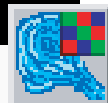


# TNT入門



## 集水域と地形のモデル化



TNTmips®

---

## はじめに

地表面の形状はその区域の物理的環境の重要な要素です。地形は、多くの物理学的、生物学的過程に大きな影響を与え、建設、輸送、通信、資源管理、レクリエーションなどの人間活動の背景要素となります。本書では、標高ラスタを解析したり、地形との間のさまざまな相互作用をモデル化するための、TNTmipsの一連の処理を紹介します。練習問題を使用しながら、傾斜と方向と陰影の計算、視界と集水域のモデル化、切り取り体積や埋め込み容積の解析などを説明していきます。

**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や『TNTmips リファレンスマニュアル』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、マイクロイメージズ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・コレクションのサンプルファイルSLOPE、VIEWSHED、WATRSHEDED、PONDSを使用します。

**その他の資料** 本書では、地形解析と集水域のモデル化に関する概要しか示されておりません。詳細は『TNTmips リファレンスマニュアル』を参照してください。地形解析処理について30ページ以上に渡って詳しく説明しています。

**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と、無料バージョンのTNTlite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TNTliteモードで動作し、オブジェクトのサイズが制約されるほか、TNTliteの別のコピーとの間でしかデータを共有できません。

視界、集水域などの地形解析処理は、TNTview や TNTatlas では実行できません。練習問題はすべて、提供されているサンプルの地理データを使用してTNTliteでも完全に実行することができます。

Randall B.Smith 博士、2000年2月29日

一部のイラストでは、カラー・コピーでない重要な点がわかりにくい場合があります。マイクロイメージズ社のウェブ・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『TNT 入門』のその他のテーマに関する最新のパンフレットも入手できます。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TNTlite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>

# 集水域モデリングの世界によろこそ

自然の体系や人工の体系と地形との間にはさまざまな形態の相互作用があるため、地形をコンピュータ解析したりモデル化するには、専用のさまざまなソフトウェア・ツールが必要です。本書に示す解析処理やモデリング処理ではいずれも、DEM (Digital Elevation Model: 数値標高モデル) の形の入力標高情報、すなわちラスタ・オブジェクトとして保存された規則正しいグリッド状の標高値が必要です。

傾斜、方位、陰影の処理では、DEM から一般的な地形特性が計算されます。傾斜値は大きさを示すのに対し、方位は最大傾斜の方向を示します。これらのオブジェクトはさらに、土壌浸食や地滑りの予測など、より複雑な環境モデルの要素として使用することができます。

視界処理では、DEMの見通し線解析を実行して視界を定義します。**視界**とは、地表または地上の特定の視点から見える地形部分のことです。視界解析を使用することで、テレビや携帯電話の送信装置のような通信施設や、軍用の監視塔、火の見やぐらなどに最適な場所を見つけることができます。また、鉱物資源の採掘や木材の伐採などの活動が景観に与える影響の評価にも視界解析を使用することができます。

集水域処理は、地上の水の流れを示す地表水理に対する地形の影響を調べます。この処理では、局所的な水流の方向を計算して、水路網や、特定の水系で排水される領域である**集水域**の間の境界線をなす分水界を定義します。

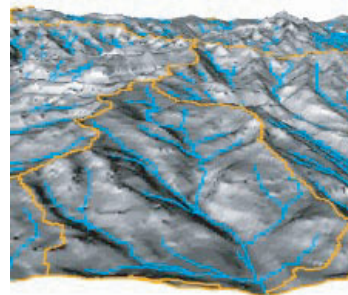
切り取り埋め込み解析処理では、同じ領域の2つの標高ラスタを比較して、両者の標高値が異なる位置を検出します。これらの領域をトレースすることで、出力ベクタ・オブジェクト内にポリゴンが形成されます。各ポリゴンごとに追加または除去された物質の体積が計算され、対応するデータベース・テーブルに保存されます。



## ステップ

- メインメニューからProcess / Raster / Elevation / Slope, Aspect, Shading (処理 / ラスタ / 標高 / 傾斜、方位、陰影)を選択します。

地形モデリング処理(Process / Surface Modeling (処理 / 地形モデリング))を使用すると、他の形式の標高データ(等高線、点データ、またはTIN)をDEMラスタに変換することができます。詳細は、『TNT入門:地形モデリング』を参照してください。




陰影強調された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(オレンジ)と流水線(青)を重ねたもの。

4～5 ページでは、傾斜、方位、陰影の計算について説明します。6～10 ページでは集水域処理について紹介します。11～22 ページの練習問題では、集水域処理の使用方法を説明します。23 ページでは、切り取り埋め込み処理について説明します。

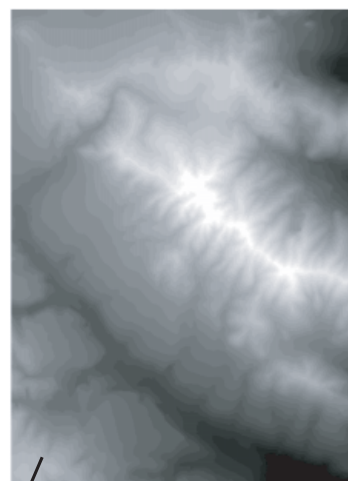
## 傾斜、方位、陰影を計算する

### ステップ

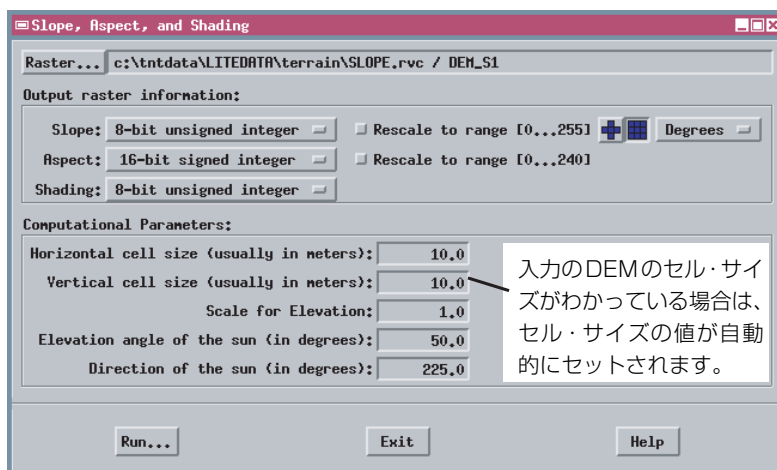
- ✓ [Raster...(ラスター)]をクリックします。
- ✓ SLOPEプロジェクト・ファイルに移動してオブジェクトDEM\_S1を選択します。
- ✓ Slope, Aspect, and Shading (傾斜、方位、陰影)ウィンドウのOutput Raster Information (出力ラスター情報)パネルで、Slope (傾斜)ラスターのRescale to Range [0...255] (範囲[0...255]に正規化) トグルボタンをオフにします。
- ✓ Square (正方形)のアイコンボタンを押し、傾斜を求めるのに使用する隣接セルの形状を設定します。
- ✓ Aspect (方位)ラスターのRescale to Range [0...240] (範囲[0...240]に正規化) トグルボタンをオフにします。
- ✓ Direction of Sun (太陽の向き)テキストフィールドの値を225.00に変更します。
- ✓ [Run...(実行)]を押します。
- ✓ 標準のSelect Objects (オブジェクト選択)ダイアログウィンドウを使用して新しいプロジェクト・ファイルの名前を指定し、Slope (傾斜)、Aspect (方位)、Shading (陰影)の出力ラスター・オブジェクトにはデフォルトの名前をそのまま使用します。

Spatial Data Display (空間データ表示) 処理を使用して入力ラスターDEM\_S1と出力ラスターを表示すると、右ページのようになります。この練習問題が終わったら、Slope, Aspect, and Shading (傾斜、方位、陰影)ウィンドウの[Exit]を押します。

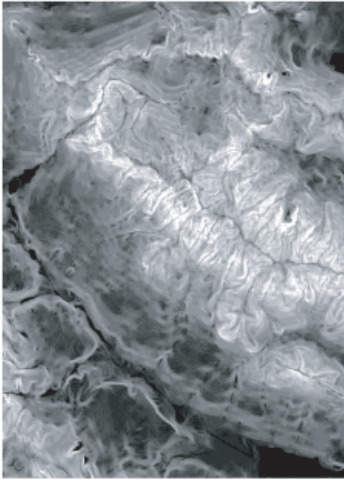
傾斜、方位、陰影処理では、地形のこれらの特性ごとに個別のラスター・オブジェクトが生成されます。入力されるDEMの各セルごとに、隣接するセルの標高からすべての出力値が計算されます。Cross (十字線)とSquare (正方形)のアイコンボタンで、計算に使用する隣接セルを指定します。デフォルトの十字線オプションを使用すると、(上下左右の)4つの隣接セルだけが使用されます。正方形オプションを使用した場合は隣接する8個のセル値がすべて使用され、処理時間は長くなりますが精度が高くなります。3つの特性をすべて計算する必要がない場合は、必要な出力オブジェクトの名前だけを指定します。



正規化コントラスト強調を行ったDEM\_S1のグレースケール表示。縮尺変更を行わなくても考えられる地球上の標高(メートルまたはフィートのいずれも)に対応できるようにするため、ほとんどのDEMラスターには、符号付き16ビットのデータ範囲(-32,768~+32,767)が使用されます。本書で使用するすべてのDEMの標高は、メートル単位になっています。

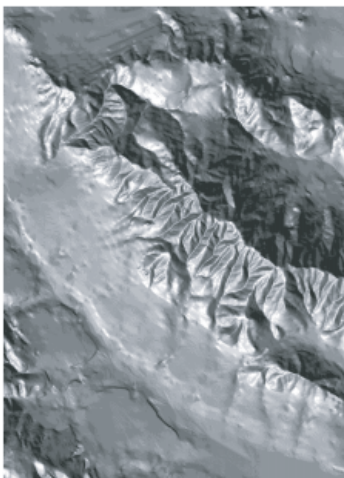
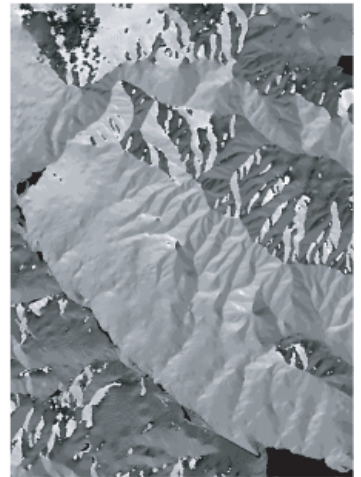


## 傾斜、方位、陰影処理による結果



**傾斜** 傾斜は、水平方向からの度単位の角度 (0 ~ 90)、または傾斜率 (傾斜角度のタンジェントに100を掛けた値) として表現することができます。傾斜角45度は、傾斜率100%に相当します。これを選択するにはオプション・メニューから Degrees (度) または Percents (パーセント) を選択します。Degrees を選択した場合、デフォルトでは Rescale to range [0...255] (範囲 [0...255] に正規化) オプションがオンになり、出力値の範囲と増分の分解能は8ビット・データの範囲と分解能になります。傾斜角度の値を元の数値のままにしておきたい場合は、このトグルボタンをオフにしてください(このページの出力ラスタはすべて、自動的に正規化コントラスト強調処理が行われています)。

**方位** 方位の値は、北から時計方向に大きくなり、北東を向いた斜面が最も暗く、北西を向いた斜面が最も明るくなります (DEM では、最上部が北になるように定められています)。出力値をデフォルトの8ビット・データの範囲に合わせるため、この場合もデフォルトでは Rescale to range [0...240] (範囲 [0...240] に正規化) トグルボタンがオンになります。このように選択した場合は、0=北、60=東、120=南... のようになります。正規化オプションをオフにした場合、出力データ・タイプは自動的に符号付き16ビットに変更され、方位値は方位角 (北から時計方向に0 ~ 360度) で表現されます。平坦な領域では値が-1になります。



**陰影** 傾斜と方位の値を使用して、太陽のように無限遠にある光源で照らされた場合の照度が計算されます。関連する Computation Parameter (計算パラメータ) テキストフィールド群 (Scale for Elevation (標高の縮尺)、Elevation angle of the sun (太陽高度)、Direction of the sun (太陽の方向)) を編集することで、陰影の程度を変更できます。この陰影処理では、空間データ表示における対話的陰影処理とは異なるアルゴリズムを使用していますので、パラメータ設定が似ていても2つの陰影処理の結果は異なります。陰影ラスタの表示結果も、表示する際に使用するコントラスト強調の方法によって大幅に異なります。

# 視界解析

## ステップ

- ✓ メインメニューからProcess / Raster / Elevation / Viewshed (処理 / ラスタ / 標高 / 視界) を選択します。
- ✓ Viewshed Analysis (視界解析) ウィンドウのFile(ファイル) メニューからInput Raster (入力ラスタ) を選択します。
- ✓ VIEWSHED プロジェクト・ファイルに移動してオブジェクト **DEM\_V1** を選択します。

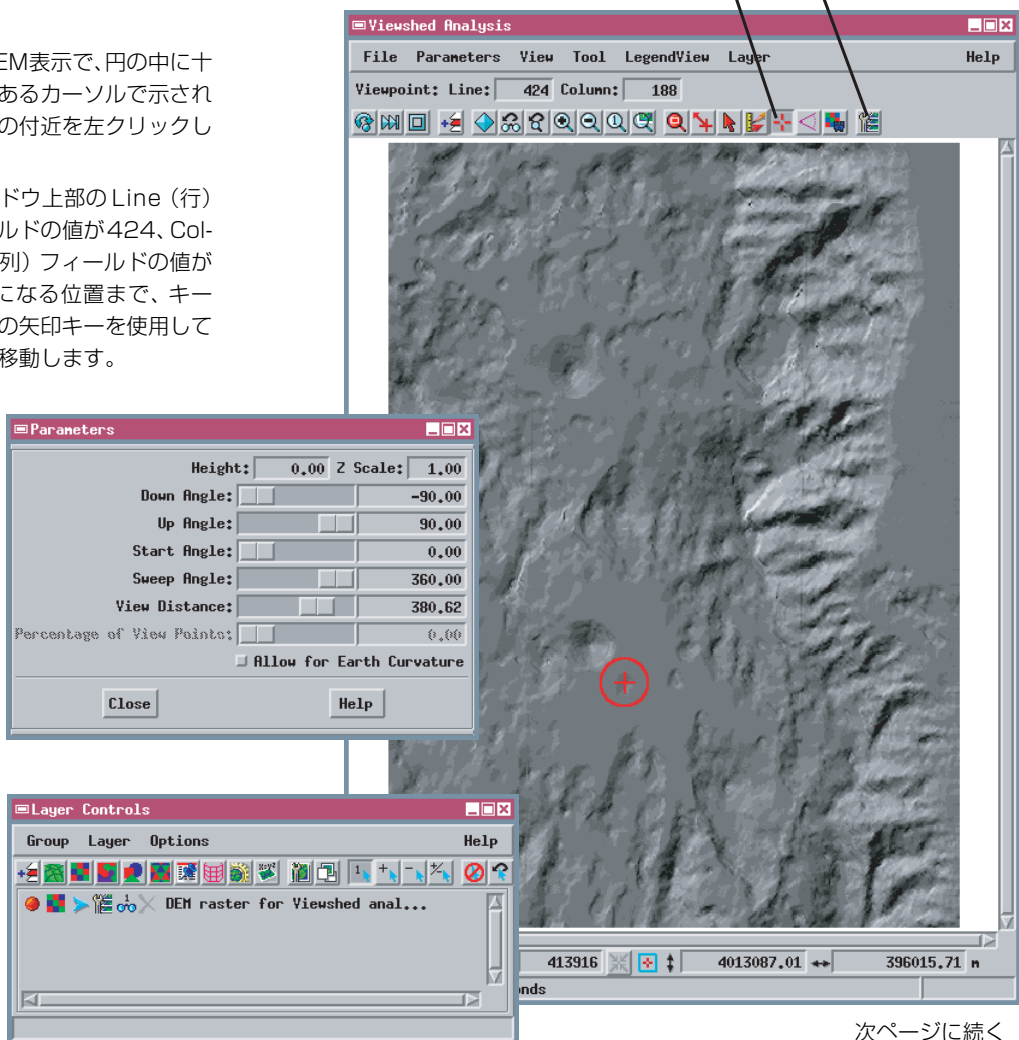
視界処理を起動すると Viewshed Analysis (視界解析)、Parameters (パラメータ)、Layer Controls (レイヤー・コントロール) ウィンドウが開きます。Viewshed Analysis ウィンドウには入力ラスタが表示されますので、視界解析を行う視点の位置を選択することができます。ラスタの現在の視点の行と列の座標は、ウィンドウ上部のテキストフィールドに表示されます。

Viewshed Analysis ウィンドウが開き、Select Viewpoint (視点を選択) ツールがアクティブになります。以下のステップのためにこのツールをアクティブにしておいてください。

Layer Controlsウィンドウが自動的に開かない場合は、Layer Controlsアイコンボタンを押すと開くことができます。

視点を選択します。

- ✓ 図のDEM表示で、円の中に十字線のあるカーソルで示された位置の付近を左クリックします。
- ✓ ウィンドウ上部のLine (行) フィールドの値が424、Column (列) フィールドの値が188になる位置まで、キーボードの矢印キーを使用して視点を移動します。



次ページに続く

## 視界テストを行う

視界解析の結果はバイナリ・ラスタとして符号化され、選択された視点から見えるセルの値は1になります。Test (テスト) オプションを使用すると、一時的な視界ラスタが計算されViewshed Analysis (視界解析) ウィンドウに表示されますので、結果をプレビューすることができます。一時的な視界ラスタが最初に表示される際には、視界に含まれるセルは白で、その他のセルは黒で表示されます。この練習問題の各ステップでは、視界に含まれないセルが透明に設定されますので、計算された視界を入力 of DEM ラスタに重ねて表示することができます。

選択された視点から見えるセルを識別するため、視界処理では、視点と各セルを結ぶ三次元の線を解析します。視点とセルを結ぶ視線が両者の間で地表面より上にあれば、そのセルは見えることになります。視点の周囲の部分の標高がわずかに変わっただけで、計算により得られる視界の範囲が大きく変わることもあります。

### ステップ

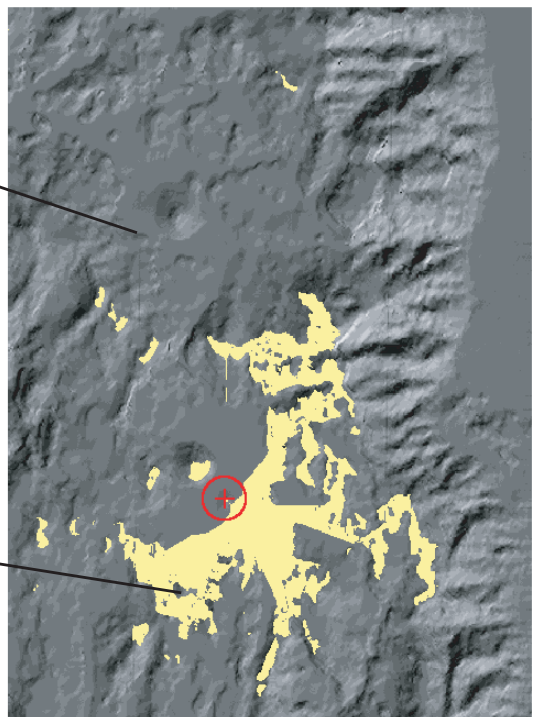
- Viewshed Analysis (視界解析) ウィンドウのFile (ファイル) メニューからTest (テスト) を選択します。
- Layer Controls (レイヤーの操作) ウィンドウでTemporary Viewshed (一時的視界) ラスタのアイコンのRaster (ラスタ) アイコンボタンをクリックします。



- Raster Layer Display Controls (ラスタ・レイヤー表示コントロール) ウィンドウのOptions (オプション) タブをクリックします。
- Null Cells Transparent (ヌル・セルを透明に) トグルボタンをオンにし、[OK] をクリックします。

入力のDEMは、Tools (ツール) アイコンボタン・メニューのRelief Shading (陰影) オプションからアクセスされるコントロール群を使用して陰影を付けて表示されるように設定されています。設定されたこれらの表示パラメータはDEMとともに保存され、視界処理で自動的に使用されます。

ようにするには、一時的視界ラスタに対応するTools アイコンボタン・メニューからEdit Colors (色を編集) を選択して、インデックス値1に使用する色を変更します(カラー・パレットの編集に関する詳細は、マニュアル『適切な色にするには』を参照してください)。



# 視点の高さを変える

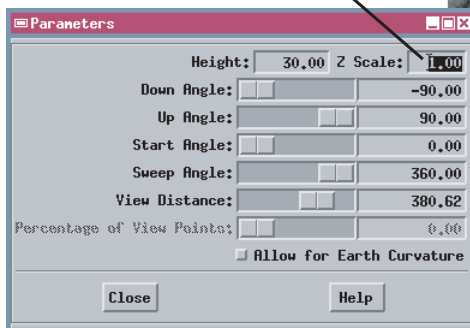
## ステップ

- ✓ Parameters (パラメータ) ウィンドウの Height (高さ) テキストボックスに 30 と入力し、[Enter]か[Tab]を押します。
- ✓ Viewshed Analysis (視界解析) ウィンドウの File (ファイル) メニューから Test (テスト) を選択します。
- ✓ 5 ページのステップ 2~4 を繰り返して、一時的視界ラスタのヌル・セルを透明にします。

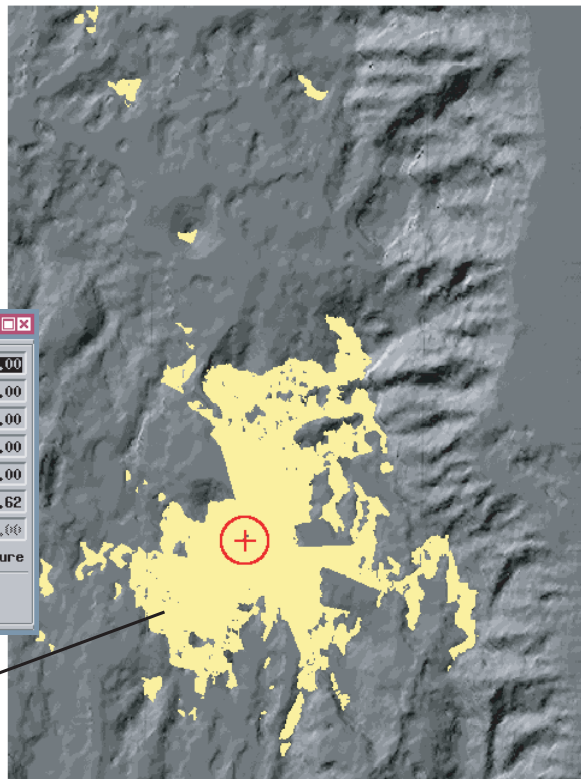
前の練習問題での視点は、平坦地から約 60m の高さの小さい丘の頂上の地面上にあります。この地点は、丘の中では最も高い場所ではありませんが、頂上部の傾斜が緩やかなため、丘の北西側の表面部分を見る視線がほとんど遮られてしまいます。

視界の応用例の多くでは、地上からある程度の高さにある塔の最上部に視点を置くことが望まれます。Parameters (パラメータ) ウィンドウの Height (高さ) フィールドに値を入力すると、塔から見たような視界を得ることができます。この練習問題では地上 30mメートルの位置に視点が置かれています (DEMの標高の単位はm)。予想通り、視点を高くすることで視界が大幅に広がっています。高さを変えて視界テストを何度も行うことで、必要な視界を得るために必要な塔の最小高さを求めることができます。

Z Scale (Zの縮尺) パラメータは Height (高さ) に入力された値に対してのみ適用されます。入力された Height 値は Z Scale 値 (デフォルト値=1.00) で除算され、地表面からの実際の視点の高さが求められます。Z Scale パラメータを使用することで、DEMの標高と異なる単位の高さの値も正しく使用することができます。たとえば、メートル法を使用している DEM で 100ft という高さを使用するには、Height 値として 100 を、Z Scale 値として 3.281 (メートルからフィートへの換算値) を入力します。



視点が地上 30m にある場合の視界

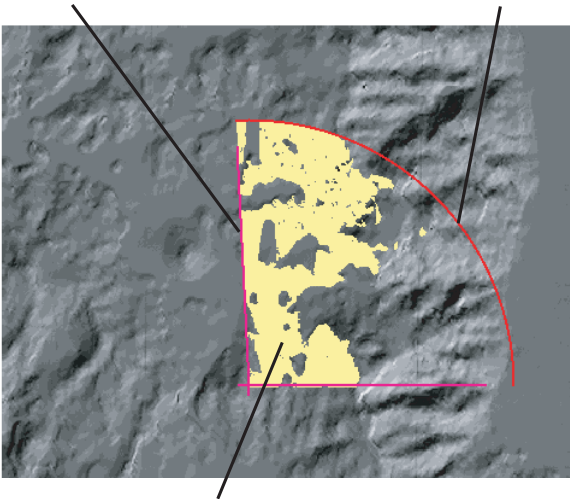


# 水平方向の視界範囲を制限する

特定の方向のビューだけが必要な場合は、視界解析時に Field of View (視界範囲) ツールを使用して水平方向での制約を設けることができます。このツールに関するパラメータは、Viewshed Analysis (視界解析) ウィンドウでグラフィック的に設定したり、Parameters (パラメータ) ウィンドウのスライダーで設定することができます。このツールの2本の半径方向の線は、ビューの水平方向の角度範囲すなわち Sweep Angle (掃引角度) を制限します。下側の半径の線の位置は Start Angle (開始位置の角度) を決定し、X 軸の正の側から反時計方向に度単位で表現されます。弧の位置は、半径方向への距離の制限すなわち View Distance (視界距離) を示し、ラスタ・セル単位で表現されます。

Start AngleやSweep Angleを変更するには半径の線をクリックアンドドラッグします(左右の矢印の形のカーソルを使用)。

View Distance を変更するには弧をクリックアンドドラッグします(手の形のカーソルを使用)。

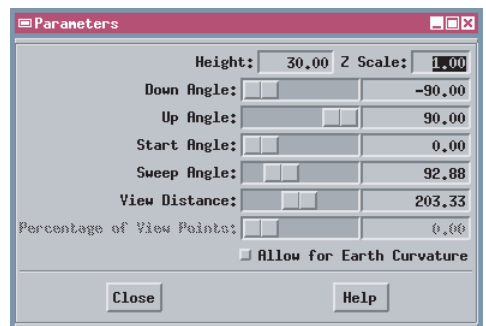


視点の位置を移動するには部分円の中をクリックアンドドラッグします(4方向矢印の形のカーソルを使用)。

注意: Field of View ツールをオンにせずに Parameters ウィンドウのスライダーを使用して視界範囲の限界を設定することもできますが、その場合には、設定した限界値が Viewshed Analysis ウィンドウに表示されません。逆に、Field of View ツールから Viewpoint (視点) ツールに戻しただけでは、視界範囲パラメータ群がデフォルト設定値にリセットされません。ユーザが行った調整結果は有効なまま残ります。

## ステップ

- Layer Controls (レイヤー・コントロール) ウィンドウで一時的視界ラスタの Remove (削除) アイコンボタンをクリックします。
- Viewshed Analysis (視界解析) ウィンドウの Field of View (視界範囲) ツールのアイコンボタンをクリックします。
- DEM表示の中の、図の十字線で示された位置に近い場所を左クリックして右上にドラッグし、最初の部分円を描画します。
- 矢印キーを使用して、Line (行) フィールドが283、Column (列) フィールドが195の位置まで視点を移動します。
- Parameters (パラメータ) ウィンドウの View Distance (視界距離) スライダーを動かして、値を200程度にします。
- Start Angle (開始位置の角度) スライダーを動かして値を0にします。
- Sweep Angle (掃引角度) スライダーを動かして値を90程度にします。
- Viewshed Analysis (視界解析) ウィンドウの File (ファイル) メニューから Test (テスト) を選択します。
- 5ページのステップ2~4を繰り返して、一時的視界ラスタの視界外のセル(ヌル・セル)を透明にします。



## 垂直方向の視界範囲を制限する

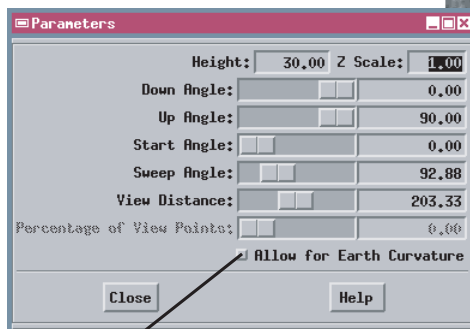
ステップ

- Layer Controls(レイヤー・コントロール)ウィンドウで一時的視界ラスタのRemove(削除)アイコンボタンをクリックします。
- Parameters(パラメータ)ウィンドウのDown Angle(見下ろし角度)スライダを一番右まで動かし、値を0.00にします。
- Viewshed Analysis(視界解析)ウィンドウのFile(ファイル)メニューからTest(テスト)を選択します。
- 5ページのステップ2~4を繰り返して、一時的視界ラスタの視界外のセルを透明にします。
- File(ファイル)メニューからRun(実行)を選択します。
- 標準のSelect Objects(オブジェクト選択)ダイアログを使用して新しいプロジェクト・ファイルとラスタ・オブジェクトの名前を指定します。

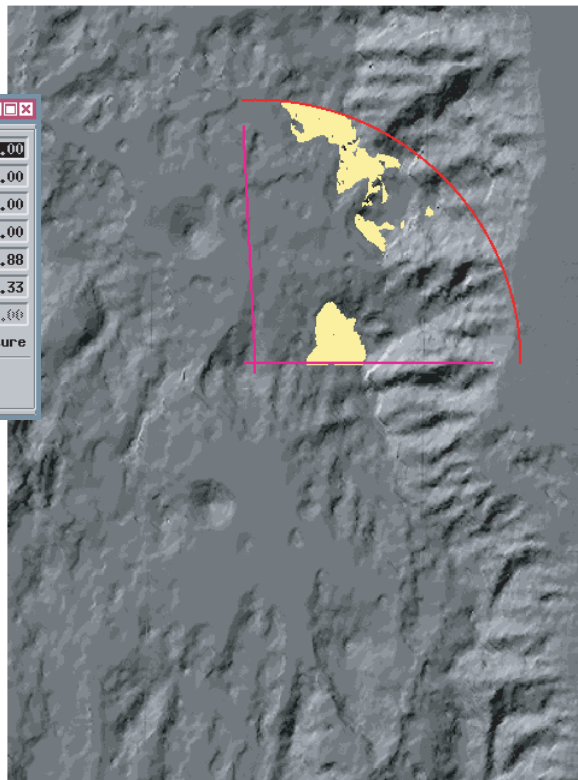


視界解析における垂直方向の視界範囲も、Parameters (パラメータ) ウィンドウを使用して制限することができます。このためには、視点の置かれている標高における水平面で、視界範囲を2つに分割します。計算する視界範囲の下限を設定するには、Down Angle(見下ろし角度)スライダを使用して最大見下ろし角度(水平面から下に0~90度)を設定します。上限を設定するには、Up Angle(見上げ角度)スライダを使用します(水平面から上に0~90度)。

視界解析の結果を含む最終的な出力ラスタを作成する用意ができれば、File (ファイル) メニューの Run (実行) オプションを使用します。



デフォルト・モード時の視界計算では、1つの標高により定義される面は水平で平坦な面であると仮定しています。この前提条件は、局所的な視界解析を行うには適切です。解析する範囲が比較的大きい(直径が数十km)場合は、Allow for Earth Curvature(地球の曲率を考慮する)トグルボタンをオンにすると、より正確な結果が得られます。



- この練習問題が終わったら、File / Exit (ファイル / 終了) を選択して視界処理を閉じます。

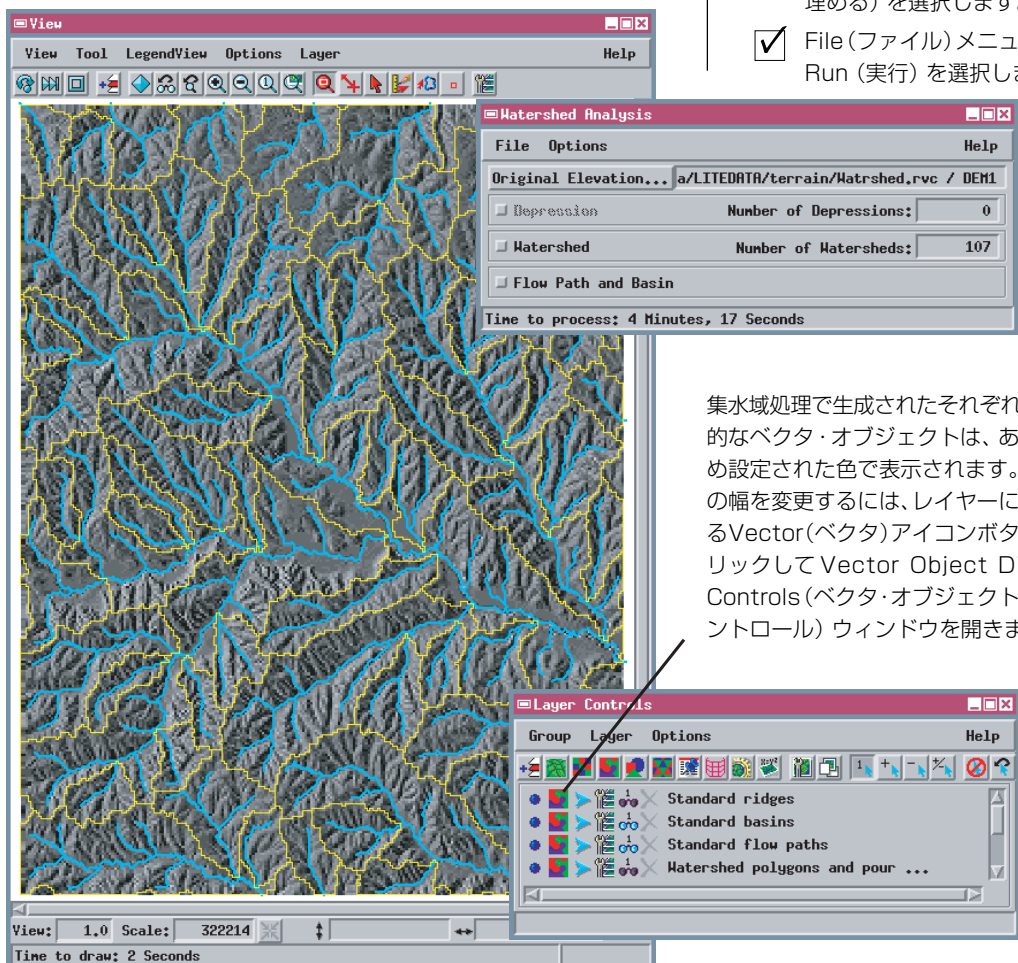
## 集水域解析を開始する

集水域処理を起動すると、Watershed Analysis (集水域解析)、View (ビュー)、Layer Controls (レイヤー・コントロール) ウィンドウが開きます。View 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、Fill All Depressions (すべての凹地を埋める) 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、結果のさまざまな要素を示す一連の一時的なベクタ・オブジェクトとラスター・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、Watershed Analysis ウィンドウの File (ファイル) メニューの Save As (名前を付けて保存) オプションを使用します。

ステップ

- ✓ メインメニューから Process / Raster / Elevation / Watershed (処理 / ラスタ / 標高 / 集水域) を選択します。
- ✓ Watershed Analysis (集水域解析) ウィンドウの [Original Elevation... (元の標高)] を押します。
- ✓ Select Object (オブジェクトを選択) ダイアログを使用して WATERSHD プロジェクト・ファイル から DEM\_W1 を選択します。
- ✓ Watershed Analysis ウィンドウの Options (オプション) メニューから Fill All Depressions (すべての凹地を埋める) を選択します。
- ✓ File (ファイル) メニューから Run (実行) を選択します。



集水域処理で生成されたそれぞれの一時的なベクタ・オブジェクトは、あらかじめ設定された色で表示されます。色や線の幅を変更するには、レイヤーに対応するVector (ベクタ) アイコンボタンをクリックして Vector Object Display Controls (ベクタ・オブジェクト表示コントロール) ウィンドウを開きます。

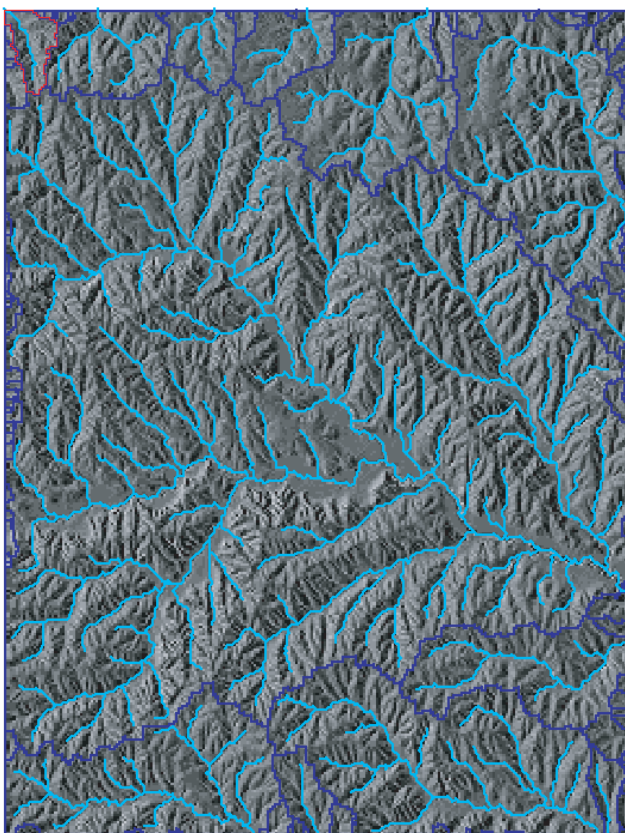
# 流路と集水域

## ステップ

- ✓ Layer Controls (レイヤー・コントロール) ウィンドウで Standard (標準) の集水凹地ベクタ・オブジェクトに対応する Hide / Show (隠す / 表示する) アイコンボタンをクリックして隠します。
- ✓ 集水域ポリゴン・オブジェクトに対してもこの操作を行って表示します。

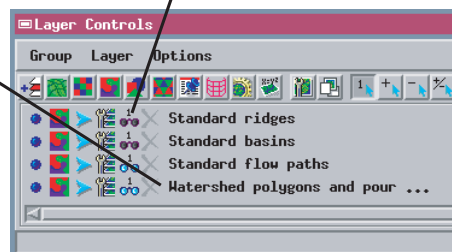
Fill All Depressions (すべての凹地を埋める) オプションを使用して集水域処理を行うと、標準の集水凹地 (basin) と流路を示す2つのベクタ・オブジェクト (前者は STDBASIN、後者は STDFLOWPATH) が、View (ビュー) ウィンドウの入力 DEM の上に重ねて表示されます。他の出力ベクタ・オブジェクトとラスタ・オブジェクトのリストは Layer Controls (レイヤー・コントロール) ウィンドウに表示されますが、最初は隠されています。標準の集水凹地オブジェクトについては後で触れますが、ここではこれは隠しておき、代わりに集水域ポリゴンを示すベクタ・オブジェクト (WATERSHED) を表示します。

流路ベクタに含まれる線 (シアン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の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。



デフォルトの場合、Layer Controls (レイヤー・コントロール) ウィンドウでのレイヤー名には、各オブジェクトに関する記述が使用されます。必要ならば、このウィンドウの Options (オプション) メニューから Default Layer Name (デフォルトのレイヤー名) を選択して、レイヤー名を Object Name (オブジェクト名) または File Name / Object Name (ファイル名 / オブジェクト名) に変更することができます。ただし、この処理を終了するか再開するまでは、この設定変更は有効になりません。

Hide / Show (隠す / 表示する) アイコンボタンを使用して、使用可能なレイヤーのうち現在表示されるものを指定します。表示するレイヤーに対応する眼鏡アイコンはシアンで、隠すレイヤーに対応する眼鏡アイコンはグレーになります。



## 集水域のプロパティ

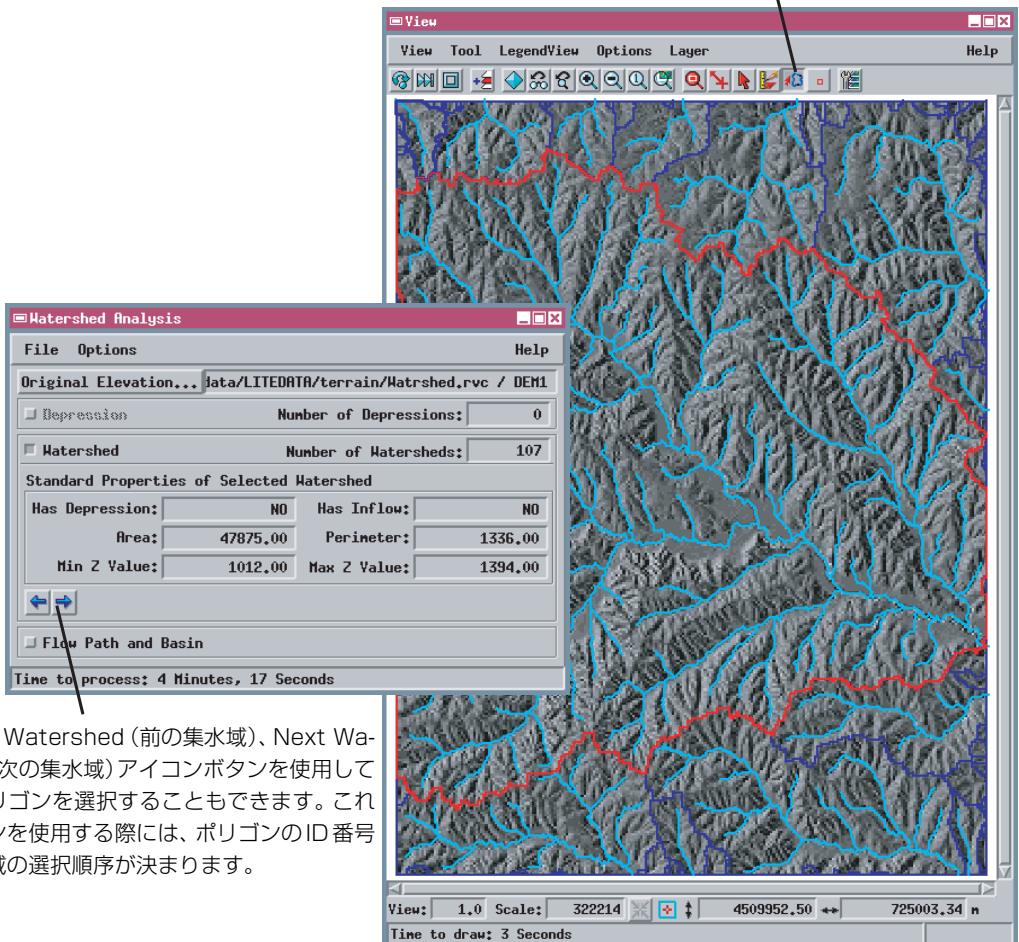
Watershed Analysis (集水域解析) ウィンドウには、DEMラスタの範囲内を処理することで検出された集水域の数が表示されます。すべての凹地が埋められると、各集水域はラスタ・オブジェクトの縁の部分に向かって排水されます(または有効なラスタ値と無効なラスタ値の間の境界に向かって排水されます。この境界を使用して岸の線を示すこともできます)。ラスタの縁部を越えて同じ方向に排水される集水域群は、実際には下流で合流してより広い範囲の集水域を形成することもあります。

Watershed (集水域) ドロップダウンパネルを開くと、選択した集水域ポリゴンについて、その集水域内の標高 (Z 値) の最小値と最大値、面積、周辺長などの特性を表示することができます。面積と周辺長の値はラスタ・セル単位で表示され、これらの単位と実際の面積や長さの単位との関係は、DEMのセル・サイズ (この場合は90m) によって決まります。

ステップ

- Watershed Analysis (集水域解析) ウィンドウの Watershed (集水域) トグルボタンをオンにし、Watershed (集水域) パネルを開きます。
- View (ビュー) ウィンドウ上部の Polygon (ポリゴン) ツールのアイコンボタンを押します。
- 中央の大きな集水域ポリゴンを左クリックします。

個々の集水域を選択して特性をチェックするには Polygon (ポリゴン) ツールを使用します。



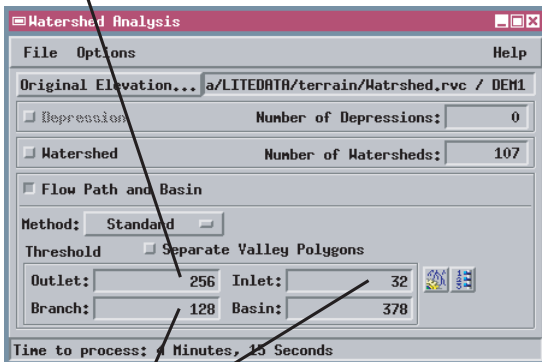
Previous Watershed (前の集水域)、Next Watershed (次の集水域) アイコンボタンを使用して集水域ポリゴンを選択することもできます。これらのボタンを使用する際には、ポリゴンのID番号から集水域の選択順序が決まります。

# 流路パラメータ

## ステップ

- Watershed (集水域) トグルボタンをオフにして Watershed (集水域) パネルを閉じます。
- Flow Path and Basin (流路と集水凹地) トグルをオンにして対応するパネルを開きます。

現在流路がないDEMの周囲の小さい集水域の流路を生成する場合は、Outlet (出口) パラメータの値を小さくします。



上流側の分水界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 (入口) パラメータと Branch (支流) パラメータの値を小さくします。

Flow Path (流路) パラメータと Basin (集水凹地) パラメータをデフォルト値に戻すには、Set to Defaults (デフォルト値に設定) アイコンボタンをクリックします。



集水域と流路のベクタ・オブジェクトを詳細に調べると、流路が分水界までは伸びていないことや、DEMの縁部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ないことがわかります。Flow Path and Basin (流路と集水凹地) パネルに表示されるパラメータ値は、現在の流路ベクタと集水凹地ベクタの計算処理で使用されたデフォルトのスレッシュホールド値です。これらのパラメータ値を変更することで、流路ベクタ・オブジェクトと集水凹地ベクタ・オブジェクトを再計算して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使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 (出口) 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スレッシュホールドを設定します。Outlet で設定されたスレッシュホールド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 (入口) 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 (支流) パラメータは、上流の支流の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。


## 流路と集水凹地の再計算

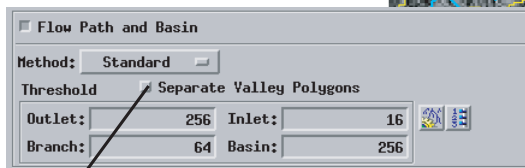
標準の集水凹地ベクタ・オブジェクト (11 ページの図で黄色で示されている部分) のポリゴンは、より大きい集水域の一部です。各集水凹地 (小さい集水域) は、主流の支流網により排水される領域です。各集水凹地の中の標高が最も低い場所は、その流路網とより大きい流路の接合部になります。

**Basin (集水凹地)** パラメータは、各集水域内に集水凹地ポリゴンを生成するための面積のスレッシュホールドを設定します。**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、集水凹地ポリゴンが生成されます。累積流量は、流量に関するセルの数として表されるため、集水凹地の面積は、関連する系の口での累積流量セル値に等しくなります。

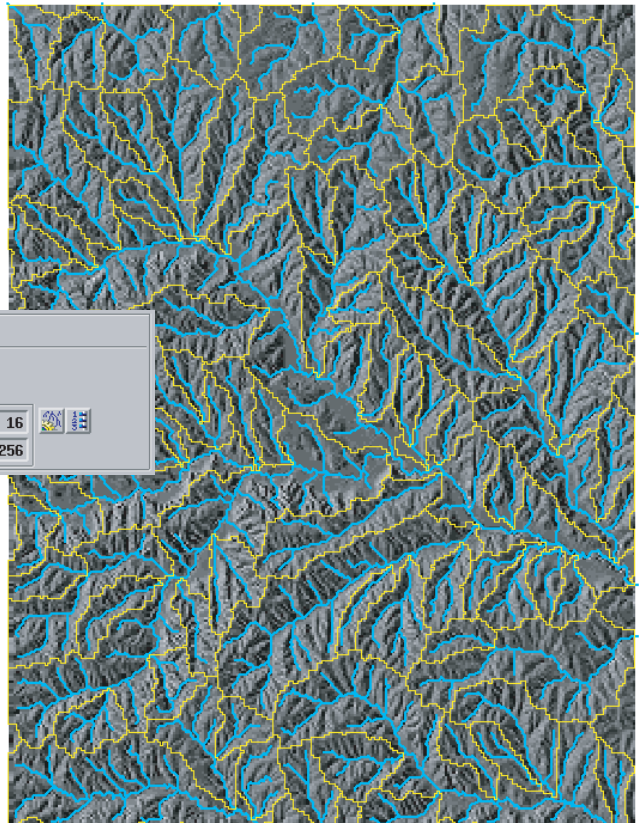
この練習問題でユーザが流路と集水凹地のパラメータを変更したことにより、より多くのより長い支流と、より多くのより小さい集水凹地を含む、より密度が高く詳細な流路網が生成されます。

### ステップ

- Layer Controls (レイヤー・コントロール) ウィンドウの Show / Hide (表示する / 隠す) アイコンを使用して Watershed (集水域) ベクタ・レイヤーを隠し、Basins (集水凹地) レイヤーを表示します。
- Inlet (入り口) パラメータの値を 16 に変更します。
- Branch (支流) パラメータの値を 64 に変更します。
- Basin (集水凹地) パラメータの値を 256 に変更します。
- Compute Flow Paths and Basins  (流路と集水凹地を計算) アイコンボタンを押します。
- Verify (確認) ウィンドウで現在の処理結果を保存するか聞いてきたら、[No] をクリックします。



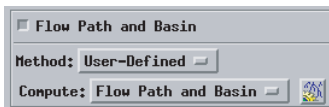
流路と集水凹地を再計算する前に Separate Valley Polygons (谷のポリゴンを分割する) トグルをオンにすると、長い主流に対応する大きな集水凹地が、支流の合流部で個別のポリゴンに分割されます。これらのポリゴンの最小サイズも、Basin パラメータの値により設定されます。



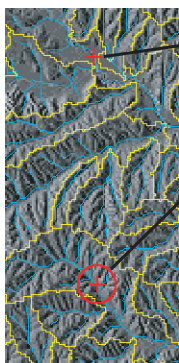
# 集水凹地と原因点からの流路

## ステップ

- ✓ Flow Path and Basin (流路と集水凹地) パネルの Method (方法) オプション・メニューから User-Defined (ユーザ定義) を選択します。
- ✓ Compute (計算) オプション・メニューから Flow Path and Basin (流路と集水凹地) 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クリックします。
- ✓ この部分の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 (点編集コントロール) ウィンドウの Add New Point (新しい点を追加) ボタンがアクティブになります。
- ✓ 必要に応じて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。
- ✓ Flow Path and Basin (流路と集水凹地) パネルの Compute Flow Paths and Basins (流路と集水凹地を計算) アイコンボタンを押します。



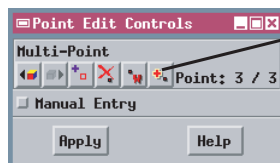
マークされた原因点

予測された原因点位置をマークするカーソル

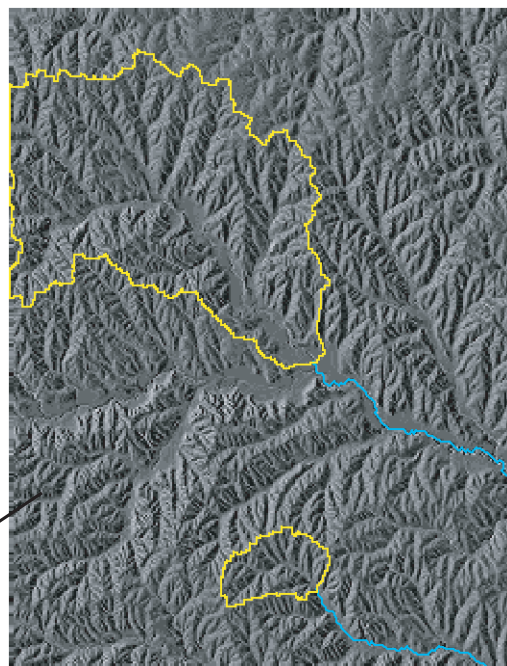
2つの原因点に関して計算された集水凹地と流路

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、汚染の発生日点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。

Method (方法) メニューの User-Defined (ユーザ定義) オプションを使用すると、1つまたは複数の原因点を使用して、各原因点ごとに、下流の流路、上流の集水凹地、またはこの両方を計算で求めることができます。Seed Point (原因点) ツールを使用して、希望する点の位置を指定します。



Quick-Add (クイック追加) 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。



## 凹地の標高上方修正処理

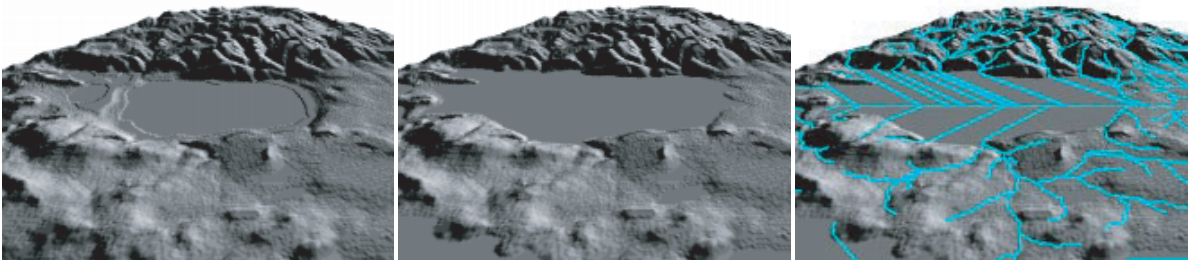
凹地とは、DEM内でより大きい標高値で完全に囲まれた領域のことを言います。沈下、地質学的断層に沿った動き、氷河の前進や後退により、かなり大きい自然の凹地が生成されることがあります。また、採掘や採石などの人間活動では比較的小さい人工の凹地が形成されます。これに対し、基本的に河川などにより形成される通常の地形では、自然の凹地はまれであり、DEMに含まれるほとんどの凹地は実際の地形を示したものではありません。これらは、データのエラーや、有限の面積のセルに標高値を割り当てる際の平均処理に起因するものです。これらの間違った凹地は、集水域解析で流路を求めるときに障害になります。凹凸が小さい領域では特に障害になります。

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 All Depressions（すべての凹地を埋める）オプションをオンにして集水域解析を行うと、凹地のないDEMが生成されます（標高上方修正処理と呼ばれます）。このような凹地のないDEMを使用して、流路、集水凹地、集水域が計算されます。

### ステップ

- ✓ Flow Path and Basin (流路と集水凹地) パネルの Method (方法) オプション・メニューから Standard (標準) を選択します。
- ✓ Set Defaults (デフォルトに設定) アイコンを押します。
- ✓ Compute Flow Paths and Basins (流路と集水凹地を計算) アイコンボタンをクリックします。
- ✓ Layer Controls (レイヤー・コントロール) ウィンドウの Hide / Show (隠す / 表示する) アイコンボタンを使用して標準の流路、標準の集水凹地、入力DEMレイヤーを隠します。
- ✓ 同じコントロールを使用して Depressionless Elevation (凹地のない標高) 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。間違いによる小さな凹地が多数ありますが、かなり拡大しない限り、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、より大きい値である最も低い流出点の標高値に修正され、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。

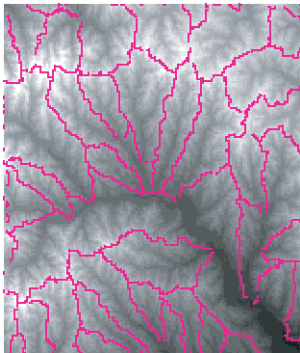
計算により求められた流路を凹地のないDEMに重ね合わせた様子。凹地を埋めることにより形成された平坦部を横切って流れの入り口と出口を結ぶように流路が形成されています。

# 集水域処理で得られるその他の結果

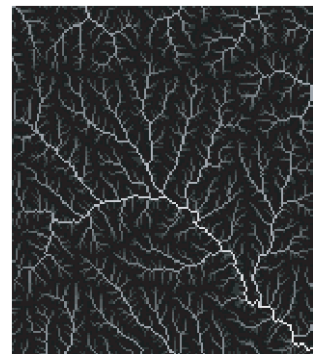
## ステップ

- ✓ Layer Controls (レイヤー・コントロール) を使用して Standard Ridges (標準分水嶺) オブジェクトを表示します。
- ✓ Standard Ridges レイヤーと Depressionless Elevation (凹地のない標高) レイヤーを隠し、Extrema points (極値点) レイヤーと Flow accumulation (累積流量) レイヤーを表示します。

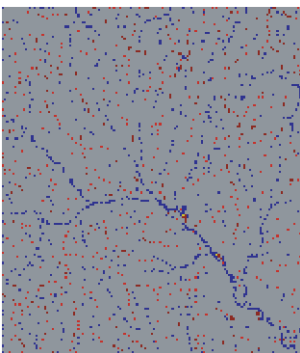
集水域処理では、この他に1つのベクタ・オブジェクトと複数のラスタ・オブジェクトも生成されます。これらの生成結果の一部は、地形に関するいくつかの側面が抽出されたものであり、特定の解析に役立つのに対し、他のものは基本的には中間のオブジェクトであり、前述のオブジェクトを生成するのに使用されます。これらのオブジェクトについての詳細は、『TNTmips リファレンスマニュアル』を参照してください。



標準的な分水嶺ベクタ・オブジェクト (凹地のない DEM に重ねて表示されている **STDTRIDGES**) の線は、異なる集水域や集水凹地を分割する地形学的分水界に沿っています。集水凹地の境界が均一な斜面や平坦な領域を横切る部分は、分水嶺セグメントとしては含まれません。



累積流量ラスタ (**FLOWACCUM**) の中の明るい階調の部分は、累積流量値が大きいことを示し、考えられる流路の分岐パターンを表しています。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、集水域、集水凹地の境界が生成されます。



平坦部と極値点のラスタ (**EXTREMA**) は、元のDEM内の局部的に重要な標高値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、それぞれ明るい赤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のセルは、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つの一時的ラスタ・オブジェクトが生成されますが、集水域処理で表示に使用することはできません(プロジェクト・ファイルに保存してから表示処理で表示することはできません)。水流方向ラスタ(右図の **FLOW\_DIRS**) 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、右上から上に時計方向に大きくなっていきます。このラスタは、累積流量ラスタとともに使用され、最終的な流路と集水凹地のベクタ・オブジェクトが生成されます。集水域ラスタ (**WATERSHED**、図には示されていません) では、各集水域ごとに一意的なセル値が含まれています。

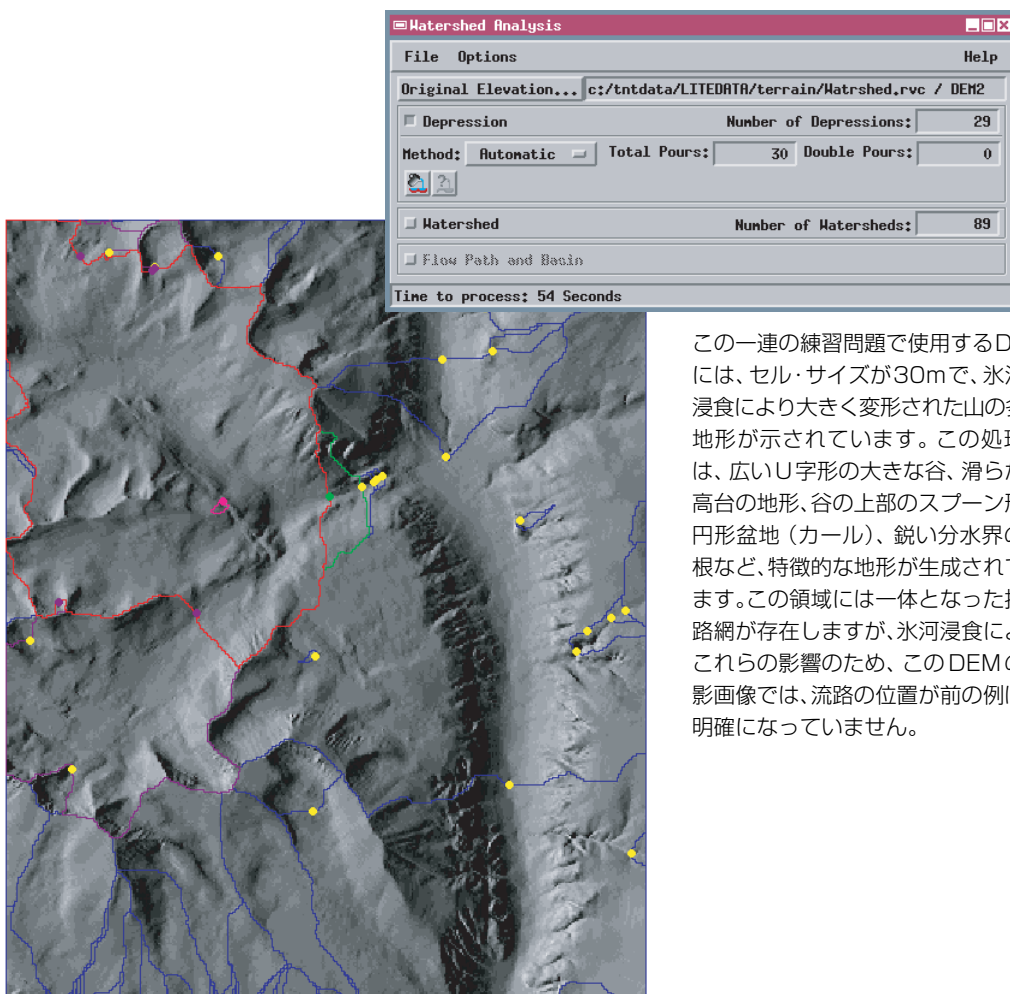
## 凹地を順番に処理する

Fill All Depressions (すべての凹地を埋める) オプションをオフにして集水域処理を実行した場合、この処理では元のDEM地形を使用して初期の集水域群を見つけます。結果として得られる集水域ポリゴンは、自動的にView (ビュー) ウィンドウに表示されます。一部の集水域には凹地が含まれ、DEM内の各凹地ごとに、その凹地に排水される個々の集水域が生成されます。集水域ベクタ・オブジェクトの中の点記号は、凹地を含む集水域の境界に沿った流出点の位置を示します。

すべての凹地が埋められていない場合は、Watershed Analysis (集水域解析) ウィンドウのDepression (凹地) トグルボタンがアクティブになります。Depression (凹地) パネルには、現在の集水域群に存在する凹地の数と流出点の数が表示されます。

### ステップ

- [Original Elevation... (元の標高)] を押します。
- 前の結果を保存しなくても良い場合はVerify (確認) ウィンドウで[No]をクリックします。
- WATERSHD プロジェクト・ファイルからDEM\_W2を選択します。
- Options (オプション) メニューのFill All Depressions (すべての凹地を埋める) を選択解除します。
- File (ファイル) メニューからRun (実行) を選択します。
- Depression (凹地) トグルをオンにします。

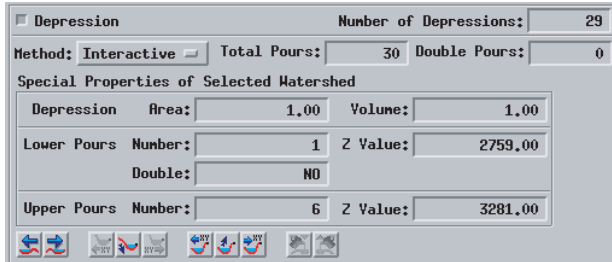


この一連の練習問題で使用するDEMには、セル・サイズが30mで、氷河の浸食により大きく変形された山の多い地形が示されています。この処理では、広いU字形の大きな谷、滑らかな高台の地形、谷の上部のスプーン形の円形盆地 (カール)、鋭い分水界の尾根など、特徴的な地形が生成されています。この領域には一体となった排水路網が存在しますが、氷河浸食によるこれらの影響のため、このDEMの陰影画像では、流路の位置が前の例ほど明確になっていません。

## 凹地の特性を調べる

- Depression (凹地) パネルの Method (方法) オプション・メニューから Interactive (対話的) を選択します。

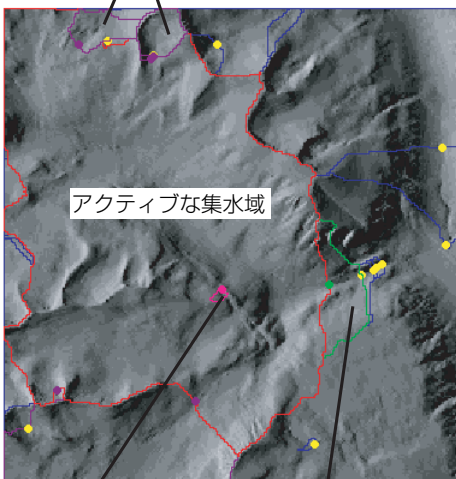
集水域処理には、現在の集水域群 (特に凹地を含むもの) の特性を調べるための複数の方法が用意されています。集水域ベクタ・オブジェクトに対するデフォルトの色割り当てでは、集水域の境界は青で、流出点は黄色で表示されます。最初は1つの集水域がアクティブになるように指定され、その境界が赤のハイライト色で表示されます。Interactive (対話的) 方法を選択すると Depression (凹地) パネルが変わり、アクティブな集水域と、この集水域に排水される凹地 (存在する場合) の特性が表示されます。



前の練習問題で生成された集水域群の中の、北西の隅の大きい赤いポリゴンが、最初のアクティブな集水域です。この集水域には、面積が1ラスタ・セルの凹地が含まれています (凹地の広さが1セルか2セルしかない場合、ほとんどは実際の地形ではなくデータ上の不良部分です)。Lower Pours

(下流側の流出部) テキストフィールドには、この集水域の凹地には標高2759mの位置に下流側の流出点が1つだけあることが示されています。この凹地が一杯になった場合は、アクティブな集水域から下流側の次の集水域に流れ出します。この流出点の記号と下流側の集水域ポリゴンは、View (ビュー) ウィンドウで緑色でハイライト表示されます。アクティブな集水域の上流側にも6つの流出点があります。これは、凹地を含む隣接集水域が上流側に6つあることを意味します。これらの上流側の集水域の1つが最初にアクティブな上流側の集水域として指定されます。この集水域に対応するポリゴンと流出点記号はマゼンタでハイライト表示され、流出点の標高が Z-value (Z 値) テキストフィールドに表示されます。上流側で隣接する他の集水域とその流出点は、紫色でハイライト表示されます。

上流側の隣接する集水域 (紫)



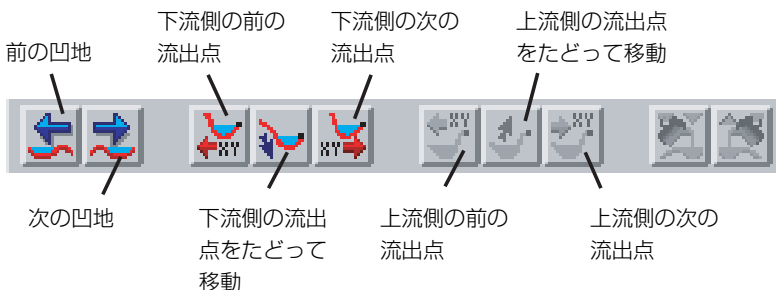
上流側のアクティブな集水域 (マゼンタ)      下流側のアクティブな集水域 (緑)

アクティブな集水域の下流側に複数の流出点がある場合は、隣接する下流側の集水域は、デフォルトでは暗い緑でハイライト表示されます。

## 関連する集水域を選択する

別の集水域をアクティブにする方法はいくつかあります。前の練習問題で説明したように、View (ビュー) ウィンドウの Polygon (ポリゴン) ツールを使用して手動操作で個々の集水域ポリゴンを選択することができます。また、Depression (凹地) パネルの Previous Depression (前の凹地)、Next Depression (次の凹地) アイコンボタンを使用してアクティブな集水域ポリゴンを変更することもできます。これらのボタンでは、凹地を含む集水域群だけが選択されますが、選択順序は、これらの集水域群の間の水論理学的関係ではなくポリゴンの内部要素番号によって決まります。

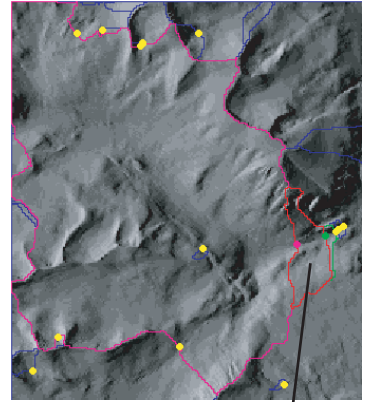
Depression パネルのその他のアイコンボタンでは、集水域群の間の水論理学的な関係を使用して、アクティブな集水域の選択状態を変更します。Move Through Low Pour (下流側の流出点をたどって移動) アイコンボタンは、アクティブな下流側の集水域を新しいアクティブな集水域に変更します。逆に Move Through Up Pour (上流側の流出点をたどって移動) アイコンボタンは、アクティブな上流側の集水域をアクティブな集水域にします。上流側に複数の流出点がある場合は、Next Up Pour (上流側の次の流出点)、Previous Up Pour (上流側の前の流出点) アイコンボタンがアクティブになります。これらのボタンを使用することで、上流側の流出点および対応する上流側の隣接集水域をたどって循環的に移動しながら、それぞれの集水域を順番に上流側のアクティブな集水域にしていくことができます。これらのボタンと Move Through Up Pour ボタンを使用することで、上流側の任意の隣接集水域をアクティブな集水域に変更して、それらの特性を調べることができます。下流側に複数の流出点があることはまれですが、このような場合は Previous Low Pour (下流側の前の流出点)、Next Low Pour (下流側の次の流出点) アイコンボタンを使用することができます。



ステップ

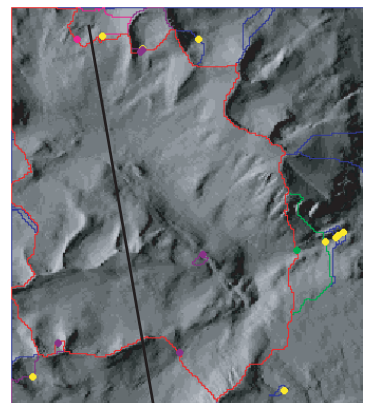


- Depression (凹地)  
パネルの Move Through Low Pour (下流側の流出点をたどって移動) アイコンボタンをクリックします。



下流側の集水域がアクティブになっています。

- Move Through Up Pour (上流側の流出点をたどって移動) アイコンボタンを押します。
- Next Up Pour (上流側の次の流出点) アイコンボタンを押します。



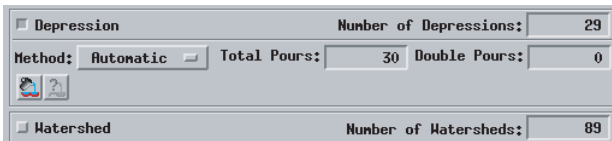
最初にアクティブになった集水域がまたアクティブになりますが、別の上流側のポリゴンが、アクティブな上流側の集水域として指定されています。

# 凹地を埋める

## ステップ

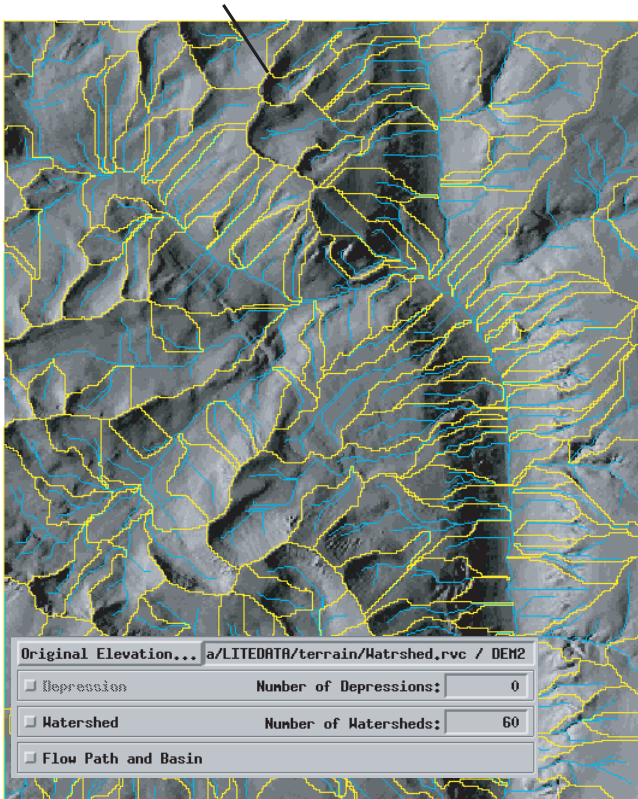
- Depression (凹地) パネルの Method (方法) オプション・メニューから Automatic (自動) を選択します。
- Fill Depressions (凹地を埋める) アイコンボタンを押します。
- 現在の処理結果を保存するか聞いてきたら、[No] をクリックします。

Depression (凹地) パネルで Method (方法) として Automatic (自動) を選択すると、Fill Depressions (凹地を埋める) アイコンボタンがアクティブになります。このアイコンボタンを押すと、凹地が埋まるように現在のDEMを処理してから新しい集水域群を計算します。入力となるDEMに多数の凹地がある場合、1回目の処理パスでは一部の凹地だけが埋められます。この場合は、確認できるように一連の新しい集水域ポリゴンや流出点が表示されます。確認後、Fill Depressions (凹地を埋める) アイコンボタンを押すと、さらに凹地の数を減らして結果をチェックすることができます。すべての凹地が埋められて初めて、標準の流路、集水凹地、分水嶺が計算されます。



1回の処理パスですべての凹地が埋められた後で計算された標準的な流路と集水凹地。

何回か操作を繰り返さないとなすべての凹地を除去できない場合もあります。たとえば、集水域に関する最初の練習問題群で使用した標高モデルDEM1には、1214個の凹地が含まれています。埋める処理を1回行うと凹地の数が50個減り、すべての凹地を除去するにはさらに2回の処理が必要です。この練習問題で使用するDEMには、凹地が29個しかなく、1回の処理ですべての凹地を埋めることができます。



入力のDEMの中に自然の凹地がかなりある場合は、順番に埋めていく方法が最も有効です。これらの凹地を埋めると集水域処理の結果にどのような影響が出るか確認してください。

- この練習問題が終わったら、File / Exit (ファイル / 終了) を選択して集水域処理を閉じます。

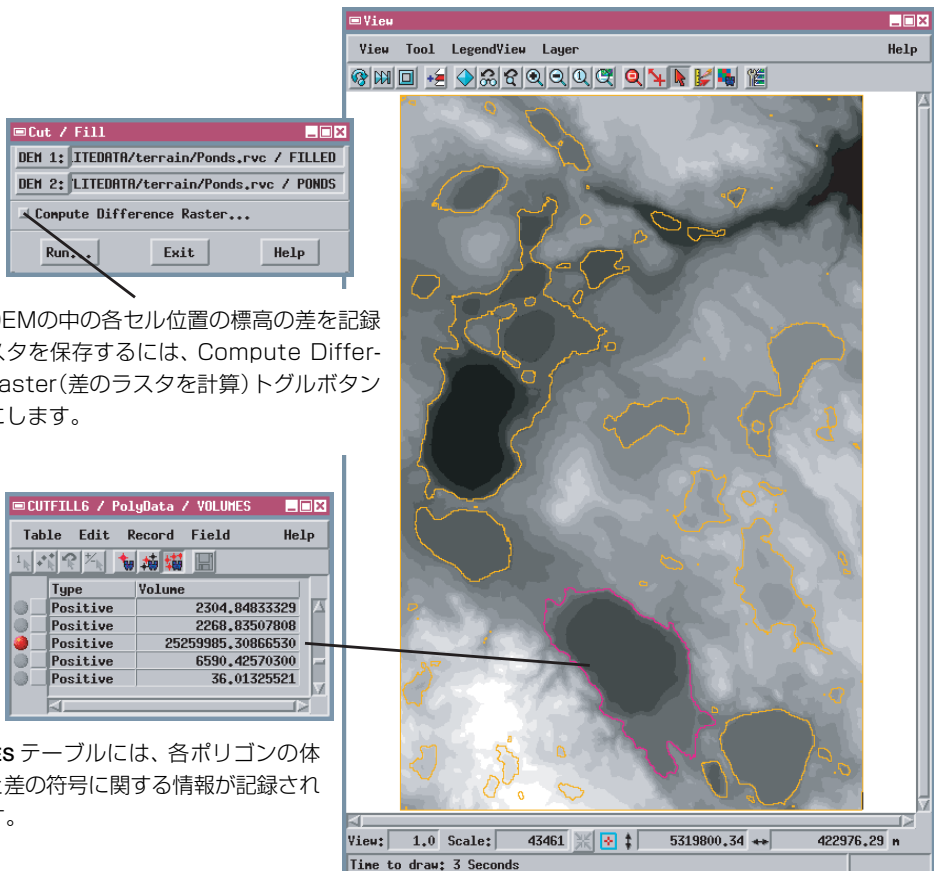
# 切り取り埋め込み体積解析

切り取り埋め込み解析処理では、サイズ、地理範囲、セル・サイズが等しい2つの標高モデルを選択します。DEM2として選択されたモデルの標高が、DEM1の標高から減算されます。この処理が終わると、標高が異なる領域の輪郭を示すポリゴンが自動的にView (ビュー) ウィンドウに表示されます。

切り取り埋め込み処理を使用すると、浸食や堆積による地形の経時変化を調べることができます。この練習問題では、代わりに、自然の凹地(その多くには池が含まれています)を含む領域のDEMを、集水域処理で生成された凹地のない場合の同じ領域(FILLED)と比較します。体積が正の値になるポリゴンは、貯水容量にまだ余裕がある凹地であることを示します。

## ステップ

- TNTmipsのメインメニューからProcess / Raster / Elevation / Cut and Fill Analysis (処理 / ラスタ / 標高 / 切り取り埋め込み解析) を選択します。
- Cut / Fill (切り取り / 埋め込み) ウィンドウの[DEM1]を押し、PONDSプロジェクト・ファイルからラスタFILLEDを選択します。
- [DEM2]を押し、同ファイルからラスタPONDSを選択します。
- [Run(実行)]を押し、出力プロジェクト・ファイルを生成します。
- 出力ベクタ・オブジェクトとこれに対応するデータベース・テーブルにはデフォルトの名前をそのまま使用します。



入力のDEMの中の各セル位置の標高の差を記録したラスタを保存するには、Compute Difference Raster(差のラスタを計算)トグルボタンをオンにします。

VOLUMES テーブルには、各ポリゴンの体積の差と差の符号に関する情報が記録されています。

## 地理空間解析のための先進的ソフトウェア

マイクロイメージズ社は、地理空間データの視覚化、解析、出版の高度な処理を行う、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、マイクロイメージズ社にお問い合わせになるか、ウェブ・サイトにアクセスしてください。

- TNTmips** TNTmipsは、GIS、画像解析、CAD、TIN、デスクトップマッピング、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・オブジェクトから構成されるプロジェクトデータを生成、ジオリファレンス、編集するための、専門家のための対話的ツールを提供します。TNTeditは多くの種類の商用、非商用データフォーマットの地理空間データにアクセスできます。
- TNTview** TNTviewには、複雑な地理空間データの視覚化と解釈を行うための強力な表示機能があります。TNTmipsの演算処理機能や加工機能を必要としないユーザに最適です。
- TNTatlas** TNTatlasを使用すると、自分で作成した空間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には、さまざまなバージョンのTNTatlasを入れることができますので、1枚のCDで、複数のコンピュータに対応できます。
- TNTserver** TNTserverを使うとTNTatlasのデータをインターネットやイントラネットで公開することができます。TNTserverと通信を行う、無料でオープンソースのTNTclient Javaアプレット（あるいはユーザ作成のカスタム・アプレット）を使ってウェブ・ブラウザ上で大容量の地理データ・アトラスを操作して下さい。
- TNTlite** TNTliteは、学生や小規模プロジェクトを行う専門家向けの無料バージョンです。インターネット接続ができる場合は、マイクロイメージズ社のウェブ・サイトから、TNTliteの最新バージョン（約100MB）をダウンロードできます。ダウンロードするのに時間がかかる場合は、TNTliteの入ったCDを注文することもできます。マイクロイメージズ社または（株）オープンGISまでお問い合わせください。



**MicroImages, Inc.**

201 North 8th Street  
Lincoln, Nebraska 68508-1347 USA

電話 : (402) 477-9554  
FAX : (402) 477-9559  
email : info@microimages.com  
インターネット : 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 7F

Kinokuniya Bld. 7F, 1-19-14 Azumabashi, Sumida-ku, Tokyo 130-0001, JAPAN  
TEL (03) 3623-2851 FAX (03) 3623-3025