

## 山口県防府市の降雨災害における GIS の適用

長崎大学工学部 学生会員 ○中村 嘉一  
長崎大学大学院 フェロー会員 棚橋 由彦

長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静  
長崎大学大学院 学生会員 近藤 学

## 1. はじめに

我が国は、国土の約 70% が山岳地帯であり、土砂災害とは常に隣り合わせの状況にある。特に近年、集中豪雨や地震による災害が多発しており、被害を最小限に抑えるためには災害によって受ける被害の影響範囲を予測することが必要不可欠である。本研究では 2009 年 7 月の集中豪雨により発生した山口県防府市真尾地区の土石流を対象とし、GIS を用いたシミュレーションを行う。本研究の目的は GIS によりラスターデータを作成し、有限差分法を用いた解析により、土砂の流れと氾濫量・区域を予測し評価することにある。

## 2. 山口県防府市での被害状況

山口県では、2009 年 7 月に起きた豪雨災害による死者・行方不明者は 16 人と報じられている。そのなかでも、特別養護老人ホーム「ライフケア高砂」を襲った土石流は、1 平方メートルあたり最大 9 トンの圧力で施設建物もほぼ全壊状態、死者 7 人と特に多くの死者が発生し、不幸な豪雨災害となった<sup>1)</sup>。本地域はやや急峻な山地であり、地質は著しく風化した花崗岩～花崗閃緑岩(後期白亜紀)で、地表付近では真砂(マサ)と呼ばれる土砂に近いもろい性質となっている。

## 3. 土石流の支配方程式と GIS におけるアルゴリズム

本研究では、土石流の運動をモデル化することによって、土石流の流動とそれに伴う氾濫量・区域を予測する。モデルの構成を考える上で考慮すべき点は、土石流は非正常であり、堆積が考慮されなければならない。また、土石流は水と砂礫の混合物である。土石流の発生過程から堆積が終了するまでの過程を追跡するための 2 次元連続方程式は式(1)に示し、また支配方程式は、流れの質量保存則、運動量保存則から構成される。

連続方程式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

運動方程式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \alpha \frac{\partial(M\bar{u})}{\partial x} + \alpha \frac{\partial(M\bar{v})}{\partial y} = -\frac{\partial H}{\partial x} gh + \frac{\mu\beta}{\rho_d} \left( \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) - \mu\sqrt{gh} \cos\theta_y \tan\phi \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \alpha \frac{\partial(N\bar{u})}{\partial x} + \alpha \frac{\partial(N\bar{v})}{\partial y} = -\frac{\partial H}{\partial x} gh + \frac{\mu\beta}{\rho_d} \left( \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) - \mu\sqrt{gh} \cos\theta_y \tan\phi \quad (3)$$

ここで、 $t$ : 時間,  $x, y$ :  $x$  と  $y$  方向の距離,  $M, N$ :  $x$  と  $y$  方向の単位幅当たりの流量,  $\bar{u}, \bar{v}$ :  $x$  と  $y$  方向の水深平均流速,  $\alpha, \beta$ : 運動量補正係数,  $g$ : 重力加速度,  $h$ : 流動深さ,  $H$ : 標高+ $h$ ,  $\mu$ : 動粘性係数,  $\rho_d$ : 等価密度である。

GIS のグリッドメッシュを有限差分法のメッシュとして、連続流体の連続式と運動方程式の基礎式を差分法により離散化して<sup>2)</sup>、既存研究のパラメータを参考に解析を行い、土砂移動の状況、到達距離、移動速度などを求める。流れの判定としては現地調査データとシミュレーション結果との比較により行う。

## 4. 解析結果と考察

今回は複数ある滑り面から比較的規模の大きな 2 箇所を選び、それぞれ A と B とし、シミュレーションを行った。また、土石流の流れを防ぐため、老人ホームより手前の場所に高さ 10m の砂防壁を設置しその効果をシミュレーションで評価する。以下に解析により算出された土石流の流動を表示する。



図-1 山口県防府市真尾地区航空写真

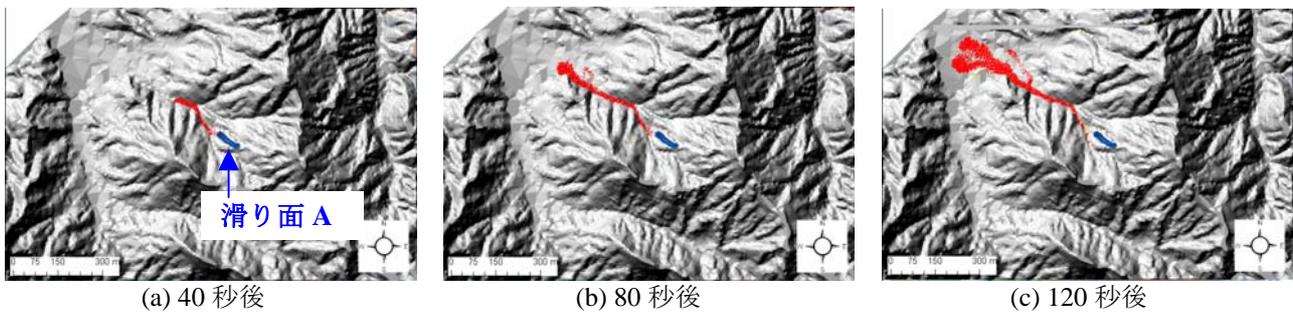


図-2 滑り面 A 解析結果

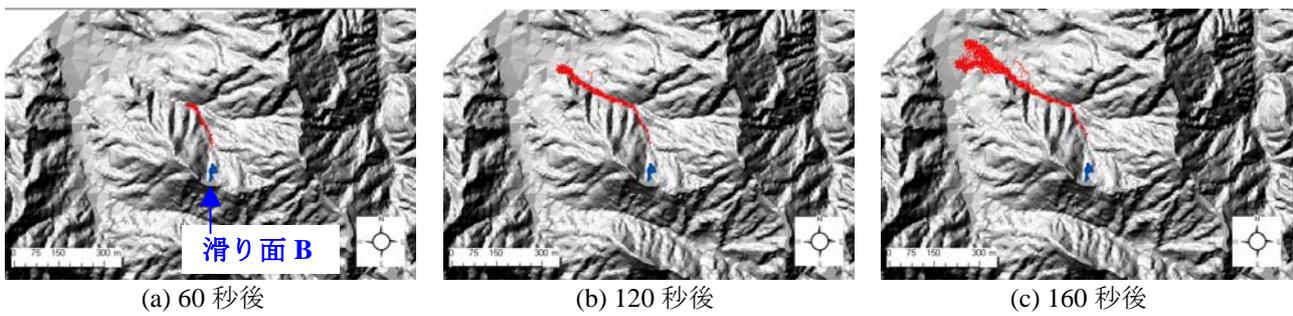


図-3 滑り面 B 解析結果

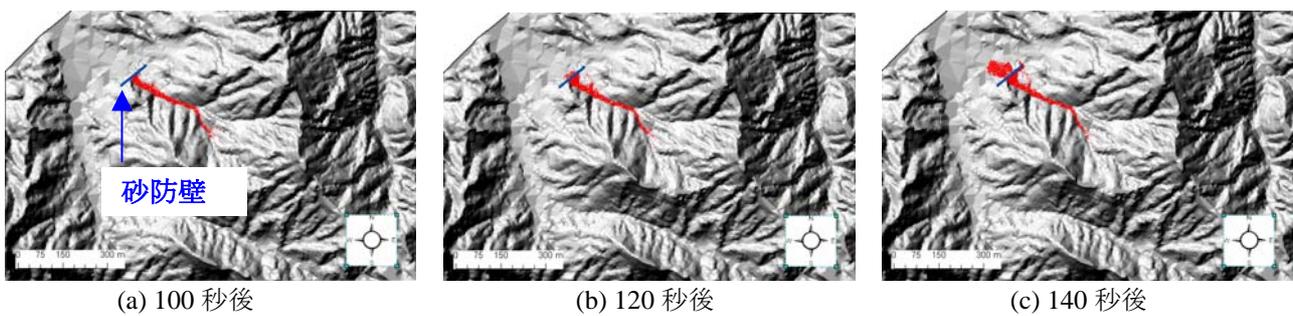


図-4 砂防壁設置後の解析結果

滑り面 A と B の解析結果を比較すると、概ね同じ挙動を示していることが分かる。2 つの流れに時間的な差があるのは、単純に距離の差のためである。また、図-5 に示すように実際の土石流の流れとシミュレーションでは流れに若干の違いが現れている。これは参考にした等高線<sup>3)</sup>が 10m 間隔のため、高度の低い部分を細かく入力できなかったためと思われる。砂防壁は高さ 10m のものを設置したものの、図-4 から分かるように土石は砂防壁を越えて流れ出した。しかし同じ経過時間の砂防壁がない場合のシミュレーション結果と比較すると、流れは少し遅れているので今回設置した砂防壁よりも高い砂防壁を設ければさらに高い効果が期待できると考える。

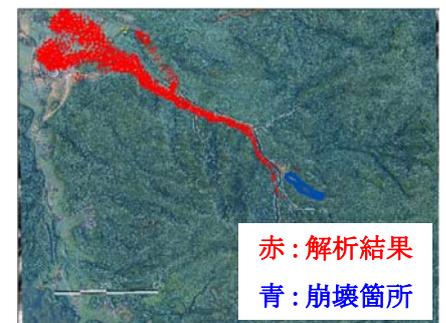


図-5 実際の土石流と解析結果の比較

5. おわりに

今回のシミュレーションでは、実際の被害と非常に近い結果を示すことが出来た。若干の誤差はメッシュサイズに影響されたものと考えられるので、今後は標高の低い部分への細かいデータの入力を行いより被害現場に近い状態にし、砂防壁の高さを変更するなどした上での影響評価を行いたい。

【参考文献】

- 1) 朝日新聞社 : <http://www.asahi.com/national/update/0722/SEB200907220034.html>
- 2) 王純祥 : GIS-based two-dimensional numerical simulation of rainfall-induced debris flow, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, pp.47-58, 2008
- 3) 地図閲覧サービス : <http://watchizu.gsi.go.jp/>