

「伝わる」情報を考える ～土砂災害の危険性をより身近に感じてもらうために～

田中 僚¹

¹沼津河川国道事務所 工務第一課（〒410-8567 沼津市下香貫外原3244-2）

沼津河川国道事務所では、流域内で発生する土砂移動について、斜面崩壊の危険性や土砂移動による河道閉塞等の発生を素早く検知する溪流監視システムを検討している。溪流監視システムに関するこれまでの取り組みについて報告する。

キーワード：溪流監視システム，土砂災害，狩野川

1. はじめに

沼津河川国道事務所では、土砂災害発生時の緊急対応の迅速化、素早い情報提供、砂防基本計画のための基礎資料の蓄積・解析を目的として、直轄砂防事業実施区域内において、流域内で発生する崩壊の危険性や土石流による河道閉塞等をすばやく観測できるシステムの構築を進めている。システムの構築にあたっては、限られた予算の中で、少人数での監視、主要支川だけではなく流域全体を網羅できる観測を可能とするため、効率的な観測手法の採用、必要最低限の観測精度や機能を確保した機

器の選定を行っている。

本論文では、溪流監視システムの概要及び現在の進捗状況、完成に向けた今後の課題について報告する。

2. 溪流監視システムとは

溪流監視システムの目的のひとつに、素早い情報提供がある。これは土砂災害警戒情報を補完する情報を提供することで、市町村長の避難勧告等の判断の支援、住民の自主避難の助けとなることを目指している。土砂災害警戒情報とは、大雨警報（土砂災害）が発表されている

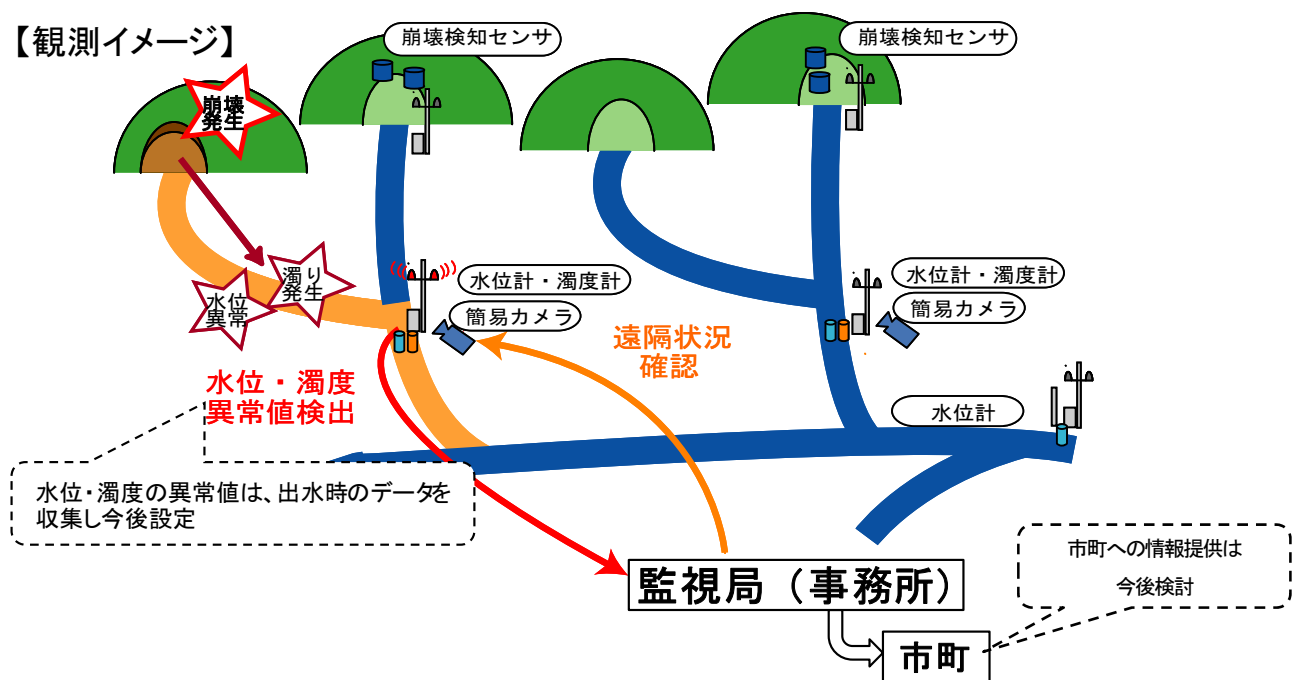


図-1 溪流監視システムの観測イメージ

状況で、土砂災害発生の危険度がさらに高まったときに、市町村長が避難勧告等の災害応急対応を適時適切に行えるよう、また、住民の自主避難の判断の参考となるよう、対象となる市町村を特定して警戒を呼びかける情報で、都道府県と気象庁が共同で発表している。しかし、土砂災害警戒情報は、市町村単位で発表されており、実際に避難勧告等の対応をとる際には、市内のどこが危険なのか判断できず、危険さを身近に感じにくいという問題がある。

(1) システム概要

溪流監視システムは、狩野川流域(直轄事業実施区域)270km²を13ブロックに分割し、雨量・水位・濁度等を観測することにより、実際に観測されたデータと、解析により算出される数値を用いて、流域内の土砂移動の予測及び早期検知、システム上でブロックごとの危険度をわかりやすく表示出来るものを目指している。溪流監視システムの危険度の評価までの流れを図-2に示す。土砂移動検知の機能は、現在、検討中である。

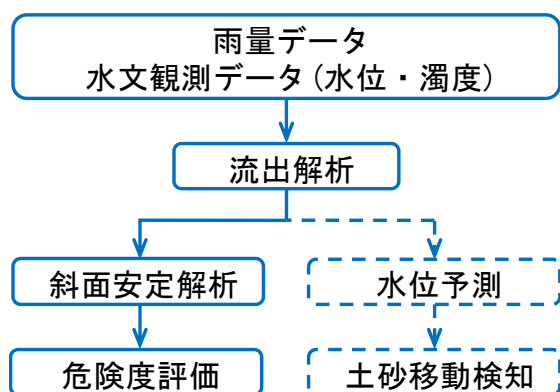


図-2 システムフロー

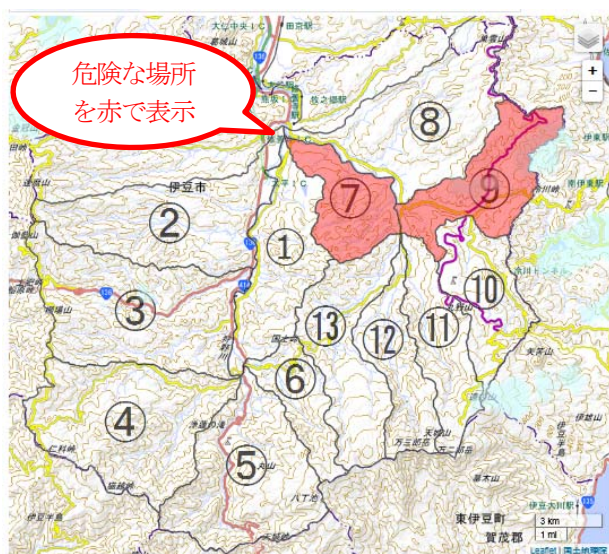


図-3 危険度の表示画面

(2) 水文観測データ収集

溪流監視システムの運用のため、各ブロック1箇所を目安に観測局を設け、水位・濁度の観測を行っている。雨量については、国土交通省が整備しているXバンドMPレーダーの観測データを用いている。XバンドMPレーダーの雨量データを用いることで、時間的・空間的に高解像度の観測ができ、局地的でタイムスケールの短い豪雨の監視にも期待できる。

(3) 流出解析モデルの構築

斜面崩壊の予測に必要な地下水や間隙水圧を計算するため、降雨の浸透、流出過程をリアルタイムに解析する分布型流出解析モデルを構築している。本モデルの特徴は、①飽和・不飽和浸透流解析の組み込みにより地下水の挙動を詳細にモデル化したこと、②非構造格子の適用により斜面勾配の表現を精緻化したことである。流域内を1辺約100mのメッシュに細分化し、流出解析を行っている。

本モデルの解析の流れは、次のとおりである。

- ①有効降雨を地表面に供給する。
- ②浸透能を超える降雨は地表水へ供給する。
- ③地表より浸透した降雨は、不飽和鉛直浸透流として表土層中を降下する。鉛直浸透流はリチャーズ式により計算する。
- ④鉛直浸透により基岩(難透水層)上に表層帯水層を形成する。帯水層中の水はDarcy則に従い飽和側方流として2次的に流動する。
- ⑤表層が飽和して地下水面が地表に達すると、復帰流として地表面へ湧出する。表面流にはDiffusion Waveモデルを適用する。河道に流れ込んだ表面流および復帰流は、1次元河道流モデル(Dynamic Waveモデル)により計算する。

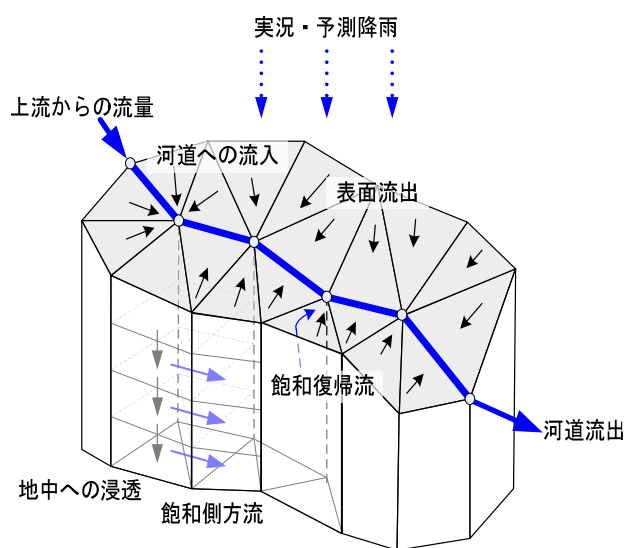


図-4 流出解析モデルの概念図

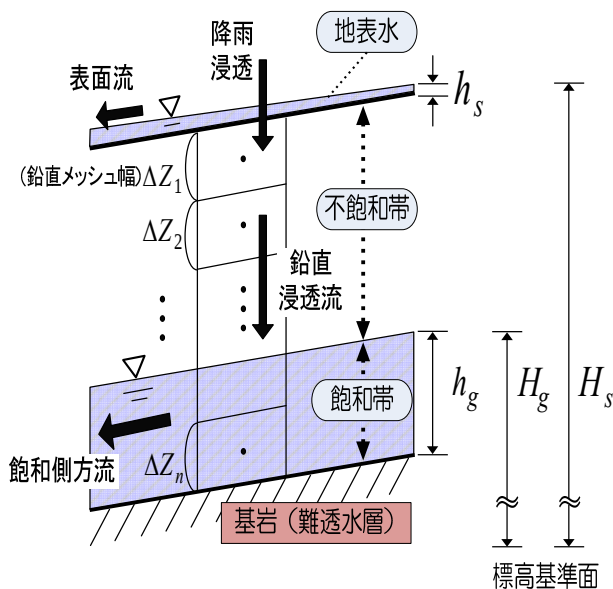


図-5 地下水モデルの概念図

(4) 斜面安定解析

流出解析モデルにより計算された不飽和水分分布・圧力分布を入力値として、無限長斜面安定解析を実施し、斜面崩壊の危険度評価を行っている。無限長斜面安定解析モデルは以下のように表される。

$$F_s = \frac{c + \Delta c + (W \cos \theta - P) \tan \phi}{W \sin \phi} \quad \dots\dots\dots(1a)$$

$$W = \rho_s Z B (1 - \phi) \cos \theta + \rho_w B Z S_w \gamma \cos \theta \quad \dots\dots(1b)$$

$$P = \rho_w h_g B \cos^2 \theta \quad \dots\dots\dots(1c)$$

ここで、 F_s は斜面の安全率、 W は土の湿潤質量[kg]、 P は間隙水圧[kg]、 c は土の粘着力[N/m²]、 Δc は樹木根系のせん断抵抗力[N/m²]、 ϕ は土の内部摩擦角[deg]、 ρ_s は土粒子密度[kg/m³]、 ρ_w は水の密度[kg/m³]、 Z は土層厚 [m]、 B は土柱の底面積 [m²] γ は土の間隙率、は斜面の傾斜角[deg]、 S_w はメッシュごとの水分飽和率を平均したものである。

無限長斜面安定解析モデルでは、流出解析モデルよりも細かい1辺20mのメッシュを用いて解析を行っている。これは、ある程度粗いメッシュでも十分に降雨・流出過程の表現が可能である流出解析モデルに対し、斜面崩壊の危険度を評価する斜面安定解析モデルでは、斜面勾配を出来るだけ詳細に表現する必要があるためである。

前述の安定解析を、各メッシュで行い、斜面崩壊の危険度を評価している。安全率は、メッシュ毎に計算されるので、メッシュひとつひとつの評価も見る事が出来るが、それでは扱いが難しいので、ブロック毎に、ブロック内のメッシュの内の何%かが危険となった場合に、危険のアラートが出るような運用を想定している。

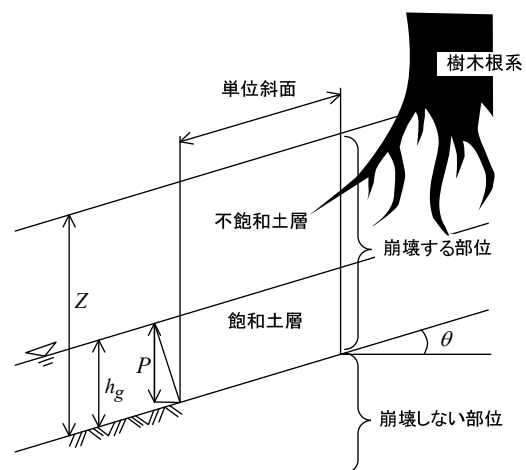


図-6 無限長斜面安定解析モデルの概念図

(5) 水位予測

流出解析モデルにより得られる各観測所地点での流量から、HQ式により水位を算出する。流出解析モデルの計算には、XバンドMPレーダの雨量データを用いており、XバンドMPレーダは、1時間先の雨量予測を配信しているので、1時間先の水位予測が可能となった。これにより、土石流や氾濫の危険度をよりわかりやすく察知することが可能となる。

また、予測水位と実際に観測された水位に差が生じた場合には、土砂移動による天然ダムの形成などの現象が生じたことを検知する判断材料になることも期待される。しかし、現段階では、予測水位と実際に観測された水位に差があり、精度向上ため検証を進めていく必要がある。

(6) 土砂移動検知に向けて

斜面崩壊が発生した場合に、発生箇所の下流では、水位等の水文観測データに異常がみられると思われるが、実際にどのような影響を及ぼすかは、データを取得出来た事例が少ないこともあり、未だ解明されていない。今後、下流での水文観測により土砂移動を検知するために、斜面崩壊の基礎資料を収集する観測を行っている。

観測内容は、崩壊が予想される斜面内に、土壌水分計、崩壊検知センサーを設置して、土砂移動発生時の斜面内の水分量、土砂移動発生時刻を観測して、下流に与える影響を把握するといったものである。

現在、流域内に2箇所観測機器を設置しているが、設置してから斜面崩壊が発生していないため、データの取得は出来ていない。

3. 今後の課題

(1) 出水データの検証

溪流監視システムのシステム構築後、大きな出水を経験していないため、パラメータの設定、問題なくシステムが稼働するかの検証が出来ていない状況である。過去

の出水の観測データを用いた検証も行っているが、再現できない場合もあったため、パラメータ等の設定を見直していく必要がある。今後、引き続き斜面崩壊の観測を行い、崩壊発生時の斜面の挙動を含めた、実際の土砂移動のデータを蓄積するとともに、より多くの過去の出水のデータを用いた検証を進めていく。

(2) 雨量データによる影響の検討

溪流監視システムでは、XバンドMPレーダの雨量を用いているが、観測される雨量データについて、流域南部では、地上雨量よりも小さくなることが確認されている。これは、XバンドMPレーダの観測所の配置が影響していると考えられる。これについては、どの程度影響があるのか、精度の検証を行う必要がある。また、配置を変えることは出来ないで、場合によっては、XバンドMPレーダに代わりうるデータを検討していく必要がある。

(3) 既設の監視カメラの活用

現在、13地点にて水位・濁度と簡易監視カメラが整備されている。水位と濁度のデータは、溪流監視システムに取り込んで活用しているが、簡易監視カメラのデータは、出水時の状況確認に用いる程度となっている。夜間の視認性の問題もあるが、監視カメラの可視化された情報は認知し易く、情報伝達や現象理解に適している。

近年の画像解析技術の進展により、カメラ画像から流量推定や濁水の検知が出来る可能性がある。カメラ画像を用いた非接触型の観測が可能となれば、従来の水位計等の接触型機器と比べ、格段に故障頻度が減るため経済的にも優位になることが予想される。

4. まとめ

土砂災害は、直接人命に関わる災害である。土砂災害の被害を減らすためには、砂防堰堤等のハード対策を進めることも重要であるが、限られた予算の中では、人々の防災意識向上も重要な対策である。溪流監視システムでは、土砂災害の危険性を従来よりも、細かいブロックで評価できるようになっている。いざ危険な状態になった時に、本システムを活用し、そこに住む人々が危機感をもって対応することで、少しでも被害を減らすことができればと思う。

現在、構築中の溪流監視システムでは、雨量の観測データを用いて、リアルタイムに解析を行い、試験的に危険な箇所の評価を行っているが、精度の検証が不十分であるなどの課題が残されている。そのため、実際に市町へ情報を提供できるまでには至っていない。今後は、試験運用を続けて、実際の出水を経験しながら精度を向上させ、一日も早く実用化できるように検討を進めていくものである。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局沼津河川国道事務所：狩野川砂防情報機器整備計画，2010
- 2) 気象庁：土砂災害警戒情報，<http://www.jma.go.jp/jp/dosha/#explain>，2017
- 3) 国土交通省中部地方整備局沼津河川国道事務所：平成27年度 狩野川水系溪流監視システム検討業務 報告書，2016