

数値地図と汎用ソフトを利用した図化・解析

沖縄大学地域研究所

特別研究員 渡辺康志

はじめに

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、沖縄島のデータを例に、専用ソフトを使わず、Microsoft Excelの等高線グラフ作成機能と表計算機能を使用して、数値地図を利用する方法を述べる。ただし、Microsoft Excelの詳しい操作法は、市販の解説本やマニュアルに譲り、操作の概要と作業の流れのみを説明することとする。

数値地図を利用し、沖縄の地形地質を研究するときの参考にしていただければと思います。

1. 数値地図データの準備

1-1. 数値地図

数値地図 250mメッシュ(標高)は、25,000分1地形図に描かれている等高線からデータを取得した数値地形モデル(DEM)データで、財団法人日本地図センターより販売されている。

このデータは、経度方向1度、緯度方向40分の範囲が描かれている地形図(この範囲を1次メッシュと呼ぶ)を経緯度方向に各320等分し、各メッシュの中心点の標高がデータ化されている。標高点間隔は、経度方向に11.25秒、緯度方向に7.5秒となり、標高値は0.1m単位で保存されている。なお、データ配列は、西から東へ、そして北から南に約250m間隔で並んでおり、日本全体が88枚のフロッピーで刊行されている。

1-2. 数値地図250mメッシュのフォーマット変換

数値データはテキスト形式データとして記録されており、Microsoft Excelのテキストファイル読み込み機能を利用するとワークシートとして、取り込める。

数値地図データを収容したファイルをワードパッド(テキストエディタ)を利用して表示すると、データファイルフォーマットを直接見ることができる。(図-1)

各データファイルの1行目には、ファイル・ヘッダー・レコードが入っており、データを利用する際の情報が記録されている(数値地図マニュアル参照)。しかし、沖縄本島のデータについてのみ利用する場合、標高データではないので、特に必要ではない。2行目以降は標高データとなっている。標高データ行のフォーマットは次の通りである。

1~4桁メッシュコード(ファイルの名称)、5・6桁00、7~9桁データ行番号が入っており、10桁~最後まで標高データ(320個)が連続して格納されている。標高データは5桁の数字として、10cm単位で表現されている(例えば50.6mは00506と表記)。また、海部は-9999と記入されている。

```

39280025000      199332032002600001280000026400012900001那覇      ...
3928000010017000170001900033000290002000009000010-9999-9999-9999- ...
3928000020028000250002400030000280001700004000010-9999-9999-9999- ...
:
392800178-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999- ...

```

図 - 1 データファイルフォーマット

このような形式のテキストファイルをMicrosoft Excelのワークシートに読み込むためには、Microsoft Excelのテキスト形式ファイルからワークシートを読み込む機能を利用することとなる（多少面倒であるが）。手順は次の通りである。

まず、「ファイル読み込み」より、このテキスト形式のファイルを指定すると、自動的に変換作業を行うプログラムが起動する。そこで、データとして有効な行（この場合先頭の行は不必要である）を入力し、さらに、連続した標高データを5文字ごとに区切るため、マウスを使ってそれぞれ指示を与えていくこととなる（マニュアル参照のこと）。この作業はデータの先頭行に対して行えば、全データに対してこの区切りが適用され、ワークシートにデータを読み込む。このとき、海域のデータは-99999となっているため、作図の場合支障を来すこととなるので、ワークシートの領域コピーなどの機能（大きな範囲で一気に変更できるので、作業は比較的少ない）を使って、0に変更しておく。

また、Basicなどで作成した簡単なプログラムでMicrosoft Excelで読み込めるデータに変換できる（Microsoft Excelは、空白で区切ったデータを各セルに読み込むことができる）。この変換プログラムを作成し処理する場合、次の手順に従ったソースを作成すればよい。

数値地図データファイル（ファイル1）を開き、更に、変換データを書き込むファイル（ファイル2）を開く。

ファイル1より1行読み込む。 廃棄

ファイル1より次の行を読み込む。

1～9桁データ 廃棄。

10桁以降5文字ずつ切り出し、数値に変換し、ファイル2に出力する。このとき、数値フォーマットを利用すると、空白が挿入できる。

この作業（ ）を で読みとった1行がなくなるまで繰り返し、終了したら改行コードをファイル2に書き込む。

作業 ~ をファイル1からのデータがなくなるまで、繰り返す。

ファイルを閉じる。

1 - 3 . ファイルの融合

沖縄島周辺の数値地図データは、3927（南西）、3928（南東）、4027（北西）、4028（北東）の4つのファイルにまたがって格納されている。従って、4個のフォーマット変換ファイルを融合することによって、沖縄島の数値地図を作成することとなる。

具体的には、それぞれ4個のファイルをMicrosoft Excelのワークシート(シートを4枚使用する)に読み込み、必要部分のコピーと張り付けを繰り返し、1つのシートに融合することとなる。

以上で、沖縄島の数値地図データの準備が終了である。適当なファイル名で、ワークシートを保存し、次の作業に進むこととなる。

2. 数値地図より作図

完成したワークシートより、Microsoft Excelの等高線グラフ作成機能を利用して、各種の図を作成してみる。基本的作業の流れは次のようになる。

Microsoft Excelワークシート上に、数値地図(接峰面、起伏量データなども含む)を用意する。

等高線グラフ作成機能を利用し、作図範囲、標高区分、色などを指定し、作図する。

Microsoft Excelで作図した図を、クリップボードを経由してMicrosoft Photo Editorにコピーする。

平面図は東西方向が縮むため、Microsoft Photo Editorのイメージ/サイズ変更機能を用いて東西方向を拡大する。

さらに、Microsoft Photo Editorの編集機能を利用して、図を整え、ファイルに保管する。

2-1. メッシュ間隔

数値地図の標高点間隔は、経度方向に11.25秒、緯度方向に7.5秒となり、日本本土では約250m間隔で並んでいる。しかし、沖縄島はこれらの地点から、遙か南方に位置するため、メッシュの間隔が本土とは異なっている。1997年版理科年表(国立天文台編)によると、北緯25度では、経度1秒に対する距離は28.04m、緯度1秒に対する距離は30.77mと計算されている。この値を使ってメッシュ間隔を計算すると、東西方向315m、南北方向231mとなり、このデータをそのまま正方形として作図した場合、東西方向が約75%に縮むこととなる。従って、平面図などでは、グラフィックソフト(Microsoft Photo Editorなど)を使い、横方向を135%に拡大して補正するとよい。

2-2. 平面図と鳥瞰図の作成

Microsoft Excelのグラフ作成ウィザードを起動し、3-D等高線グラフを選択する。また、作図範囲は、ワークシート上の作図範囲指定で、任意に設定可能である。さらに、3-Dグラフは、仰角、奥行き、回転、X軸と高さ軸の縮尺比率などを設定することができ、種々の視点を設定することが可能である。

(1) 平面図は、仰角を90°に設定すると作成できる。作成した図は図-2に示した。標高区分と着色凡例は、Microsoft Excelの作図機能を利用して設定することができるので、目的によって標高区分や、色を変更できる。また、ある地域を拡大する場合、ワークシート上の作図範囲を変更することで、簡単に一部を拡大できる。

この操作が、数値データから平面図を作成する基本操作となる。

(2) 鳥瞰図は必要な仰角、奥行き、回転、X軸と高さ軸の縮尺比率を与えること

により、任意の方向より眺望した図を得られる。沖縄島を鳥瞰したものを図 - 3 に示す。

3．数値地図に対する空間フィルタ操作

フィルタリング処理は2次元画像情報（数値地図）に対する最も基礎的な処理の1つである。ここでは、窓関数によるマスク操作を直接数値地図に対して施す方法を使って、種々の図を作成する。ちなみに、窓関数による処理は、表計算ソフトであるMicrosoft Excelが最も得意とする計算スタイルである。

基本的な作業の流れは、Microsoft Excel上に複数のシートを開き、1つには数値地図データを読み込み、他のシートには数値地図データを処理する表計算の関数を書き込む（計算結果はこのシートに表示される）。さらに、計算結果を参照した図を作成するという手順になる。

3 - 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）、新旧浸食面の境界（段丘面のちがい）、浸食によってできた硬軟岩石の境界などが読みとりやすい。

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。

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。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。

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った関数を利用して、算出することが可能である。今回は、3×3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250m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であると考えられる。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。

具体的には、3×3の数値データの範囲内から最大値を抽出して接峰面図を作成する手順は下記の通りである。

数値地図データが格納されたシート（Sheet1）とは別の計算式を記入するシート（Sheet2）を開く。

ワークシートの関数機能を利用し、Sheet2に関数を記入する。具体的にはシート串刺し計算機能を利用して、たとえば、Sheet1のセルM4からO6範囲内（セル3×3範囲）の最大値をSheet2のセルN5に出力する。（次の図参照）

ワークシートのコピー機能を利用して、Sheet2の必要部分にこの関数をコピーする。

シートの大きさは、上下、左右でそれぞれ2個少なくなる。

以上より、接峰面データが完成する。作図方法は、地形平面図作成法と同様に行うと接峰面図が得られる。

沖縄島について、3×3の空間フィルタを使って、接峰面を計算し、作図した結果を図-4に示す。

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3×3範囲)の最小値を算出すればよい。

3-2. 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、それぞれ異なった値を示す。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、3-2.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。

接峰面数値地図データが格納されたシート(Sheet2)と接谷面数値地図データが格納されたシート(Sheet3)とは別の計算式を記入するシート(Sheet4)を開く。

ワークシートの関数機能を利用し、Sheet4に関数を記入する。具体的にはシート串刺し計算機能を利用して、Sheet2とSheet3の同一セル間の差をSheet4のセルに出力する。

ワークシートのコピー機能を利用して、Sheet4の必要部分にこの関数をコピーする。

以上より、起伏量の数値地図が完成する。作図は、地形平面図作成法と同様に行うと起伏量図が得られる。

以上の操作によって作成した起伏量図を図-5に示す。これには沖縄島北部と南部の地形の差、段丘面や段丘崖、断層崖などがよく現れている。

3-3. 接峰面図、起伏量等高線図の作成

Microsoft Excelで作成した平面図(地形図、接峰面図、起伏量図など)は、Microsoft Photo Editorの効果/エッジ処理を行うと、等高線を描くことができる。この処理は、カラー画像の色の境界線を拾い出す機能であり、彩色されたこれら平面図の境界を拾い出し、曲線を描くことにより、等高線が描かれる。

処理は、非常に簡単で、Microsoft Photo Editorに処理する平面図を読み込み、効果/エッジ処理を選択すればよい。

図-6接峰面等高線図と図-7起伏量等高線図はこの処理によって作成したものである。

3-4. 斜面の抽出

接峰面や接谷面を求めた方法と同様に、3×3の窓関数を利用すると種々の地形面

を抽出できる。例えば、下図のような窓関数を利用すると、ある形状を持った、斜面などを抽出することも可能となる。

下記のような窓関数からは、それぞれ、東または西傾斜の斜面が、北東・南西傾斜

- 1	0	1
- 1	0	1
- 1	0	1

0	1	1
- 1	0	1
- 1	- 1	0

の斜面が抽出される。

具体的には、数値地図の格納されたシート（Sheet 1）と計算式（窓関数）を記入するシート（Sheet 2）を用意する。Sheet 2 の 3 × 3 の中央に、Microsoft Excel の串刺し計算を利用し、Sheet 1 のデータにオペレータを掛け合わせる計算を書き込み、必要な範囲にコピーする。これによって、Sheet 2 に計算結果が表示される。

計算値は、それぞれの窓関数と同じ傾向の斜面の場合、その値の絶対値が大きくなるため、適当なしきい値を定めて表示すれば、これらの方向を持った斜面が表示されることとなる。作図方法は、2 - 2 と同様に行う。この方法によって作成したのが図 - 8 ~ 11 である。これらの図からは、中城湾沿いの急斜面や、北西 - 南東方向のリニアメントなどがよく現れている。

3 - 5 . 斜面の勾配と一次微分

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

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で表すことができる。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。

ただし、式の記号は、ワークシート上の下図の位置関係になる。

A	B	C
D	E	F
G	H	I

具体的には、数値地図の格納されたシート（Sheet 1）と計算式（窓関数）を記入するシート（Sheet 2）を用意する。Sheet 2 の E の位置に、Microsoft Excel の串刺し計算を利用し、Sheet 1 の A ~ I のデータを使った表計算を書き込み、必要な範囲をコピーする。これによって、Sheet 2 に微分係数（最大勾配）が計算され、表示される。作図方法は、2 - 2 . と同様に行う。この方法によって作成した図を図 - 1 2 に示す。

これによると、沖縄本島の急斜面と平坦面の分布が明瞭に現れている。

3 - 6 . 地形の凹凸と二次微分

地表高度の二次微分

は方向に依存しないスカラー量で、これをとして、離散型で表すと、となる。

（野上道男・杉浦芳夫による）

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。Microsoft Excel で、計算する場合は、5 - 1 と同様の手順を行えばよい。

0	1	0
1	- 4	1
0	1	0

各地点での二次微分係数の値は、 < 0 のとき、上に凸の地形、 > 0 のとき、下に凸の地形（凹地形）を表すこととなる。

この方法による作図例は図 - 1 3 と図 - 1 4 に示す。沖縄島北部地域では、尾根筋と谷筋が明瞭に現れている。また、中南部においては、島尻層群と琉球石灰岩分布域の残丘状の地形が現れている。

4 . まとめ

数値地図データから、パソコンを利用して地形を解析することを Microsoft Excel の等高線グラフ作成機能と表計算機能を利用して行う方法と、沖縄島の数値地図を利用して作成した図を示した。

今回は図を示す程度のもものとなったが、今後、沖縄島の地形や地質と数値解析図がどのような関係になるかを考察し、沖縄の地形地質研究の一手段となるようにする必要がある。

数値地図の解析のための操作は、かなり簡略に記述してあるため、Microsoft Excel などに不慣れな人には、かなり困難な作業となるので、より詳しい操作法など疑問な点は下記へ E メールしていただければ、お答えします。また、図は紙面の都合上、白黒ですが、これもカラーが必要な場合 E メールで送ります。

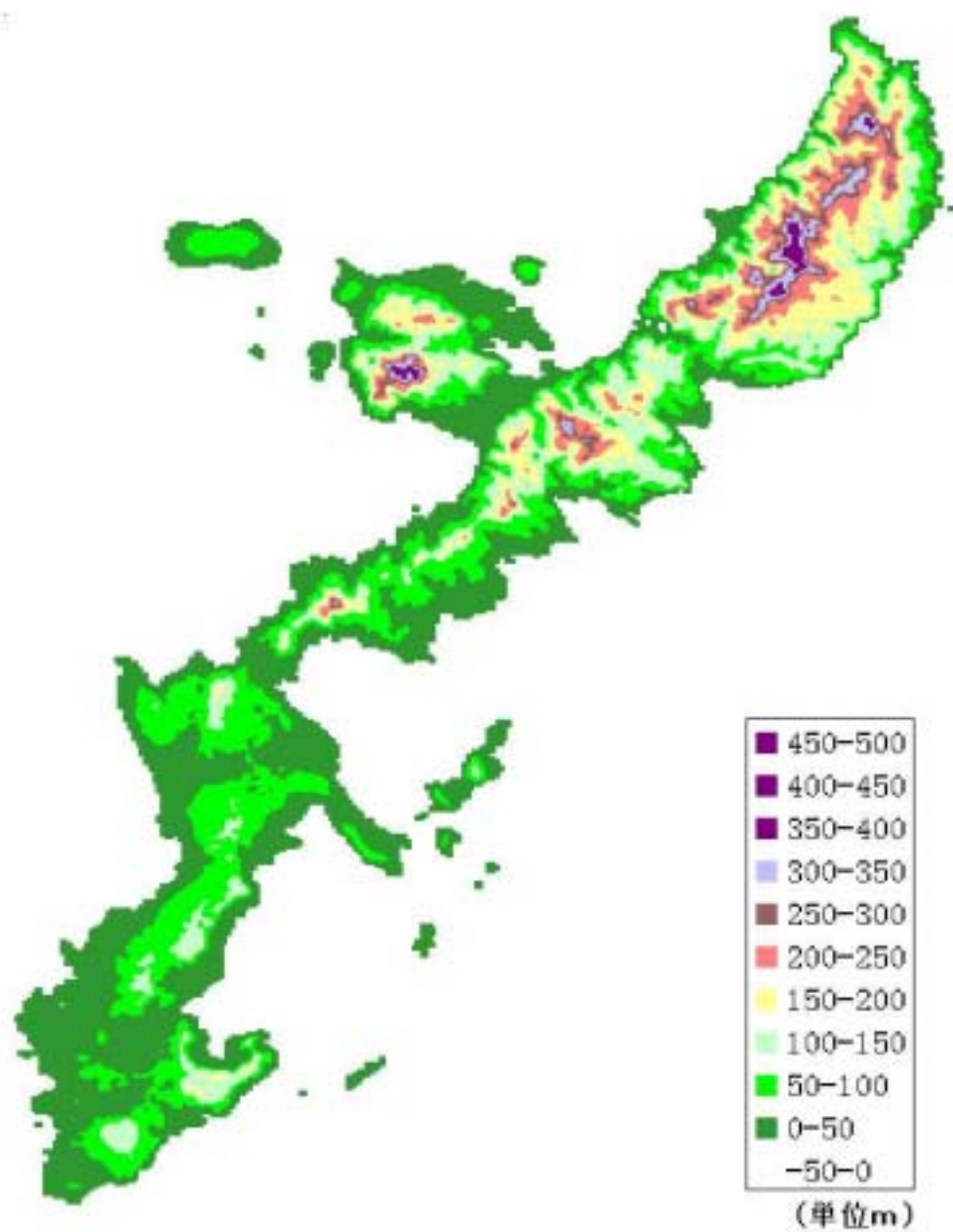
E mail アドレス ywatanabe@mug.biglobe.ne.jp

参考文献・数値地図データ・ソフト

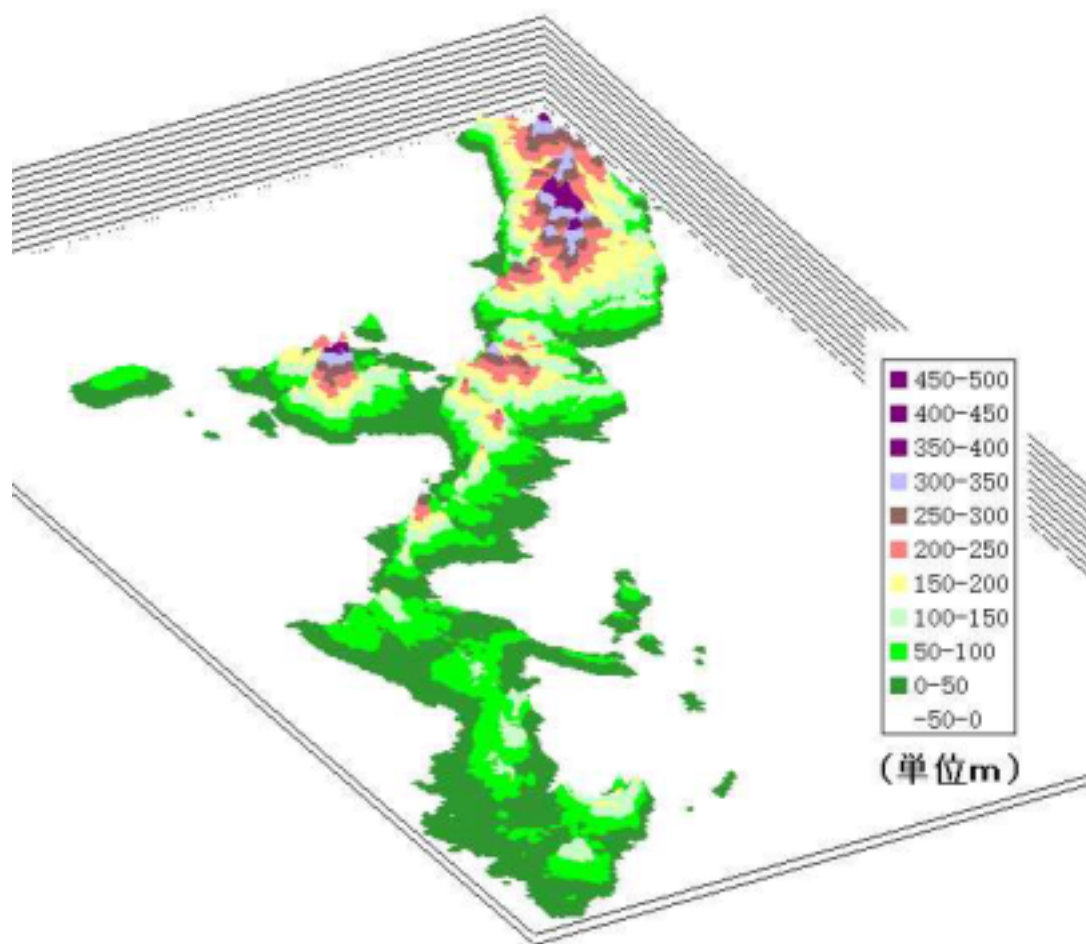
野上道男・杉浦芳夫（1986）：「パソコンによる数理地理学演習」古今書院
日本地図センター：数値地図マニュアル（データ編）
日本地図センター：数値地図データ 3927.SEM,3928.SEM,4027.SEM,4028.SEM
パソコンソフト

Microsoft Excel マイクロソフト社製、代表的表計算ソフト

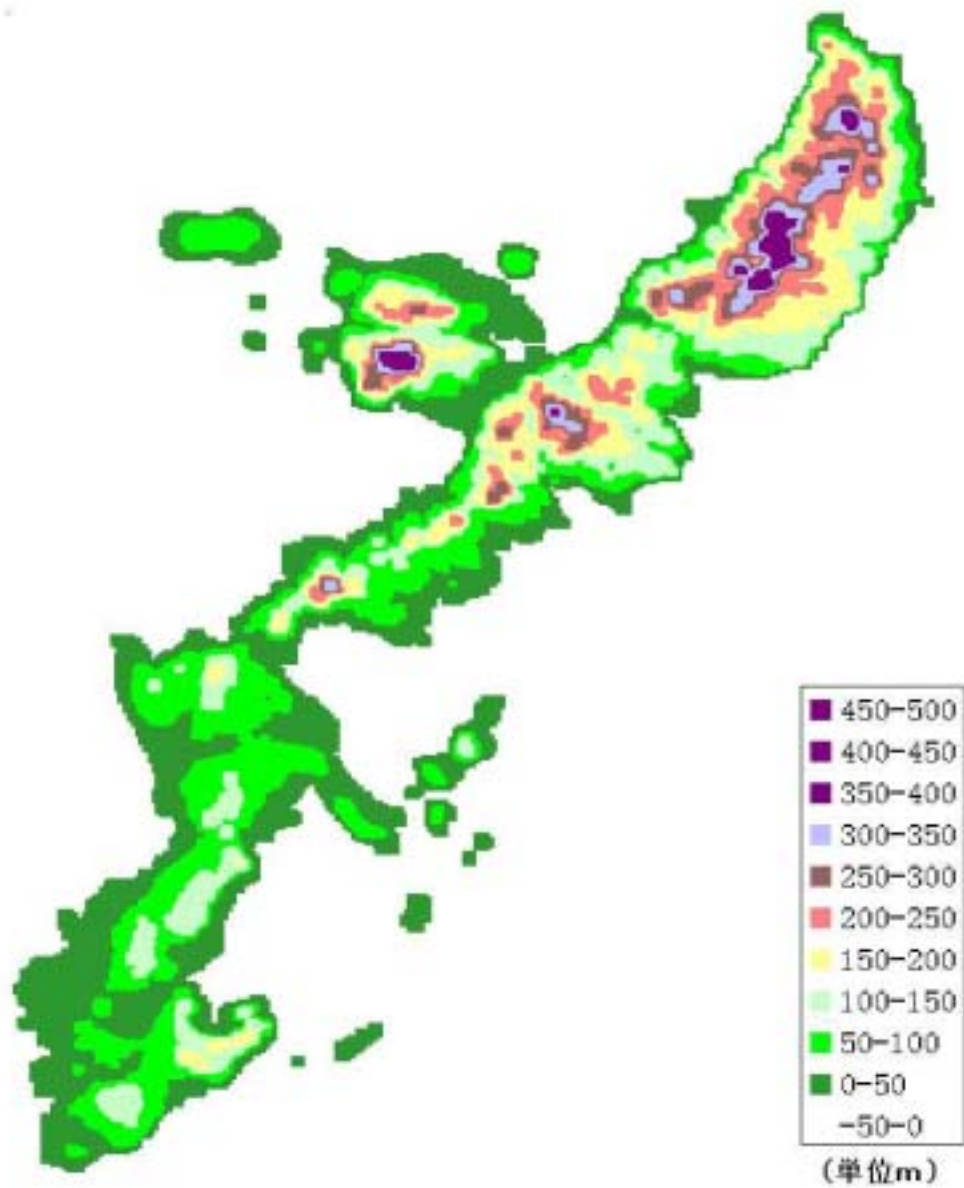
Microsoft Photo Editor マイクロソフト社製 Word 97 付属の画像編集ソフト



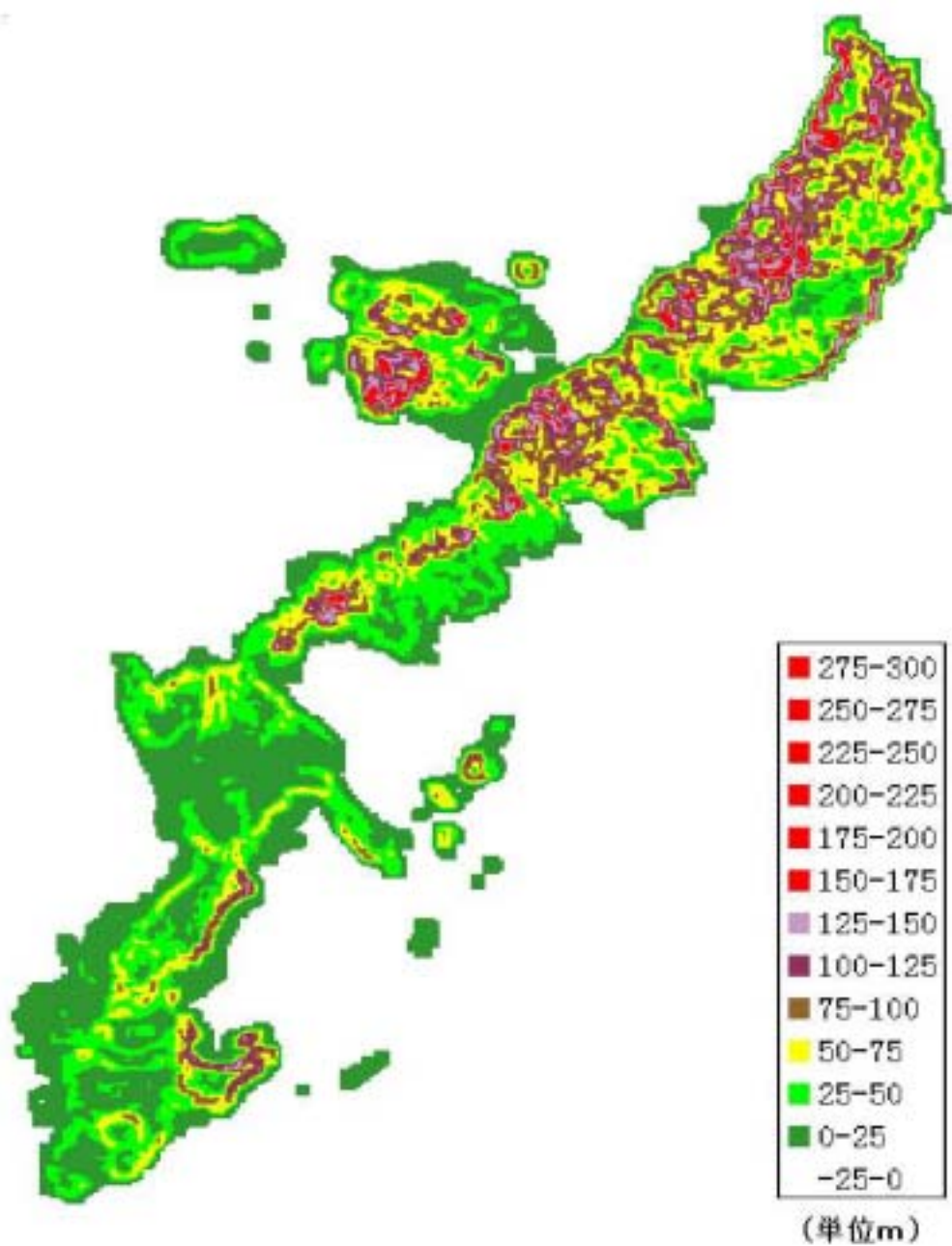
图一 2 地形图



图一3 鳥瞰图



图一 4 接峰面图



图一5 起伏量图

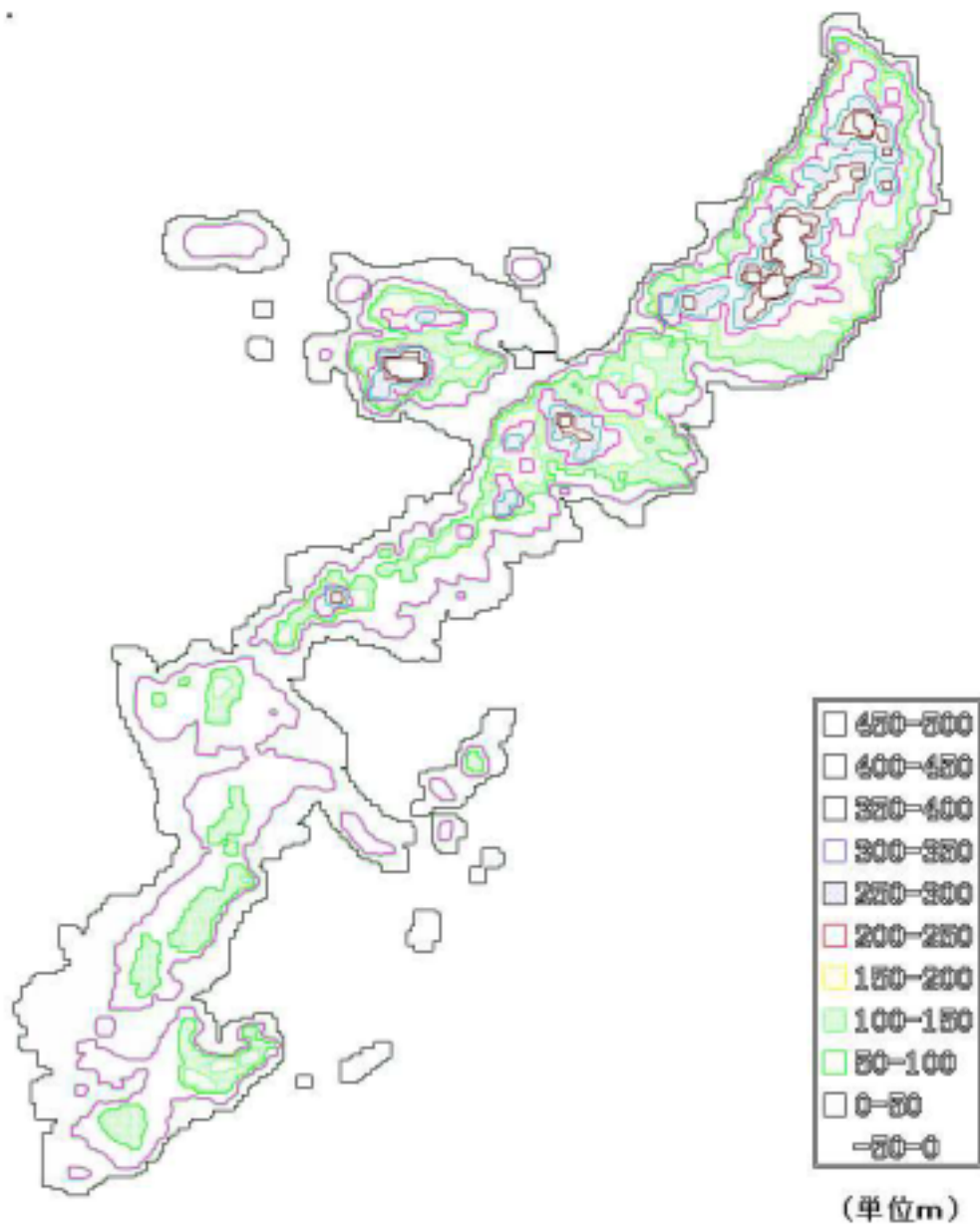
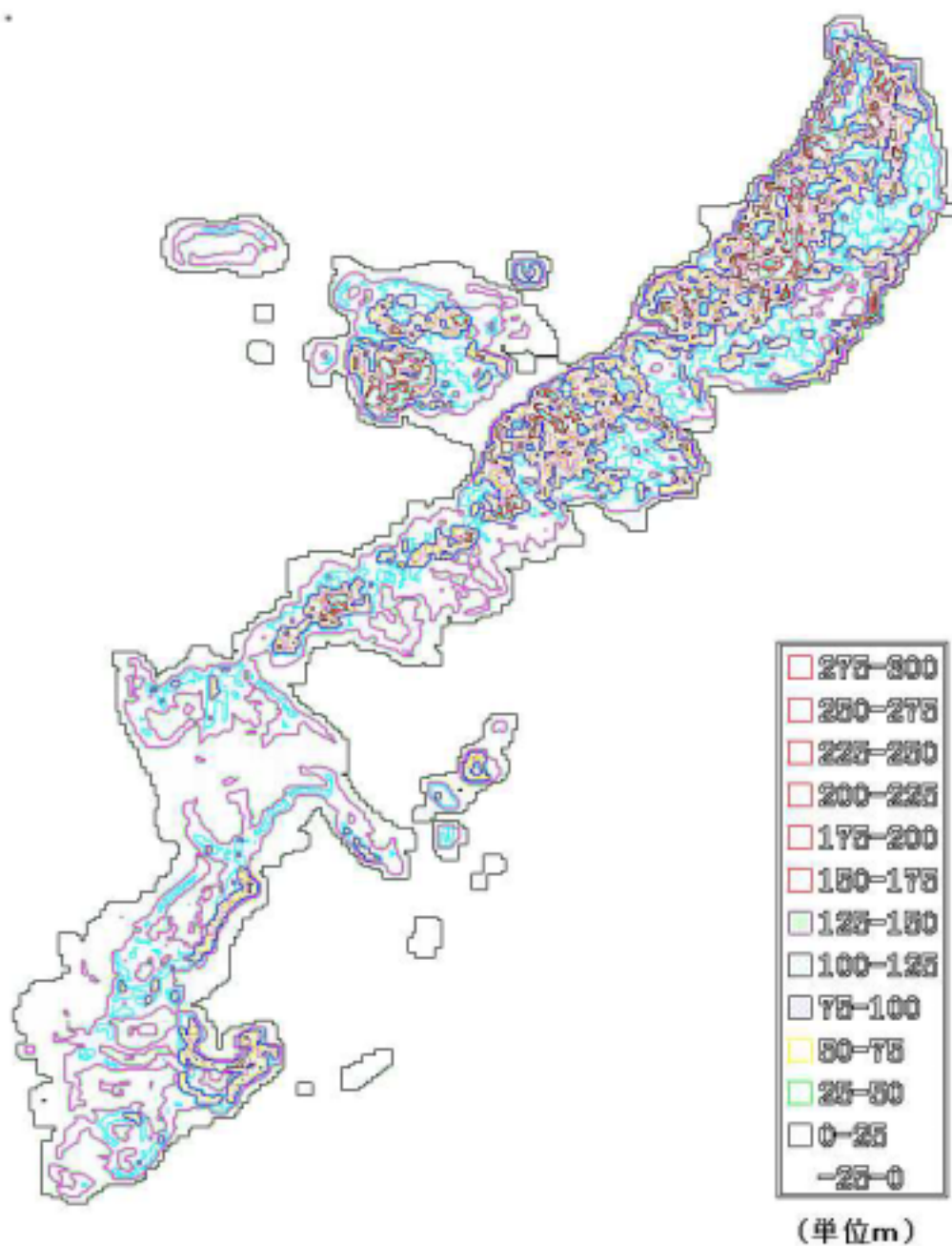
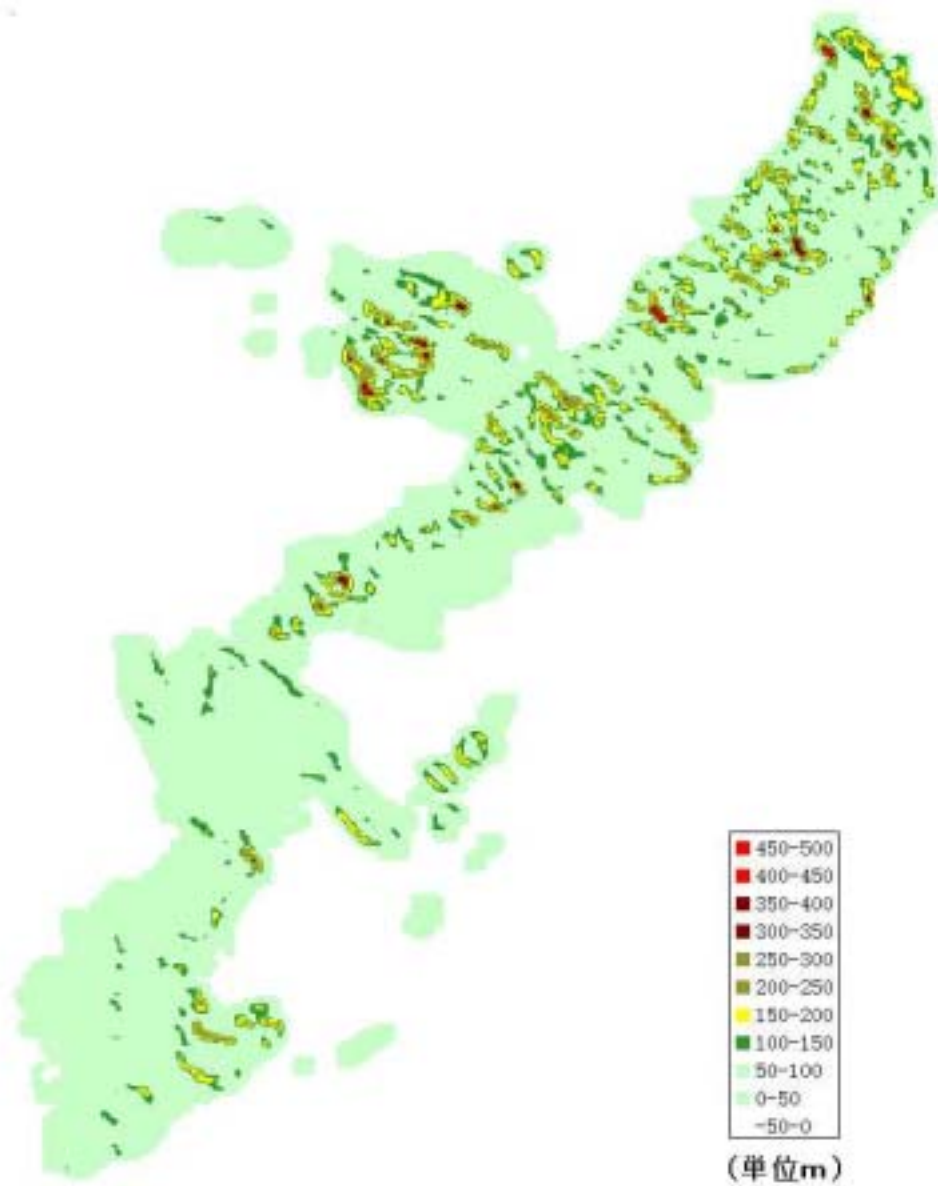


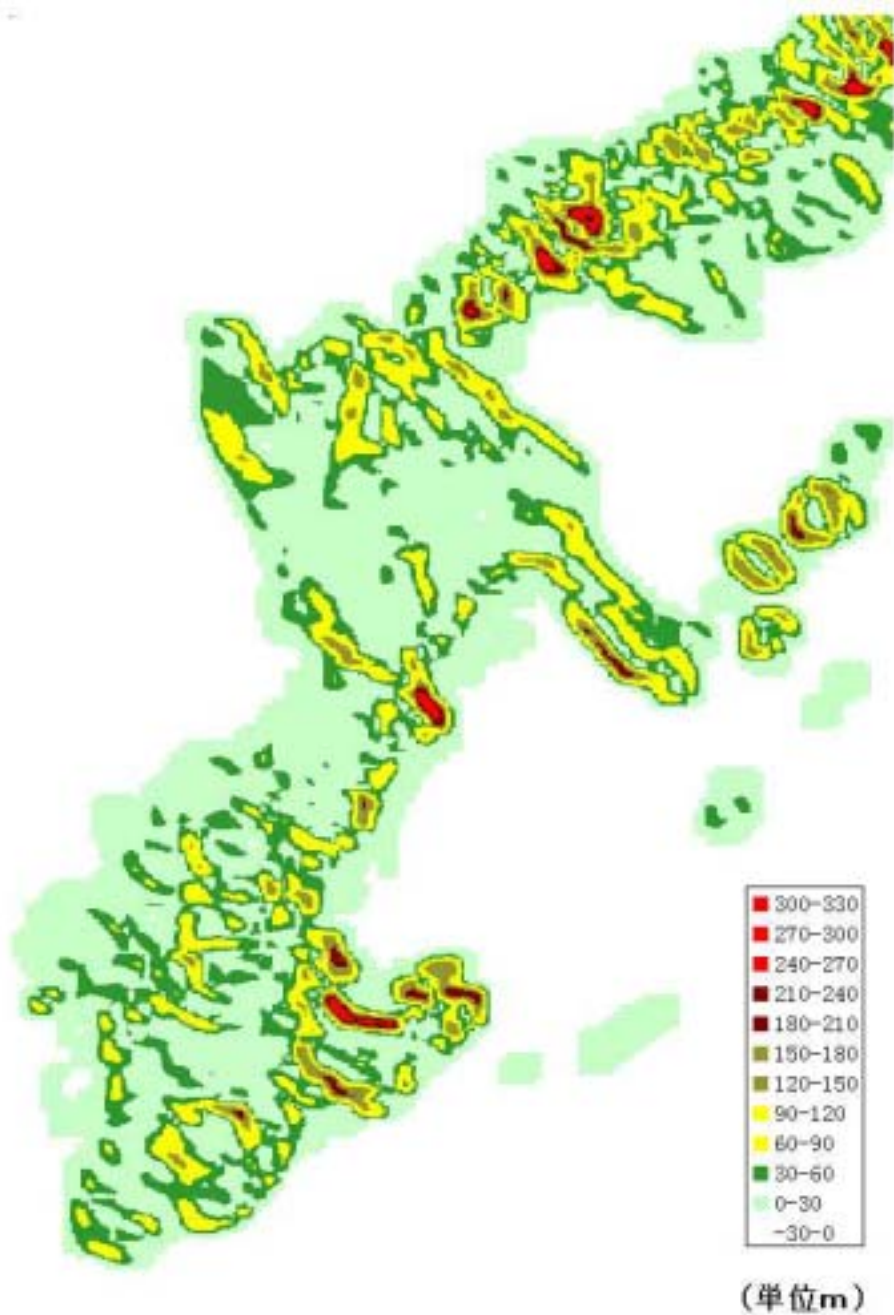
图-6 接峰面等高线图



図一 7 起伏量等高線図



图一 8 北東・南西斜面分布图



図一 九 北東・南西斜面分布図
(中南部)

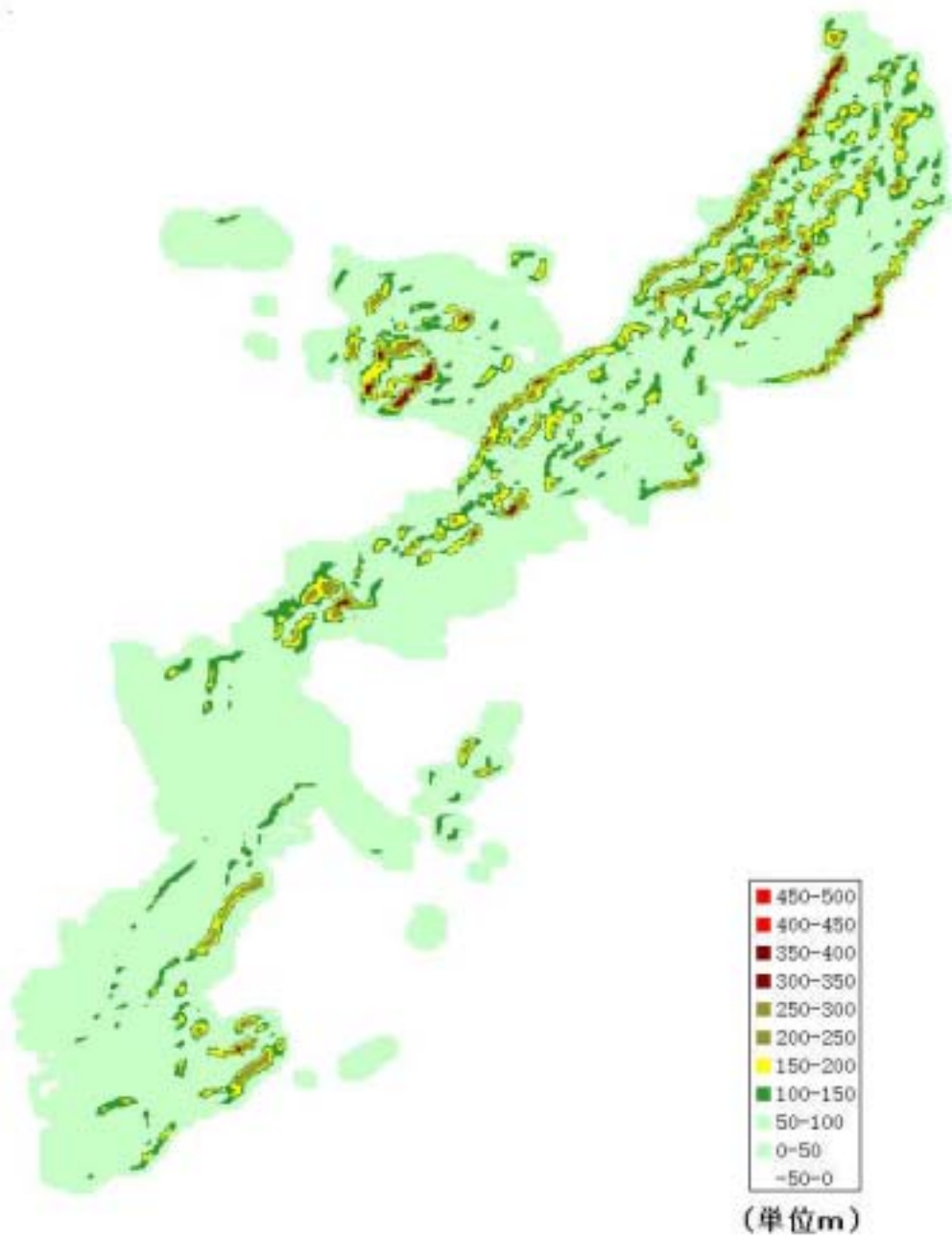
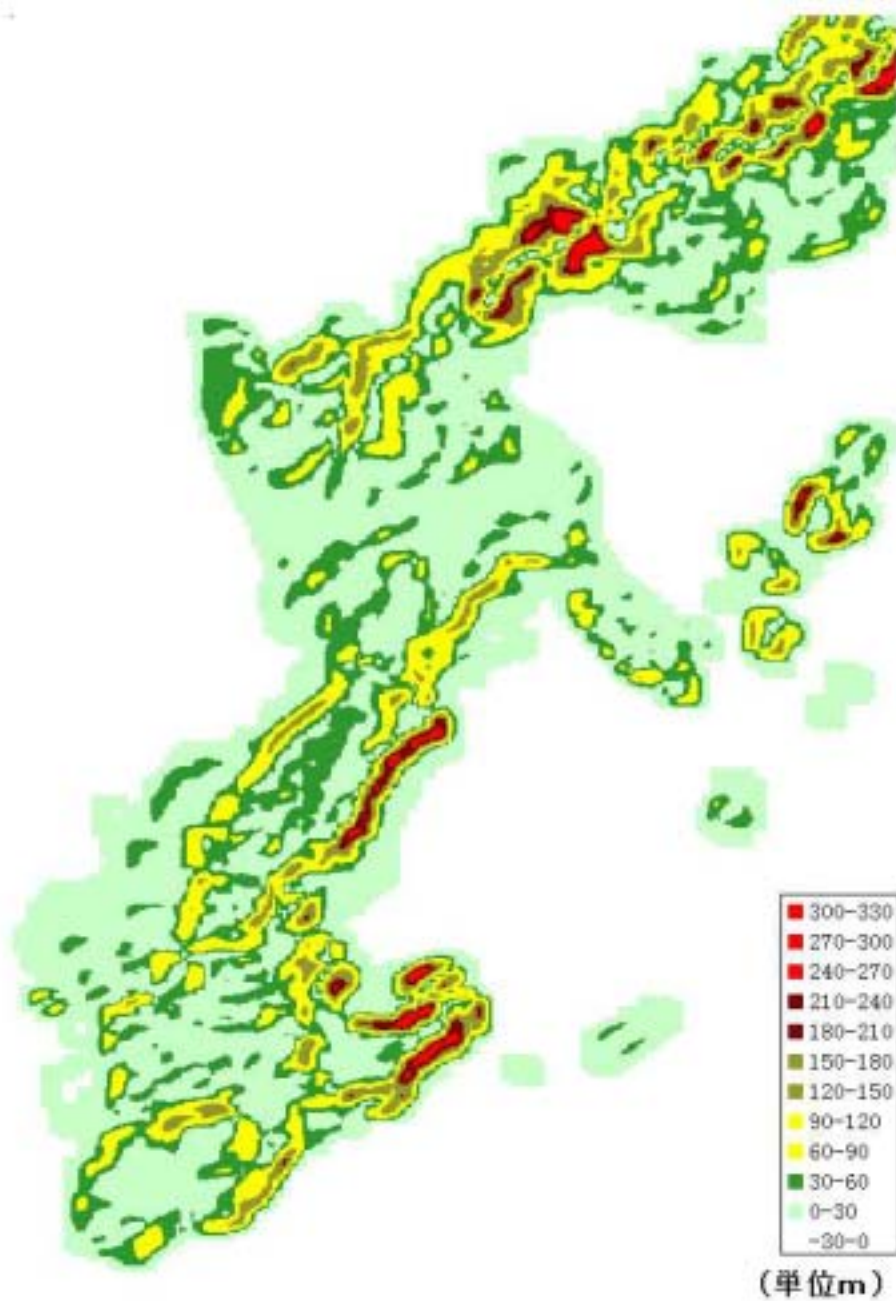
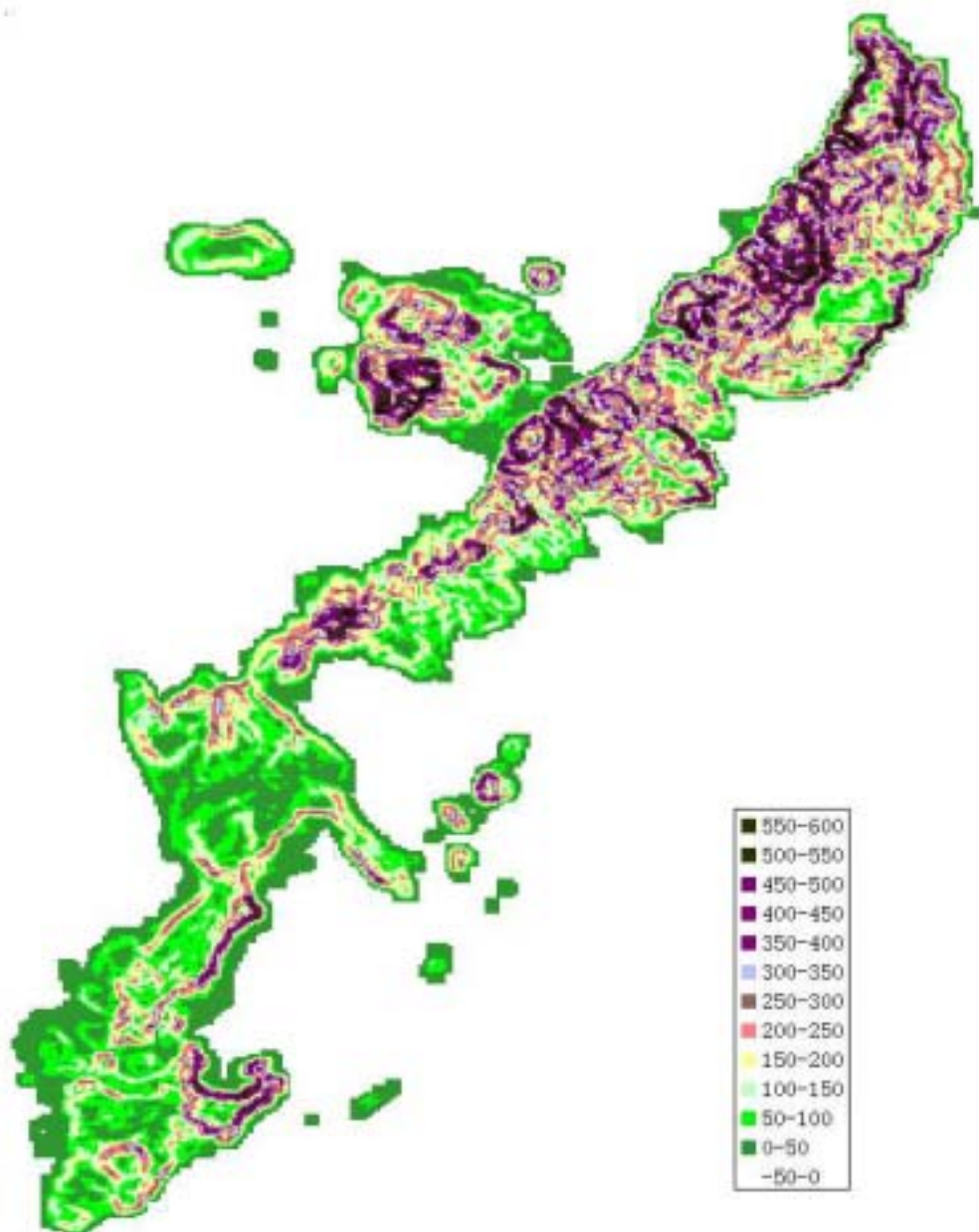


图-10 北西·南東斜面分布图



図一11 北西・南東斜面分布図
(中南部)



图—1 2 斜面勾配分布图

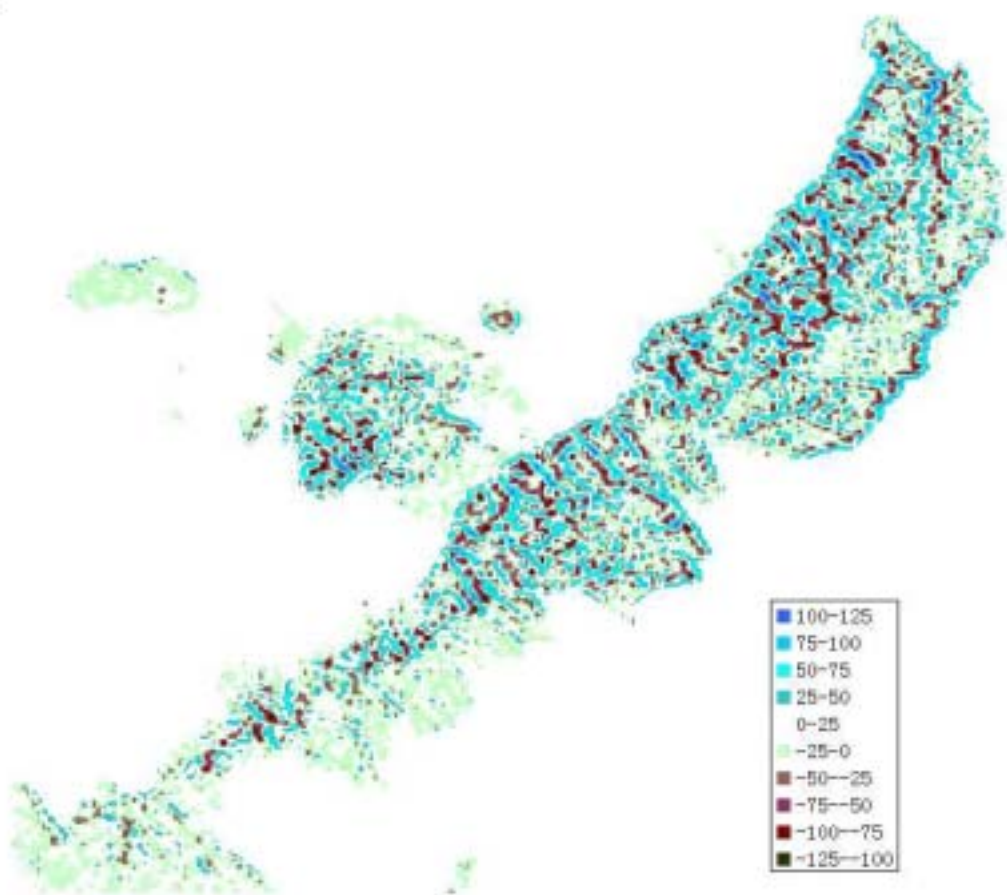
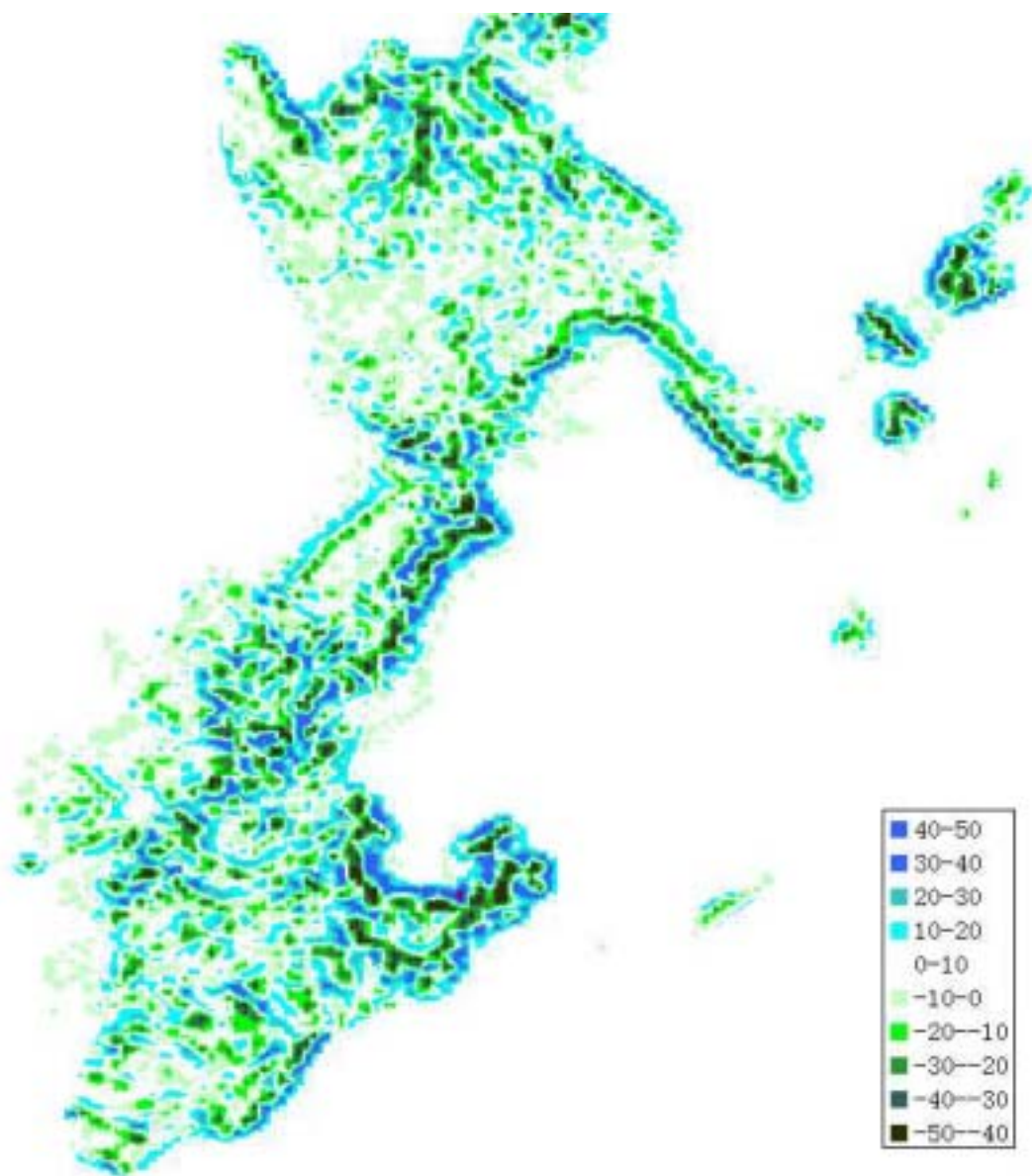


图-13 地形凹凸分布图（北部）



图一14 地形凹凸分布图（南部）