

II-47 CADシステムによる流域地形のモデル化

鉄建建設（株）正員 信清 佳昭
鉄建建設（株）正員 近藤 直樹
埼玉大学 正員 佐藤 邦明

1. はじめに

近年、より快適な生活を求めて土地開発への需要が増大する傾向にある。土地利用の変化が急激な今日ではそれに対応して雨水の流出変化を即座に解析できるシステムが必要となってくる。そこで本論は雨水の流出解析を実際の計画や設計に役立てることを念頭におき、設計精度の向上及び現象のビジュアルな把握を三次元CADのグラフィックスで表示すること目的として、そのうち地形をうまく再現することをねらった報告である。

2. 解析システム

解析システムとして米国CV社の三次元CADを使用した。三次元CADは機械設計分野で発達してきた設計システムであるが、最近では実物により近い画像を表現でき、また種々の解析システムともデータ交換が出来るようになり、土木、建築分野においても設計や企画に応用することが容易になってきた。今回はそれをふまえ地形モデルを作成し、その流出解析への適用性を検討した。

3. 処理の過程

等高線データをもとに地形を三次元化し、尾根・谷を発生させることにより流出解析の対象となる流域界を決定し、その流域界のメッシュ分割と各メッシュ要素の勾配及び流向ベクトルの計算までを自動的に処理するもので、以下の各処理より成り立っている。

- ①解析の対象となる流域周辺の等高線及び河道をデジタイザ（座標読みとり装置）によって入力。
- ②三次元CAD上で①のデータからデジタル地形モデル（Dezital Terrain Model以下DTMと称す）を作成。
- ③DTMのメッシュ点列に着目し高さの極大値を尾根、極小値を谷とし、これら尾根・谷の点列から尾根・谷を求め、尾根で囲まれた領域を小流域とし、それらの集合として流出解析の流域界を決定。
- ④流出解析モデルとして流域内を単位斜面にメッシュ分割し各斜面について勾配ベクトルを求める。
- ⑤流出解析を簡便なものとするため④で求めた勾配ベクトルから表示方向をグループ分けすることにより流出解析モデルに使用する流向ベクトルを求める。

4. 対象図形とDTM

図-1に地形のモデル化の対象となる図形を、図-2にそのDTMを示す。DTMは等高線の持つ地形情報を格子上的の三次元点に置き換えたモデルのことで、電子計算機での処理が容易であるためよく利用される。

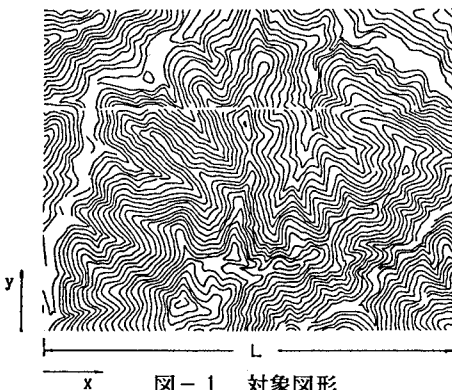


図-1 対象図形

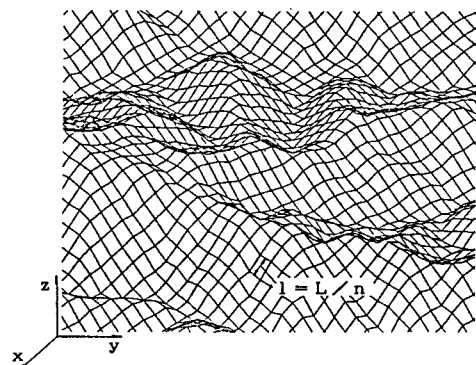


図-2 デジタル地形モデル DTM

DTM作成のアルゴリズムは、対象図形をメッシュに分割し各メッシュ点の標高 h をその点から探索半径 r 内にある等高線データから式(1)により求める。

$$h = \frac{\sum \frac{h_{ci}}{d_{i^2}}}{\sum \frac{1}{d_{i^2}}} \quad (1)$$

ここに h : 標高 h_c : 等高線データ

d_i : メッシュ点から等高線データまでの距離

図-3に示すように各メッシュ点から探索半径内のすべての等高線データに対し距離の二乗に反比例する重力モデルを使用し、探索半径 r は隣り合う等高線の間隔のうち平均的なものの2~3倍程度とした。

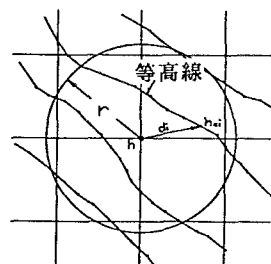


図-3 メッシュ点の標高の求め方

5. 尾根・谷及び流域界の求め方

流出解析に当たって尾根・谷により形成される流域界を求めねばならない。その決定手法として一本のメッシュ点列に着目し、列の方向(x 方向または y 方向)に対する標高の関数を式(2)と定める。

$$H=f(x) \text{ or } H=g(y) \quad (2) \quad \text{ここに、} H: \text{標高}$$

尾根・谷部では以下の(3)式、かつ曲率を満足する(4),(5)式

$$df(x)/dx=0 \text{ or } dg(y)/dy=0 \quad (3)$$

$$d^2f(x)/dx^2 < 0 \text{ or } d^2g(y)/dy^2 < 0 \quad (4)$$

$$d^2f(x)/dx^2 > 0 \text{ or } d^2g(y)/dy^2 > 0 \quad (5)$$

を満たさねばならない。このようにして求められた尾根・谷及びそれらで囲まれた小流域とその集合である流域界を図-4に示す。



図-4 尾根・谷と流域界

6. 斜面勾配及び流向ベクトルの求め方

斜面勾配ベクトルは従来では地形をB-SPLINE曲線で補間したものから数値微分を用いる方法などがあるが、本論では単位斜面を三角形に分け、各斜面について法線ベクトルを求め、それを合成したベクトル $A(x, y, z)$ に対して、それに垂直な平面に対する勾配ベクトル $S(x_s, y_s, z_s)$ を、式(6)により求めた。

$$(x_s, y_s, z_s) = (x, y, -(x^2 + y^2)/z) \quad (6)$$

流向ベクトルは、勾配ベクトル S の XY 平面への像で表されるが、そのベクトルを n 個のグループに分け流出解析を容易にするため表示方向を限定した。なお今回は $n=4$ とした。図-5に A , S と流向ベクトルの関係を、図-6に勾配ベクトルを示す。

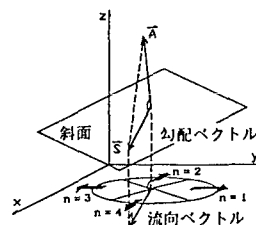


図-5 S , A , 勾配ベクトルの関係

7. まとめ

今回の地形のモデル化では流域界の決定や地形勾配のベクトル表示を可視化することにより流出解析における影響範囲及び地形の傾斜の方向や量が理解しやすいものとなり、計算時間も等高線データが入力されてから15分程度と短時間にできるものとなっている。また、精度においては流出解析を簡便化するため流向ベクトルは大まかな分類としたが、勾配ベクトル、尾根・谷及び流域の決定は定性的にはあるが実際の地形によく即しており一応満足のできるものと考えられる。

参考文献

山田 他 : 地形数値情報を利用した山地流域の地形特性の解析、昭和62年度土木学会北海道支部論文報告集

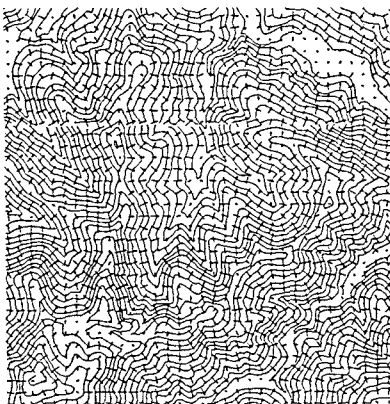


図-6 勾配ベクトル