

東京大学生産技術研究所 正会員 村井俊治
建石隆太郎
小宮山澄夫

Ⅱ. 研究の目的

本研究は、遠方から眺めた山岳景観を再現させるため、陰影のついた地形景観図をコンピュータを用いて作成することを目的としている。

2. 研究の方法

本研究は、つぎにのべる段階に従って行われた。

- (1) 数値地形データの入力
- (2) 数値地形モデル (DTM) の作成
- (3) 太陽位置の入力
- (4) 視準方向の入力
- (5) 数値地形データの視覚座標系への変換
- (6) かくれ部の処理
- (7) 陰影の計算
- (8) 画像出力ファイルの作成
- (9) 画像出力 (陰影のついた地形景観図の作成)

3. 研究の前提条件

本研究では、つぎにのべる事項が前提条件となっている。

- (1) 地形曲面は、完全拡散面であると仮定する。したがって、地形曲面は、ランバートの余弦法則に従う完全拡散反射を行うものとする。中距離以上の遠方から眺める場合には、この仮定は実際の反射に近いものと考えてよい。
- (2) 地形曲面は、三角形の平面群で近似されるものとする。山岳地形においては、適切な地形英を選択すれば、三角形群で地形を近似しても、本研究の目的には十分である。
- (3) 本研究では、陰影のうちシェード (shade) のみを扱い、投影による影 (shadow) をとり扱わない。ただし、太陽光の向きに対して、地形曲面が裏側になっているところは、陰影部としてとり扱う。

4. 数値地形モデルの作成

地形曲面を三角形群で近似する方法は、数学的にもっとも簡便なものの一つであるが、本研究の目的に対しては、数値地形モデルに関連して、つぎの項目を求めるアルゴリズムを作成しておくといふ。

- (1) 位置座標 (x, y) を有する地形英が、帰属する三角形の探索と、その三角平面上の高さ z
- (2) 三角形平面の法線ベクトルの方向余弦 l, m, n
- (3) 太陽光と三角形の法線とのなす角: $\cos \theta$
- (4) 視線と三角形の法線とのなす角: $\cos \varphi$
- (5) 直線と交わる三角形の切先の座標
- (6) 直線と三角形群とが作る地形断面

5. 景観図の幾何学

本研究で扱われる景観図は、つぎの2つの幾何学を基本としている。

- (1) 透視図 (中心投影)
- (2) 斜投影図 (無限遠方から見た透視図)

地形英 P の座標を (X, Y, Z) とし、視準方向を Z 軸のまわりに時計方向を正とし角度 α をとり、見おろし角を β とし、視英を (X₀, Y₀, Z₀) とすると、透視図上の座標 (x, y) はつぎようになる。

$$\left. \begin{aligned} x &= f X' / Y' \\ y &= f Z' / Y' \end{aligned} \right\} \text{透視図}$$

f : 画面距離

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & -\sin \beta \\ 0 & \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix}$$

斜投影の幾何学は、つぎの式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} x &= f' \{ \cos \alpha \cdot X - \sin \alpha \cdot Y \} \\ y &= f' \{ \sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot X + \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot Y + \cos \beta (Z - Z_0) \} \end{aligned} \right\}$$

f' : 縮尺係数
 Z_0 : 基準標高

6. 陰影の計算

地形曲面の生ずるシエードは、太陽光と地形曲面のなす角 θ 、および視線と地形曲面のなす角 φ によって影響を受ける。太陽光と直交する面のうける太陽エネルギーを I_0 とすると、 θ だけ角度のついた地形曲面は、つぎの式で与えられるエネルギーを受ける。

$$I = I_0 \cos \theta = I_0 (l.S_x + m.S_y + n.S_z)$$

(l, m, n) : 地形曲面の法線ベクトルの方向余弦

(S_x, S_y, S_z) : 太陽光の方向余弦

このエネルギーが観測者に反射されるときは、さらに、反射エネルギーは減少する。

$$I = I_0 \cos \theta \cos \varphi$$

$\cos \theta$ または $\cos \varphi$ が、負のときは、それぞれ太陽光または視線に対して、地形曲面が裏側であることを示す。

7. 応用例

応用例として、丹沢山系の塔ヶ岳周辺を三角形群で近似し、つぎのケースに対して陰影のついた地形景観図を作成した。

(1) 投影法：斜投影

(2) 面数 121 稜数 79

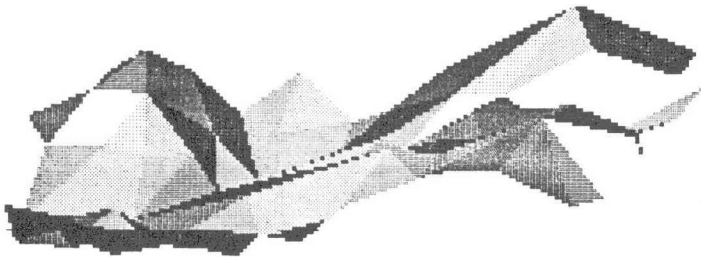


図1

太陽位置 南西45°
視線方向 南から
見下し角20°

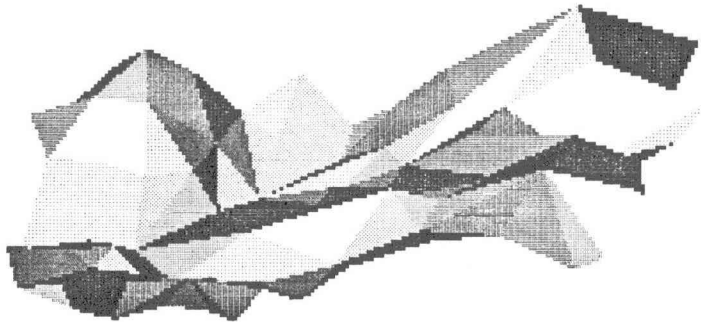


図2

太陽位置 南西45°
視線方向 南から
見下し角30°

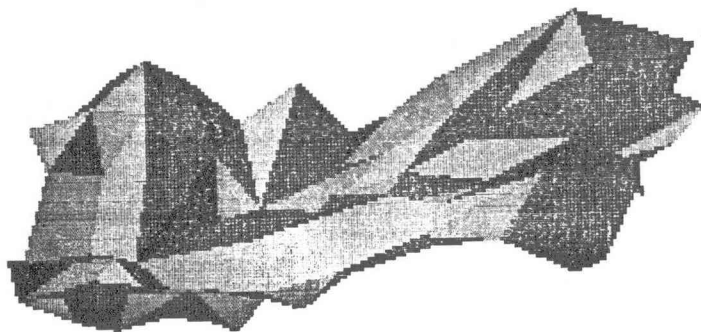


図3

太陽位置 北西45°
視線方向 南から
見下し角30°