

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の適用性（その2）

住鋤コンサルタント株式会社 山下伸太郎, ○大坪隆三
株式会社 海岸気象研究所 神成 佳男

1. はじめに

従来の土砂流や泥流の二次元氾濫シミュレーションでは、地形形状のモデル化には計算領域全体で等間隔の矩形メッシュが用いられており、河道周辺の微地形や土木構造物(砂防堰堤、流路工、導流堤等)を考慮したシミュレーション実施する場合、計算領域全域において構造物等の最小単位幅を基本にメッシュ間隔を統一する必要がある。そのため、データ作成や計算実行には最小単位幅に制約されることになる。

これまでモデルの構築を中心に、上記シミュレーション実施上の課題を念頭に置いて、計算領域内の構造物や局所的な微地形を効率よく評価するために、場所毎に適切なメッシュ間隔を設定（大格子と小格子の設定）し、そのメッシュ間隔が変化するデジタルマップ(以下、可変メッシュモデル)を利用したシミュレーションプログラムの検討を行った¹⁾。さらに、より複雑な実地形モデルにおいて、大格子と小格子の接合法の精度向上を図りながら、土砂を対象とした土砂氾濫計算を実施した²³⁾。

これらの検討から、本モデルは、解析で必要とされる精度のメッシュ間隔を個別に指定しながら一連の計算が可能であり、今後、①砂防施設の評価や、②谷出口下流に整備された流路の形状を考慮した氾濫抑制効果（越水・氾濫の評価）の検証等を効率よく評価できると判断した。

そこで、本発表では、上記判断をより確実なものに近づけるため、②の評価を目的として、六甲住吉川の昭和13年災害の土砂移動実績との比較により、本モデルの検証を実施し同モデルの適用性について考察した。

2. 可変メッシュ対応型シミュレーションモデルの概要

メッシュ間隔が異なる2領域間の接合は、運動方程式並びに連続式が大格子と小格子の2境界間で満たされる必要がある。

本プログラムでは、津波シミュレーション(高潮の計算)⁴⁾で用いられている手法を参考に、大格子と小格子の境界では水位を同じとして接合を行った。具体的には図-1に示した模式図のように大格子から小格子への流れの場合、大格子で計算された水位を大格子に接する小格子の境界条件とし、その水位を基に運動方程式より流量フラックスを計算し、その流量フラックスから次は連続の式により水位を計算するという方法をとった。

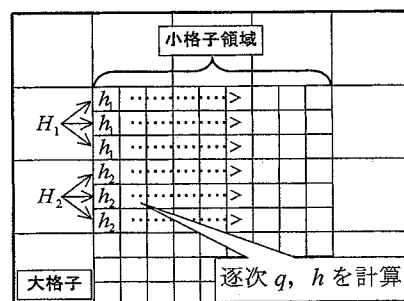


図-1 2領域間の接合(境界模式図)

3. 土砂移動実績との比較による計算モデル検証

3.1 検証計算の対象流域と対象土砂災害

検証計算の対象流域並びに対象土砂災害については、砂防領域特有の谷出口下流に扇状地形を有し、比較的災害当時の土砂移動に関する調査報告⁵⁾が多い六甲住吉川の昭和13年災害とした。図-2には昭和13年災害時の住吉川における実績浸水域、並びに実績土砂氾濫域を示す。

3.2 住吉川の可変メッシュ地形モデル

計算で用いる住吉川の可変メッシュ地形モデルは、国土地理院発行の数値地図（メッシュ間隔 50m 相当）をもとに、図-3 に示すように40mメッシュ間隔の大格子領域に20mメッシュ間隔の小格子領域を内在させた。小格子領域は越水による土砂氾濫の影響を考慮して、谷出口から下流東神戸港までの下流流路整備区間に配置した。なお、小格子領域の地形データは、下流流路地形を表現したものを用いている。

3.3 計算条件

清水ハイドログラフは、ハイトグラフ（S13 年災害時の時間雨量データ：神戸海洋気象台）から中安の総合単位図法により作成した。ピーク流量は $150\text{m}^3/\text{s}$ である。また、土砂ハイドログラフは、対象土砂量を実績流出土砂量の $173\text{万}\text{m}^3$ とし、清水ハイドログラフに対して同濃度（21%）の土砂を谷出口から供給した。その他の計算条件とあわせ、表-1 に計算条件一覧表を示す。

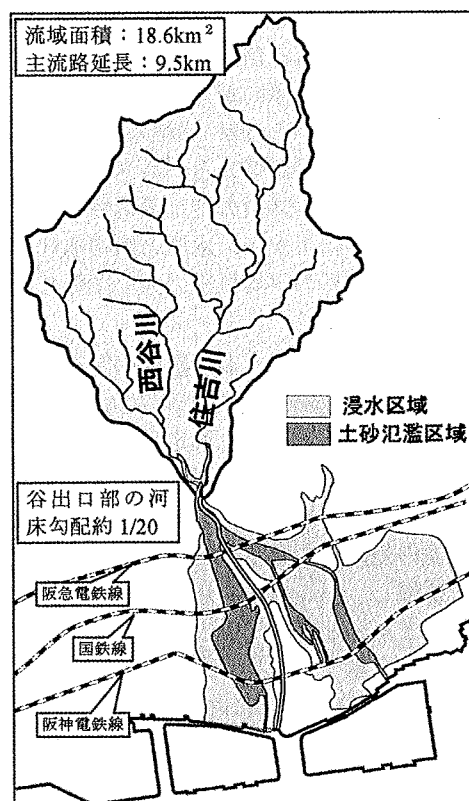


図-2 S13 年災害(住吉川)土砂氾濫実績図

表-1 計算条件一覧表

項目	数値	備考
総雨量	461.8mm	実績値
最大時間雨量	60.8mm	実績値
流出土砂量(規模)	173 万 m ³	実績値, 谷出口下流
ピーク流量	150m ³ /s	流出解析
土砂濃度(供給)	21%	
砂礫密度	2.65g/cm ³	一般値
水密度	1.0g/cm ³	一般値
内部摩擦角	35°	一般値
代表粒径(単一)	12cm	実績値
流砂量式(M.P.M.式)	係数 8	

3.4 計算結果(考察)

3.3 の計算条件のもと可変メッシュを用いた計算を実施した。図-4 には最大流動深分布図を、図-5 には最終土砂堆積深分布図を示す。図-4 の最大流動深分布を見ると、谷出口を通過した土石流は直下の流路において越水し、右岸側と左岸側の両方に氾濫する。氾濫の主流は概ね本川流路の脇を南下し、その流動深は最大で 3.0m 程度である。また、図-1 の実績浸水域との比較から氾濫範囲は概ね実績と同様の結果が得られた。さらに、図-5 の最終土砂堆積深分布を見ると、堆積分布の傾向は氾濫の主流を中心に堆積し、右岸側では海岸付近まで到達する土砂も見られる。図-1 の実績土砂氾濫域との比較から氾濫範囲は概ね実績と同様の結果が得られた。

また、図示していないが、構造メッシュ(50m メッシュ)の計算との比較で、下流流路周辺域の氾濫について再現性が向上する結果が確認できた。

以上より、可変メッシュを用いた計算結果は六甲住吉川における S13 年災害の土砂氾濫傾向をよく表した結果になったと判断される。

4. まとめ

可変メッシュ対応型シミュレーションモデルを用いて、六甲住吉川の昭和 13 年災害を対象とする検証計算を実施した。その結果、実績の浸水域と土砂氾濫域とほぼ同等の解析結果が得られた。本モデルでは氾濫傾向に影響が出やすい谷出口直下や下流流路付近周辺等の局所的な微地形部分を小格子(20m メッシュ)でより細かく表現することで、越水・氾濫する条件をより効率的に解析することができたと考える。本モデルは実用段階のレベルまで達したと考えている。

今後は、さらに砂防流域特有の様々な地形条件で検証計算を積み重ねるとともに、メッシュ間隔の異なりが3領域以上の計算を視野に入れた段階的なメッシュおとし(大格子→中格子→小格子)手法の検討等、同モデルの精度向上に努めていきたい。

参考文献

- 1) 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、平成 12 年度砂防学会発表会概要集, p.390-391, 2000
- 2) 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(その2)、平成 13 年度砂防学会発表会概要集, p.318-319, 2001
- 3) メッシュ間隔が変化するデジタルマップを用いた二次元氾濫シミュレーションの適用性、平成 19 年度砂防学会発表会概要集, p.306-307, 2007
- 4) 伊藤剛(1971),「数値計算の応用と基礎(水理学を中心として)」アテネ出版, 1章(高潮の計算)p.1-27
- 5) 「六甲三十年史」,「六甲砂防六十年史」六甲砂防工事事務所

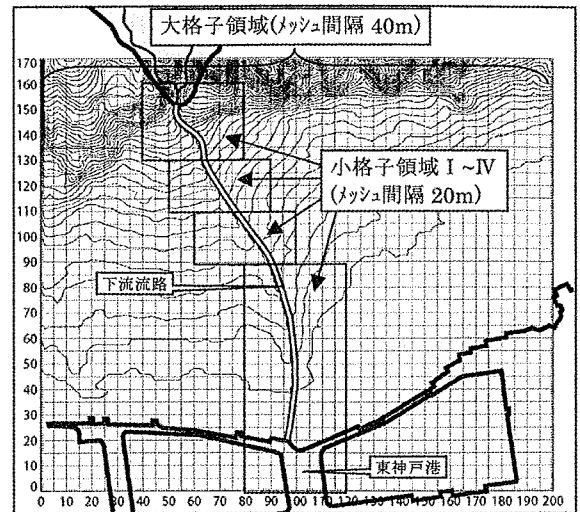


図-3 住吉川可変モデル地形の模式図

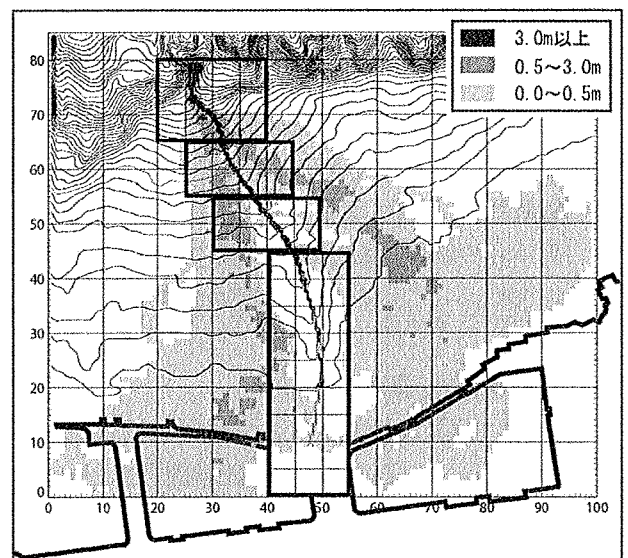


図-4 最大流動深分布図

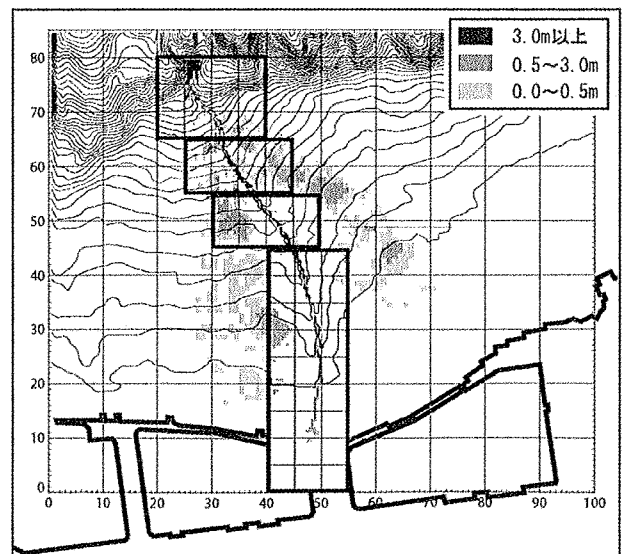


図-5 最終土砂堆積深分布図