

G I Sソフトでの50mメッシュデータ利用その2 —沖繩島中南部の傾斜角度・方向の算出

特別研究員 渡辺康志

近年コンピューターによる地図情報利用技術（G I S）が進み、また、コンピューター上で利用しやすい数値地図として、国土地理院より「国土地理院数値地図50mメッシュ（標高）」や2万5千分の1地形図（ラスターデータ）、数値地図2500などがCD-ROMで供給されている。

前回は、これら数値地図とG I Sソフトを利用して、どのようなことができるか沖繩島南部を例に報告したが、今回は、傾斜角度及び傾斜方向を算出する方法を述べる。なお、メッシュデータは既にG I Sソフトの形式に変換済みとして報告する。データの変換法や詳細などは前回の報告を参照してほしい。

なお、ソフトウェアは MapInfo Ver.4.5（MapInfo 社、三井造船システム技研株式会社）を使用し、「国土地理院数値地図50mメッシュ（標高）」のデータを利用した。

1. 傾斜角と傾斜方向の算出

以下、50mメッシュデータより、傾斜角と傾斜方向を算出する手法を述べる。

(1) 基本数式の算出

点 P_0 （位置ベクトル $\vec{x}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ ）を含み、放線ベクトル $\vec{e} = (l, m, n)$ の平面を表すベクトル方程式は、平面上の任意点 $P(x, y, z)$ はベクトル \vec{e} と $\vec{x} - \vec{x}_0$ が直交するという条件から

$$\vec{e} \cdot (\vec{x} - \vec{x}_0) = 0 \quad (\bullet \text{ はベクトルの内積})$$

となり、これをベクトルの成分で表示すると

$$l(x - x_0) + m(y - y_0) + n(z - z_0) = 0$$

表せる。さらに

$$lx + my + nz = p \quad \text{①}, \quad p = lx_0 + my_0 + nz_0$$

と表すことができる。

ここで、3点 $P_1 = (x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2 = (x_2, y_2, z_2)$ 、 $P_3 = (x_3, y_3, z_3)$ を含む平面の方程

式を算出し、法線ベクトル $\vec{p} = (l, m, n)$ を求める。①に P_1, P_2, P_3 を代入し、

$$\begin{cases} lx_1 + my_1 + nz_1 = p \\ lx_2 + my_2 + nz_2 = p \\ lx_3 + my_3 + nz_3 = p \end{cases} \quad \text{② となる。}$$

これを連立方程式とみなし、 l, m, n について、方程式を解くことにより、平面の法線ベクトルを求める。

x 軸を東西方向、y 軸を南北方向、z 軸を標高と考え、3次元のベクトルを考え、上述の法線ベクトルを求めると。法線ベクトルより、斜面の傾斜方向、傾斜角を計算することができる。

(2) 50mメッシュデータよりの傾斜角・傾斜方向の算出

前回の報告は、メッシュデータより、Sobelの窓関数を利用して、離散的に数値処理を行った。(下記参照)

$$E \text{ 地点の傾斜量} = |(A + 2B + C) - (G + 2H + I)| + |(A + 2D + G) - (C + 2F + I)|$$

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

50mメッシュデータは緯度(南北)方向で1.5秒、経度(東西)方向で2.25秒間隔にて作成されている。地球は回転楕円体であるため、地球上の位置(緯度)によって、経度1秒、緯度1秒の距離が変化する。その値は理科年表によれば以下の通りである。

緯度	経度1秒に対する弧の長さ	緯度1秒に対する弧の長さ
20°	29.07m	30.75m
25°	28.04m	30.77m
30°	26.80m	30.79m
35°	25.36m	30.82m

このことより、沖縄付近では、1メッシュあたり、東西方向は

$$28.04 \times 2.25 = 63m \quad , \quad \text{また南北方向は、} 30.77 \times 1.5 = 46m \quad \text{程度となる。}$$

従って、正方形のメッシュではないため、傾斜角と傾斜方向を正確に算出することができない。そこで、(1)で求めた式を利用して、傾斜角と傾斜方向を算出する。

(3) 使用データ

傾斜角・傾斜方向を(2)と同様に、3×3のメッシュにおいて算出し、計算結果は、3×3メッシュの中央Eの値とした。また、Sobelの窓関数と同様にそれぞれ標高を重み

付きの平均により補正を行った。以下（１）で求めた式にどのように値を適用したか述べる。

メッシュデータより、下記の値をもとめ、さらに（１）の②式に値を代入し、連立方程式を解き、 $\mathcal{P} = (l, m, n)$ 算出する。

$$P_1 = (x_1, 0, z_1) \quad x_1 = 126 \quad , \quad z_1 = \{(A + 2D + G) - (C + 2F + I)\} / 4$$

$$P_2 = (0, y_2, z_2) \quad y_2 = 92 \quad , \quad z_2 = \{(G + 2H + I) - (A + 2B + C)\} / 4$$

$$P_3 = (0, 0, 0) \quad \text{原点}$$

$$\begin{cases} 126l + z_1n = p \\ 92m + z_2m = p \\ p = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} l = -\frac{z_1}{126}n \\ m = -\frac{z_2}{92}n \end{cases}$$

$$l : m : n = -\frac{z_1}{126}n : -\frac{z_2}{92}n : n = -\frac{z_1}{126} : -\frac{z_2}{92} : 1$$

と計算でき、この平面の法線ベクトルは、

$$\mathcal{P} = (l, m, n) = \left(-\frac{z_1}{126}, -\frac{z_2}{92}, 1 \right) \quad \text{③} \quad \text{となる。}$$

法線ベクトルの各成分が求まると、傾斜角 θ は③より

$$\theta = 90 - \text{ATN} \left(\frac{1}{\sqrt{l^2 + m^2}} \right) \quad \text{と、計算され、} \quad l, m \quad \text{の値を} \quad z_1, z_2 \quad \text{を③に代入し値を求}$$

めることにより計算できる。

また、傾斜方向 ϕ は、

$$\phi = \text{ATN} \left(\left| \frac{m}{l} \right| \right) \quad \text{と算出され、} \quad l, m \quad \text{の値を} \quad z_1, z_2 \quad \text{を③に代入し値をも求めることによ}$$

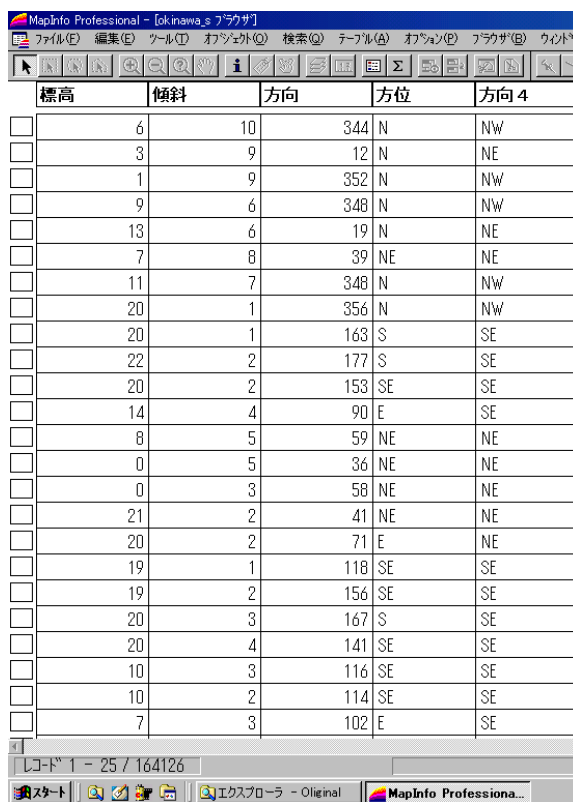
り計算できる。計算値は 0° から 90° の値になるが、各ベクトル成分の正負判断より、その値を補正し、北方向を 0° とし、時計回りに 360° 表示とした。

実際の作業は、これらの情報より、プログラム言語（VBなど）を使って作成することとなる。

2. 傾斜角・傾斜方向計算結果

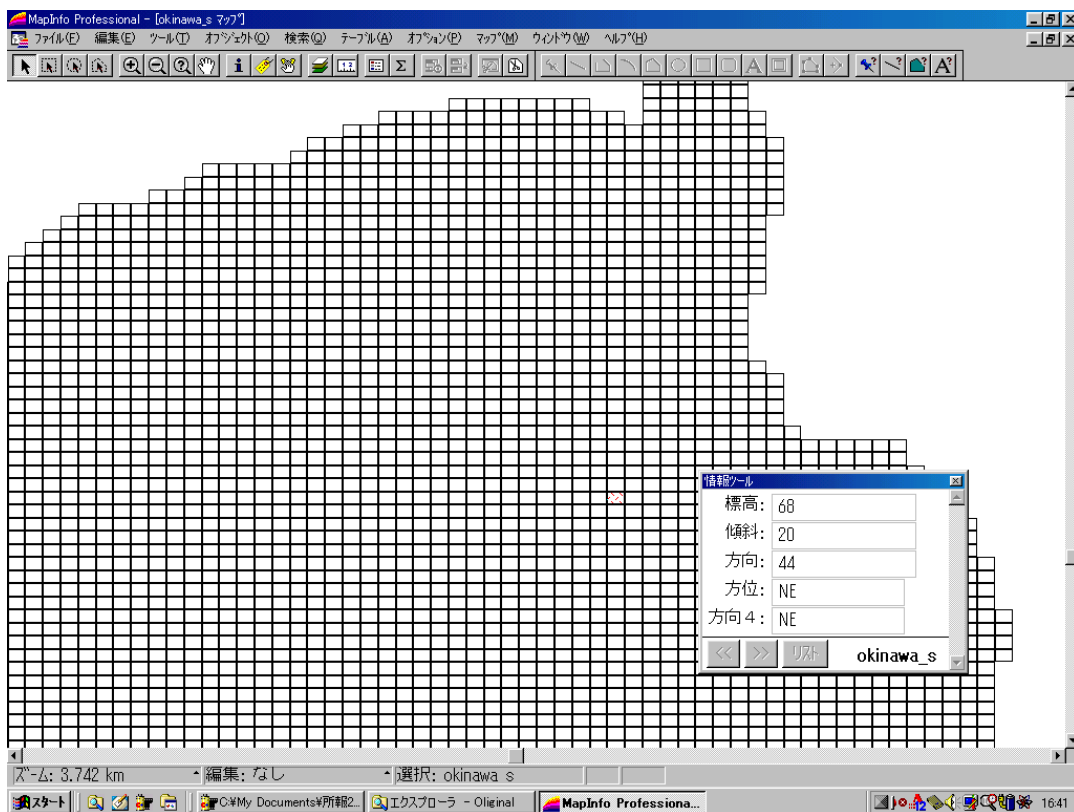
前回の報告で作成した標高データとメッシュ位置情報よりなるデータファイルに、前項で算出した傾斜角（データベース項目名傾斜）、傾斜方向（データベース項目名方向）を追加し、さらに傾斜方向（角度）より、方位（8方位）、方位4（4方位）に変換し、それぞれの項目を追加した。算出したメッシュデータは164126点になった。

作成されたデータベースは、図-2に示すようなメッシュ位置情報と属性（標高、傾斜、方向、方位、方位4）を持つこととなる。



	標高	傾斜	方向	方位	方位4
<input type="checkbox"/>	6	10	344	N	NW
<input type="checkbox"/>	3	9	12	N	NE
<input type="checkbox"/>	1	9	352	N	NW
<input type="checkbox"/>	9	6	348	N	NW
<input type="checkbox"/>	13	6	19	N	NE
<input type="checkbox"/>	7	8	39	NE	NE
<input type="checkbox"/>	11	7	348	N	NW
<input type="checkbox"/>	20	1	356	N	NW
<input type="checkbox"/>	20	1	163	S	SE
<input type="checkbox"/>	22	2	177	S	SE
<input type="checkbox"/>	20	2	153	SE	SE
<input type="checkbox"/>	14	4	90	E	SE
<input type="checkbox"/>	8	5	59	NE	NE
<input type="checkbox"/>	0	5	36	NE	NE
<input type="checkbox"/>	0	3	58	NE	NE
<input type="checkbox"/>	21	2	41	NE	NE
<input type="checkbox"/>	20	2	71	E	NE
<input type="checkbox"/>	19	1	118	SE	SE
<input type="checkbox"/>	19	2	156	SE	SE
<input type="checkbox"/>	20	3	167	S	SE
<input type="checkbox"/>	20	4	141	SE	SE
<input type="checkbox"/>	10	3	116	SE	SE
<input type="checkbox"/>	10	2	114	SE	SE
<input type="checkbox"/>	7	3	102	E	SE

図-1 データベース（一部）



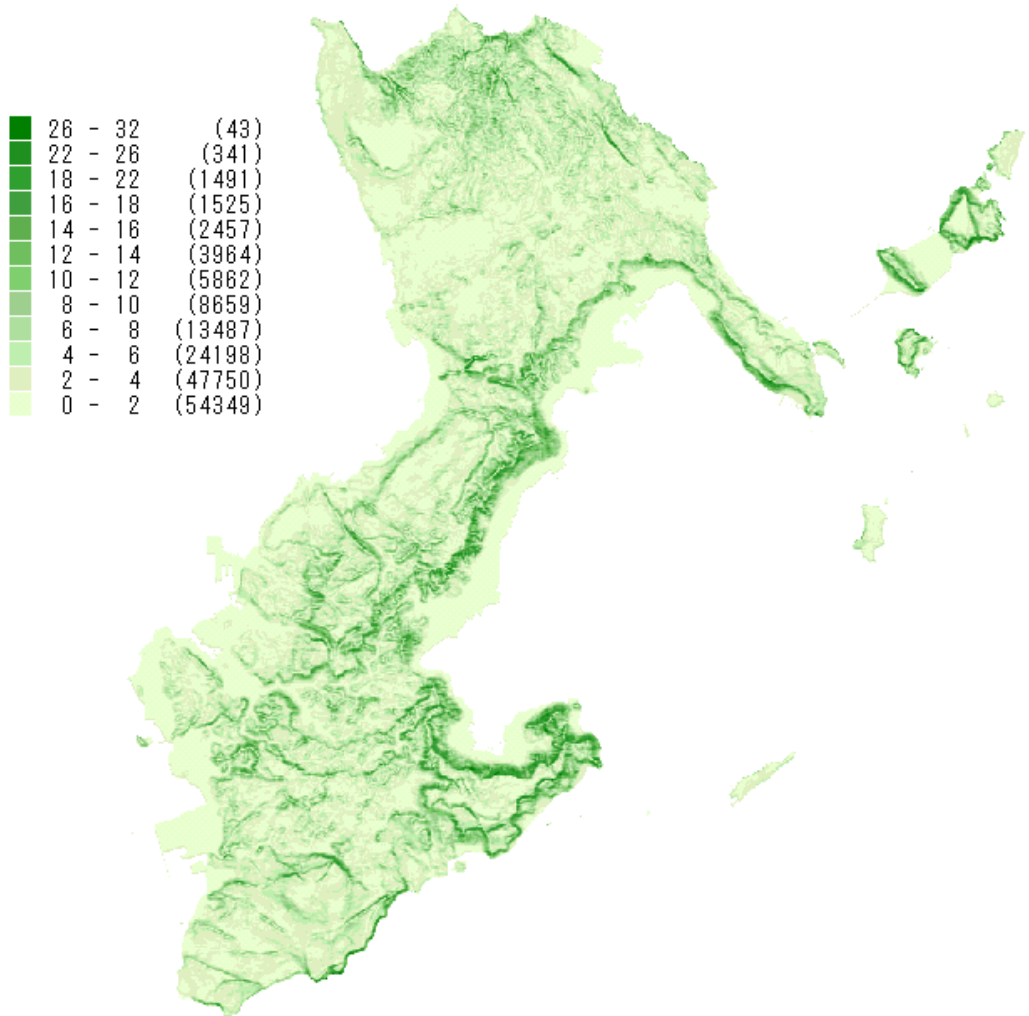
図－２ メッシュと情報表示例

3. 主題図作成機能によるデータの表示例

主題図作成機能により、傾斜分布図と傾斜方向分布図を作成する。主題図とは属性値の値に注目し、その値によってポリゴンを塗り分けて作成する図である。

(1) 傾斜分布図 ここでは、傾斜 0° から 30° 間を 2° ～ 4° 間隔（12段階）で、傾斜が急になるごとに色が濃くなるように設定して、傾斜分布図を作成した（図－3）。このような主題図は、着色する標高レンジを簡単に変更できるため、容易に目的に応じた標高区分に変更できる。また、全てが位置情報を持っているため、簡単に拡大縮小が可能である。

前回の報告で、同様の傾斜分布図を作成したが、相対的な傾斜表示であった。今回は 3×3 メッシュ内の平均傾斜角を表示することが可能となっている。

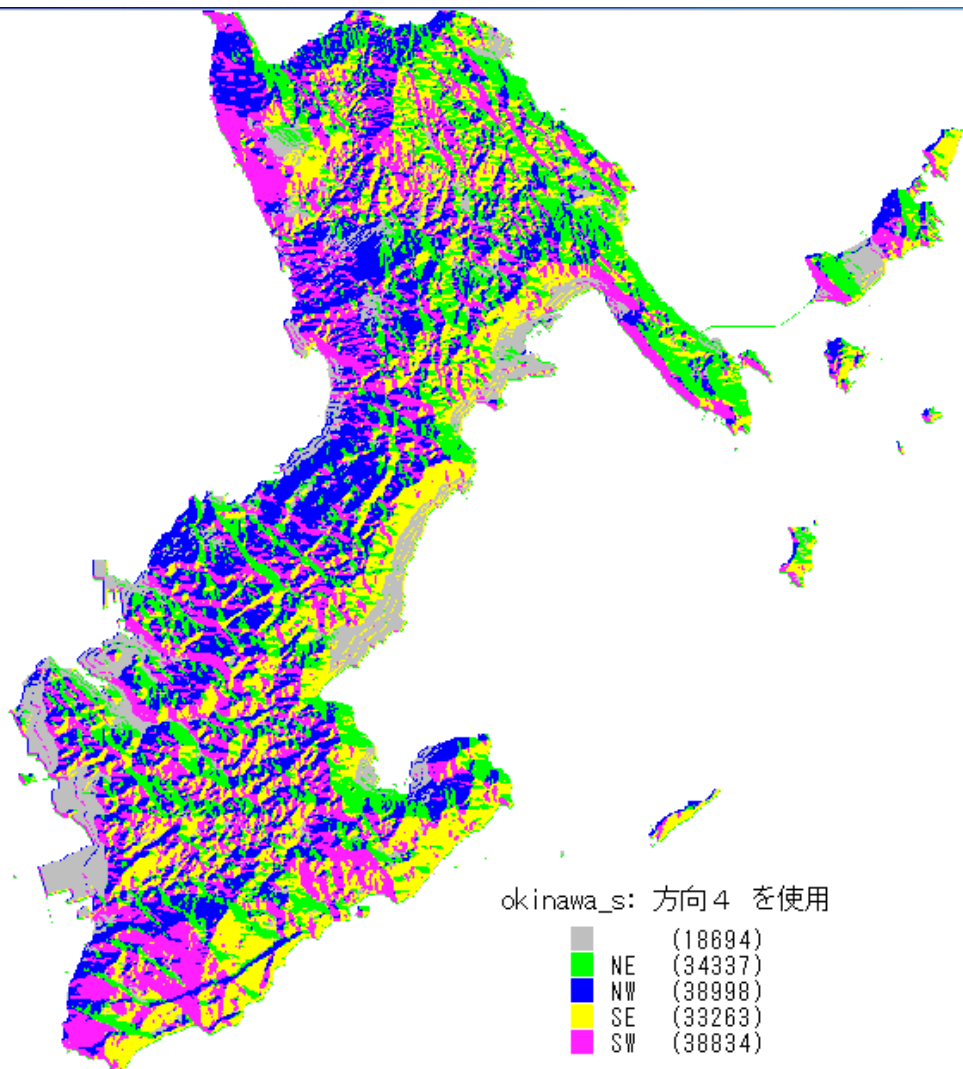


図－3 傾斜分布図

(2) 傾斜方向分布図 傾斜方向から、下表のとおり4方向の方位に区分し、この方位を利用して傾斜方向分布図を作成した(図-4)。

方位	NE	SE	SW	NW	(平坦)
傾斜 方向	0～90°	90～ 180°	180～ 270°	270～ 360°	傾斜角0° の場合

活断層による断層崖や連続する地形面などが明瞭に表示されており、今後、地形分類などの際、参考になる物と考えられる。



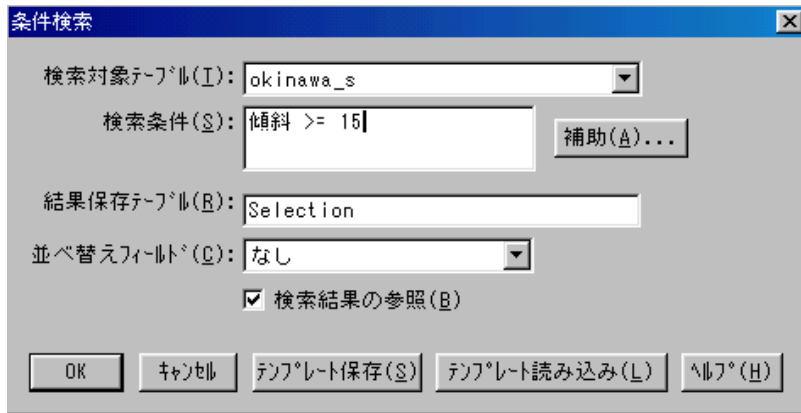
図－4 傾斜方向分布図

4. GISソフトを利用した傾斜データの応用

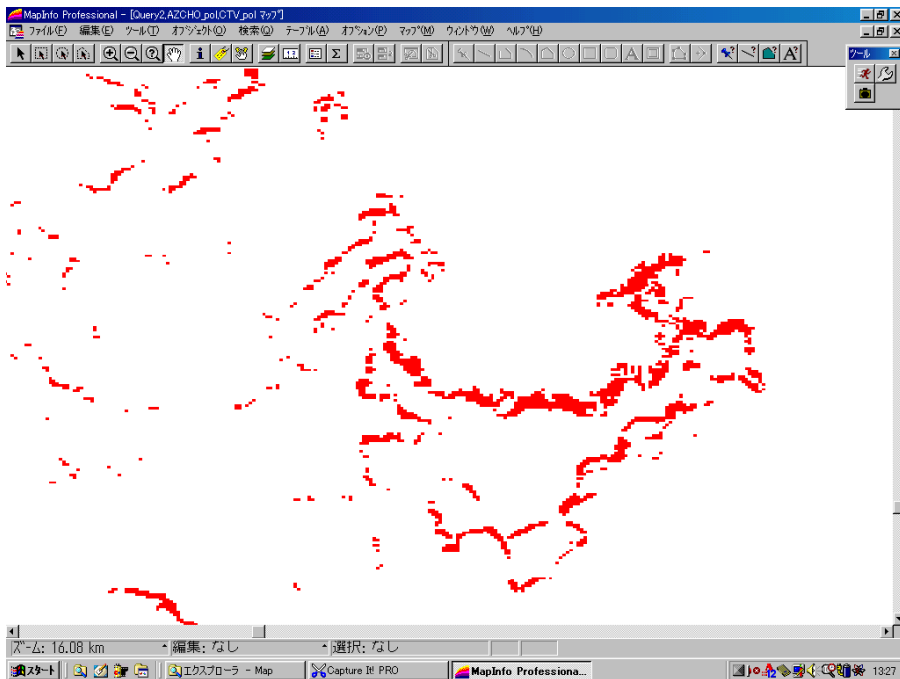
(1) 索機能と数値地図2500との重ね合わせ

作成した傾斜のデータベースより、検索機能と、他の図面との重ね合わせを利用し、図面を作成する方法を紹介する。

まず、データより、傾斜 15° 以上のメッシュを検索する。これは、GISソフトの機能を利用する(図－5)ことにより、容易に実現できる。このようにして選択したメッシュを着色することにより、表示することが可能になる。(図－6)



図－５ 検索設定画面



図－６ 検索結果表示

このような表示の場合、各メッシュは位置情報として、緯度経度情報を持っているが、地図上の位置関係が不明瞭である。このような場合、同様の位置情報を持った数値地図と重ね合わせることによってその位置を地図上に表示できる。

今回は、数値地図2500沖縄（国土地理院）の市町村、字町丁目ポリゴンデータ（図－7）を利用し、傾斜15°以上のメッシュの分布図を作成した。重ね合わせた地図が字町丁目データを持っているため、詳細な分布状況が読みとれる。

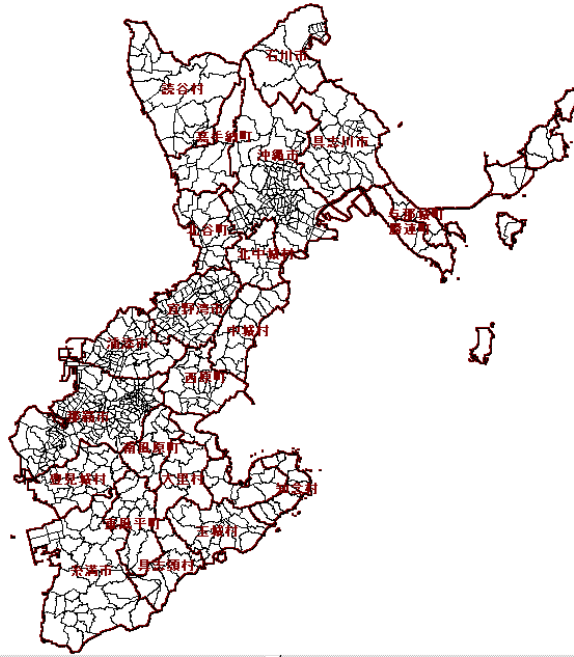


図-7 数値地図2500沖縄

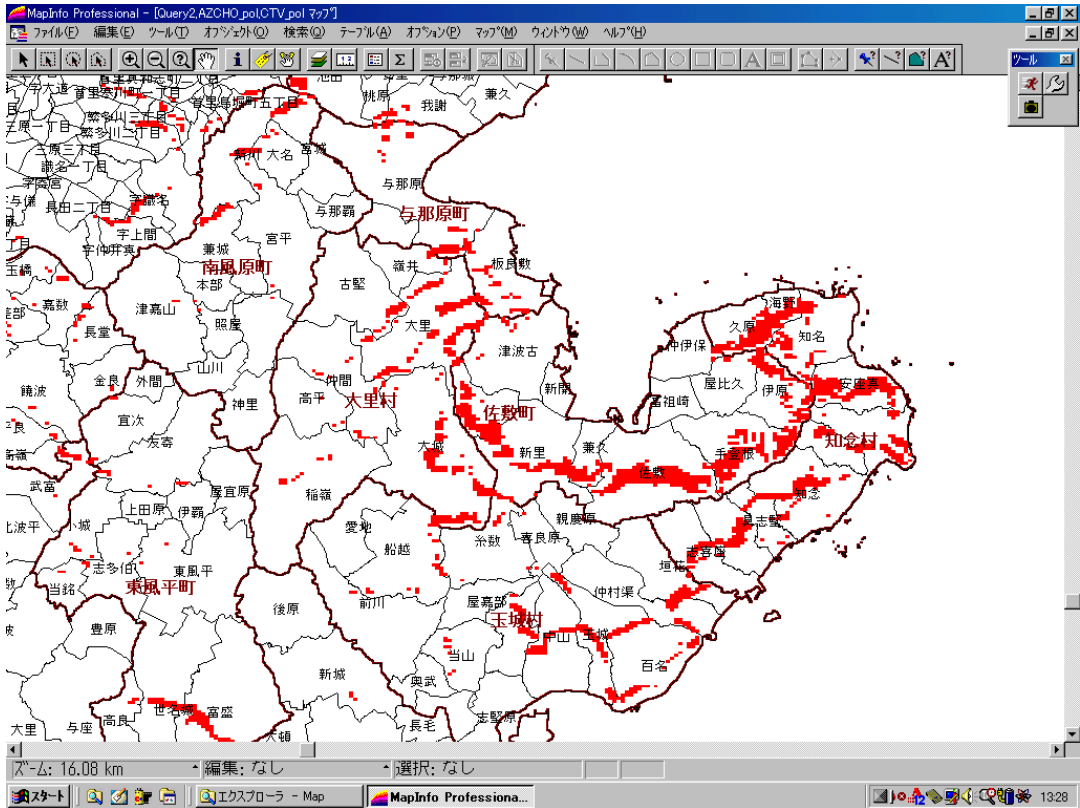


図-8 傾斜分布図(数値地図2500合成)

重ね合わせた地図は、ポリゴン情報よりなる数値地図であるため種々の位置情報による分析を行うことが可能である。ここでは、15°以上の傾斜を持ったメッシュが市町村ごとに何地点存在するか分析する。これは、GISソフトの検索機能を利用することによって、実現する。設定としては、検索画面に図-9のように入力することとなる。

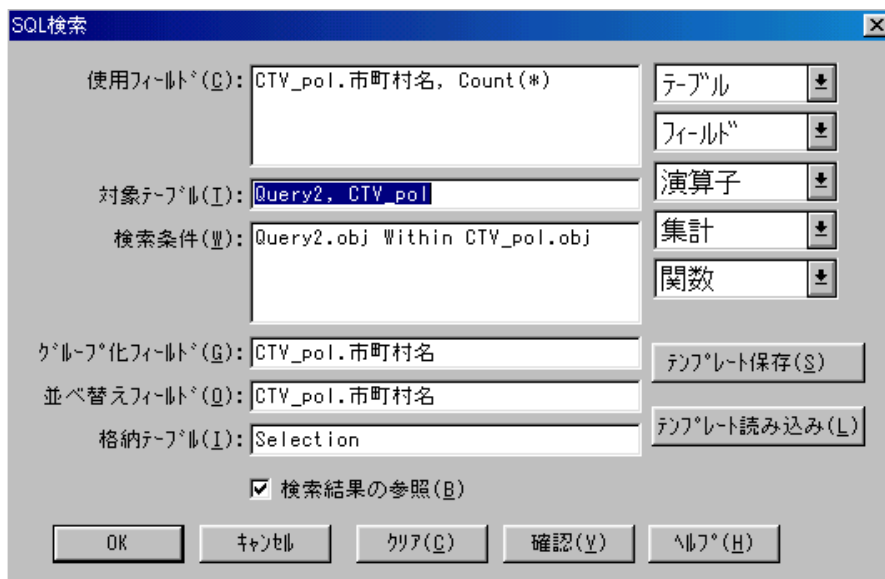


図-9 検索設定画面(2)

以上の処理を行うことにより、下記の結果を得ることができる。箇所数はメッシュの個数であることと、1メッシュの大きさが6.3m×4.6mであることより、面積を計算することは容易である。

市町村	箇所数	市町村	箇所数	市町村	箇所数
読谷村	70	宜野湾市	9	那覇市	141
与那城町	406	中城村	459	南風原町	75
具志川市	108	浦添市	59	豊見城村	118
沖縄市	33	西原町	204	東風平町	96
嘉手納町	2	与那原町	97	玉城村	268
勝連町	267	大里村	271	具志頭村	114
北中城村	219	知念村	498	糸満市	155
北谷町	74	佐敷町	574	石川市	78

(2) 2万5千分の1地形図(ラスターデータ)との重ね合わせ

国土地理院より2万5千分の1地形図のラスターデータ(ビットマップ画像)がCD-ROMで販売されているが、このようなラスターデータをベースマップに利用すると、前

項で算出したメッシュ値が地図上のどのような位置に当たるかを、重ね合わせによって確認できる。今回扱ったデータでは、傾斜と傾斜方向を算出して作成した主題図と地形図を重ね合わせたものである。図-10は、左側が傾斜主題図、右側が傾斜方向主題図となっている。

また、ラベル表示機能を利用すると、メッシュデータの値を直接表示することが可能になる。このようにして作成した物が図-11である。

5. まとめ

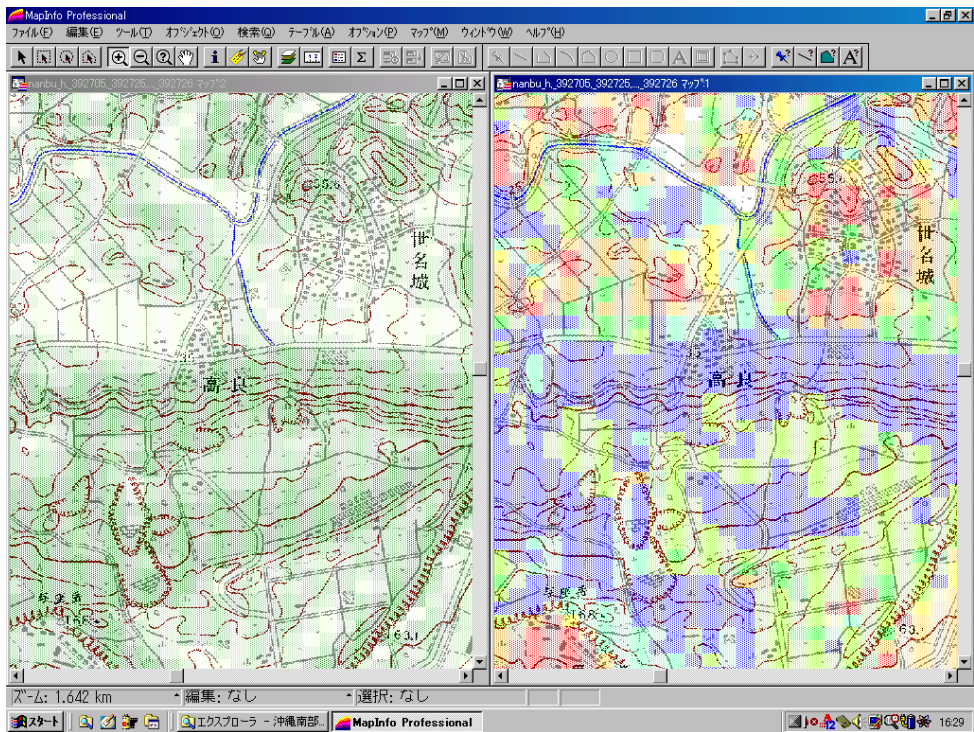
前回に続き「国土地理院数値地図50mメッシュ（標高）」をGISソフトで利用する方法を述べた。今回は、メッシュデータより、傾斜角と傾斜方向を計算する方法を示し、どのように利用できるか検討した。今回も、どのように利用できるかという点で、沖縄島南部を例に報告したが、傾斜において具体的数値を算出し、より検討しやすい形にした。

なお、この論文は紙面の都合上、白黒であるが、カラーの出力は、沖縄大学ホームページまたは、直接下記のホームページで見ることができる。

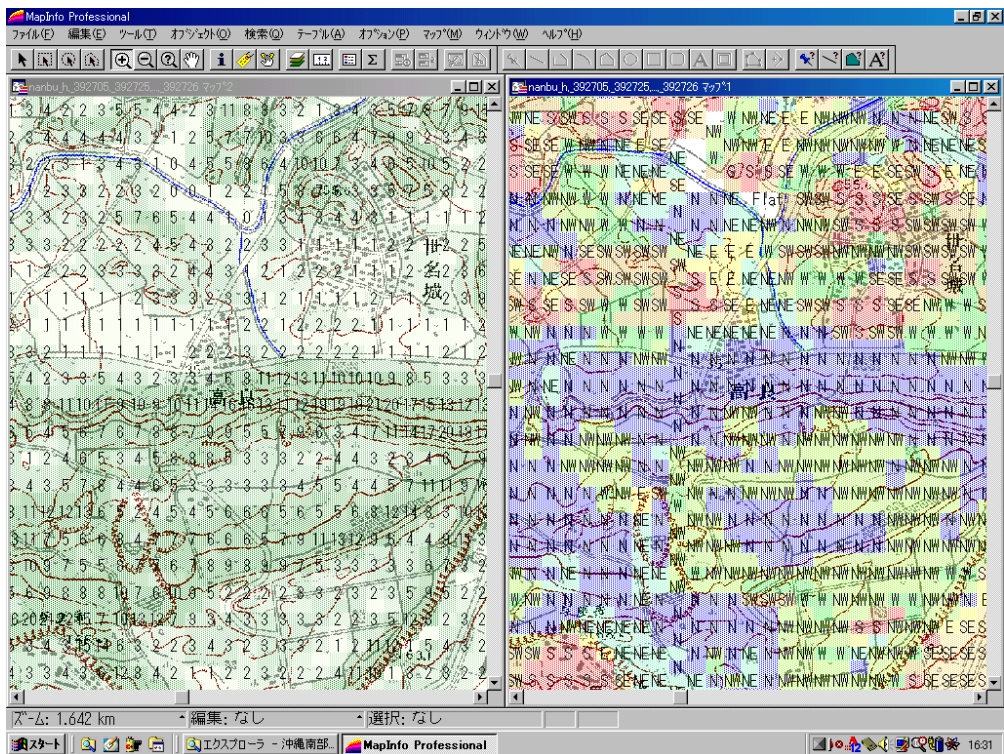
<http://www.okinawa-u.ac.jp/~ywatanabe>

参考文献

- 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
MapInfo Professional ユーザーズガイド，リファレンス MapInfo Corporation
国土地理院：数値地図50mメッシュ（標高）マニュアル（データ編）



図－1 0 傾斜量図・地形図重ね合わせ



図－1 1 傾斜量図・地形図重ね合わせ（ラベル表示）