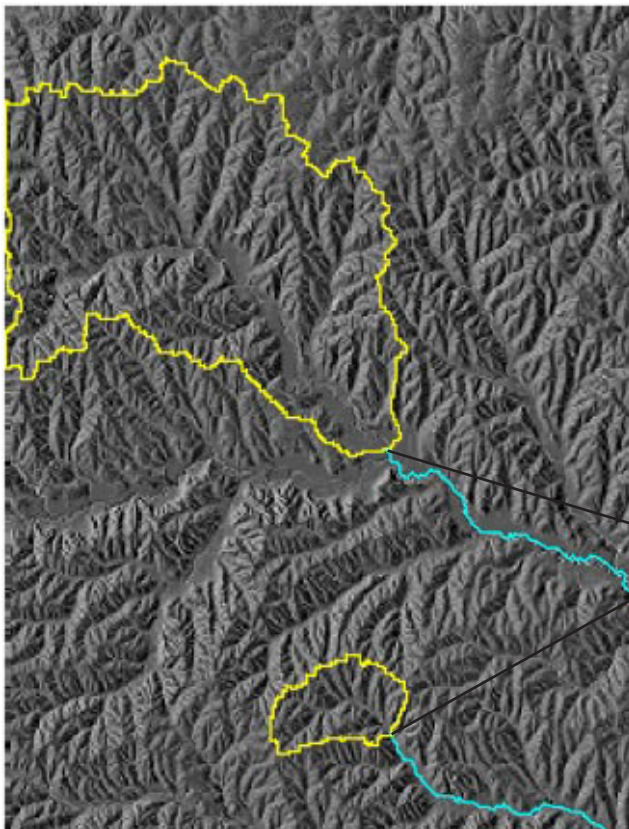
盆地と原因点からの流路

集水域が指定点から上流側にどこまで伸びているかを調べたい場合があります。たとえば、河川でサンプルを採取した際に、ある採取場所で異常な化学物質が検出されたような場合、集水域のその場所より上流側の部分は、異常な物質の発生源と考えられる場所を含む領域を示します。逆に、汚染の発生地がわかっている場合には、汚染物質が広がる可能性のある下流の流路を予測する必要があります。

Seed Point (原因点) ツールを使用すると、各原因点の下流の流路、上流の盆地、またはこの両方の計算に使われる、1つまたは複数の原因点を配置することが出来ます。これらのオプションは、Watershed Analysis (流水解析) ウィンドウの General (一般) パネル内にある、対応するトグルボタンによって管理 (コントロール?) されます。



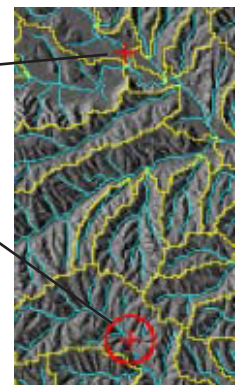
Quick-Add (素早く追加) オプションを選択すると、左クリックするたびに1つの原因点が追加されます。このオプションを使用する方法は手軽ですが、追加前に予測点の位置調整を行えません。



マークされた原因点








予測された原因点位置を
マークするカーソル

2つの原因点に関して
計算された盆地と流路



DEM 全体の流路と盆地の計算に戻る際には、ただ Seed Points Mode メニューから Automatic (自動) を選択します。

ステップ

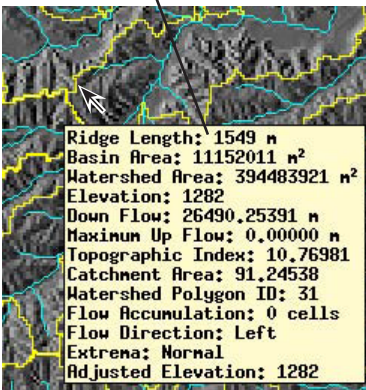
-  Flowpath and Basin (流路と盆地) パネル下部の Seed Points Mode (原因点モード) メニューから Manual (マニュアル) を選択します。
-  View (ビュー) ウィンドウ 上部の Seed Point (原因点) ツールのアイコンボタンを押します。
-  中央付近の大きな谷の底部を左クリックします。円で囲まれた十字線のカーソルが現れ、Point Edit Controls (ポイント編集コントロール) ウィンドウの Add New Point (新しいポイントの追加) ボタンがアクティブになります。
-  必要に応じ既存の流路上にカーソルの位置を調整し、Add New Point ボタンをクリックして点を追加します。
-  比較的小さいいずれかの谷の中の流路を左クリックします。
-  Add New Point ボタンをクリックして点を追加します。
-  Point Edit Controls ウィンドウの Apply (適用) ボタンを押し、Question (質問) ウィンドウでは [No (いいえ)] を押します。

流路属性

ステップ

- General(一般)パネルの Compute(計算) ペイン内の全ての トグルをオンにします。
- Run(実行 ...) アイコンを押し、Question(質問) ウィンドウの No(いいえ) ボタンを押します。
- Layer Manager(レイヤマネージャ) ウィンドウで、**STANDARD FLOW PATHS** レイヤの Expand / Collapse(展開 / 格納) アイコンボタン  を押します。
- このレイヤのテーブルを表示するため、線要素エントリーで上のことを繰り返します。
- STREAM_PROPERTIES** テーブルの Show Table(テーブルの表示) チェックボックスをオンにします。
- STDFLOWPATH** テーブル ウィンドウで View All Records(全てのレコードを表示) ボタンを  オンにします。
- STREAM_DISTANCES** テーブルで繰り返します。

集水域処理によって作り出され、表示された全空間レイヤは、標準で DataTips がオンになっています。View(ビュー)の上でカーソルを止めると、各レイヤからのセル値や顕著な属性値がリストされている DataTip(データティップ)が表示されます。



集水域処理は、流路道や集水域と集水盆地のポリゴンのために、多くの水文学と地理学的属性の計算が出来ます。流路が計算される度に、**STREAM_PROPERTIES** テーブルは自動的に作られます。このテーブルは、次の水文学と地理学に関する河川属性を示しています: 最小または最大標高(それぞれ、上流端と下流端の標高)、標高低下、標準傾斜、XY 地図平面上に投影された線の長さ、そして湾曲の比率(線の長さ割る終端間の直線距離)。これらの全ての値は、様々な他のテーブルに保管されているフィールド値から値を読むまたは計算する、計算フィールド(青いフィールド名で表明)です。

Table	Edit	Record	Field	Help				
			MinimumZ	MaximumZ	ElevationDrop	LengthXY	AverageSlope	SinuosityRatio
			1203.00	1302.00	99.00	2971.62	1.91	1.15
			1212.00	1213.00	1.00	584.29	0.10	1.13
			1213.00	1237.00	24.00	1207.79	1.14	1.04
			1237.00	1302.00	65.00	2057.20	1.81	1.50
			1237.00	1279.00	42.00	1188.29	2.02	1.14
			1213.00	1229.00	16.00	384.49	2.38	1.00
			1229.00	1213.00	16.00	384.49	2.38	1.00

330 of 330 records shown

STREAM_DISTANCES テーブルは、General(一般)パネルの Flow Distance(水流方向距離オプション)の一方がオンであれば、常に計算されています。各河川には有限の長さがある以上、各線の終端(上流端の MinimumUP と MaximumDown と下流端の MinimumUp と MaximumDown)と線の間接の平均値に、個々の距離値が計算されます。

Table	Edit	Record	Field	Help				
			MinimumUp	AverageUp	MaximumUp	MinimumDown	AverageDown	MaximumDown
			0.00	1937.40	3520.44	0.00	1452.06	2904.12
			0.00	2982.47	4370.73	0.00	244.08	488.16
			2674.77	3175.58	3754.40	488.16	1092.06	1695.96
			617.57	1544.62	2546.61	1695.96	2724.56	3753.16
			872.65	1383.15	1969.69	1695.96	2290.10	2884.24
			3239.26	3335.38	3495.59	488.16	680.41	872.65
			024.40	1010.00	2140.00	079.00	2075.04	2977.40

330 of 330 records shown

流路次数

各集水域内の河川の断片が下流と合流して大きな河川を形成するため、各断片の相対的重要性は水路網内で数字のランクまたは「次数 (order)」で表わされます。集水域処理は、下記で説明されている異なる 4 種類の次数システムを使って、標準流路ベクタオブジェクトの各ライン要素の流路次数を計算します。結果値は **STREAM_ORDER** テーブルに貯蔵 (保管?) されます。

ストレーラー (Strahler): より小さい源流の断片が 1 次とされます。次数は下流へ進むにつれて、2 本の同じ次数の流路が合流する毎に 1 次ずつ大きくなっていきます。例えば、2 本の 2 次の流路が合流すると 3 次の流路ができます。しかし、大きい次数を持つ流路がより小さい次数の流路と合流した場合、その次数は格上げされません。

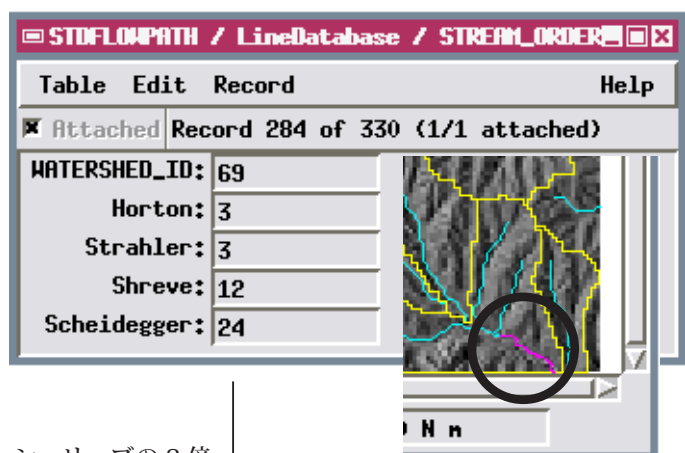
ホートン (Horton): この手法はストレーラーの手法と同じように次数付けが始まりますが、主流は上流を進んで 1 つの水源にたどり着くまで、同一の次数を維持します。大部分の支流の次数は同じように扱われます。2 本の同ストレーラー次数を持つ流路が交わる各合流点では、距離が長い、もしくは上流へ最も直線的な断片は、源流または支流のより大きな次数へと次数が付け替えられます。

シュリーブ (Shreve): 合流点で形成された流路の断片の次数または「マグニチュード (magnitude)」は、2 本の支流のマグニチュードの合計数です。例えば、マグニチュード 1 とマグニチュード 3 の流路の合流ではマグニチュード 4 の流路が形成されます。どの流路の断片でも、そのマグニチュード数は、マグニチュード 1 の根源の総数と等しいです。即ち、シュリーブマグニチュードは他の手法よりもよりシンプルに、予測された洪水の総流量に関連しています。

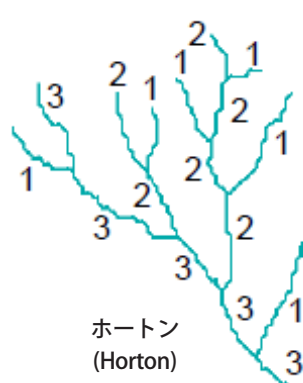
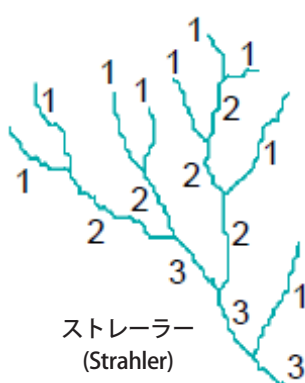
シャイデッガー (Scheidegger): この手法は各断片に、シュリーブの 2 倍のマグニチュードである「関連した整数 (associated integer)」を定義しています (関連した整数は **STREAM_ORDER** テーブルに表示されています)。シャイデッガーの流路次数は、底を 2 とした関連した整数の対数です。

ステップ

- STREAM_PROPERTIES** と **STREAM_DISTANCES** テーブルの Show Table (テーブルの表示) チェックボックスをオフにします。
- STREAM_ORDER** テーブルの Show Table (テーブルの表示) チェックボックスをオンにします。
- STREAM_ORDER()** テーブルウィンドウで、Table (テーブル) メニューから Switch to Single Record (単一レコード表示に切り替え) を選択します。
- View (ビュー) ウィンドウで Select (選択) アイコンボタンを押し、図に表示されているように、DEM の右下の角のほうへ排出されている流路の断片を選択します。



- STREAM_ORDER** テーブルを閉じます。



集水域と盆地属性

ステップ

- STANDARD BASINS** レイヤの Expand / Collapse (展開 / 格納) アイコンボタン  を押します。
- このレイヤのポリゴン要素に、上と同じことを繰り返します。
- ATTRIBUTES** テーブルの Show Table (テーブルの表示) チェックボックスをオンにします。
- ATTRIBUTES** テーブルウィンドウで、Table (テーブル) メニューの Switch to Single Record (単一レコード表示に切り替え) を選択します。
- 同じことを **ATTRIBUTES BY ORDERS** で繰り返します。
- View (ビュー) で選択ツールを使用し、盆地ポリゴンの1つを選択します。

集水域処理は、General (一般) タブパネルのそれぞれのポリゴンタイプの Geomorphic Attribute (ジオモルフィック (地形?) 属性) トグルをオンにしたとき、一組の盆地や集水域ポリゴンの水文属性 (水循環属性?) を計算します。各ポリゴンのタイプの **ATTRIBUTES** テーブルは各ポリゴン全体の属性値をレコードします。一方、**ATTRIBUTES BY ORDER** テーブルは、特定のポリゴンで表わされた各流路次数の1つのレコードと共に、各ポリゴンの属性を流路次数によって分割します。

これらのテーブルは流路線の数、合計した流路の長さ (メートル単位)、流路の長さの平均 (メートル単位) など、いくつかの簡単な属性をレコードします。また、いくつかのより複雑な属性もレコードします：

排水密度 (Drainage Density): 流路線の合計の長さ割るポリゴンの面積。

水路メンテナンスの定数 (Constant of Channel Maintenance): ポリゴンの面積割る合計流路距離 (排水濃度の逆数)。

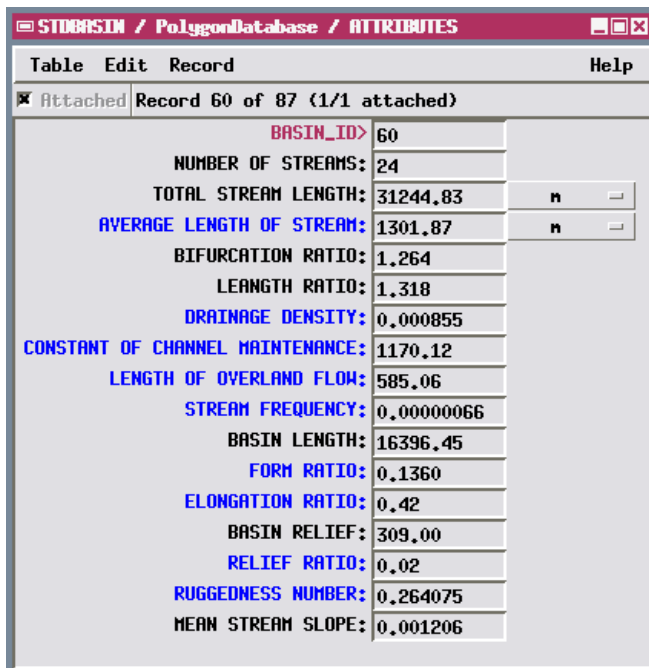
陸上での流出長さ (Length of Overland Flow): (2 * 排水密度) の逆数。

流路頻度 (Stream Frequency): 流路の合計数割るポリゴンの面積。

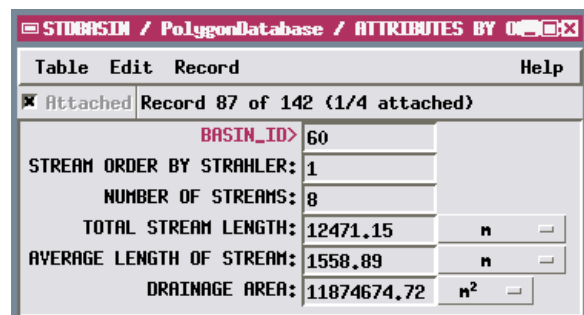
盆地の長さ (Basin Length): 流路出口から測定されたの最大のポリゴンの寸法。

フォーム比率 (Form Ratio): ポリゴンの面積割る盆地の長さの2乗。

伸長比率 (Elongation Ratio): 面積が盆地の面積と等しい円の直径と、盆地の長さの比率。



STDBASIN / PolygonDatabase / ATTRIBUTES	
Table	Edit Record Help
Attached Record 60 of 87 (1/1 attached)	
BASIN_ID	60
NUMBER OF STREAMS	24
TOTAL STREAM LENGTH	31244.83 n
AVERAGE LENGTH OF STREAM	1301.87 n
BIFURCATION RATIO	1.264
LEANGTH RATIO	1.318
DRAINAGE DENSITY	0.000855
CONSTANT OF CHANNEL MAINTENANCE	1170.12
LENGTH OF OVERLAND FLOW	585.06
STREAM FREQUENCY	0.00000066
BASIN LENGTH	16396.45
FORM RATIO	0.1360
ELONGATION RATIO	0.42
BASIN RELIEF	309.00
RELIEF RATIO	0.02
RUGGEDNESS NUMBER	0.264075
MEAN STREAM SLOPE	0.001206



STDBASIN / PolygonDatabase / ATTRIBUTES BY ORDER	
Table	Edit Record Help
Attached Record 87 of 142 (1/4 attached)	
BASIN_ID	60
STREAM ORDER BY STRAHLER	1
NUMBER OF STREAMS	8
TOTAL STREAM LENGTH	12471.15 n
AVERAGE LENGTH OF STREAM	1558.89 n
DRAINAGE AREA	11874674.72 m ²

起伏の数 (Ruggedness Number): 盆地の起伏掛ける排水密度。

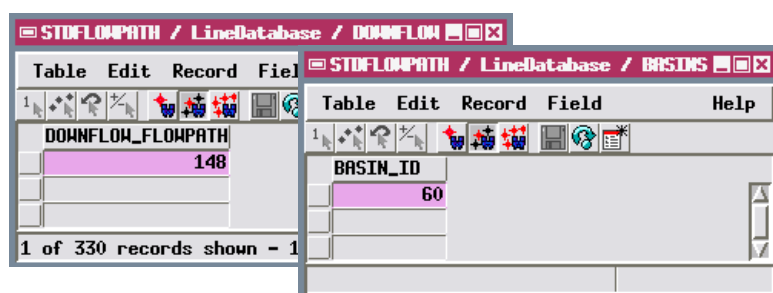
分岐比率 (Bifurcation Ratio): 定められた次数の流路の数割る1次数上の流路の数の (全ての流路次数の) 平均。

長さの比率 (Length Ratio): 特定の次数の流路の長さの平均割る1次数上の長さの平均の (全流路次数の) 平均。

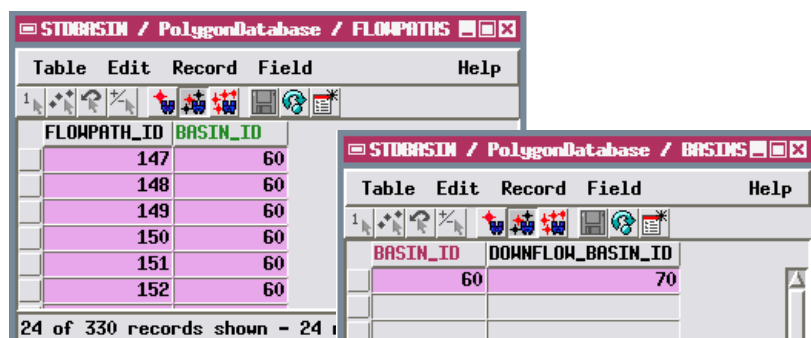
水文接続性テーブル

標準流路ベクタの河川ラインは、支流の河川ラインが下流の方向に合流する、接続された 3D 線網を形成します。これらの河川と関連する小流域 (subwatershed) または標準盆地 (standard basins) は、同様に河川の方角と支流の合流によって次数が付けられます。

これらの水文要素の接続性は、集水域処理によって、標準流路と標準盆地ベクタのために作成された一連のテーブルに取り込まれます。各流路線は 1 つの下流ライン要素へしか流れることが出来ません。ライン要素の ID ナンバーは各河川ラインの DOWNFLOW テーブルに記録されます。また、標準盆地ベクタを作成する場合、標準流路ベクタの BASINS テーブルも作成されます。このテーブルには各河川ラインがある盆地ポリゴンの ID ナンバーが記録されます。



2 つの水文接続性のあるテーブルは標準盆地ポリゴンのために作成されます。各盆地ポリゴンは 1 つの下流盆地にしか流れません。その下流盆地ポリゴンの ID ナンバーは BASINS テーブルに提供されます。流路テーブルには、対応する盆地 ID が表示されている各流路線の記録があります。より大きい盆地には多数の河川が含まれている可能性があるため、1 つの盆地ポリゴンに複数の記録が添付されていることがあります。



ステップ


- ATTRIBUTES** と **ATTRIBUTES BY ORDERS** テーブルを閉じます。
- STANDARD BASINS** レイヤの **BASINS** と **FLOWPATHS** テーブルの Show Table (テーブルの表示) チェックボックスをオンにします。
- STANDARD FLOW PATHS** レイヤで、**DOWNFLOW** と **BASINS** テーブルの Show Table (テーブルの表示) チェックボックスをオンにします。


水文接続性テーブルとそれらの流路と盆地に添付される記録ファイルは、特定の流路要素を景観の対応する領域に関連付ける高レベルの空間解析とモデル化を行うために、標準流路と標準盆地ベクタオブジェクトを使用可能にします。

- View (ビュー) ウィンドウの Unmark All (すべて選択解除) アイコンボタンを押し、開いている全てのテーブルを閉じます。

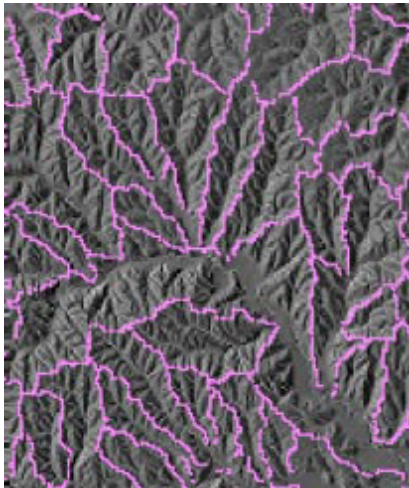
集水域処理で得られるその他の結果

ステップ

 Layer Manager (レイヤマネージャ) を使用して **STANDARD BASINS** と **STANDARD FLOW PATHS** レイヤを非表示にし、**STANDARD RIDGES** レイヤを表示します。

 **STANDARD RIDGES** と **DEM** レイヤを隠し、下に説明されている他のラストレイヤを表示します。

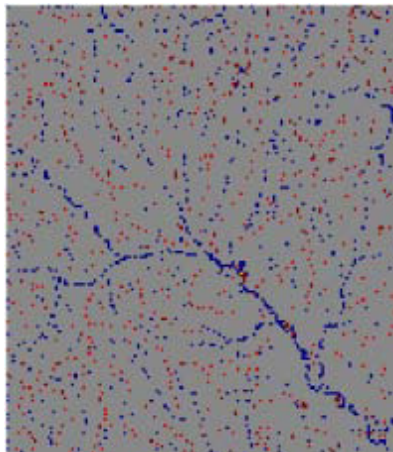
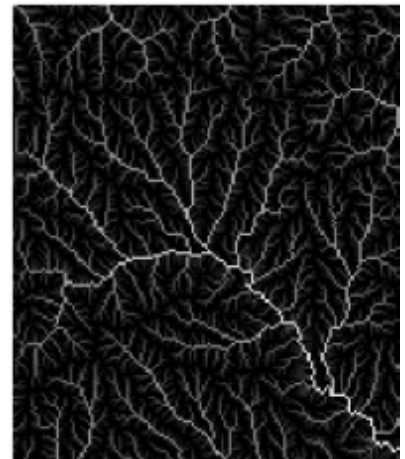
集水域処理では、この他にもう 1 つ、オプションのベクタオブジェクトと複数のラスタオブジェクトも生成されます。これらの生成結果の一部は、地形に関するいくつかの側面が表わされたものであり、特定の解析に役立つのに対し、他のものは基本的には中間のオブジェクトであり、前述のオブジェクトを生成するのに使用されます。下図はこれらのオブジェクトの、いくつかの北西 (左上) の 4 分の 1 部分を表示しています。



標準的な分水嶺 (Standard ridges) ベクタオブジェクト (マゼンタで表示) の線は、異なる集水域や盆地を分割する地形学的分水界に沿っています。盆地の境界が均一な斜面や平坦な領域を横切る部分は、分水嶺の断片としては含まれません。

累積流量 (Flow accumulation) ラスタの中の明るい諧調の部分は、累積流量値が大きいことを示し、考えられる流露の分岐パターンを表わしています。こ

の中間オブジェクトを使用して、流路ベクタオブジェクトと、集水域や盆地の境界が生成されます。



平坦部と極値点 (Flat areas and extrema points) ラスタは、元の DEM 内の局所的に重要な標高地の位置とタイプを示します。重要性を評価するため、各標高は最も近い 8 つの隣接部と比較されます。ほとんどのセルは重要ではなく、グレーで表示されます。離れた (単一の) 局所的な最大値や最小値を含むセルは、それぞれ明るい色と明るい青で表示されます。局所的な最大値や最小値を形成する連続的なグループの部分なすセルは、暗い赤と暗い青で表示されます。平坦部は黄色で表示されます。

この他に 2 つの中間ラスタオブジェクトが集水域処理で生成されます。水流方向ラスタ (Flow Direction) ラスタ (右図) には、周囲の 8 つのセルに対する各ラスタセルの流れの相対的な方向が符号化されています。方向値は、右上から上へ時計回りに大きくなっていきます。このラスタは、累積流量ラスタと共に使用され、最終的な流路と盆地のベクタオブジェクトが生成されます。集水域 (Watershed) ラスタ (図には示されていません) では、各集水域ごとに独特なセル値が含まれています。



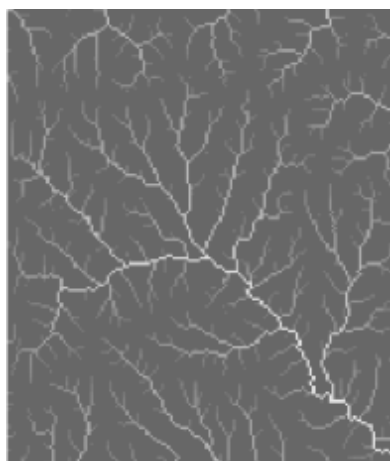
地形の水文的プロパティ

Watershed Analysis (流水解析) ウィンドウの General (一般) タブパネルの Compute (計算) ペインのトグルボタンからは、数々の追加ラスタオブジェクトの生成の選択が出来ます。この追加ラスタオブジェクトは、集水域と流路の計算をするのには必要ありませんが、重要な水文学的プロパティが記録されています。これらの 4 つのラスタオブジェクトは下記で説明しています。

ステップ

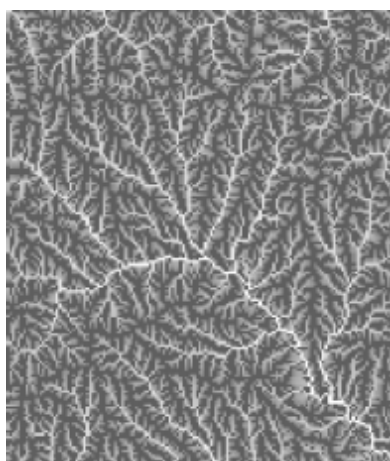
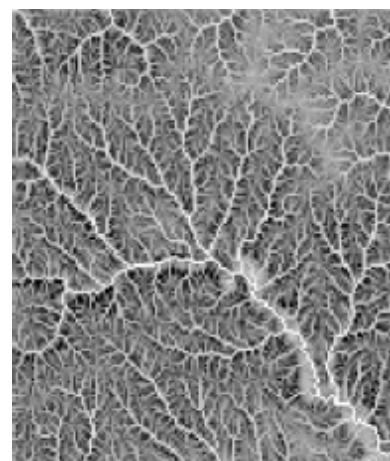


Layer Manager (レイヤマネージャ) を使用して、下で説明されている追加オブジェクトを表示します。



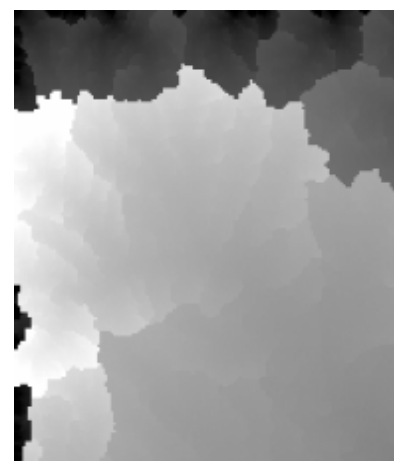
特定の集水域 (Specific Catchment Area) は、流れの方向に垂直な流量幅の 1 単位ごとの上り斜面寄与面積を各セルに描写します。この値は、特定された累積流量と水流方向の値、そしてセルの寸法から計算されます。このプロパティは、丘の斜面に流れる水のモデル化や土壌浸食結果でのパラメータとして使用されます。

複合地形指数 (Compound topographic index (CTI) または湿気指数) は、水が流れている景観領域が大きく、その区域の斜面が丘の斜面の基底や谷の底のように低い、土壌の湿気が上昇した区域を予測します。各セルの指数値の計算法は、 $CTI = (\text{累積流量} / \tan(\text{傾斜}))$ の自然対数です。このプロパティは土壌景観のモデル化と植生パターンの解析に使用されます。



最大上流フロー距離 (Maximum Upstream Flow Distance) は、上流分水界のいずれかの部分から現セルまでの、一番長い流路距離をマップします。このプロパティは侵食率と流出土砂量のモデル化に使用されます。

下流フロー距離 (Downstream Flow Distance) は、各セルから集水域の出口までの下流の流路距離をマップします。この距離は、汚染物質や堆積物の下流散布の解析のアプリケーションを持っています。



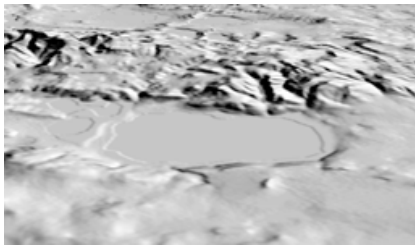
調整した標高

ステップ

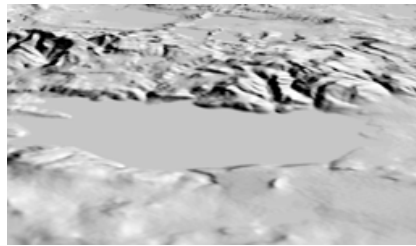


Layer Manager (レイヤーマネージャ) コントロールを使用して前ページでチェックしたラスタオブジェクトを非表示にし、**ADJUSTED ELEVATION**(調整した標高) ラスタを表示します(陰影なしで表示されます)。

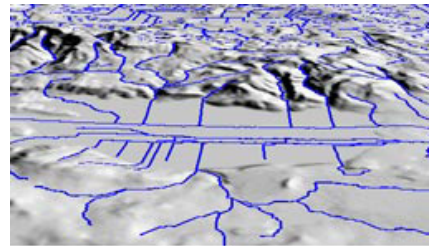
DEM_W1 には、下図のような大きい自然の凹地はありません。偽の小さな凹地が多数ありますが、かなり注意して見ない限り、凹地のない DEM との違いはわかりません。



大きい自然の凹地を含む陰影処理された DEM の鳥瞰図。凹地の一部が水で満たされ、池を形成しています(中央の均一なグレーの面)。水位は、最も低い自然の出口(流出地点)よりも低くなっています。



凹地のない状態にした DEM の対応する領域の鳥瞰図。凹地の標高は、最も低い流出地点の標高値まで上げられ、凹地が完全に水で満たされたのと同じ状態になっています。



計算により求められた流路を凹地のない DEM に重ね合わせた様子。凹地を埋めることにより形成された平坦部を横切って流れの入り口と出口を結ぶように流路が形成されています。

凹地とは、DEM 内でより大きい標高地で完全に囲まれた領域のことを言います。いくつかの自然現象はかなり大きな自然の凹地を生成することが出来、採掘や採石などの人間活動では比較的小さい人口の凹地が形成されます。しかし、主に河川などによって形成される一般的な地形では、自然の凹地はまれであり、DEM に含まれるほとんどの凹地は実際の地形を示したものではありません。これらは、データのエラーや、有限のある面積のセルに標高地を割り当てる際の平均処理に起因するものです。集水域解析をする際、これらの偽造の凹地は正確な流路と抵触します。小さい起伏の領域では特に抵触します。



集水域処理では、まず凹地の位置を調べて「埋める」ことでこの問題に対処しています。この処理により、それぞれの凹地内のセルの値は、最も標高が低い境界部のセル(流出地点または出口)の値まで大きくなり、凹地に水が満ちて池や湖になった状態と同じになります。Fill Depressions(凹地を埋める) オプションをオンにして集水域解析を実行すると、凹地のない DEM が生成されます(オブジェクト詳細が「調整した標高」の、**ELEVATION** ラスタオブジェクト)。このような凹地のない DEM を使用して、流路、盆地、集水域が計算されます。

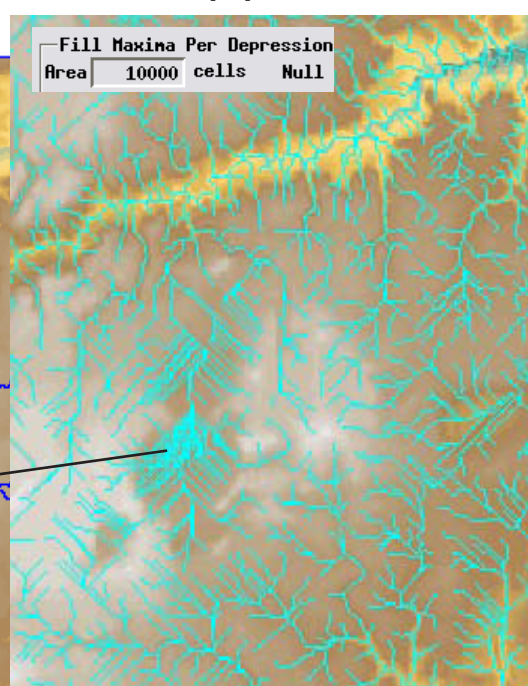
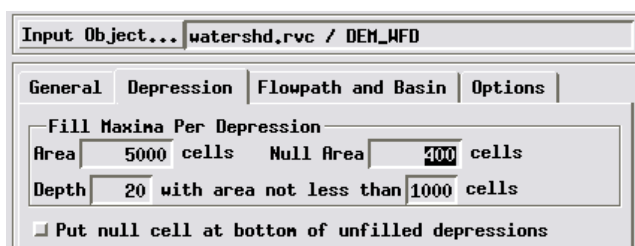
凹地を埋める

凹地を埋めるのは、Depressions (窪み) タブパネルで設定した面積と深さのしきい値によって調節されます。Area (面積) と Null Area (ヌル領域) フィールドはそれぞれ、セルの最大数とヌルセルの最大数を設定します。Depth (深さ) フィールドは凹地を埋めるための最大の深さを指定します。追加の深さパラメータは、深さに限度が決められている凹地上のしきい値の凹地サイズを指定します。どんな深さの小さな凹地でも埋められます。

この練習問題の中の DEM には、大きな排水路間の高地の、浅い凹地が含まれています。この凹地の Area (面積) は最初に設定した 5000 セル値よりも大きいです。そのため、最初の Run (実行) では埋まりませんでした。Put null cell at bottom of unfilled depressions toggle (埋め立てないくぼ地の底にヌルセルを置く) がオフになっていれば、結果として流路は計算されず、集水域ポリゴンのみが表示されます。北側の境界にある黄色の点記号のある集水域ポリゴンには、まだ埋められていない凹地が含まれています。凹地のサイズを調査するには、Depression (凹地) 属性を調べます (25 ページ目参照)。この場合、Area (面積) のしきい値を 2 度目の実行で上げれば、凹地が埋まり、流路が計算されます。

ステップ

- Open (開く ...) アイコンボタンを押し、Question (質問) ウィンドウで [No (いいえ)] を押します。 
- Select Object (オブジェクトの選択?) ウィンドウで、DEM_WFD オブジェクトを選択し、[OK] を押します。
- General (一般) パネルで、Fill Depressions (窪みを埋める) と Flowpaths (流路) を除き、全てのトグルボタンをオフにします。
- Depression (窪み) パネルで Put null cell at bottom of unfilled depressions (埋め立てないくぼ地の底にヌルセルを置く) トグルをオフにします。
- Fill Maxima Per Depression コントロールグループの Area (面積) の値を 5000 に設定します。 
- Run (実行 ...) アイコンボタンを押します。
- 左中央領域にある、黄色い流出地点がある集水域に注目してください。
- Area (面積) の値を 10000 に増やします。 
- Run (実行 ...) アイコンボタンを押し、Question (質問) ウィンドウで [No] を押します。





埋められていない凹地がある
集水域

大きく埋められた凹地によって
形成された平坦な領域を通して
迂回する流路は、その領域を
通り、人工的な直線の流路に
なります。

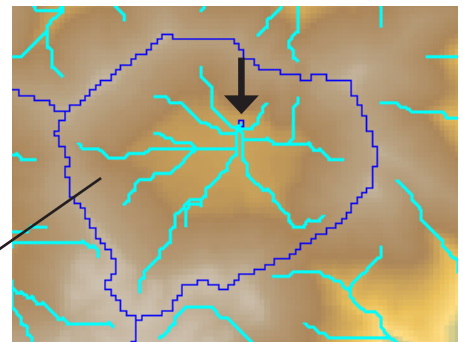
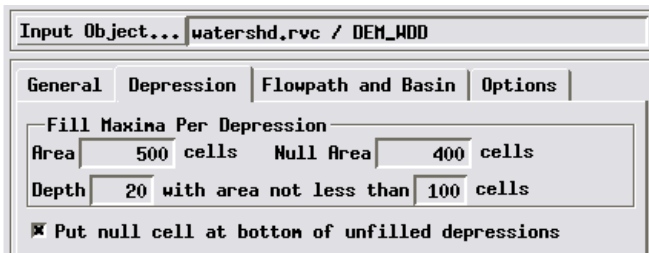
凹地の排水

ステップ

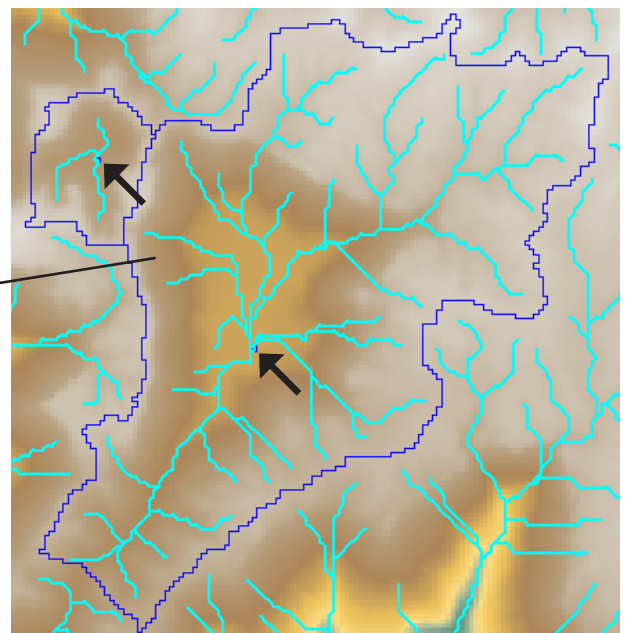
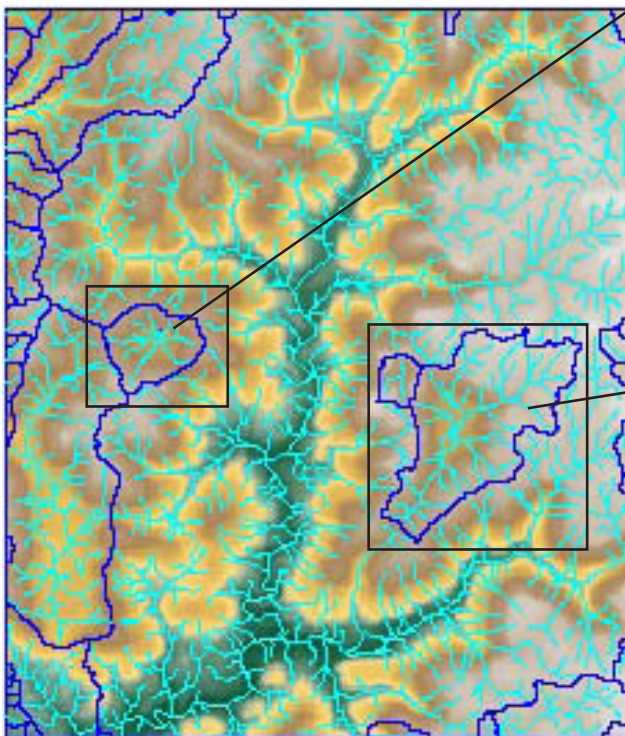
- Open (開く ...) アイコンボタンを押し、Question (質問) ウィンドウで [No (いいえ)] を押します。 
- Select Object (オブジェクトの選択) ウィンドウで DEM_WDD を選択し、[OK] を押します。
- Depression (窪み) パネルの Put null cell at bottom of unfilled depressions toggle (埋め立てないくぼ地の底にヌルセルを置く) トグルをオンにします。
- Fill Maxima Per Depression コントロールグループの中の Area (面積) の値を 500 にします。
- Depth (深さ) 設定のセル数のしきい値を 100 に設定します。
- Run (実行 ...) アイコンボタンを押します。 
- Watershed polygons (集水域ポリゴン) ベクタレイヤをオンにします。

この練習問題の DEM には、領地の下にあり、低標高地では露出される石灰岩の科学的風化によって出来た、いくつかの自然の凹地が含まれています。これらの凹地では、水面は内側に排水され、いくつかの河川は洞窟系につながる陥落孔に流れていきます。

集水域処理でこれらの凹地の内部の排水を複製するにあたって、我々は、これらの小さな凹地が自動的に埋まるのを防ぐために、凹地を埋める設定を調整しました (凹地の最大面積と、深さの制限を決めるしきい値の減少)。また、埋め立てないくぼ地の底にヌルセルを置くオプションのトグルをオンに切り替えました。流路が発見されれば、それらの各ヌルセルは凹地内の排水系の核になるために、出口や排水のような働きをします (次ページ参照)。



いくつかの閉じられた凹地の拡大表示。矢印は、ヌルセルがそれぞれの下に置かれたことを示します。






ヌルセルを使用して処理の制限をする

集水域処理は、DEM ラスタの縁までまたは有効な標高値とヌルセルの境界までの集水域や流路、盆地をトレースします。ヌルセルは、ラスタオブジェクトでは「空白」または「データなし」のセルを示しています。例えば、地図投影にリサンプルされた DEM は、有効な標高値は長方形型の範囲一杯を埋めず、ヌルセルとおりに縁と隅に「空白」の領域を残し、回転する可能性があります。(ヌルセルは、ラスタ内の指定された数値またはヌルマスクにより指定される可能性があります。)これらのヌル領域は、集水域や他の TNT 処理の処理から自動的に除外され、View (ビュー) ウィンドウでは透過的に表示されます。

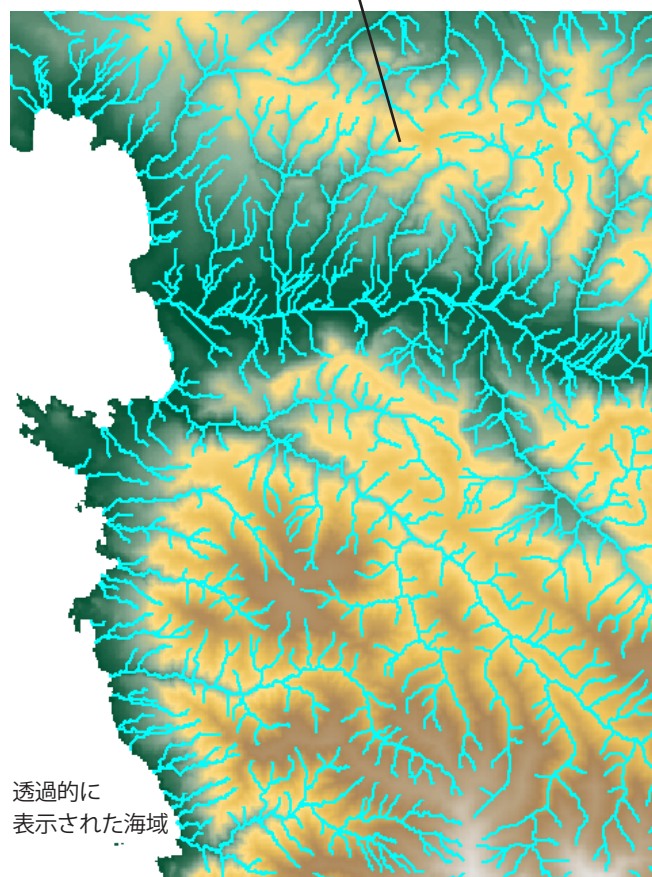
沿岸地域の DEM では、海は通常、平均海面の標高値である 0 の値のセルで表れます。しかし現実の配水系は海岸線で打ち切られるため、解析に海域を含める理由はありません。この練習問題の DEM で表わされているように、海域のセルをヌルと指定することによって、自動的にそれらを処理から除外することが出来ます。

DEM や他のどんなラスタオブジェクトのヌル領域を指定するために、ユーザは Mask Editor (マスクエディタ) を使用してヌルマスクの編集が出来ます。Mask Editor へは、TNTmips メニュー (Raster / Utilities / Edit Mask (画像 / ユーティリティ / マスクの編集)) または Display Process (表示処理) の Layer Manager (表示マネージャ) (DEM のレイヤエントリを右クリックし、ドロップダウンメニューから Mask Editor (マスクエディタ) を選択します) からアクセス出来ます。

ステップ

-  Open (開く ...) アイコン ボタンを押し、Question (質問) ウィンドウで [No (いいえ)] を押します。
-  Select Object (オブジェクトの選択) ダイアログを使い、**WATERSHD** プロジェクトファイルから **DEM_W2** を選択します。
-  Run (実行 ...) アイコン ボタンを押します。

DEM_2 の Standard Flow Paths (標準流路)



DEM のマスク部分

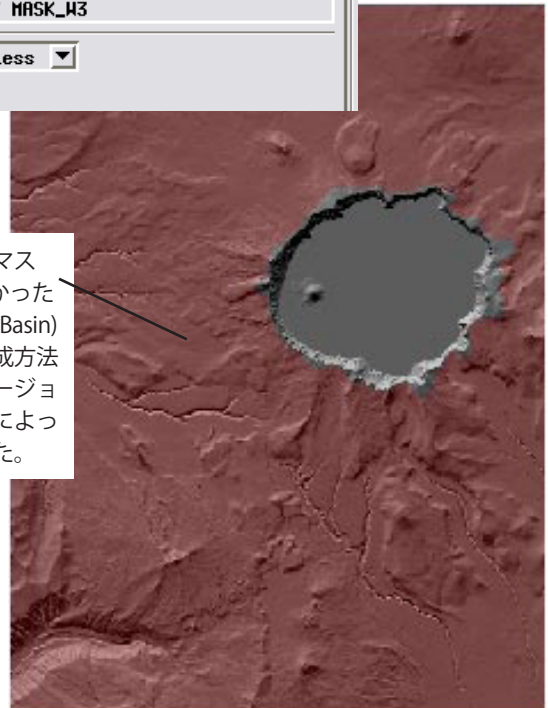
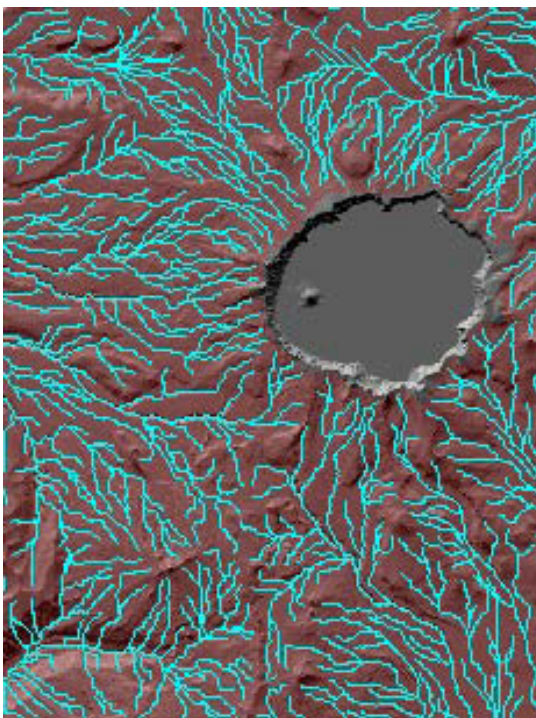
ステップ

- Open (開く ...) アイコン
 ボタンを押し、Question
 (質問) ウィンドウで [No (いいえ)]
 を押します。
- オブジェクトの選択ダイアログを
 使用し、**WATERSHD** プロジェクト
 ファイルから **DEM_W3** を選択しま
 す。
- General (一般) パネルで Basins
 (盆地) トグルをオフにします。
- Flowpath and Basins (流路と盆地)
 パネルで、Branch (分岐) の値を
 128 にします。
- Option (オプション) パネルで
 [Mask... (マスク ...)] をクリック
 します。
- オブジェクトの選択ウィンドウで、
WATERSHD プロジェクトファイル
 から **MASK_3** オブジェクトを選択
 します。
- Mask (マスク ...) ボタンの隣にある
 トグルをオンにします。
- 注目: 赤い影が DEM の処理を行う
 範囲になります。
- Run (実行 ...) アイコン
 ボタンを押します。



DEM の特定の部分に処理を制限する別の方法は、集水域処理のマスキング能力を使用することです。マスクとは、処理される各セルが 1 の値を含み、除外されるセルの値が 0 の、バイナリラスタオブジェクトのことです。ユーザはマスクを使用し、標高値の範囲 (レンジ?) がかかる、特定の領域を除外することが出来ます。この練習問題に使われているアメリカ合衆国のオレゴン州にあるクレーターレイク (Crater Lake) の例で、我々は、クレーターを囲んでいる領域の排水パターンに関心を持ち、その湖の水面とクレーターの内側の壁を除外させます。

Option (オプション) パネルの Mask (マスク) ボタンを押し、隣接しているトグルボタンをオンにして、マスクを View (ビュー) と処理に適用することにより、集水域処理の外で用意されたマスクラスタの読み込みが出来ます。また、このパネルには集水域処理によって作成されるラスタオブジェクトの圧縮を設定するオプションのメニューも含まれています。

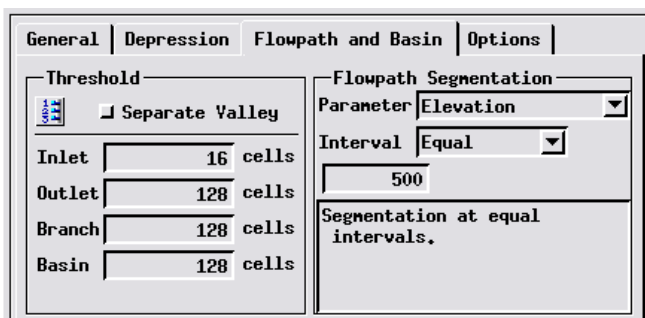


ここに使われたマスク (赤い影のかかった部分) は、盆地 (Basin) リージョンの生成方法で形成されたリージョンオブジェクトによって作成されました。

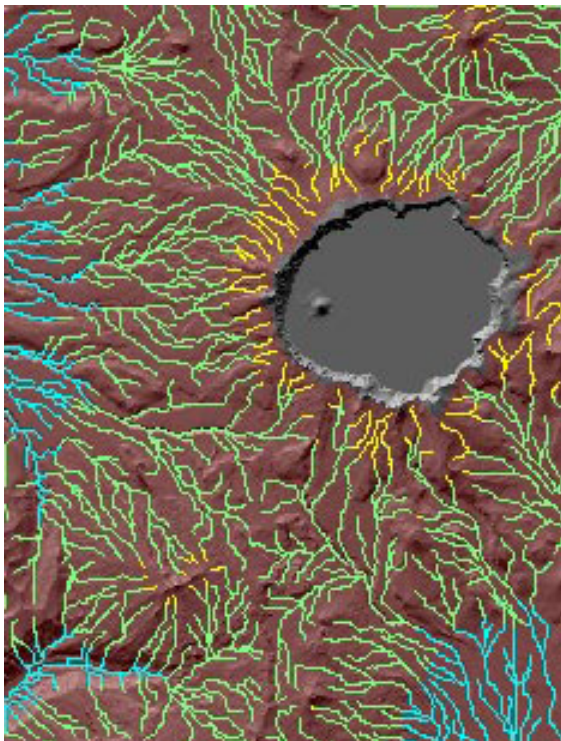
クレーターレイクの周縁の外の地形のために計算された流路。クレーターの壁と湖の水面はマスクによって解析から除外されました。

標高による流路の断片

集水域処理には標準流路ベクタに加え、断片的な流路ベクタオブジェクトを作成するオプションが提供されています。断片的な流路ベクタには、線要素を分割するために標高または流量の累積値のどちらかに基づいた追加のノードが挿入されています。流路線の全ての属性は、分裂(断片化)処理によって断片された線のために再計算されます。



この練習問題では、500メートルの等しい標高間隔を使い、標高に基づいて流路を分割(断片?)します。流路線は標高1068メートルから最大の2406メートルまで拡張されます。線要素の分裂結果は3つの標高範囲に分かれます: 1068から1500m、1500から2000m、2000から2406m。分裂処理は各範囲にレコードが付いたRange(範囲)テーブルを提供し、そして各レコードは対応する流路線にアタッチされます。この練習問題のステップは、どうやって範囲値を属性によって断片された線のスタイル(By Attribute)の基礎にするのかを表わします。



ステップ

- Flowpath and Basin (流路と盆地) タブパネル内で、Flowpath Segmentation (流路の断片化)のParameter (パラメータ)メニューをElevation (標高)に設定します。
- 断片化のInterval (間隔)メニューをEqual (等しい)にし、メニューの下のフィールドに500を入力します。
- Run (実行...) を押し、 Question (質問) ウィンドウで [No (いいえ)] を押します。
- Layer Manager (レイヤマネージャ) で **SEGMENTED FLOW PATHS** (断片化した流路) レイヤの Show/Hide (表示/非表示) トグルをオンにし、Layer Controls (レイヤコントロール...) アイコン  ボタンを左クリックします。
- Vector Layer Controls (ベクタレイヤコントロール) ウィンドウの Lines (ライン) タブパネルで、Style (スタイル) メニューの By Attribute (属性による) を選択します。
- 現れた Select Table/Field (テーブル/フィールドの選択) ウィンドウで、Table (テーブル) リストから RANGE を選択し、Field (フィールド) リストからは Minimum (最小値) を選択し、[OK] を押します。
- Assign Styles (属性によるスタイルの割り当て) ウィンドウの Automatic (自動) タブパネルで、Style Option (スタイルオプション) 内の Color Path (色の経路) から RGB を選択します。
- End Color (最後の色) ボタンを押し、Color Editor (カラーエディタ) の Palette (パレット) から明るい黄色を選択し、[OK] を押します。
- Assign Styles ((属性による?) スタイルの割り当て) と New Table (テーブルの新規作成)、Layer Controls ((ベクタ?) レイヤコントロール) ウィンドウの [OK] ボタンを押します。

流れの蓄積による流路の断片

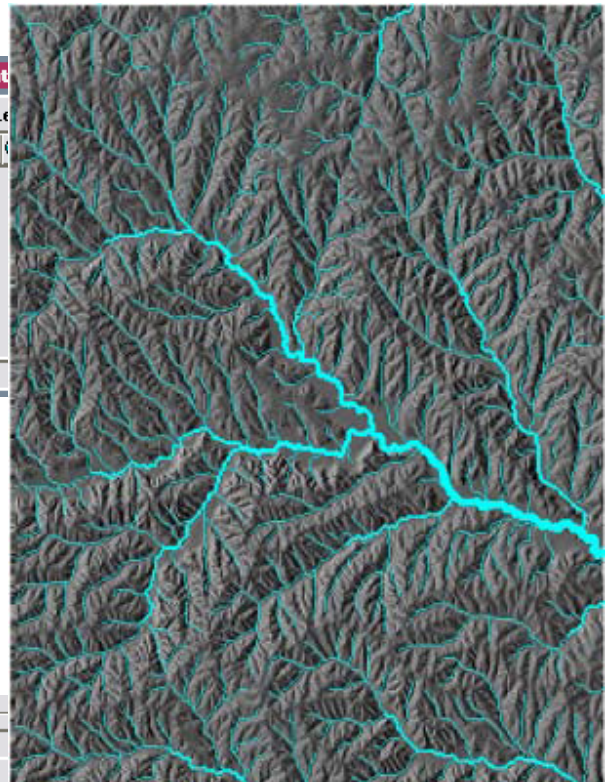
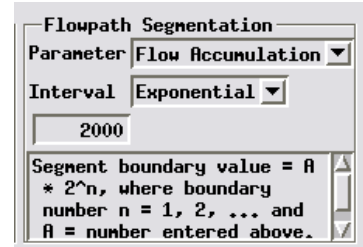
ステップ

- Open (開く ...) アイコンボタンを押し、Question (質問) ウィンドウで [No(いいえ)] を押します。
- WATERSHD** プロジェクトファイルから **DEM_W1** を選択します。
- Flowpath and Basin (流路と盆地) タブパネルで、Flowpath Segmentation (流路の断片化) 内の Parameter (パラメータ) メニューを Flow Accumulation (流れの蓄積) に設定します。
- 断片化の Interval (間隔) メニューを Exponential (指数) に設定し、メニュー下のフィールド内に 2000 を入力します。
- Run (実行 ...) アイコンボタンを押します。
- Layer Manager (レイヤマネージャ) で **SEGMENTED FLOW PATHS**(断片化した流路) レイヤをオンにし、その Layer Controls (レイヤコントロール) を開きます。
- Vector Layer Controls (ベクタレイヤコントロール) ウィンドウの Lines (ライン) タブパネルで、Style (スタイル) メニューの By Attribute (属性による) を選択します。
- 現れた Select Table/Field (テーブル/フィールドの選択) ウィンドウで、Table (テーブル) リストから RANGE を選択し、Field (フィールド) リストからは Minimum (最小値) を選択し、[OK] を押します。
- Assign Styles (属性によるスタイルの割り当て) ウィンドウの Automatic (自動) タブパネルで、Style By (スタイル) メニューから All Same (すべて同じ) を選択します。
- Size (サイズ) の 2 番目の Width (幅) の値を 1.50 にします。
- Assign Styles (属性によるスタイルの割り当て) と New Table (テーブルの新規作成)、Layer Controls (ベクタレイヤコントロール) ウィンドウの [OK] ボタンを押します。

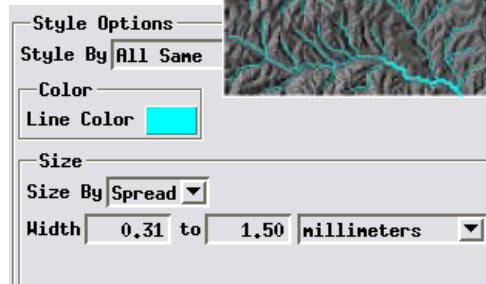


Minimum	Maximum
0	1999
2000	3999
4000	7999
8000	15999
16000	31999
32000	48036

流れの蓄積値による流路の断片は、断片と、各断片に流れを与える上流領域を関連させます。流れの蓄積値は流水線に沿って下流側で急速に増加するので、この種類の断片化には指数 (Exponential) 間隔セレクションを使用するのが適切です。このオプションでは、ユーザが入力した間隔値は、最初の流路の間隔サイズを定義するのに使用されます。この例で使われる 2000 の間隔値は、0 から 1999 の最初の値の範囲となります。しかし、それぞれの連続する流れの蓄積の間隔は、この練習問題で作成された Range (範囲) テーブル (下図) で示されているように、前の値の 2 倍になります。この練習問題の後々のステップでは、Range テーブルに基づいた異なる流れの蓄積範囲にそれぞれ違った幅のセット (色に代わって) を使用して、By Attribute (属性による) を使用したスタイルの設定方法を説明しています。



この練習問題によって作成された Range テーブル



流れの蓄積範囲を基にし、異なる線幅を使用してスタイルされた、断片された流路


窪みを順番に処理する


Fill Depressions (窪みを埋める) オプションをオフにして集水域処理を実行した場合、この処理では連続的に窪みを埋める方法を使い、集水域群を見つけます。最初の処理の実行で、元のDEMから窪みを発見し、集水域ポリゴンを作成します。もう一度Run (実行...) ボタンを押すと、処理は残りの全ての窪みを埋めようとします。しかし多くの場合、小さな窪みは大きな窪みの中にネストされていることがあります。これらの小さな窪みが埋められると同時に、それらは残余の大きな窪みと合併します。これらの複雑な関係は一度の処理では解決出来ないことがあるので、全ての窪みを埋めるには、数回処理を実行する必要がある場合があります。全てのくぼみが埋められた場合のみ、処理は流路と盆地を計算し、表示します。


もしも処理の最後に全ての窪みが埋められていない場合、集水域ポリゴンのセットは自動的にView (表示) ウィンドウに表示されます。一部の集水域はラスタの縁 (またはヌルの境界) に排出され、他は調整されたDEMの残った窪みへと排出されます。集水域オブジェクトの黄色い点記号は、窪みを含んだ集水域の境界を沿った *pour point* (流出地点) の位置を示しています。流出地点とは、もし窪みが完全に埋められていなかった場合に、下流の集水域へ水が流れてゆく地点です。

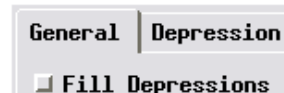
集水域処理を連続で実行することにより、集水域の特徴と各ステージの窪みを調査することが出来、また、DEMの人工物ではなく、景観の自然な一部の窪みを発見することが出来ます。


ステップ

 Open (開く ...) アイコン ボタンを押し、Question (質問) ウィンドウで [No (いいえ)] を押します。

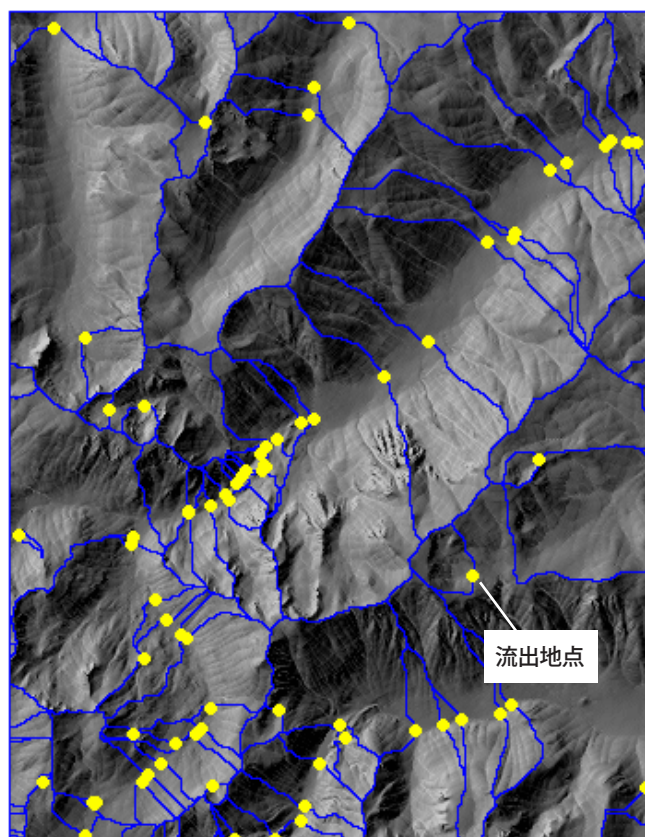
 **WATERSHD** プロジェクトファイルから **DEM_W4** を選択します。

 General (一般) パネルの Fill Depressions (窪みを埋める) トグル ボタンをオフにします。





 Run (実行 ...) アイコン ボタンを押します。

この一連の練習問題で使用するDEMには、セルサイズが30mで、氷河の侵食より大きく変形された山の多い地形が示されています。自然な窪みと湖は、これらのような氷河に侵食された窪地の中でよく見られます。



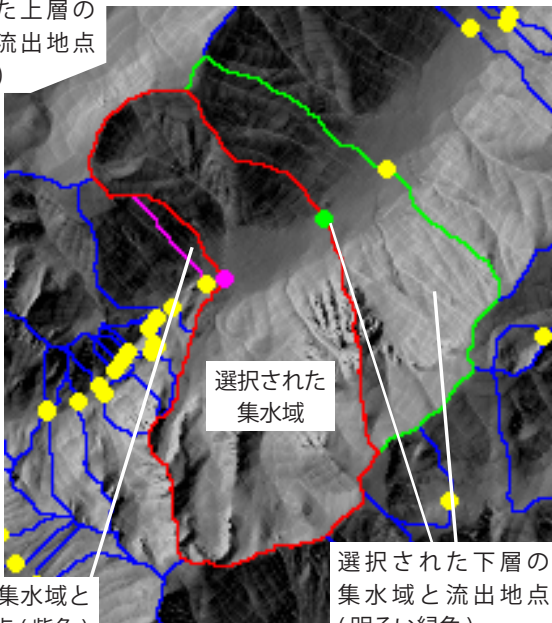
集水域の関連

ステップ

- 表示ウィンドウの上部にある Select Watershed (流水解析を選択) アイコンボタンを押します。
 
- DEM の中央部にある大きな集水域ポリゴンの中でマウスを左クリックします。
- Watershed Analysis (流水解析) ウィンドウの Watershed Attributes (分水界属性) アイコンボタンをクリックします。
 

調整された標高ラスタの中に窪みが残っている場合、1つの大きな集水域はいくつかの個々の集水域ポリゴンに分割されます。特定の集水域ポリゴンには、その窪みが埋められた際にそこに排水される可能性がある、1つやそれ以上の数の上流の集水域を持っていることがあります。また、同じ集水域は、窪みが埋められた際に、下流の集水域へ排水させることもあります (一般的には1つ以上持つものは少ない)。これらの関連は、集水域ポリゴンを選択する際に Select Watershed (流水解析を選択) ツールを使用すると、露骨に表示されます。Active watershed (アクティブな集水域) とその隣接する上下の集水域は、別の色で表示されます。隣接している上層の集水域 (もしあれば) は、自動的に *selected upper watershed* (選択された上層の集水域) と呼ばれ、他の *upper watersheds* (上層の集水域) とは別の色で表示されます。下層の集水域にも、同じシステムが使われています。

選択された上層の集水域と流出地点 (マゼンタ)



上層の集水域と流出地点 (紫色)

選択された下層の集水域と流出地点 (明るい緑色)

Watershed Attributes (分水界の属性) ウィンドウ (下図) のアイコンボタンを使用して、アクティブな集水域セレクションを変更するために、これらの水文学的な関連を使用することが出来ます。

Watershed Attributes

Watershed	Inflow	Outflow	Area	Perimeter	Min Z
19	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9772200	19920	2
20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	891900	4620	3
21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2741400	14100	2
22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1356300	6780	2
23	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	285300	4320	2
24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	194400	2100	3
25	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5219100	15600	2
26	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	224100	2400	3
27	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	287100	2520	3
28	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1017900	5580	2
29	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	34200	1200	2
30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	112500	1980	2
31	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	42300	1680	2
32	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	166500	2580	2
33	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	66600	1920	2

Watershed

Total: 113
Active: 19

Lower Pours

Number: 1
Index: 1
Current: 10

Upper Pours

Number: 1
Index: 1
Current: 13

Close

1つ前の下流の流出地点

下流の流出地点を通過

次の下流の流出地点

1つ前の上流の流出地点

上流の流出地点を通過

次の上流の流出地点

窪地と流出地点の属性

Depression Attributes (窪みの属性) ウィンドウは、各窪みの面積と体積の他に、窪みを含む全ての集水域の ID ナンバーをリストしています。表示ウィンドウで窪みが含まれる集水域が選択された場合、そのレコードはリストの中で赤色で強調されています。例えば、1つ前の練習問題で選択された集水域は 19 番で、それに含まれた窪みは 10,800 平方メートル (集水域領域の一部) です。入力 DEM は、30 メートルのセルサイズを持っているので、1つのセルの面積は 900 平方メートルです。窪みの面積割るセルの面積で、この窪みは 12 個のラスタセルを覆うことを示します。

Watershed	Area	Volume
16	900	2700
17	134100	475200
18	5400	5400
19	10800	15300
20	900	900
21	900	900
22	900	2700
23	900	900
25	31500	64800
26	1800	2700

Depression Attributes

Depression Total: 76

Active: 19

Close

アクティブな集水域の上流と下流の流出地点の識別番号は、Pour Attributes (流出属性) ウィンドウで、適切な色で強調されています。Left (左) と Right (右) の列は、彼らを分けるベクタラインのそれぞれの側面に対する集水域の数を示しています (ベクタ位相のその線の任意な方向と比例します)。矢印は、流出地点を通る可能性がある流れの方向を示しています。この例では、18 番の集水域に排出する 19 番の集水域に対し、10 番の下流の流出地点が選択されています。集水域 19 番の上流の流出地点は、集水域 23 番から集水域 19 番に排水する、13 番です。

Pour	Left	Flow	Right	Z
6	10	<=	14	2277.00
7	4	<=	15	3362.00
8	16	<=	17	2301.00
9	17	<=	18	2338.00
10	18	<=	19	2348.00
11	20	=>	11	3034.00
12	22	<=	21	2461.00
13	19	<=	23	2388.00
14	23	<=	22	2398.00
15	21	<=	26	3267.00
16	21	<=	27	3088.00
17	29	<=	30	2483.00
18	21	<=	29	2472.00

Pour Attributes

Pour Total: 73

Double: 9

Active: 0

Lower: 10

Upper: 13

Close


ステップ


- Watershed Analysis (流解析) ウィンドウの Depression Attributes (窪みの属性) アイコンボタンを押します。
- Depression Attributes ウィンドウをスクロールダウンして、集水域 19 番を表示します。


- Pour Attributes (流出属性) アイコンボタンを押します。
- Pour Attributes ウィンドウをスクロールダウンして、色で強調されている 2 つの流出地点を表示します。

選択的に窪みを埋める

ステップ

 Pour Attributes (流出属性)、Depression Attributes (窪地の属性)、Watershed Attributes (分水界の属性) ウィンドウを、それぞれの Close (閉じる) ボタンを押して閉じます。

 Watershed Analysis (流水解析) ウィンドウの Depression (窪み) パネルの Manual Filling (手動による埋め合わせ) セクションで、Lower (下) トグルボタンをオンにします。

 Run (実行 ...) アイコン ボタンを押して、Verify (確認) ウィンドウで [No (いいえ)] を押します。



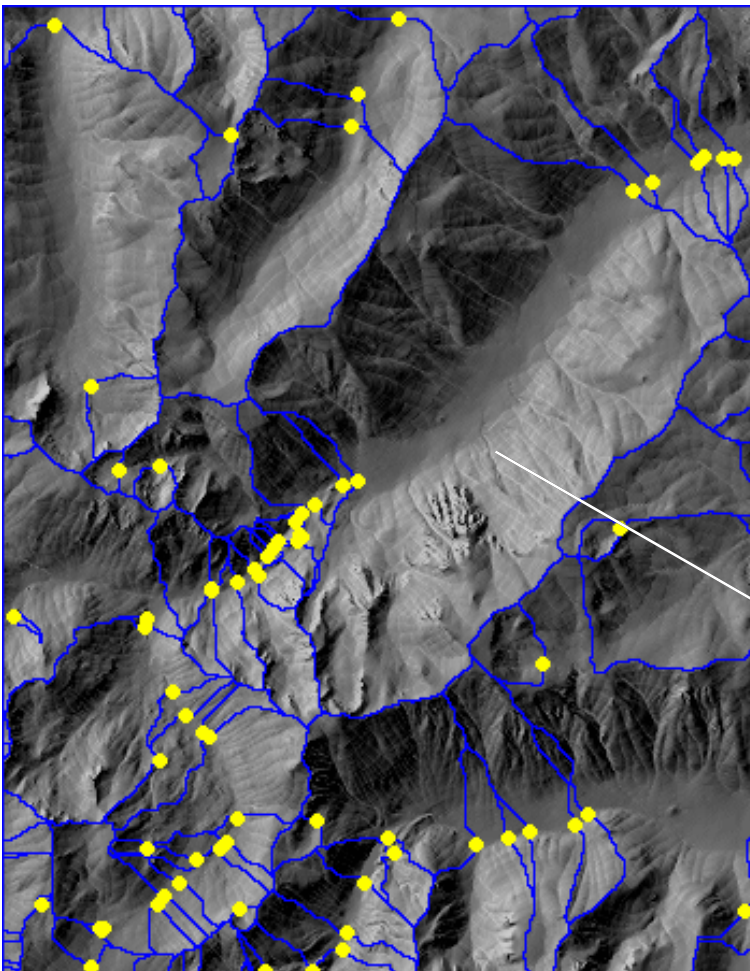
Select Watershed (流水解析を選択) ツールで集水域ポリゴンを選択した場合、もう一度集水域処理を行えば、その集水域内にある窪みだけまたはそれに水文学的に関連のある集水域内の窪みを埋めることが出来ます。これらのオプションは、Depression (窪み) パネルの Manual Filling (手動による埋め合わせ) トグルボタンによってコントロールできます。

Put null cell at bottom of unfilled depressions

Manual Filling

Upper Lower Double

手動による埋め合わせの Upper (上) オプションがオンの場合、処理は選択されたポリゴンと、その上流にある全ての集水域の窪みを埋めようとします。手動による埋め合わせの Lower (下) オプションは、選択されたポリゴンとその下流にある全ての集水域の窪みを埋めます。これらのどちらのトグルボタンがオンでない場合、選択された集水域内のみの窪みが埋められます (もし集水域が選択されていないならば、全ての集水域ポリゴンが処理されます)。どの場合でも、二重の窪みに遭遇した場合、窪みの埋め合わせは停止します (次ページ参照)。



選択された集水域ポリゴンとその下流にあった (二重の埋め合わせに遭遇するまでの) 集水域ポリゴンの窪みの埋め合わせによって作られた新しい集水域ポリゴン。他の集水域は影響を受けていません。

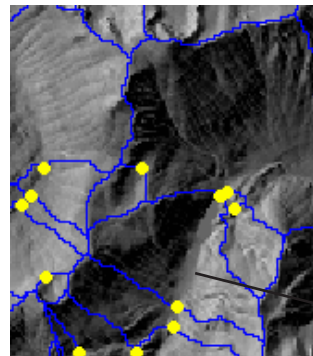
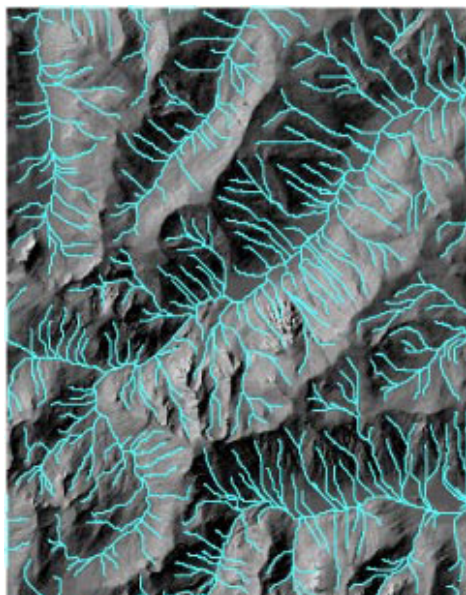
二重の埋め合わせと流出地点

もし2つの隣接した窪みが同じ流出地点を共有しており、どちらもその流出地点よりも標高が低い他の流出地点がない場合、その2つの窪みは *double depression* (二重の窪み) となります。共有している流出地点は *double pour point* (二重流出地点) と称されます。これらのどちらも埋められていない場合は、二重流出地点を通して二重の片方の窪みの方へ流れ込みます。両方が埋められていた場合のみ、流れは下流の集水域に続きます。

この練習問題で選択された集水域と窪みは、二重窪みの一部を構成します。流出地点 53 は 2 点を結ぶ二重流出地点です。二重流出地点は、Pour Attributes (流出属性) ウィンドウの Flow (流水) 列の両端矢印によって示されています。

Pour	Left	Flow	Right	Z
52	80	=>	76	2535.00
53	75	<=>	81	2515.00
54	84	<=	71	2862.00
55	79	<=	84	2861.00
56	73	<=	79	2827.00
57	81	<=	85	2529.00
58	87	<=	86	3194.00
59	89	=>	79	3123.00

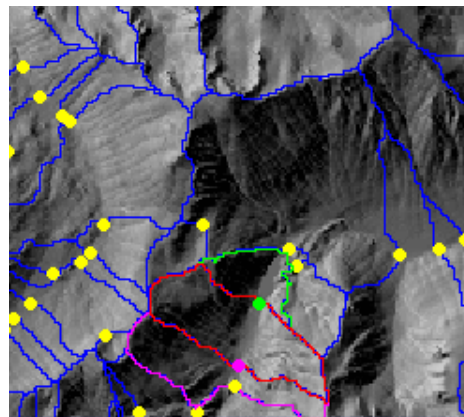
埋め合わせの Double (二重) トグルボタンをオンにして処理を実行すれば、二重の窪みのみを埋めることが出来ます。このオプションは、他の手動による埋め合わせトグルボタンと違い、ユーザが選択したどの集水域ポリゴンにも関係なく、DEM 内の全ての二重の窪みを埋めます。



DEM の最終的な流路

ステップ

- 下図のように、DEM の中央下部分にある ID 81 の集水域ポリゴンを選択します。



- Pour Attributes (流出属性) アイコンボタンを押します。
- Pour Attributes ウィンドウで、流出地点 53 が見えるまでスクロールダウンします。
- Watershed Analysis (流水平析) ウィンドウの Depression (窪み) タブパネルで、手動による埋め合わせの Lower (下) トグルをオフにし、Double (二重) トグルボタンをオンにします。
- Run (実行...) アイコンボタンを押し、Question (質問) ウィンドウで [No (いいえ)] を押します。

埋め合わせは二重の窪みを合併します。この例では、合併された集水域は流水地点を通過して北東の大きな谷へ排出されます。

- 手動による埋め合わせの Double トグルをオフにします。
- Run アイコンボタンを押し、Question ウィンドウで [No] を押します。この実行で流路が生成されるはずです。

地理空間解析のための先進的ソフトウェア

マイクロイメージ社は、高度な地理空間データの視覚化、解析、出版を行う専門家向けソフトウェアを提供しています。製品に関する詳細は、マイクロイメージ社または正規販売店にお問い合わせになるか、ウェブサイトアクセスしてください。

TNTmips TNTmips は、GIS、画像解析、CAD、TIN、デスクトップ地図印刷、地理空間データベース管理機能を統合した専門家のためのシステムです。

TNTedit TNTedit はベクタ、画像、CAD、TIN、リレーショナルデータベースなど様々な形式の地理データを作成、座標付け、編集するための専門家向けの対話ツールです。

TNTview TNTview には TNTmips と同じ強力な表示機能があります。TNTmips の持つ解析機能やデータ編集機能は必要でないという方に向いています。

TNTatlas TNTatlas を使用すると、自分のプロジェクトデータを CD-ROM にプレスして、低コストで出版や配布ができます。TNTatlas の CD は Windows や Mac で使用できます。

TNTserver TNTServer を使用すると、インターネットやイントラネットで TNTatlas のデータを公開することができます。Web ブラウザや TNTclient Java アプレットを使用して地理データ・アトラスを閲覧することができます。

TNTlite TNTlite は、小規模プロジェクトを行う専門家や学生向けの無料バージョンです。TNTlite はマイクロイメージ社の Web サイトよりダウンロードすることができ、また、CD-ROM で注文することも可能です。

索引

窪み/凹地	4, 16, 23, 24, 25, 26, 27	盆地	
埋める	4, 16, 23, 24, 25, 26, 27	原因点から	9
属性	25	パラメータ	8
二重	27	ポリゴン	5, 8, 9, 12, 13
排水	18	マスクラスタ	20
連続的に埋める	23, 24, 25, 26, 27	流出地点	23, 24, 25, 26, 27
原因点(集水域)	9	属性	25, 27
集水域ポリゴン	5, 6, 12, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27	二重	27
選択	6, 24	流出地点パラメータ	7
属性	6, 12	流入地点パラメータ	7
水文接続性	13	流量の累積	7, 8, 14, 22
水流方向	14	流路	5, 7, 8, 19
調整した標高	16	原因点から	9
ヌルセル	18, 19	流路次数	11
分岐パラメータ	7	流路の断片	
分水嶺	14	流れの蓄積による	22
		標高による	21



MicroImages, Inc.

206 South 13th Street
Lincoln, Nebraska 68508-2010 USA

電話：(402) 477-9554 email：info@microimages.com
FAX：(402) 477-9559 URL：www.microimages.com

[翻訳]



株式会社 オープン GIS

〒130-0001 東京都墨田区吾妻橋 1-19-14 紀伊国屋ビル 1F
Kinokuniya Bld. 1F, 1-19-14 Azumabashi, Sumida-ku, Tokyo 130-0001, JAPAN
TEL (03) 3623-2851 FAX (03) 3623-3025