

# 地学基礎実験テキスト (2003年版)

渡辺 康志

e-mail: ywatanabe@mug.biglobe.ne.jp

地球の表面の姿は、地震・火山活動・地殻変動といった地球内部に原因を持つ力（内的営力）と、雨・風・流水・生物の働きといった地表面に外部から働く力（外的営力）とによってたえず変化している。現在見られる地形は、長い地質時代（大部分は第四紀）の中で、これら内的営力と外的営力との相互作用によって形成された歴史的産物である。したがって、現在の地形の様子を調べることによって、そこに働いた過去の営力や地質状況を読み取ることができる。

また、地質調査を行う場合、野外調査やデータの整理、さらには考察をするにあたって、地形図を利用することが必要であり、地形図の読み取りは非常に重要である。

近年、日本地図センターより数値地図を入手できるようになり、パソコンを利用して地形を解析することが容易になってきた。今回は、琉球列島の島々標高データを例に、GISソフト（TNTmipsLITE）を使用して、数値地図を利用する方法を学ぶ。

従来から多量の情報を保存・検索・分析する機能はデータベースによって提供されていたが、取り扱った情報は文字・数値など帳票にされたデータのみであった。これに対して、GIS（地理情報システム）は、位置情報や図形情報も同時に取り扱うことができるデータベースである。GISで扱うデータは大きくベクトルデータとラスターデータに区分される。ベクトルデータは市町村範囲や道路、地籍、地番ポイントなど、線分などで構成される図形として定義され、その図形（範囲）ごとに判断された値を属性値として保持している。一方、ラスターデータは正方形または長方形メッシュデータで、1セル（ピクセル）ごとに数値を持ったデータの集合である。画像データはその代表的なものである。

ベクトルデータは、入力された様々な情報の中から一部の情報だけを取りだしてランク付けや集計などを行い、色分けやグラフを位置づけた地図（主題図）を作成することができる。ラスターデータは、セル数値の算術処理（画像データ処理）により、必要な情報を強調したデータを作成することが可能である。リモートセンシングはその代表的な利用例である。

## [準備する用具]

Zipディスク、筆記用具、定規、ノートなど

## [使用数値データ]

各島メッシュ標高データ (授業中に提供)  
各島ランドサット画像データ ( " )  
その他ベクトルデータ ( " )

## [参考文献]

TNTlite Tutorial Documents (英文 pdf 文書、一部和文あり) 授業中に提供  
シリーズ沖縄の自然③ 琉球列島の地形 河名俊男著 新星図書出版  
シリーズ沖縄の自然④ 失われた生物 大城逸朗著 新星図書出版  
シリーズ沖縄の自然⑤ 琉球弧の海底 氏家宏著 新星図書出版  
沖縄の自然—地形と地質 氏家宏編ひるぎ社  
琉球弧の地質誌 木崎甲子郎編 沖縄タイムス社  
日本の自然地域編 南の島々 中村和郎他編 岩波書店  
パソコンによる数理地理学演習 野上道男・杉浦芳夫著 古今書院

## [TNTmips資料]

MicroImages, Inc. <http://www.microimages.com>  
個人用として利用する場合はこのサイトからダウンロード可能、Mac版、  
UNIX・LINUX版、WINDOWS版あり。  
オープン・ジー・アイ・エス <http://www.opengis.co.jp>  
和文の情報サイト

## 1. 数値地図

「国土地理院数値地図50mメッシュ（標高）」データは、国土地理院発行2万5千分1地形図の等高線をベクトル化し、それから計算によって求めた数値標高モデル（DEM: Digital Elevation Model）データで、2次メッシュを経度方向及び緯度方向に200等分して得られる各区画（1/200細分メッシュ、2万5千分1地形図上約2mm）の中心点の標高値が記録されている。標高点間隔は緯度（南北）方向で1.5秒、経度（東西）方向で2.25秒となり、実距離では約50mとなっている。今回の使用データは、このデータの補完により作成した50mの標高メッシュデータである。TNTmipsLITEで扱えるデータに限りがあるため、沖縄島などは適当な大きさに区分してデータを作成した。

TNTmipsLITE用に50mメッシュデータを加工した場合、その範囲は最大1/25000地形図3×3枚程度の範囲となる。

### ファイル変換【参考】

「国土地理院数値地図50mメッシュ（標高）」データをTNTmipsLITEで利用するためには、そのファイル形式を変換する必要がある。各ファイル形式の詳細は省略するが、以下のWebサイトよりダウンロードできる。

<http://okinawaw.web.infoseek.co.jp>

ダウンロードしたソフトの使い方にしたがって、テキスト形式を選択し、変換処理を行う。ファイル変換後はTNTmipsLITEのインポート機能を使い、最終的な処理を行う。

## 2. 地形図の作成

### 2-1. 等高線の読み方（参考）

地形図は、土地の起伏や高度分布、地形区分、地表面上の自然物・人工物の分布、土地利用などを縮小して表した地図で、土地利用や研究利用を行うための基礎資料となる多目的な地図である。

地形図に描かれている自然や人工物の表現方法は様々であり、地形は等高線や標高数字、記号でそれぞれ表示され、その表現方法は図-1のように決められている。ただし、人工物は記号化されたときに誇張されていることが多く、縮小率は正確でない。現在、市販されている地形図は建設省国土地理院が編集発行しているもので、その種類には、1万分の1、2万5千分の1、5万分の1があり、2万5千分の1、5万分の1の地形図は日本全域をカバーしている。

等高線は、地表面上で高さの等しい地点を連続したときにできる曲線で、ある一定の高度間隔で引かれている。この間隔は地形図の縮尺によって異なるが、地形図の等高線には表-1のように、計曲線・主曲線・間曲線・助曲線がある。

表-1 等高線の種類

| 等高線 | 1/50000 地形図 | 1/25000 地形図 | 1/10000 地形図 |
|-----|-------------|-------------|-------------|
| 計曲線 | 100mごと      | 50mごと       | 25mごと       |
| 主曲線 | 20mごと       | 10mごと       | 5mごと        |
| 間曲線 | 10mごと       | 5mごと        | 2.5mごと      |
| 助曲線 | 5mごと        | 2.5mごと      | 1.25mごと     |

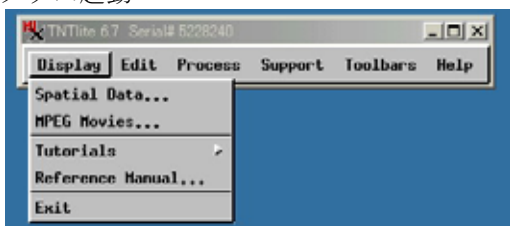
一定の間隔で引かれた等高線は、立体（実際の地形）の傾斜によって変化する。すなわち、傾斜の急な部分では等高線の間隔がつまり（密になり）、傾斜の緩い部分でその間隔は広がる（疎になる）。また、隣接する等高線の間隔が一定のところは、傾斜も一定となる。実際の地形図を利用した等高線の間隔と傾斜の関係の調べ方は、高度分布（50m間隔や100m間隔の等高線帯）ごとに着色して観察する方法がある。

実際の地形には尾根や谷があり、そこに引かれる等高線は複雑となっている。従って尾根や谷が地形図では等高線によってどのように描かれているかを知ることは地形図を読み上では重要な点となるので、尾根線や谷線といった地性線を記入するとよい。

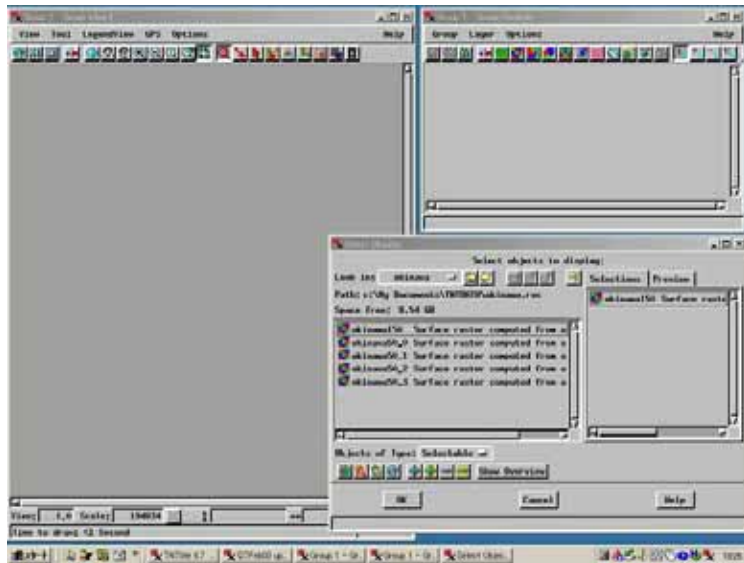
### 2-2. 地形図の作成と調整

メッシュデータ（ラスターデータ）を調整し、必要な情報を強調する図を作成する。また、TNTmipsの基本操作を習得する。

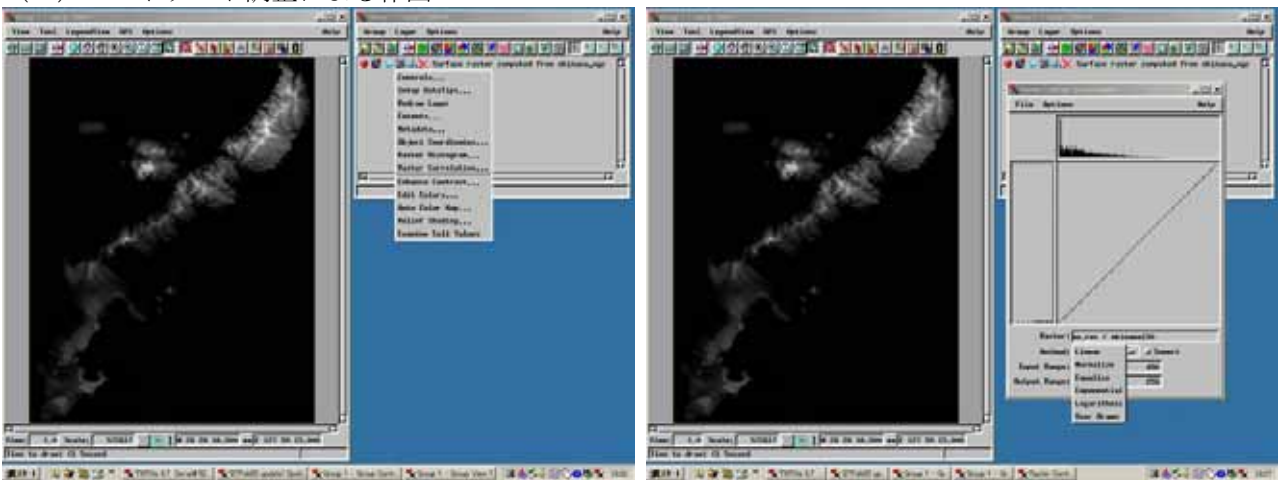
#### (1) プログラム起動



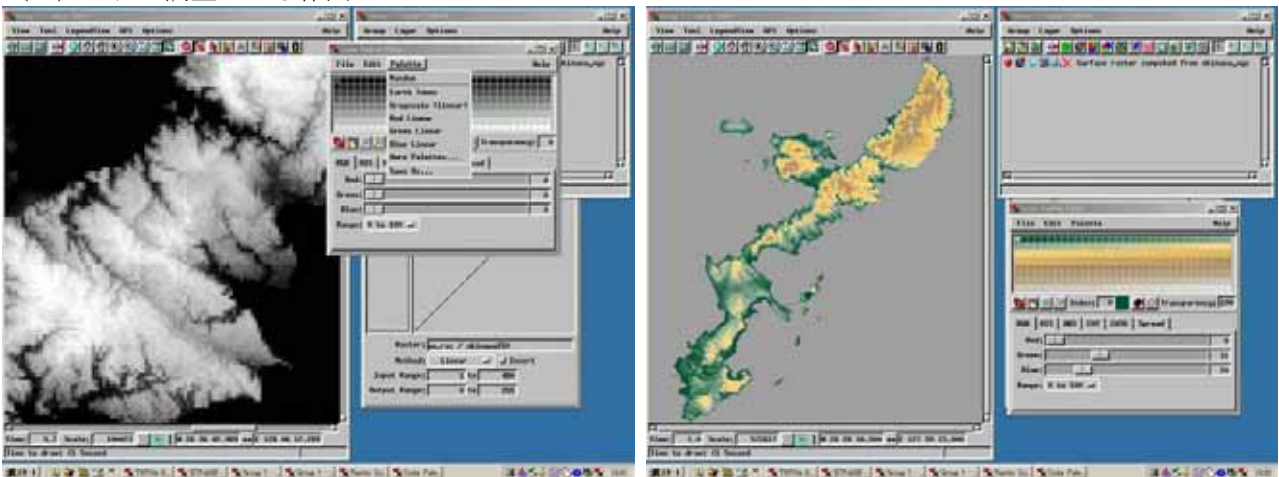
(2) ファイルの選択



(3) コントラスト調整による作図

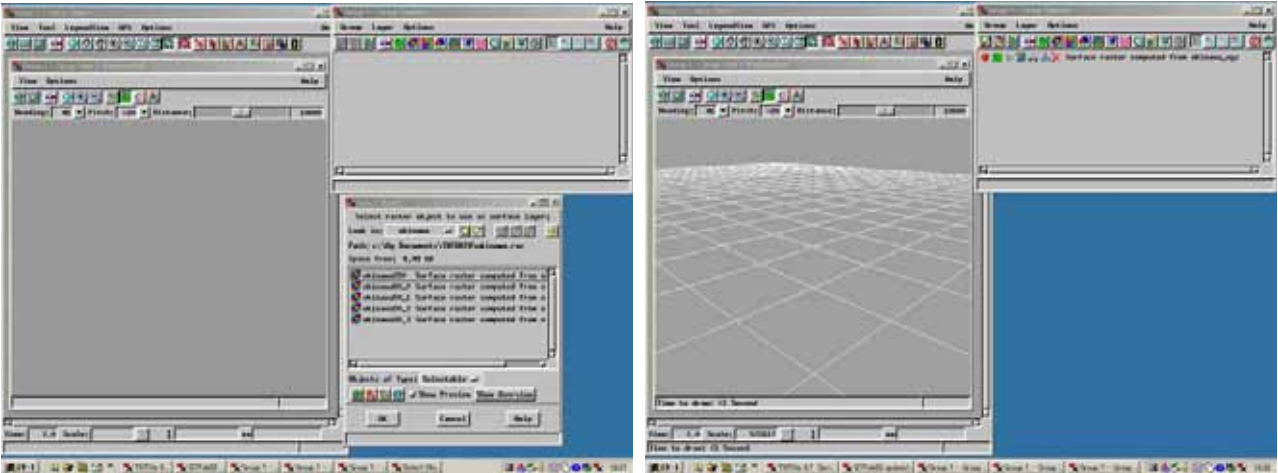


(4) カラー調整による作図

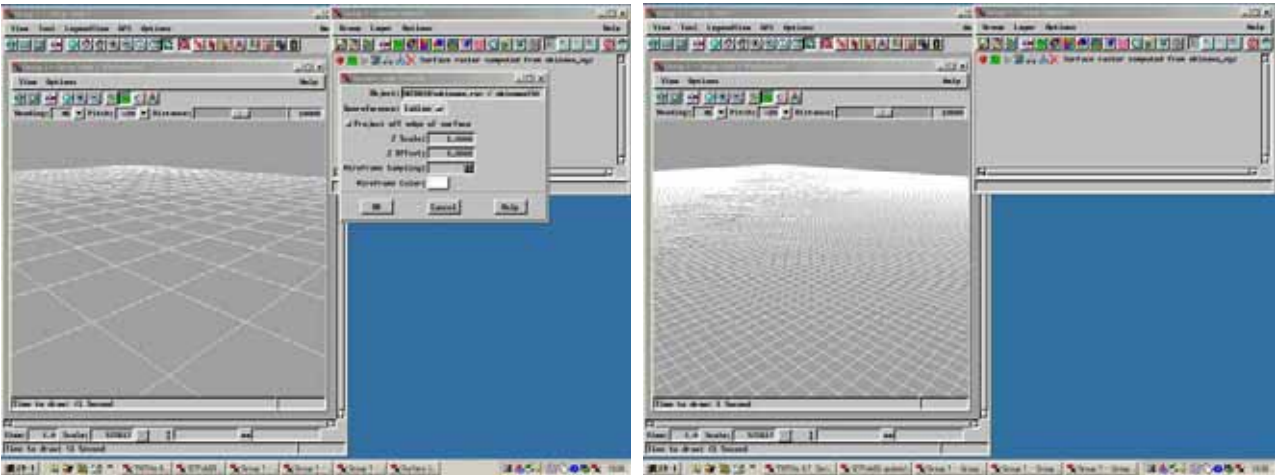


## 2-3. 鳥瞰図の作成

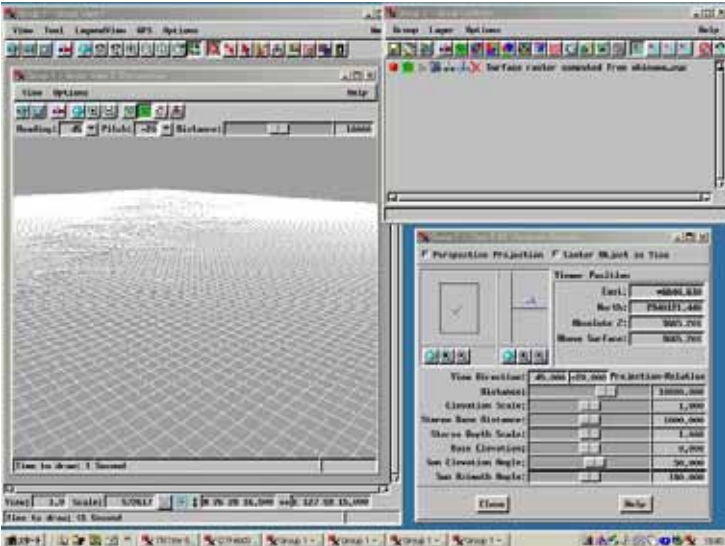
### (1) ワイヤフレーム表示



### (2) フレームの変更

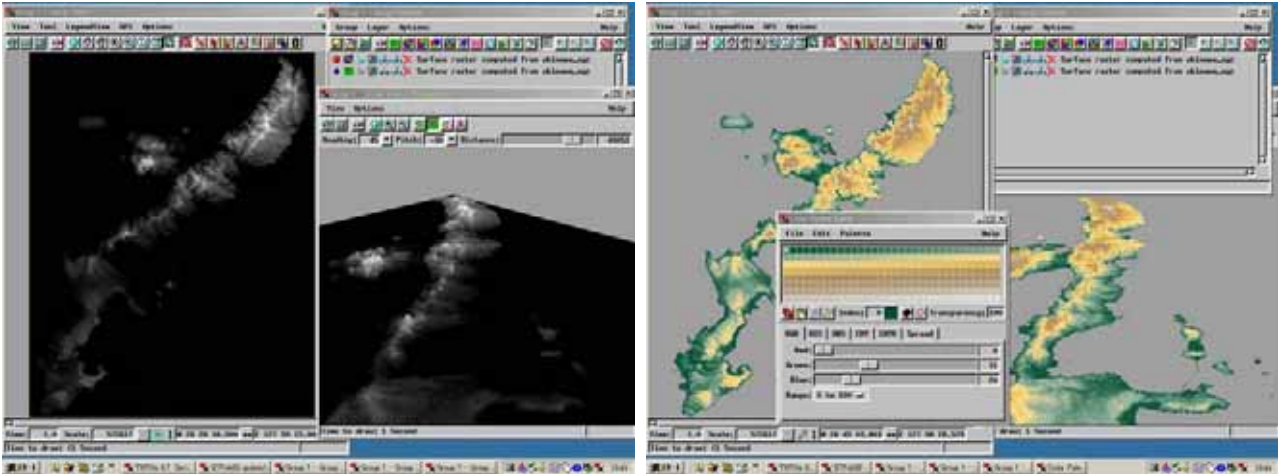


### (3) ビューポイントの変更

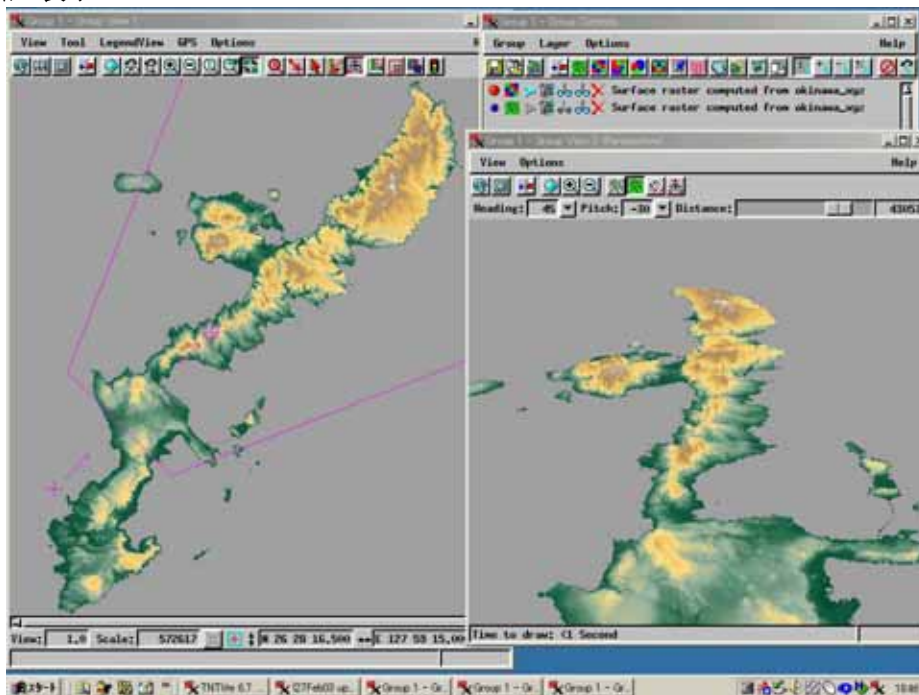




(4) レンダリングによる3D地図

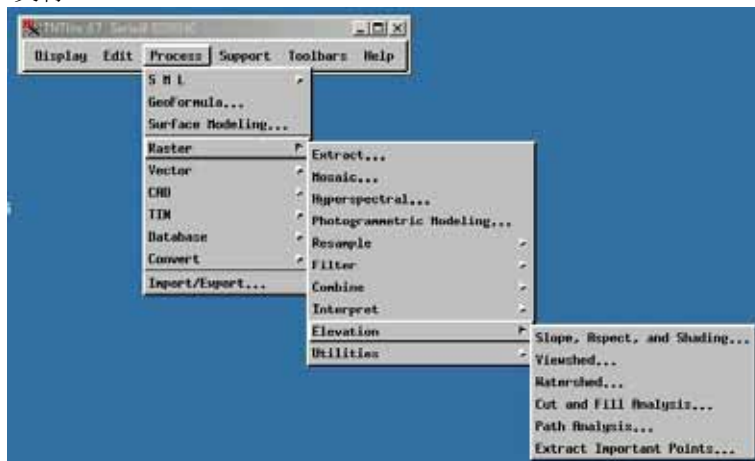


(5) 3D視点の表示

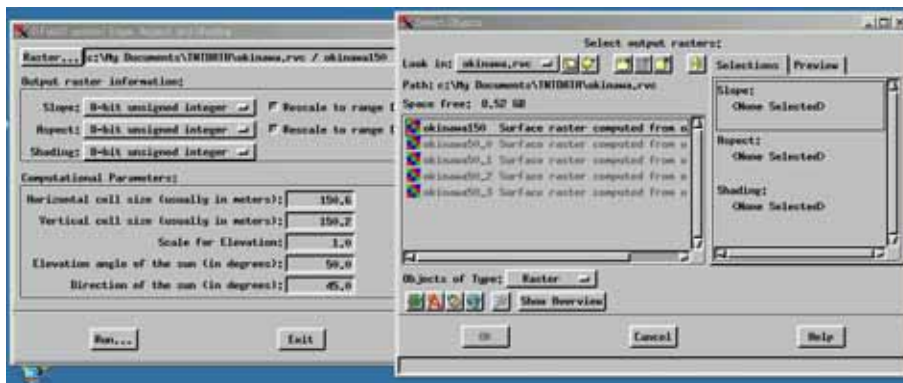
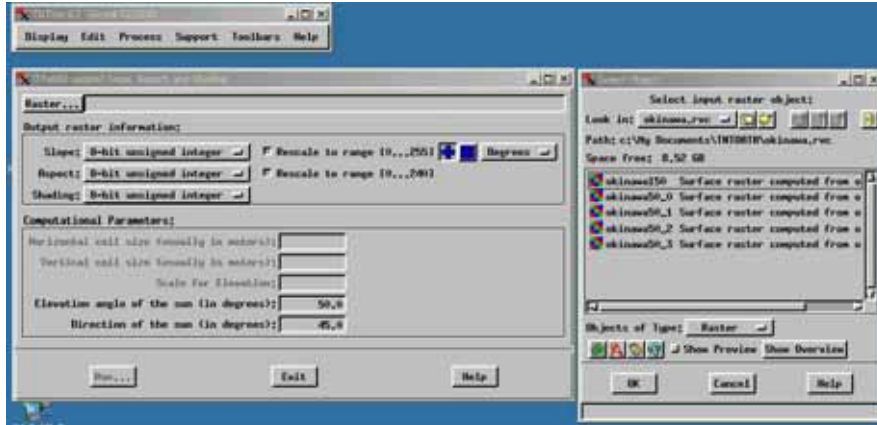


## 2-4. 傾斜・傾斜方向・陰影図の作成

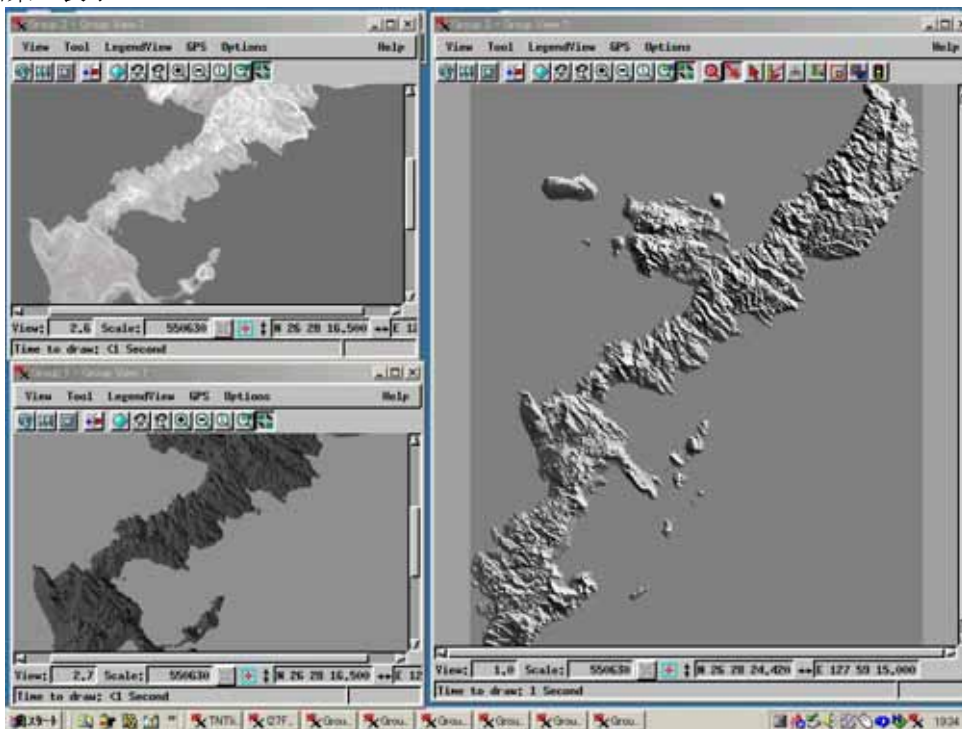
(1) 処理プロセスの実行



(2) 諸条件の設定

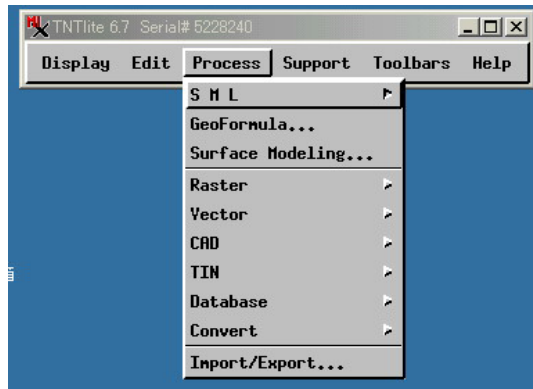


(3) 計算結果の表示

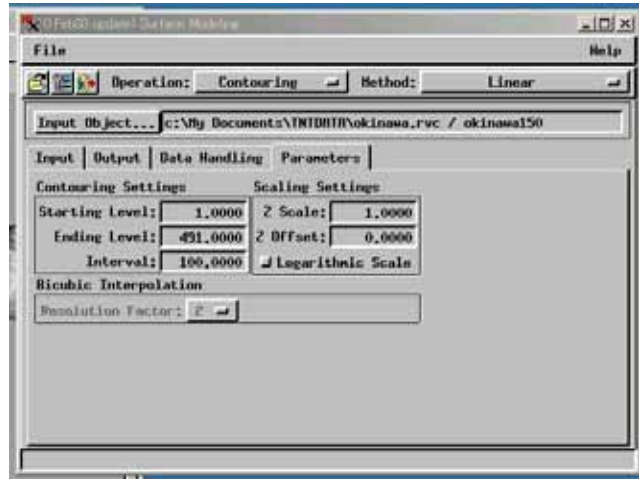
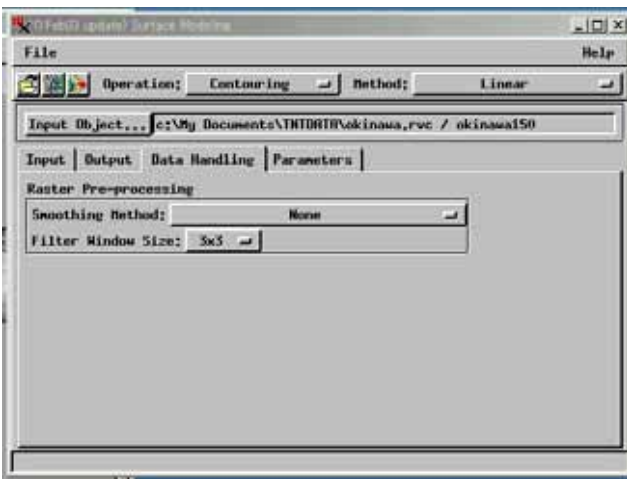
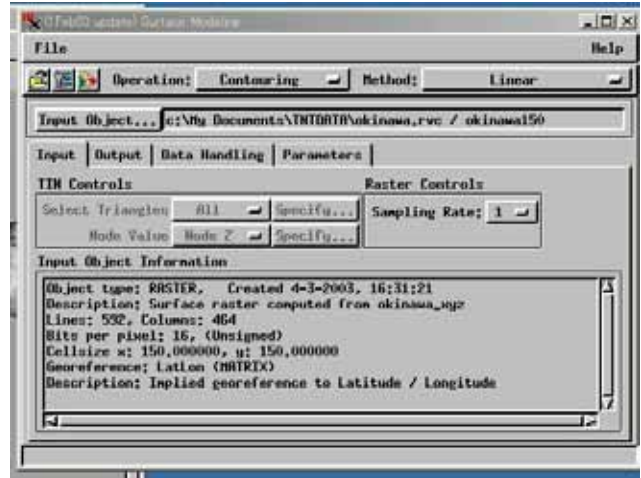
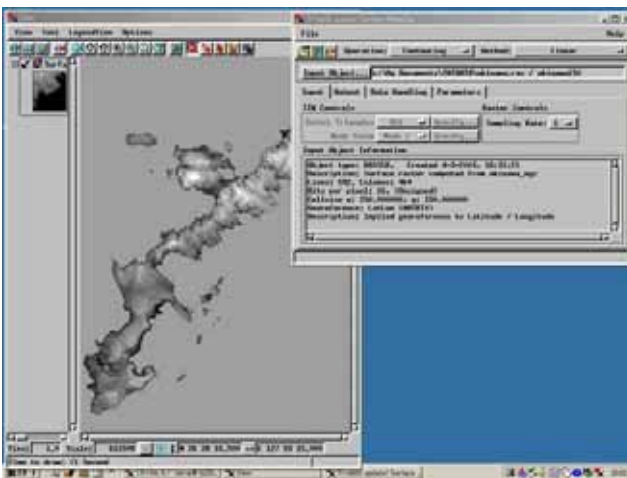


## 2-5. 等高線図(等値線図)の作成

### (1) 処理プロセスの実行



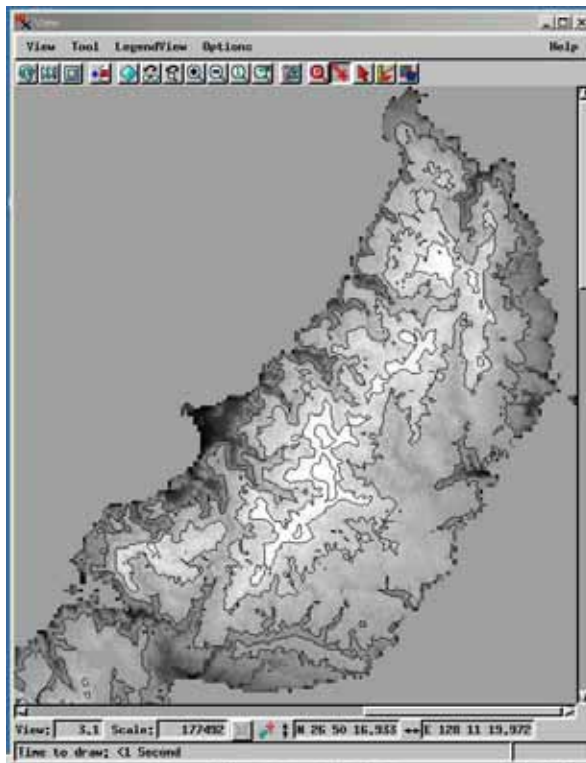
### (2) 処理ファイルの指定とパラメーター



注) 等高線を書く場合、細密に書こうとすると TNTmipsLITE の制限に抵触する。この場合は標高を区切って作成する、または、メッシュデータの利用を少なくする。

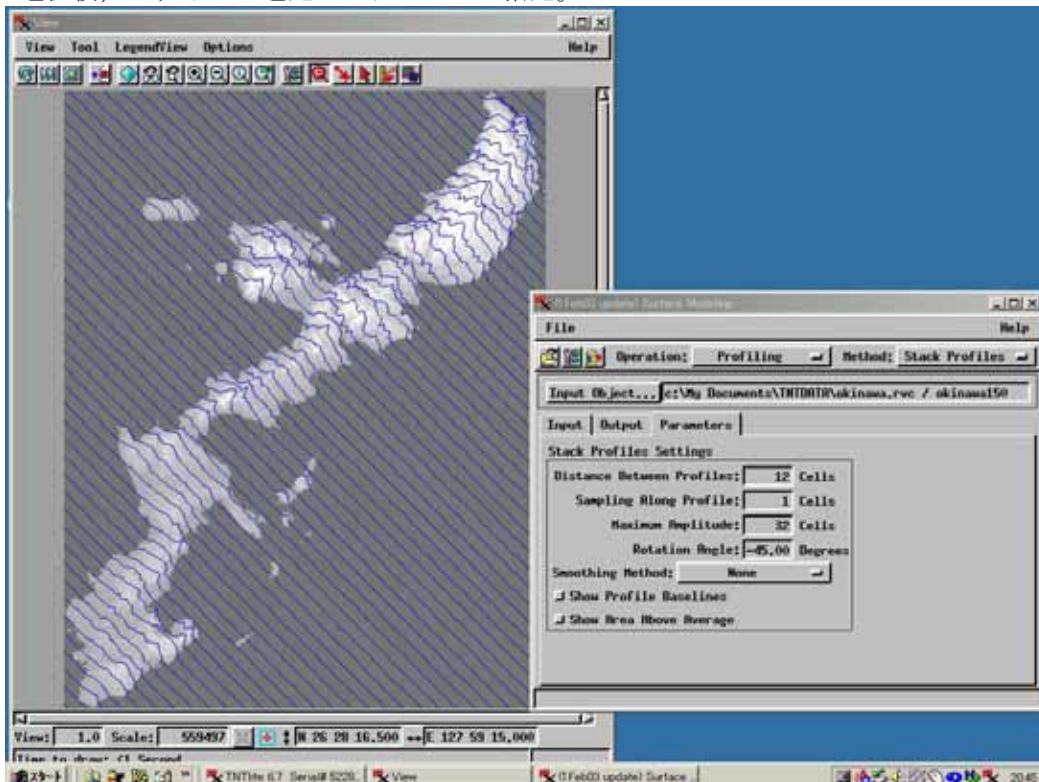
例：1-151mを50m区切り。201-501を50m区切り。と2回に分けて処理を行う。

または、パラメーターの Input/RasterControls, SamplingRate: 2以上へ。



## 2-6. 地形断面図

プロセス選択後，ファイルの選定とパラメータの指定。





### 3. 数値地図に対する空間フィルタ操作

#### 3-1. 斜面の勾配と一次微分

距離の点の高度  $f(x)$  が  $x$  について、どのような割合で変化するかを示す量を勾配という。  $x$  が  $x + \Delta x$  と変化するとき、高度が  $f(x) \rightarrow f(x + \Delta x)$  と変化すると、

勾配 =  $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$  と定義でき、これは微分定義そのものであり、勾配は微分係数そのものである。

地表のある1点における勾配は周囲点との関係を表す量であるから方位によって変化する。一方、地形面の境界線は、高度や傾斜の値が、急激に変化するところ、すなわち微分係数の大きいところを通過する。この場合は微分係数の絶対値を知るだけでよく、方向は不必要である。

微分係数の絶対値は  $\sqrt{\left\{\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\right\}^2 + \left\{\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\right\}^2}$  と表され、この値が計算地点の最大勾配となる。

数値地図で実際に計算する場合は、離散的な計算を行う。この場合、微分操作も他の処理と同じ窓関数を表すことができる。この窓関数は種々のものが考案されているが、いずれの方法も雑音を除去するために、何らかの平滑化が考慮されている。詳しくは、「パソコンによる数値地理演習」を参考にしてほしい。

今回は、Sobelの窓関数によって、数値地図を処理した。この方法は、窓関数として次の式を利用するものである。

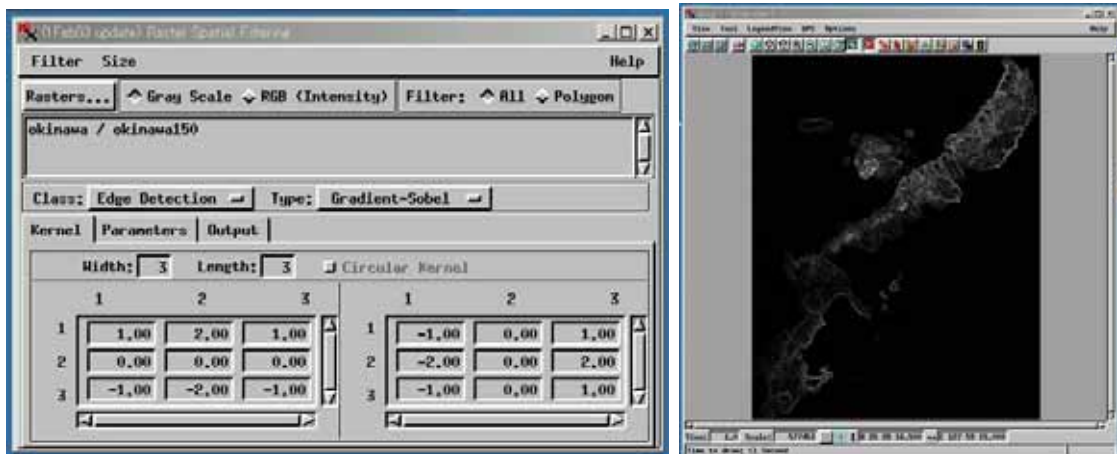
$$E = |(A + 2B + C) - (G + 2H + I)| + |(A + 2D + G) + (C + 2F + I)|$$

|   |   |   |
|---|---|---|
| A | B | C |
| D | E | F |
| G | H | I |

#### (1) 処理プロセスの実行



#### (2) パラメータの選択と処理結果



### 3-2. 勾配の変化率（ラプラシアン）と二次微分

地表高度の二次微分  $\frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial y^2}$  は方向に依存しないスカラ量で、地形の凹凸の程度を表現している。これを離散型で表すと、

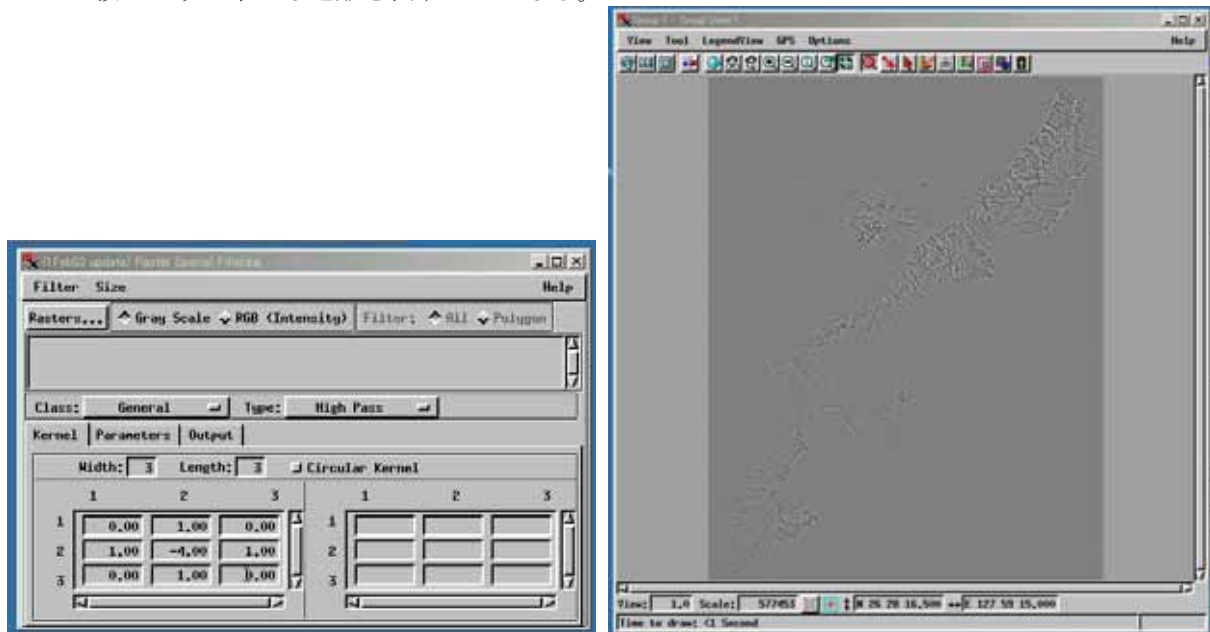
$$\nabla^2 = \frac{1}{4} \{u(x+1,y) + u(x-1,y) + u(x,y+1) + u(x,y-1) - 4u(x,y)\}$$

となる。（パソコンによる数値地理演習）

実際の数値地図からの計算方法としては、つぎのようなオペレータを使うことによって、各地点での二次微分係数を算出できる。

|   |    |   |
|---|----|---|
| 0 | 1  | 0 |
| 1 | -4 | 1 |
| 0 | 1  | 0 |

各地点での二次微分係数の値は、 $\nabla^2 < 0$  のとき凹地形（谷地形）、 $\nabla^2 > 0$  のとき凸地形（尾根地形）、 $\nabla^2 = 0$  で板のように平坦な地形を表すこととなる。



## 4. 数式によるメッシュ操作

### 4-1. 接峰面図・接谷面図

実際の山地は、尾根や谷があり、細かい起伏に富んでいる。接峰面とは、このような地形に大きな風呂敷をかぶせたときにできる仮想の曲面のことであり、接峰面を等高線で表現した図面を接峰面図という。接峰面は浸食される前の地形に近いものと推定されるので、接峰面図と地形図を比較すると、浸食の程度を推定できる。また、接峰面図の高度急変部からは①地盤運動による地形（断層崖などは比較的直線状の急斜面となる）、②新旧浸食面の境界（段丘面のちがひ）、③浸食によってできた硬軟岩石の境界などが読み取りやすい。

接峰面図の作成方法には方眼法と埋谷法があり、それぞれ特徴を持つ。方眼法は、山頂の高さとその分布状態の把握に効果があるのに対し、埋谷法は斜面の状態が詳しく表現され、台地面や段丘面の復元に有効である。

a. 方眼法は、地形図を適当な方眼にわけ、各方眼内の最高点をとり、それぞれの標高を用いて比例配分によって等高線を描く方法である。方眼の大きさは、その地域の地形の規模や谷の発達程度を考えて決めるが、その目安として高度成長曲線を描いて決めるとよい。高度成長曲線は、1つの山頂を中心として種々の半径の同心円を描き、それぞれの円内の最低点と山頂との高度差を求めて、円の半径との関係をグラフ化したものである。ただし、普通作業としては、2万5千分の1地形図では1辺の長さは2～3cm程度が適当である。

[参考文献 自然をしらべる地学シリーズ2 水と地形 地学団体研究会編]

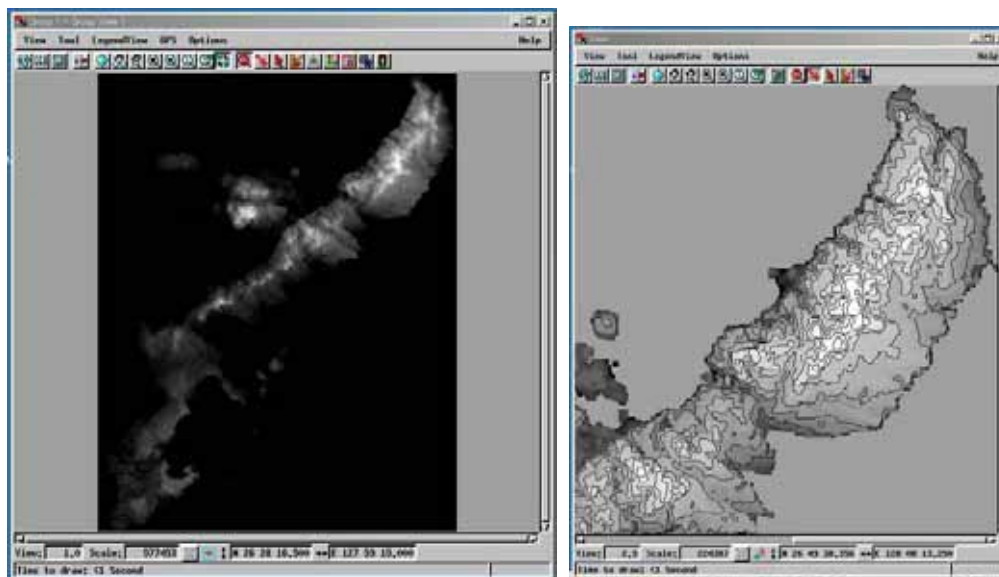
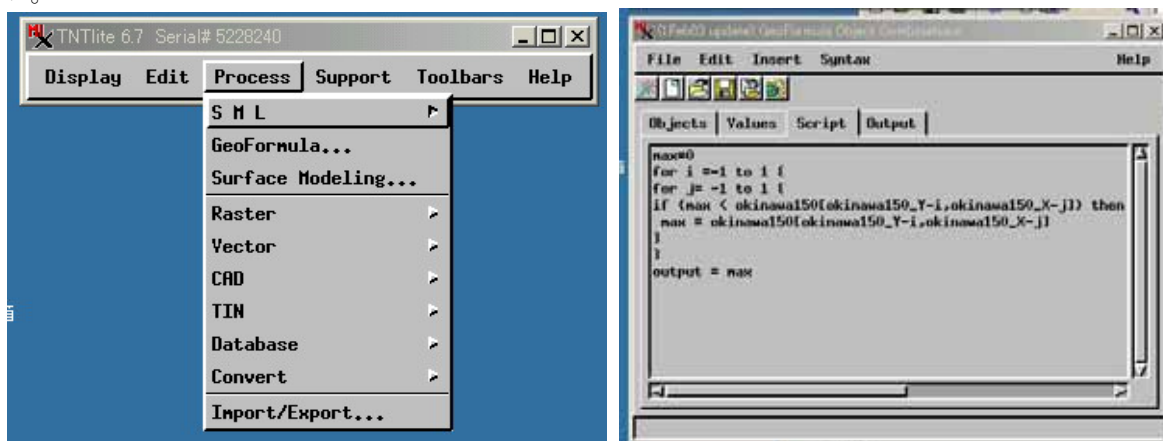
b. 埋谷法は、最も多く現れる谷幅を基準にそれ以下の幅の谷をすべて埋め立て、浸食以前の地形を復元する方法である。実際の作業手順は次のとおりである。

- ①埋め立てる谷の最大幅を決め、基準谷幅とする
- ②地形図上で各等高線を追跡
- ③谷が存在する場合、谷幅が基準谷幅以下ならば谷を無視し、等高線を結ぶ
- ④基準谷幅以上の谷の場合、基準谷幅になる地点まで上流側にずらし等高線を結ぶ

[参考文献 自然をしらべる地学シリーズ2 水と地形 地学団体研究会編]

数値地形図より接峰面図を作成する方法としては、データの性質上、方眼法が最適であり、数値地図データの一定の範囲内で、最大値を求めるという関数を利用して、算出することが可能である。今回は、 $3 \times 3$ の数値データの範囲内から最大値を抽出して接峰面を求めた。これは、数値データがほぼ150mメッシュであることより、500m四方の領域での最高点の標高を表しているものと考えられる。このように最大値を抽出する範囲を変更することによって、接峰面図の性質を変更することが可能である。

接谷面図の作成は、接峰面図の作成方法と同様に、一定の範囲内（セル $3 \times 3$ 範囲）の最小値を算出すればよい。

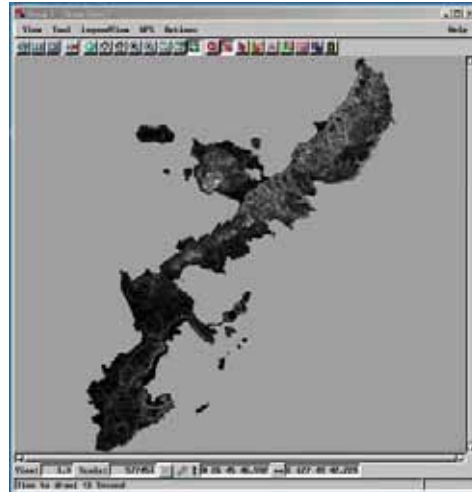
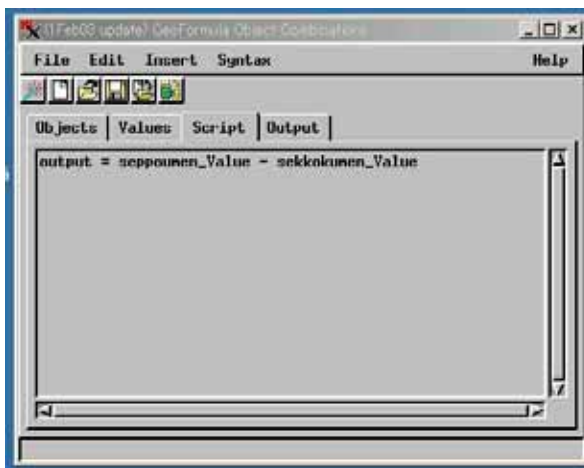


#### 4-2. 起伏量

起伏量とは、単位面積内の最高点と最低点の高度差をいう。ある地域を概観するとき、標高の差はほとんど現れないが、起伏量にはいちじるしい差が現れることが多く、構成される地質によっても、それぞれ異なる値を示す。例えば、中・古生層の砂岩・粘板岩からなる地域の起伏量は大きく、第四紀の砂・泥層からなる地域では小さい。起伏量を求めるには、地形図を適当な大きさの方眼に切り、各方眼の最高点と最低点の高度をもとめ、起伏量を算出する。起伏量には、地形の浸食の程度や地質の違いが現れ、傾斜分布とも密接な関係があるので、ある地域の地形の特徴を知るには重要な項目の1つである。

数値地図より、起伏量を算出する方法としては、4-2. 接峰面図・接谷面図で作成したそれぞれの数値

データから、その差を算出し新たなシートを作成すればよい。



### 5. シミュレーションによる水系図

