

# P-67 メッシュ間隔が変化するデジタルマップを利用した 二次元氾濫シミュレーションについて

住鉦コンサルタント(株) 山下伸太郎  
住鉦コンサルタント(株) ○大坪 隆三  
株式会社 海岸気象研究所 神成 佳男

## 1. はじめに

最近10年のコンピュータ計算速度(処理能力)の急速な向上、並びにアルゴリズムの急激な発達には著しいものがあり、それに伴って、

- 1) 誰でも理解、利用できる(コンピュータグラフィックスによる出力、GISとの連携、J-SAS(パソコン用解析ソフト)、等)
- 2) 地形モデルの細密化や河道周辺の微地形や小規模な土木構造物等の考慮したシミュレート(デジタルマップの精度向上)
- 3) より精度が高く、信頼できる解析結果
- 4) 計算時間の短縮化

など、二次元氾濫シミュレーション((財)砂防・地すべり技術センター開発)に求められるニーズが多様化してきた。

これらを克服するために今後さらなる研究が必要となっているが、上記2)のニーズに対しては、事実上デジタルマップのメッシュ間隔をさらに小さくすることによってシミュレート可能であるが、その反面、膨大な計算時間を費やしてしまうのが現状である。

本発表は、河道周辺の微地形や小規模な土木構造物(砂防ダム、流路工、ボックスなど)等を考慮する上で必要と高精度のデジタルマップ(メッシュ間隔小)を利用したシミュレーション解析的計算時間の増大の問題克服を目的とし、解析エリア内の地形条件や土木構造物の配置、規模等を考慮して、場所毎に適切なメッシュ間隔を設定し、そのメッシュ間隔が変化するデジタルマップ(以下、可変デジタルマップ)を利用して二次元氾濫シミュレーション手法について提供されるものである。

メッシュ間隔の違いによる計算時間の比較例

	メッシュ間隔	メッシュ数	演算時間 単位時間	計算時間
ケース1	50m	1万	1.0秒	1
ケース2	5m	100万	0.1秒	約1000

## 2. 二次元氾濫シミュレーション(泥流)の概要

### 2.1 基礎方程式

流れの状態を表わす方程式は、流水の運動を表現する運動方程式と流水・土砂の収

支を表わす連続式とからなり、流送土砂量は流砂量式あるいは土砂濃度式により表わされる。これらの方程式はベクトル方程式であり、二次元シミュレーションでは面的に独立な2つの軸(x方向とy方向)を持っている。

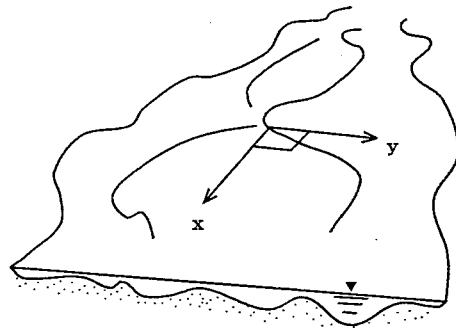


図-1 二次元氾濫シミュレーションの座標軸

x-y平面における二次元漸変流の運動方程式は次の各式で表される。

x方向運動方程式:

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \beta \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \beta \frac{\partial (vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_T}$$

y方向運動方程式:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \beta \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \beta \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_T}$$

ここに、 $M(=uh)$ 、 $N(=vh)$ : xおよびy方向の流量フラックス、 $u$ 、 $v$ : xおよびy方向の断面平均流速、 $Z_b$ : 河床面の地盤標高、 $\beta$ : xおよびy方向の運動量補正係数、 $h$ : 水深、 $H$ : 水位(地盤高+水深)、 $g$ : 重力加速度、 $\rho_T$ : 流動層全体の密度、 $\tau_{bx}$ 、 $\tau_{by}$ : xおよびy方向の流れの抵抗力である。

また、水および砂礫(一様砂)の連続式は次式のとおりである。

水の連続式:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

砂礫の連続式:

$$(一様砂) c. \frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_{Bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{By}}{\partial y} = 0$$

## 2.2 シミュレーション手法の概要

シミュレーション計算による泥流氾濫範囲や河床変動高は、 $M$ 、 $N$ 、 $h$ 、 $z$ 等の諸量を、流れと土砂の運動方程式、連続式を連立して解くことにより求められる。しかし、上述の基礎方程式を解析的に解くことができないため、一般に差分法という近似数値解法により各水理量を求めることになる。基礎方程式の差分にあたっては、leap-frog法を用いた。

実際の計算にあたってはまず、対象範囲を正方形のメッシュに分割し、地盤標高を読みとりデジタルマップを作成する。分割した各メッシュに対して、計算される諸量は差分式上、図-2に示す位置で求められる。

なお、可変デジタルマップを利用して差分法による計算を行う場合、メッシュ間隔が異なるエリアの境界条件として、上述した基礎方程式の特に水および砂礫の連続式を十分に満たすように計算を行っている。

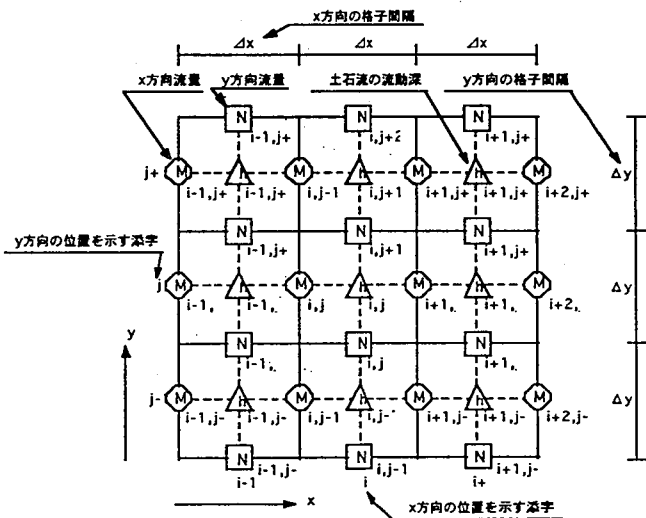


図-2 メッシュと各諸量との関係

## 3. 可変デジタルマップのメッシュ間隔の設定

可変デジタルマップのメッシュ間隔については、地形条件および土木構造物等の配置、規模等を考慮して設定するのが基本となる。シミュレーションを実施する場合、各種計算条件（計算パラメータ、演算単位時間、デジタルマップ、ハイドログラフ、等）を設定しなければならないが、この時点で、流下規模や地形判読等から概ね流下・氾濫の傾向を予測することは可能であると考えられる。あらかじめ予測できる情報と場の条件（地形・施設、等）から場所毎

にメッシュ間隔を設定するのである。

例えば図-3に示すように、山部はメッシュ間隔 20m、谷部は 10m、流れの主流路周辺は 5m、堰堤長・幅等の評価のため砂防ダム周辺は 2.5m といった具合に、場所場所でメッシュ間隔を変えて設定するのである。

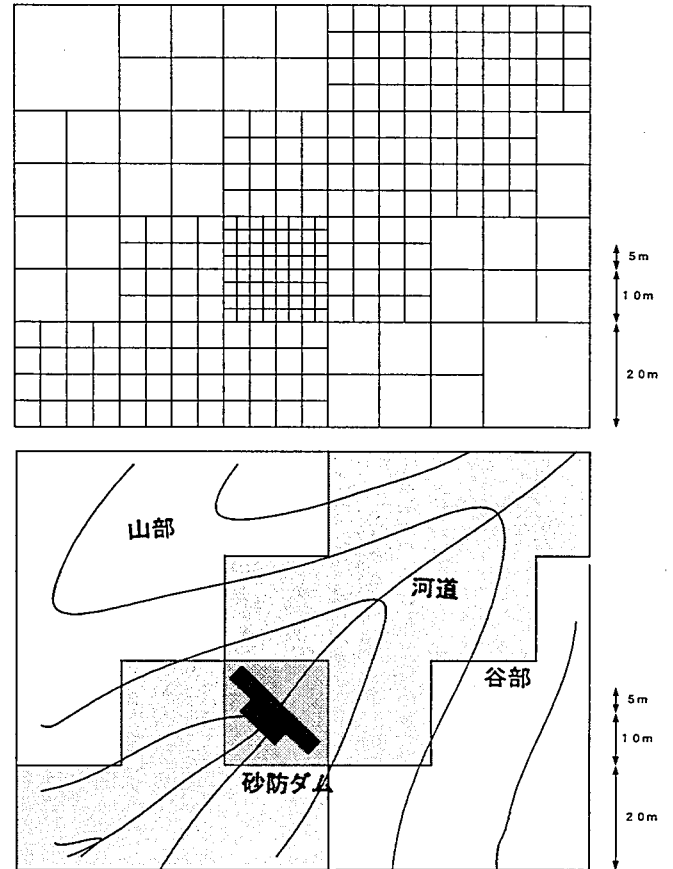


図-3 可変デジタルマップのイメージ

## 4. おわりに

本発表の概要には、可変デジタルマップを利用して二次元氾濫シミュレーション実施し、通常使っているデジタルマップ（正方形直格子）でのシミュレーション結果とを比較し、計算時間や可変メッシュのメリット、デメリット等についてご紹介する予定でありました。

ところが、エリア毎にメッシュ間隔が異なるため、異種配列の出力に少々時間を要しているところです。全体の考察が現時点ではとりまとめられていません。

プレゼン時にすべてご紹介したいと考えています。