

地形景観の三次元表現

Three Dimensional Representation of Landscape

村井俊治*・大林成行*・建石隆太郎*

Shunji MURAI, Shigeyuki OHBAYASHI and Ryutarō TATEISHI

はじめに

地形を表現するのに等高線図や断面図が用いられる。しかし、等高線図や断面図から地形の複雑な起伏を想像するには熟練を要する。地形起伏の高低感や、横から見た地形景観を一目でわかるような三次元表現をしたい。地形を数値的に表現して、地形の幾何学的特徴を数値的に処理する試みが行われるようになったが、これらの処理された地形情報をわかりやすく表現する手法の開発は遅れている。

本研究は以上の要請から、メッシュ状に与えられた地形データを数値的に処理することにより、地形景観および地形の幾何学的特徴を三次元的に図解的表現する手法を開発しようとした。図解的表現には、小さなドットの疎密で点、線、パターン、濃淡の表現を可能にするドットプリンタを利用した。ドットプリンタの利用により、XYプロットによる線画処理に比較して、より柔軟な図形処理が可能となった。

1. ドット方式による図形処理

本研究では、ドットプリンタを用いた図形処理を行うことを前提としているので、まず最初に簡単にドットプリンタの機能について説明しよう。

ドットプリンタは、1インチ100点程度の間隔をもつ小さな点のマトリクスで構成され、それぞれの点は、オンかオフかの二進の情報をもつ。すなわち、点に黒か白かのいずれかの情報をもたすことにより、点、線、パターン、濃淡などの表現を行う。小さな点を密に並べると任意の線形が得られる。1つのデータをたとえば 6×6 のドットマトリクスに対応させ、点の疎密を変化させた数個のパターンを作り出すようにすれば、パターンや濃淡の表現が可能となる。

ドットプリンタの以上のような機能を、従来から用いられているXYプロットの機能と比較して、その利点を整理すると以下ようになる。

(1) データの多少にかかわらず、最終的には、常に $m \times n$ のマトリクスに0か1かのファイルを作成す

べよい。XYプロットの場合には、表現すべき点や線の数が多くなればそれだけファイルが大きくなる。

(2) 点の疎密のパターンをつくることにより、パターンや濃淡のついた面画をつくることができる。XYプロットの場合には線画しかできない。

(3) すべての計算が点に分解して行われるので、かくれ線処理など図形処理上複雑であったものが容易に処理できる。XYプロットでは、常に交点の座標の計算が必要であるのに対し、ドット方式では、論理判断のみで済むことがある。

(4) すべての種類の図形を統一して扱える。すなわち、文字や記号も、異なる太さの線なども最終的には0か1かの二進表示に帰される。

2. 地形の等高線表現

つぎに、ドットプリンタを用いてメッシュ地形データから等高線表現する手法を考えてみよう。メッシュデータからXYプロットを用いて等高線図を作成するアルゴリズムは既に開発済みであるが、ドットプリンタを用いる場合にはさらにアルゴリズムを簡略化できる。

いま $m \times n$ のメッシュに対応する地形標高 Z_{ii} , $i=1, m, j=1, n$ が与えられているとしよう。このとき1つのメッシュをさらに $t \times t$ のドットマトリクスに細分割することにする。つぎにこれらの細分割された点の地形標高 $Z_{ii, jj}$, $ii=1, mt, jj=1, nt$ を与えられた地形データから内挿する。内挿標高の等高変化点をオンにすれば等高線の配列が得られ、結果的に等高線図が得られる。図1は、 65×45 の地形データを用いて等高線をドット表現したものである。

しかし、この図から地形の高低感が十分には得られないので、等高変化点のうち南側斜面にあるところだけ、オンする点数を増して線の太さを大きくすると、図2のように起伏感が強調された等高線図が得られる。従来、海図にこのような表現が採用されてきたが、自動作画ではXYプロットの機能からして困難であった。

ところで、等高表現に線画を用いずに、等高パターン図で表現するのも地形起伏を見るのに有効である。

図3は、等高標高毎に異なるパターンをあてはめて等

*東京大学生産技術研究所 第5部

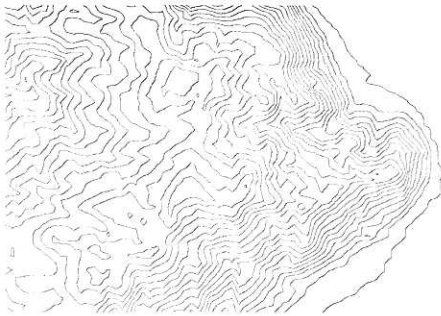


図1 等高線図

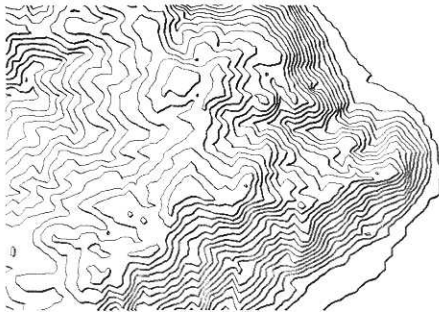


図2 線の太きを変えた等高線図

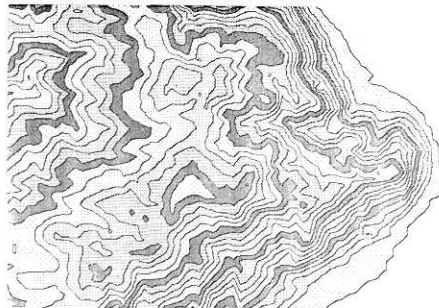


図3 等高パターン図

高パターン図を作成したものである。ドットプリンタを用いてこのようなパターン表現を行う場合には、1つのデータに $t \times t$ のドットパターンを対応させればよい。しかしドットマトリクスの境界が $t \times t$ の小さな四角のギザギザになるために、スムージングを施してなめらかな境界が得られるようにしなければならない。

ドットパターンのスムージングの簡便な方法は、以下のようにすればよい。たとえば、図3で用いられたドットパターンを例にとると、図4に示されるような 8×8 のドットパターンを5ランク作成する。すなわち、5つのドットパターンは、 $P_{k,l,r}$, $k=1, 8$,

$l=1, 8$, $r=1, 5$ のマトリクスの中に0か1かのファイルとして表現される。つぎに細分割された内挿標高 $ZZ_{ii,jj}$ が所属するランク r を求め、 (ii, jj) が対応する (k, l) のファイル $P_{k,l,r}$ の0か1かを (ii, jj) のドットパターンとして移写すれば、スムージングが行われる。 (ii, jj) のドットパターンの最終的なファイルを $D_{ii,jj}$ とすると図5のフローチャートによりスムージングが得られる。

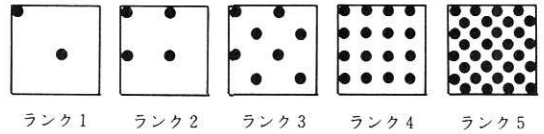


図4 ドットパターンの例

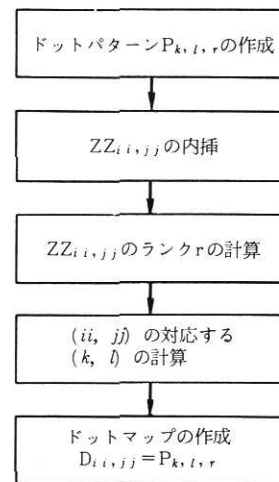


図5 スムージングのフロー

3. 地形景観の三次元表現

地形を平面的に表現しただけでは、多少の高低感は何れられても、横から見た景観を想像できるまでには至らない。地形景観を三次元表現する試みは、従来XYプロッタで地形の縦横断面図を斜投影変換して行われてきた。しかし、縦横断面の斜投影の集合としての地形景観図は、概略の形状を促えることはできるが、道路の路線選定や敷地選定などの土木設計に利用しようとするに標高の尺度がないために利用しにくい欠点があった。地形景観図の利用の上からは、等高線図の斜投影図がほしい。しかし、等高線図の斜投影変換にあたっては、かくれ線の処理を施さねばならず、かくれ線を消去するためのアルゴリズムを作成することに困難

研究速報
 があった。ドット方式を用いた等高線の斜投影変換には、連続した線の追跡が不要であるので以下にのべるようにきわめて容易にそのアルゴリズムを確立することが可能である。

- (1) 図6(a)に示されるように、斜投影座標のX軸を細分割し、地形の断面に注目して、それらの地形点 P_i (x_i, y_i, z_i) の斜投影変換を行う。

$$\begin{cases} X_i = x_i \cos \theta_1 - y_i \cos \theta_2 \\ Y_i = x_i \sin \theta_1 + y_i \sin \theta_2 + S(z_i - z_0) \end{cases}$$

ここで、(x_i, y_i, z_i) は地形点の座標、 S は高さ方向の縮尺、 θ_1, θ_2 は斜め投影角、(X_i, Y_i)は斜投影図上での地形点の座標を示す。

- (2) 上記の断面上の地形点の斜投影変換された点 P_i (X_i, Y_i) のY座標をX軸に近い方から順次つぎのチェックを行う。

$$Y_{max} = Y_1$$

$$Y_{i+1} \geq Y_i \text{ なら } Y_{max} = Y_{i+1}$$

$$Y_{i+1} < Y_{max} \text{ なら 地形点 } P_{i+1} \text{ はかくれてみえない点}$$

- (3) 図6(b)に示すように隣り合う地形点 P_i および P_{i+1} が共に見える点の場合には、その標高 Y_i および Y_{i+1} の間に含まれる等高線をオンにする。

- (4) すべての細分割された断面にわたって上記の作業を行うと、かくれ線の消去された等高線の斜投影図が得られる。

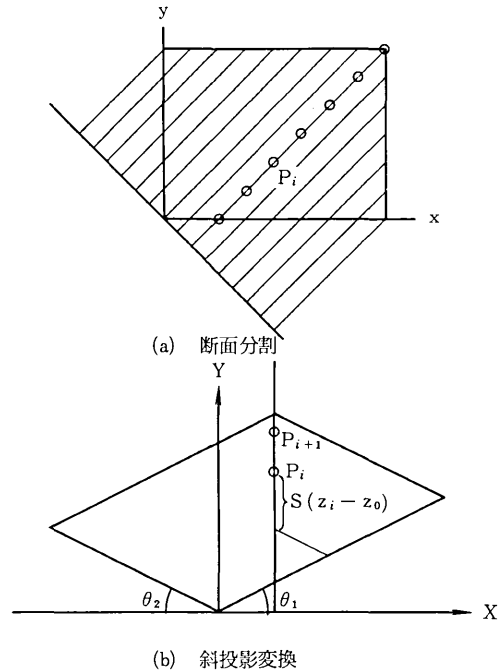


図6 等高線の斜投影変換

図7は上記の作業によって作られた等高線の斜投影図である。この図は高低感を強調するために南側斜面に面する等高線を太くしている。

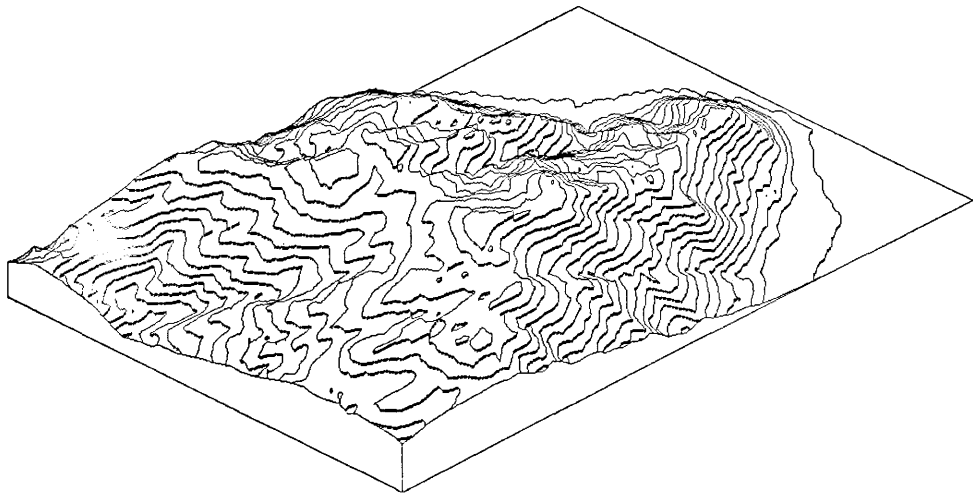


図7 等高線の斜投影図

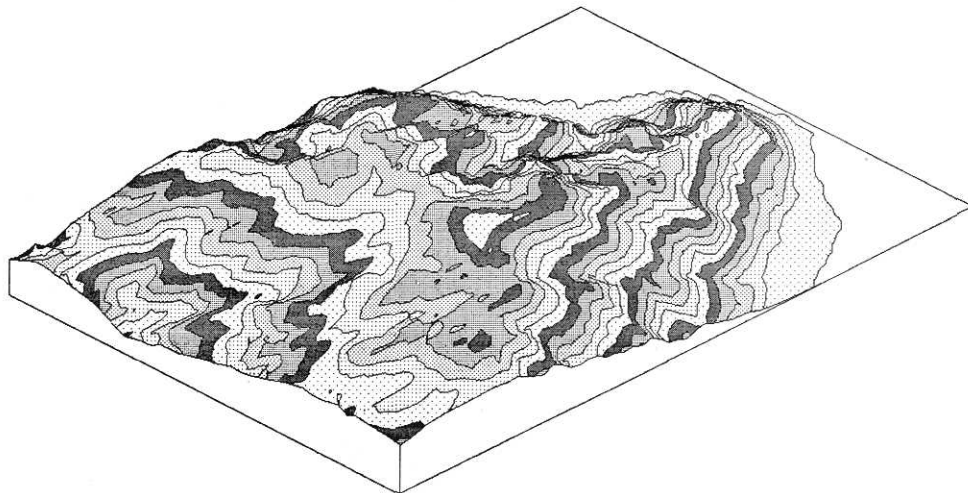


図8 等高パターンの斜投影図

図8は、等高線の斜投影図の中に、等高毎に異なるパターンをはめこんだ図である。このようにすると、地形景観の等高帯が明瞭になる。

4. 地形情報の合成

地形景観図を利用するとき、勾配や斜面方位または谷線など各種の地形情報を同時に参照してみたい。すなわち、地景形観の情報と他の地形情報とを合成したい。このような場合、両者のデータ構造が同じであれば、合成は単純和で得られる。ドットマップは、最終的には0か1かで構成されるマトリクスでありデータ構造は同じであるが、ソースデータのデータ構造は

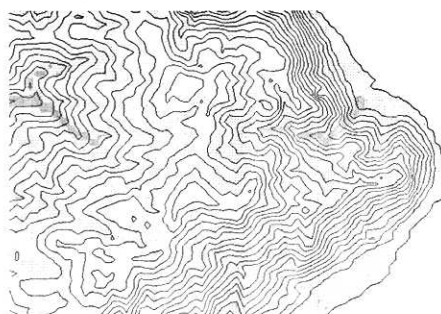


図9 等高線と集水面積の合成

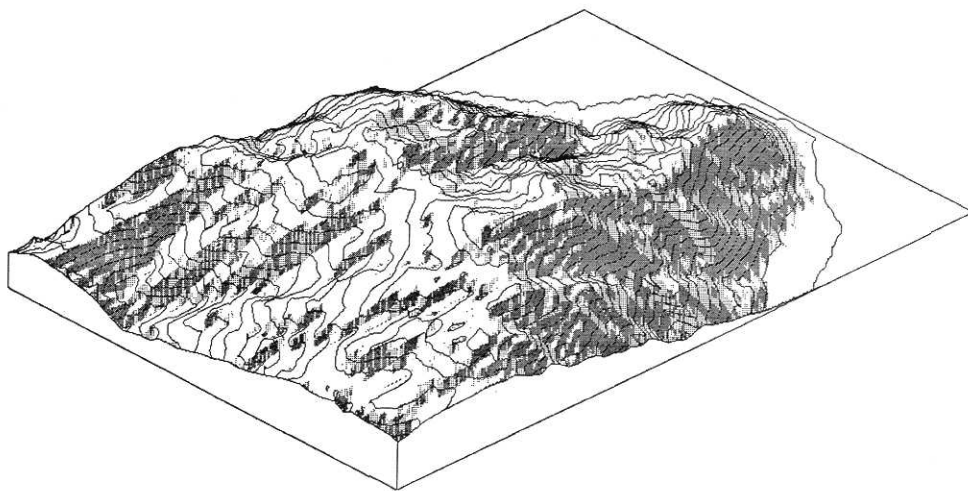


図10 地形景観と斜面情報の合成

研究速報

一般に異なっている。このような場合、ドットマップ方式では、それぞれの情報ファイルを変換処理して最終的に作られるドットマップのファイルをそれぞれ独立に作成して合成してよい。このような点が、XYプロッタなどを用いるような線画主体のファイル合成に比べて、情報の合成が簡便に行える利点となる。

図9は、等高線図と集水面積図の二つのファイルを合成したものである。濃淡の濃いところは集水面積の大きいところ、すなわち谷線をあらわしている。等高線も集水面積のいずれも、ソースデータはメッシュの地形標高である。このような場合の合成は単純和である。

図10は、等高線の斜投影図の中に、南斜面に陰影をつけたものである。この場合、等高線の斜投影図のフ

ァイルと南斜面のファイルとはそのデータ構造が異なるので、南斜面のファイルを変換処理して斜投影のファイルにつくりなおしてから合成を行えばよい。

おわりに

地形情報を数値的に処理して、それらをわかりやすい形で表現することは、地形情報の高度利用の上で解決すべき課題である。ドットマップ方式を採用することにより、従来困難であったり複雑であったアルゴリズムの開発がきわめて容易となり、新しい図形処理の道がひらけてきた。本研究は、このような新しい試みの中間報告である。今後、地形景観の新しい表現の研究を継続してさらに良い成果をあげたいと望んでいる。

(1975年2月27日受理)

