

## 複雑な地形上における泥流氾濫予測手法の機能向上に関する研究

独立行政法人土木研究所  
(財)砂防フロンティア整備推進機構  
八千代エンジニアリング 井戸 清雄, 武蔵 由育, 荻 瑛  
高知大学農学部

○三雲 是宏, 西本 晴男  
田中 秀基  
笹原 克夫

## 1. はじめに

火山地域における泥流対策を検討する際、正確なハザードマップの作成と被災予測を迅速に行う必要がある。しかし、湾曲した流路や道路など氾濫域の地形が複雑な場合には、正確な氾濫範囲の推測が困難であり、ハザードマップの精度にも影響が生じる。本研究は、このような複雑な氾濫域の地形を適切に評価するための手法として、非構造格子モデルを氾濫シミュレーションに導入しその有効性について検討したものである。

## 2. シミュレーションモデル

本研究では、過去に実施された泥流氾濫シミュレーションの事例<sup>1)</sup>を参考に同様の基礎式を離散化し、差分スキームを組んで計算を行っている。これまでは、地形を正方形の格子に区切った構造格子モデルをもとにした泥流氾濫シミュレーションが行われてきた<sup>2)</sup>。構造格子モデルでは、計算のために必要な地形データを機械的作業によって容易に作成できるが、地形の要素として取り込むことのできる情報は格子の大きさによって制限されるため、泥流の流下・堆積範囲に影響を及ぼす河道の形状などの要素を充分に取り入れることが困難である。一方、非構造格子モデル<sup>1)</sup>は、河道や道路に沿って格子の大きさ・形状を自由に設定出来るため、複雑な地形の要素を取り入れることが可能である。そこで、本シミュレーションでは土木研究所で過去に実施した模型実験の結果を再現対象として、構造格子モデルおよび非構造格子モデルの双方で再現計算を行い、その再現性について比較した。

## 3. 実験模型の格子モデルの作成

泥流が流下する地形を近似するモデルとして、構造格子と非構造格子の2種類を作成した。構造格子、非構造格子の地形データを図1、図2に示す。

構造格子モデルは、実験模型の縦横断面図をもとに5cmメッシュの格子データで作成した。また、流路については、5cmメッシュで連続するように平面的に近似し、比高差を実験模型と同様につけて地形データを作成した。非構造格子モデルは、実験模型の縦横断面図をもとに多角形の集合体で作成した。特に、再現性の精度を上げたいと考えられる流路、道路および家屋近傍は細かく分割し、田畑部については大きく分割してメッシュを形成した。

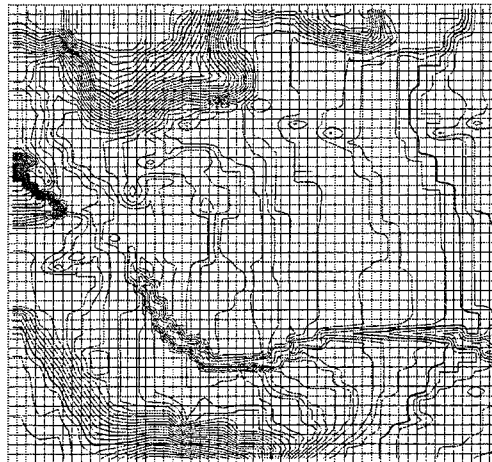


図1 構造格子の地形データ

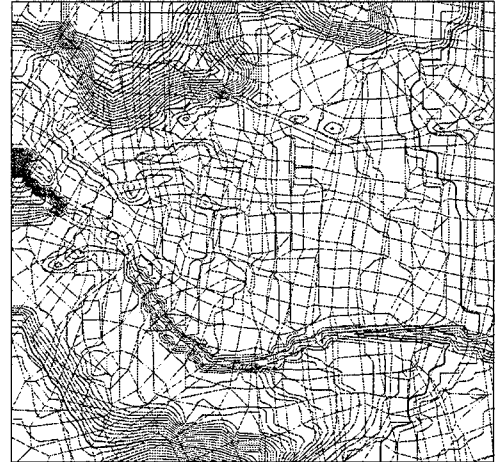


図2 非構造格子の地形データ

特に、再現性の精度を上げたいと考えられる流路、道路および家屋近傍は細かく分割し、田畑部については大きく分割してメッシュを形成した。

## 4. シミュレーション結果

計算条件は、過去の事例<sup>2)3)</sup>を参考に粗度係数  $n$  を 0.01, 内部摩擦角  $\tan\phi$  を 0.6, 堆積土砂濃度  $C^*$  を 0.6, 掃流限界濃度  $C_{dc}$  を 0.01, 砂礫密度  $\sigma$  を 2.65, 水の密度  $\rho$  を 1.0 とした。本モデルに組込んだ、堆積による地形変動を表す堆積速度式において、堆積のしやすさを表す堆積速度係数  $\delta d$  も、同様に過去の事例で使われている範囲 (0.01~0.001の間) で値を変化させながら計算した。堆積速度式を式(1)に示す。

$$i = \delta d \left( \frac{C_{L\infty} - C_L}{C_{*L}} \right) \cdot \frac{q_T}{h} \quad \dots (1)$$

ここに、

$C_L$ : 粗粒子の容積濃度	$q_T$ : 単位幅流量
$C_{*L}$ : 堆積層の容積濃度	$h$ : 水深
$C_{L\infty}$ : 平衡土砂濃度	である。

表1に計算ケースを示す。構造格子モデルについては6通りのケース、非構造格子モデルについては3通りのケースについて計算している。

模型実験における堆積状況を図3に示す。図中において、白抜きの小さな正方形は模型上に配置した角柱を表しており、市街地における建物を模式化したものである。網掛けで示した部分は堆積域、薄い線で示した広がりは氾濫範囲を表している。構造格子モデルの Case-1 および非構造格子モデルの Case-1 における最終堆積深のシミュレーション結果を図4、図5に示す。再現結果を比較して整理すると表2のようにまとめることができる。河道などの地形に沿った氾濫については、非構造格子モデルの方が構造格子モデルより再現性が高いと考えられる。また、非構造格子モデルにおいて、堆積速度係数を 0.01 とした場合がほぼ妥当な結果となり、0.01 より大きい場合は実験結果より大きく堆積する結果となった。

表1 計算条件と計算ケース

項目	記号	構造格子モデル						非構造格子モデル		
		Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5	Case6	Case-1	Case-2	Case-3
堆積速度係数	$\delta d$	0.01	0.012	0.015	0.005	0.002	0.001	0.01	0.012	0.015

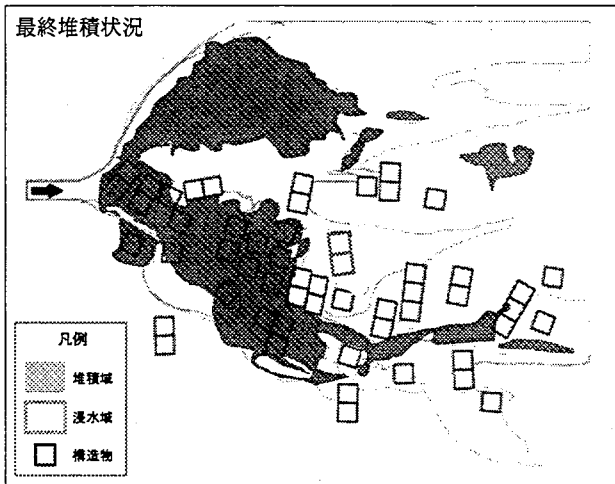


図3 模型実験における堆積状況

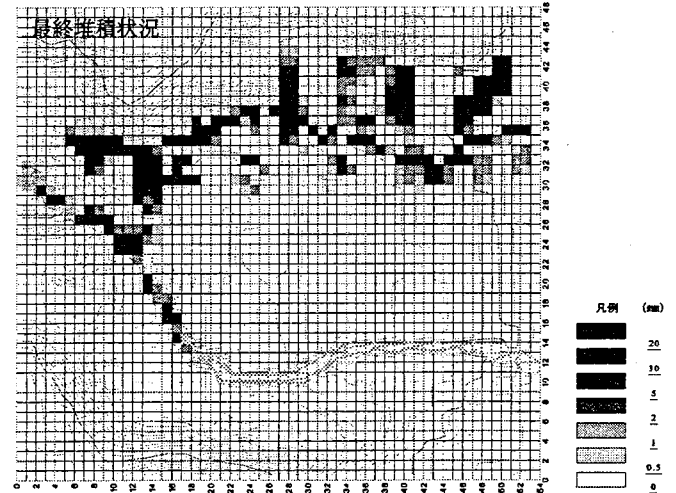


図4 構造格子モデルによる再現計算結果

表2 再現結果の比較

	構造格子モデル	非構造格子モデル
計算結果の再現性	流路に沿った右岸側の堆積は再現できていない。	流路にそった右岸側の堆積も再現されている。
比較評価	構造格子モデルでは再現出来なかった流路に沿った堆積を非構造格子モデルでは再現出来ており、湾曲した地形周りの堆積については非構造格子モデルの方が構造格子モデルより再現性が優れているものと考えられる。	

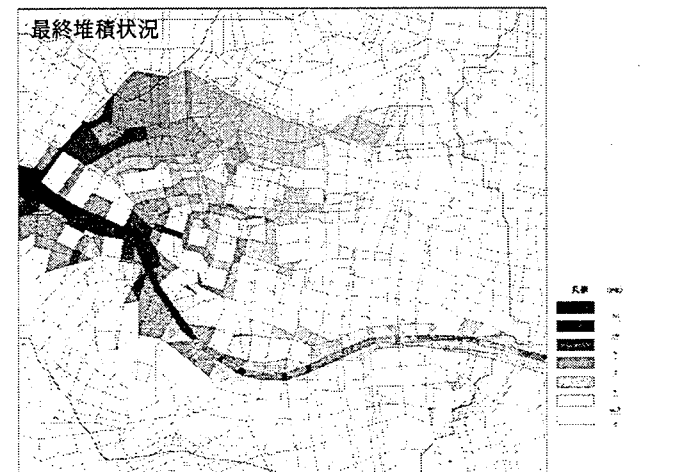


図5 非構造格子モデルによる再現計算結果

## 5. おわりに

土木研究所で実験を行った模型における地形について、非構造格子モデルでシミュレーションするほうが流路沿いの氾濫も表現できており、構造格子モデルで行う場合より精度よく表現できた。これにより、氾濫域の地形が複雑な場合には非構造格子モデルが有用であることを示すことができた。ただし、非構造格子モデルは、地形データ等の作成に時間がかかることが指摘される。

## 謝辞

本研究の氾濫シミュレーションは、京都大学防災研究所中川一教授から貸与されたプログラムを改変して実施したものである。ここに記して謝意を表します。

## <参考文献>

- 1) 中川一・高橋保・里深好文・川池健司：「1999年ベネズエラのカムリグランデ流域で発生した土砂災害について-数値シミュレーションによる再現計算と砂防施設設置効果の評価-」, 京都大学防災研究所年報, 第44号B-2, PP.207-228, 2001
- 2) 中川一・高橋保・里深好文・立川康人・市川温・吉田義則・中村行雄：「平成9年度鹿児島県出水市針原川で発生した土石流災害について」, 京都大学防災研究所年報, 第41号B-2, PP.287-298, 1998
- 3) 川池健司・井上和也・戸田圭一・中川一・中井勉：「急傾斜都市における土砂・氾濫災害の解析」, 京都大学防災研究所年報, 第43号B-2, PP.333-343, 2000