

## 土石流検知センサー最適配置支援システムの開発

独立行政法人 産業安全研究所	正会員	堀井宣幸
独立行政法人 産業安全研究所	正会員	豊澤康男
独立行政法人 産業安全研究所	正会員	玉手 聡
アジア航測株式会社		佐口 治

### 1 はじめに

平成8年12月6日、長野と新潟の県境に位置する蒲原沢（姫川支川）で大規模な土石流が発生し、砂防工事を行っていた作業員が土石流に巻き込まれ、23名が死傷するという重大災害となった。このような土石流による災害を防止するためには、土石流をできる限り早期に検知して、土石流が作業現場に到達する前に確実に避難することが必要である。土石流発生時の監視方法の1つとして、土石流検知センサー（ワイヤセンサー等）を渓流沿いに設置して土石流を早期に検知する方法があるが、土石流検知センサーの設置場所については、経験のある技術者が過去の土石流発生状況や地形的特性を考慮して決定しているのが現状である。しかし、経験の少ない技術者でも、容易に、かつ信頼性の高い土石流早期検知システムを構築できるためには、想定される土石流の発生場所、規模、到達時間、到達範囲等についての確かな解析を行い、定量的に土石流を予測してこれらの情報を有効に活用することが不可欠と考えられる。本報で報告する『土石流検知センサー最適配置支援システム』は、土石流検知センサーについて、その最適な配置計画を支援するためのツールとして構築したものである。

### 2 検知センサー最適支援システムの概要

本システムは、複雑な数値計算と膨大なデータ管理を効率的に処理するためにGIS（地理情報システム）を応用した支援システムであり、土石流の発生から流下・堆積までを定量的に追跡することができる。これらの解析情報をもとに画面上で土石流検知センサーの配置検討を行い、設置場所から工事サイトまでの土石流到達時間を算出することができる。本システムではDEMデータを基にGIS上で地形解析や数値計算を行うが、解析の基盤となるデータの作成機能もシステムに付属させている。従って、全体として、地形図情報デジタル化機能と土石流特性予測解析機能の2つの機能を持っている。

### 3 解析処理の流れ

解析の基本的な流れは以下のようになる。

- 対象流域の地形図からDEMデータを作成
- GISシステム用のデータセット作成（ラスター画像 + DEMデータ）
- 対象流域の崩壊危険度判定（地形解析）
- 土石流流下経路の決定

1 次元河床変動計算による土石流到達時間の解析

2 次元氾濫シミュレーションによる土石流氾濫解析

### 4 地形図情報デジタル化機能について

この機能は、地形図ラスター画像（既存地形図のスキャン画像）からDEMデータを作成するものであり、等高線をベクトル化し標高値を与え、任意のメッシュ間隔でDEMデータを発生させることができる。メッシュ精度については出力されるデータサイズや使用する地形図の精度を吟味しなければならないが、GIS上での地形解析や氾濫シミュレーションを考慮した場合、5m程度のメッシュ区分が必要であると考えられる。

### 5 土石流特性予測解析機能について

ここではGIS上において土石流特性の解析を行う。地形図情報デジタル化機能により作成したDEMデータを利用して地形解析、土石流到達時間の解析、2次元氾濫シミュレーションを行い、土石流の流動過程を連続的に把握することができる。

#### 5.1 地形解析（崩壊危険度判定）

地形解析では流域界の設定から崩壊危険斜面の抽出までを行う。崩壊危険斜面を抽出するための具体的な手法は以下のとおりである。

河道を固定ピッチで区切り、単位河道とする。

単位河道の両側斜面を1つの単位流域とする

それぞれの単位流域内で、勾配が20～22度以上（崩壊の危険性がある勾配）のメッシュを崩壊危険メッシュとして抽出する。

抽出された崩壊危険メッシュ毎に、個々の面積に勾配値を乗じて、ランク付けを行う。

において個々のメッシュに堆積土層がない場合はゼロを乗ずる。（堆積土層の存在が不明な場合はゼロとしない。現状のシステムではすべて1を乗ずる。）

とで算出されたランク値を単位流域面積で除して、ランク値の面積率を算出する。

における面積率の最も高い流域を崩壊危険流域とし、その中で最もランク値の高いメッシュを崩壊危険箇所とする。

#### 5.2 土石流到達時間の解析（1次元河床変動計算）

地形解析で抽出された崩壊危険箇所から土石流が発生し

キーワード 土石流, 検知センサー, 数値解析, GIS, ハイドログラフ

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6, 独立行政法人産業安全研究所研究企画調整部, Tel 0424-91-4512

た場合を想定して、1次元河床変動計算により土石流の流動過程を追跡することができる。この解析では計算区間内の土石流波形が時系列で縦断表示できるほか、センサー設置地点と工事サイト地点のハイドログラフ（土石流量曲線）を表示することができる（図-1）。土石流を検知してから工事サイトに至るまでの到達時間については2地点のハイドログラフの差分によって表現される。

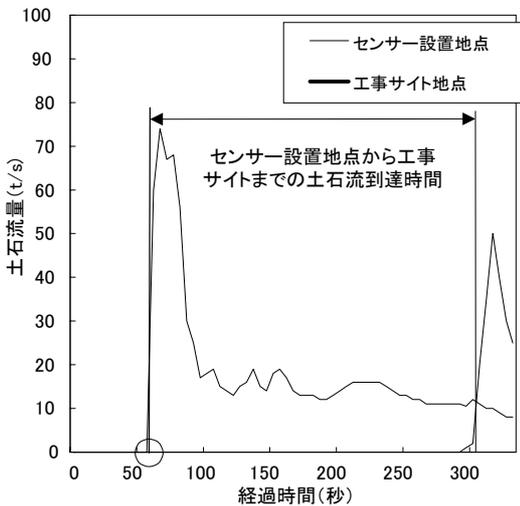


図-1 検知センサー地点と工事サイトのハイドログラフ

### 5.3 2次元氾濫シミュレーション

前述の1次元河床変動計算は土石流の到達時間を把握するための解析であるが、2次元氾濫シミュレーションを行うことにより土石流の面的な氾濫形状についても解析することができる。解析結果は流水と土砂に区分され、それぞれの氾濫堆積形状を時系列的に把握することができる（図-2）。このようなシミュレーション計算技術については、現時点ではかなり広範な現象について一応の解（計算結果）が得られるまでになっているが、砂防河川での河床変動現象はその支配要因が多岐にわたるため、全ての現象を表現できるような計算モデルの完成には至っていない。砂防河川において数値計算を行う場合には、それぞれの現象を表

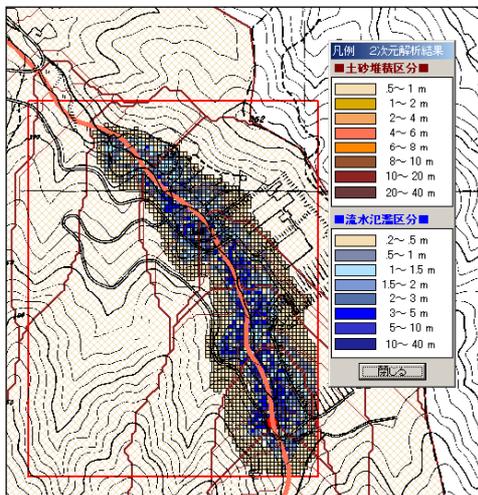


図-2 2次元氾濫シミュレーション解析結果

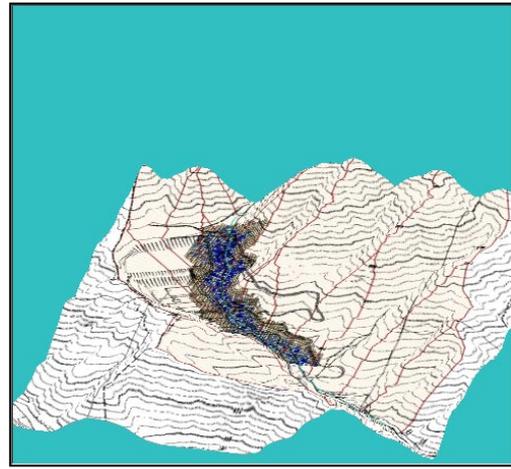


図-3 氾濫域の鳥瞰表示

現できる計算モデルを使用し、かつまた計算条件を正しく設定する必要がある。本システムにおける2次元氾濫シミュレーションでは、土石流の面的な氾濫形状（広がり）を精度よく表現することに特化した計算モデルを用いており、対象となる工事サイト付近やその下流域における氾濫形状を予測することに主眼を置いている。また、解析結果の表現手法として、DEMデータを利用した鳥瞰表示（3次元表示）（図-3）が可能であり、画面上で氾濫形状を鳥瞰表示で確認することができる。

以上のように、土石流特性予測解析機能では、土石流の発生・流下・氾濫までを幅広く扱い、それぞれのメニューを順序良く行うことによって連続的に解析することができる。

### 6 おわりに

本システムは防災分野において現在活発に議論されている解析型GISの1つとして位置付けられるものである。これらのGIS技術や数値解析技術はハザードマップ作成や危機管理システムとしての応用が期待されるものであり、今回構築したシステムは土石流による労働災害防止を目的として開発したものである。

今後の課題として、

試験データによるシステム検証、災害実績データによる再現性の検証、現地調査による詳細データの反映手法、地形解析手法の精度向上、数値解析モデルの研究開発

が挙げられる。

### 参考文献

- 1) 江頭進治・芦田和男・矢島 啓・高橋徹也：土石流の構成則に関する研究，京大防災研究所年報，第32号，B-2，pp.487～501，1989．
- 2) 江頭進治・宮本邦明・伊藤隆郭：掃流砂量に関する力学的解釈，水工学論文集，第41巻，土木学会，pp.789～794，1997．
- 3) 伊藤隆郭・江頭進治：土石流に関する構成則の比較研究，水工学論文集，Vol.42，土木学会，pp.913～918，1998．