

# GIS と連携した土石流シミュレーションシステムの開発

一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 堀内成郎<sup>1)</sup>、岩浪英二<sup>2)</sup>、 照沼利浩  
京都大学大学院農学研究科 中谷加奈、水山高久  
立命館大学理工学部 里深好文

## 1. はじめに

土石流の氾濫解析は、土砂災害発生規模の予測や、効果的な砂防構造物の検討において有効であり、これまで多数のシミュレーションモデルが提案され、平常時の砂防計画立案の際に有効利用されてきている。さらに、天然ダムを形成するような大規模土砂災害発生時には、土石流の氾濫解析によって天然ダム決壊に起因する下流側の氾濫区域を想定することとなり、その重要性は益々高まっていると言える。

氾濫解析のツールとして、大規模土砂災害発生時に、国土交通省など関係機関で利用されているのが、(独)土木研究所が提供している「土石流災害の想定される区域の計算プログラム」(以下、「土研プログラム」という)である。土研プログラムは、これまで一部の専門家やコンサルタント会社でしか取り扱えなかった土石流シミュレータが、特別な知識がなくてもシミュレーションできるという点で画期的であり、平成 23 年の紀伊半島災害においても、土石流の氾濫範囲を想定する際に活用されている。

しかしながら、土研プログラムは国土地理院の 10m メッシュ標高データを用いて、氾濫区域を 50m メッシュで出力するため、天然ダム対応の初期段階に概略的に把握するには適しているが、航空 LP 計測データなど詳細な三次元地形データには現時点で未対応であり、その後の精度向上作業で利用するには課題も存在する。そこで筆者らは、航空 LP データ等を活用し、平常時には砂防計画を支援する一方、災害発生時(天然ダム形成時)には土研プログラムを補完して精度向上を図ることができる土石流シミュレーションシステムを検討・開発することとした。

## 2. システムの開発方針

通常の土石流シミュレータは、何らかの条件をユーザが入力し、その入力条件に基づいてコンピュータ内部で計算処理し、その結果をユーザが判断できる形で出力する仕組みとなっている。ここで多くの土石流シミュレータで課題となっているのが、“入力の煩雑さ”と、“出力の分かりづらさ”であり、このことが手軽に氾濫解析を実行できないことの障壁となっている。土研プログラムでは、入出力の操作を簡易化することでこの課題を解決し、多くのユーザが手軽に利用できる環境を実現している。今回構築

するシステムにおいても、“入出力のしやすさ”は必須条件と考え、より効果的なユーザインタフェースを提供するために、GIS (Geographic Information System: 地理情報システム) と連携させた土石流シミュレーションシステムとすることを基本方針として定めた。GIS と連携することで、氾濫解析の入出力を地図上で視覚的に操作できるメリットがある。

- ・三次元地形データ
- ・各種パラメータ等
- ・一次元河床変動計算
- ・二次元氾濫計算

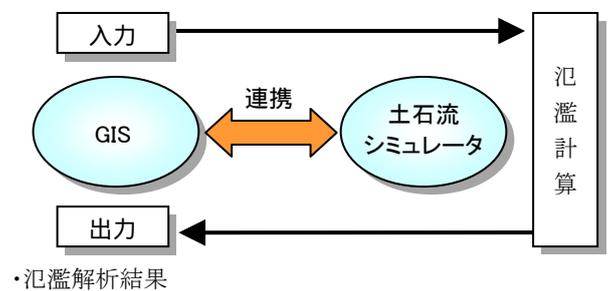


図1 GIS と土石流シミュレータの連携

## 3. システムの開発結果

### 3.1 Kanako 2D の改良

基本となる土石流シミュレータとしては、土石流の一次元河床変動計算と二次元氾濫計算を、一連の操作で連続実行でき、また砂防堰堤による効果も評価可能な Kanako 2D (Nakatani *et al.*, 2008) を選定した。ただし、Kanako 2D には地理座標の概念が組み込まれておらず、基本プログラムのみでは GIS との連携を実現できない等の課題も存在することから、以下に示す改良を施した。なお、筆者らは改良を施した Kanako 2D のことを“Hyper KANAKO”と呼んでいる(堀内ら, 2012)。

[地理座標の付与]

GIS と連携するために、計算処理する Kanako 2D の入出力情報に絶対座標値 (JGD2000: 平面直角座標) が付くように改良した。この改良により、座標を持った地図上からの入力を受け付けて処理し、その結果を GIS に返して表示することが可能となった。

[航空 LP 計測データの対応]

国土交通省では、平成 20 年度以降、全国の直轄砂防区域とその周辺地域を中心として、全国统一規格

1) 現: 株式会社パスコ

2) 現: 中日本航空株式会社

による高精度 (1m×1m) の航空レーザ計測データを取得しており、現時点で中山間地域を中心に国土面積の約 15% (5 万 5 千km<sup>2</sup>) をカバーし、今後の危機管理や砂防調査において幅広い利用が期待されている。そこで、氾濫解析に必要となる三次元地形データとして、航空レーザ計測データを利用できるように改良した。ただし、地形データのメッシュサイズは、細かい程適しているわけでもないため、1m メッシュのデータを基に、5m・10m・20m・50m のサイズを自由に選択できるようにしている。

#### [計算処理の高速化]

Kanako 2D のメモリ管理方法や計算処理アルゴリズムを見直し、シミュレーション時間を大幅に短縮した。例えば、これまでは矩形で囲んだ解析範囲全域、つまり明らかに土石流の氾濫が及ばない尾根部なども計算対象としていたが、その処理方法を改め、氾濫が想定される溪流部や平野部のみを対象に計算するように修正した。

### 3.2 GIS によるユーザインタフェースの構築

氾濫解析のインタフェースとなる GIS については、大規模土砂災害発生時に多人数で自由に利用することが必要となることを踏まえ、「Web ブラウザで利用できること」「オープンソースソフトウェアを利用すること」を要件とした。具体的には、GIS ソフトウェアとして Web 型 GIS である「MapServer」、データベースソフトウェアとして「PostgreSQL」を選定した。両方とも無償のソフトウェアであるが、数多くの分野で採用されており、機能面での信頼度も高いため、災害発生時の利用も念頭に置いている本システムに適していると考えた。また、入力の煩雑さと出力の分かりづらさを解消するために、GIS による入出力インタフェースは以下のように設定した。

#### [GIS からの入力]

Kanako 2D への入力条件のうち、地理情報を GIS から自動取得することで、入力の煩雑さを解消した。例えば、土石流の氾濫解析を実行するには多くの工程を踏む必要があり、特に解析対象の三次元地形データを作成する工程に時間と手間がかかるが、あらかじめ広範囲で三次元地形データを作成して GIS 上に登録し、その中から地図上で解析対象範囲を任意に選択し、その座標情報を Kanako 2D に渡す仕組みとすることで、工程の大幅な簡略化を実現できる。

#### [GIS への出力]

前述のとおり、改良前の Kanako 2D は地理座標の概念がなかったため、氾濫解析結果を既存の地図と照らし合わせることが困難であった。しかし、今回の改良で地理座標が付与された特性を踏まえ、GIS の特徴である地図レイヤの重ね合わせ (オーバーレイ) を活用することで、氾濫区域を砂防基盤図や保全対象などのデータと重ね合わせ、どの土地・建物

に被害が及ぶが容易に確認できるようにした。

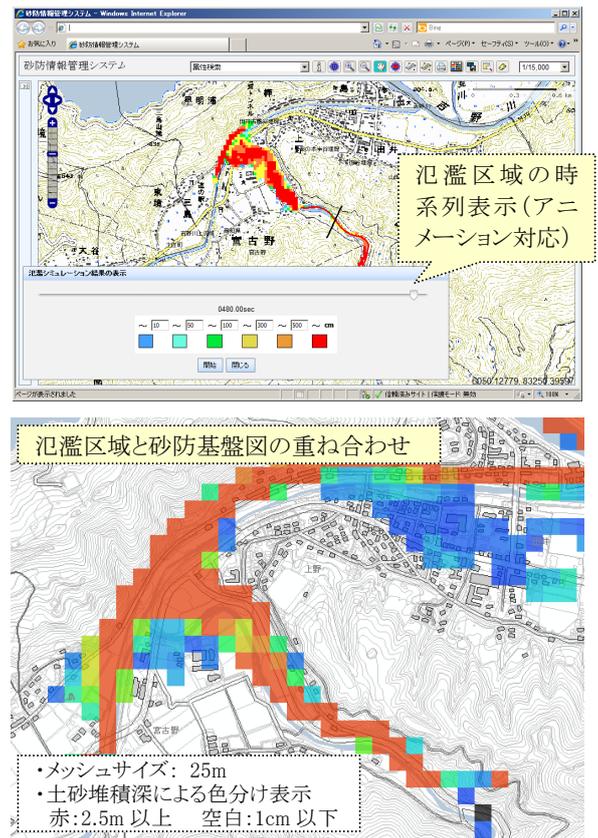


図 2 システムの画面例

### 4. 今後の課題

今回構築した土石流シミュレーションシステムは、一連の処理を GIS 上で分かりやすく操作することができ、平常時の砂防計画はもとより、災害発生時には土研プログラムを補完するシステムとして十分に機能すると考えている。

今後は、時系列に氾濫区域を示すだけでなく、より安全な警戒避難に結び付けるためにも、最大氾濫区域と最大堆積深を自動計算して表示・印刷できる仕組みを設ける予定である。また、本システムは原則としてネットワークに接続する必要があるが、災害発生時には、ネットワーク環境が十分に利用できない可能性も考えられる。そこで、今後はネットワークに接続しなくても、スタンドアロンのパソコンでも十分に氾濫解析できる環境に対応することが望ましいと考えている。

### 5. 参考文献

- Nakatani, K., Wada, T., Satofuka, Y. and Mizuyama, T.(2008): Development of "Kanako 2D(Ver.2.00)," a user-friendly one- and two-dimensional debris flow simulator equipped with a graphical user interface, International Journal of Erosion Control Engineering, Vol.1, No.2, pp.62-72.
- 堀内成郎・岩波英二・中谷加奈・里深好文・水山高久(2012): LP データを活用した土石流シミュレーションシステム「Hyper KANAKO」の開発, 砂防学会誌, Vol.64, No.6, p.25-31.