

## 大規模土砂移動の影響範囲の予測と対策手法の整理

静岡大学農学部 ○今泉文寿・逢坂興宏 京都大学防災研究所 堤 大三・宮田秀介  
 京都大学農学部 中谷加奈 新潟大学農学部 権田 豊 信州大学農学部 福山泰治郎  
 九州大学農学研究院 篠原慶規 土木研究所 水野秀明  
 三井共同建設コンサルタント(株) 原田紹臣 新潟大学災害・復興科学研究所 水野正樹

### 1. はじめに

大規模な土砂移動に伴う災害を軽減するためには、土砂移動の「発生場」の予測に加え、土砂が移動した場合の「到達範囲」を適切に推定し、そのうえで対策を講じる必要がある。さらに到達範囲が広域にわたる場合、ハード対策とソフト対策の効率的な組み合わせが必要となる。本研究では、大規模土砂移動に伴う土砂災害の被害軽減に資するため、大規模土砂移動の危険性の高いエリアの抽出と土砂移動がおきた場合の到達範囲の予測を組み合わせた、土砂移動の「影響範囲」の推定手法の開発に向け、既往の関連手法のレビューおよび新たな手法の開発に向けた課題の整理を行った。また、総合的土砂対策手法の構築に向け、ハード・ソフト対策手法の課題をまとめた。

### 2. 大規模土砂移動の分類

大規模土砂移動の影響範囲の予測手法は、その土砂移動のタイプによって使い分ける必要がある。本研究では土砂災害のタイプを、深層崩壊など個々の規模が大きい土砂移動現象によって引き起こされるものと（2005年耳川，2011年紀伊半島），表層崩壊や土石流が同時多発的にかつ集中的に発生することで引き起こされるもの（2012年九州北部豪雨，2013年伊豆大島）の2つに大別する。前者には斜面の地下深くの地質構造や水文特性が深くかかわっており、広域を対象とした場合、これらを直接的に調査することが困難である。そのためシミュレーション単独での影響範囲の推定は困難であり、地形、地質等に基づく経験的手法を組み合わせることになる（図1）。後者は比較的浅い場所での土質・水文特性が関係しており、特に火山地域など、地表面付近の土層構造が空間的に単純化できる地域では、シミュレーションによる影響範囲の予測が有効である（図1）。

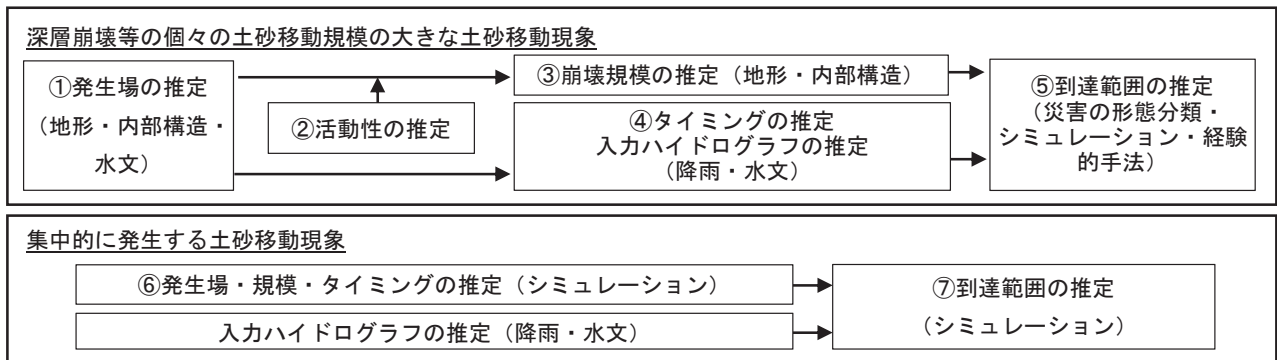


図1 影響範囲の推定に向けたフロー図

### 3. 深層崩壊等の個々の土砂移動規模の大きな土砂移動現象

図1の「①発生場の推定」方法としては、地形要素（山頂緩斜面，線状凹地・小崖地形，勾配等）（田村ら，2008；アジア航測，2014；砂防学会，2014），空中電磁法等により推察される内部構造（鈴木ら，2009），水文的特徴（EC，湧水量，実効雨量等）（砂防学会，2014；国土防災，2014）を活用したものが多い。このうち地形要素については航空レーザー測量による広域調査が可能であるが，多くの斜面を抽出してしまう。水文的特徴については広域を対象とした調査が難しい一方で，個々の斜面の危険性評価や崩壊タイミングの推定に有用な情報が得られる。そのため，「地形要素→内部構造→水文的特徴」の順に調査をすすめ，徐々に危険斜面を絞り込んでいくのが望ましい。効果の高い対策の実施のためには「①発生場の推定」で抽出された斜面について，「②活動性の推定」として，Lバンド干渉SAR解析等により斜面の活動性を調べ，対策の優先順位付けを行うことが望ましい。

「⑤到達範囲の推定」を行うためには，入力条件として土砂量（つまり③崩壊規模），土砂の供給タイミング（つまり④崩壊タイミング），および hidrograph を与える必要がある。このうち「③崩壊規模の推定」については，地すべりで行われているように（上野ら，2001），対象斜面の地形因子（斜面長等）により経験的に崩壊面積を推定できる可能性がある。一方で，崩壊深については地形因子との関係性に乏しい。このため，①の内部構造に関する情報等から崩壊深を推定し，地形から推察される崩壊面積にそれを乗じることで崩壊体積を求める方法

が有効であると考えられる。「④タイミングの推定」については小杉（2015）が半減期の異なる2種類の実効雨量を組み合わせて既往最大値超過を評価する方法を提案している。深層崩壊が発生すると、崩土の土石流化、河道閉塞、流木の発生など、様々な付随した現象がおきる。これらを踏まえて影響範囲の推定を行うためには、「⑤到達範囲の推定」において、まず災害の形態分類を行う必要がある。図2では深層崩壊発生後の現象について、崩壊土砂の移動（土石流・河道閉塞発生せず）、土石流の発生、河道閉塞（上流側）、河道閉塞（下流側）、河道、流木の6つに大分類を行い、その中で更に細かく分類した。それぞれの分類を災害事例に応じて直列的、あるいは並列的に繋げることで、災害形態を整理する。その上で、数値シミュレーションにより土砂、水、流木の到達範囲を推定する。天然ダムによる湛水や決壊の影響評価に必要な天然ダムの形状をシミュレーションで得ることは困難であり、経験的手法の併用が有効である（原田ら、2015）。

以上のように、個々の土砂移動規模が大きな現象の影響範囲の推定には様々な手法を組み合わせて行うことになる。しかしこれらの手法の中には、適用例が少ないものが含まれるため（例えば①発生場の推定の空中電磁法、②の干渉 SAR、④の実効雨量を用いた方法）、さらなる事例の蓄積が求められる。

#### 4. 集中的に発生する土砂移動現象

表層崩壊の発生場、規模、タイミングを予測する手法としては1. 飽和・不飽和浸透解析/斜面安定解析、2. ブロック集合モデル、3. Stream tube モデル等があげられる。広域（流域単位）を対象に解析でき、かつ崩壊の規模予測を行える手法としては Stream tube モデルに臨界滑り面による安定解析を組み合わせた手法があげられる。到達範囲の推定については Hyper KANAKO のように扱いやすいシミュレーションシステムが開発され、構造物や家屋の有無が影響範囲に及ぼす影響も検討されている。入力条件となる水のハイドログラフをどう得るか、細粒土砂や流木をどう扱うかに課題が残る。

#### 5. ハード・ソフト対策手法の課題

深層崩壊等の土砂量の大きな土砂移動現象については、ハード対策の活用方法が課題である。下流河道部に施設を配置することにより土石流化した崩土を捕捉する対策、深層崩壊により河道閉塞が生じた場合に、それが決壊しないよう施設を配置する対策等が案として考えられる。ソフト対策においては、災害の発生タイミングの推定が課題である。集中的に発生する土砂移動現象に対するハード対策の課題としては、伊豆大島土砂災害などで顕在化した、流木や細粒土砂への対策があげられる。また土石流の経路や規模が想定外の場合にはハード対策でカバーできない部分が生じるため、ソフト対策との連携が必要である。ソフト対策の課題としてはハザードマップの住民への周知が大きな課題である。

**謝辞** 本研究は（一財）砂防・地すべり技術センター受託研究「大規模土砂移動の影響範囲の予測とその対応手法の整理」の助成を受けた。資料収集にあたっては紀伊山地砂防事務所他、関係機関よりご協力をいただいた。ここに付記して感謝いたします。  
**引用文献** 田村ら（2008）土木研究所資料第4115号；アジア航測株式会社（2014）新宮川流域他大規模崩壊リスク調査業務；砂防学会（2014）河川砂防技術研究開発制度報告書；鈴木ら（2009）土木技術資料51(7)、8-13；国土防災技術株式会社（2014）平成25年度深層崩壊対策水文等調査業務報告書；小杉（2015）砂防学会誌67(5)、12-23；原田ら（2015）土木学会論文集B1（水工学）、71(4)、I\_1267-I\_1272

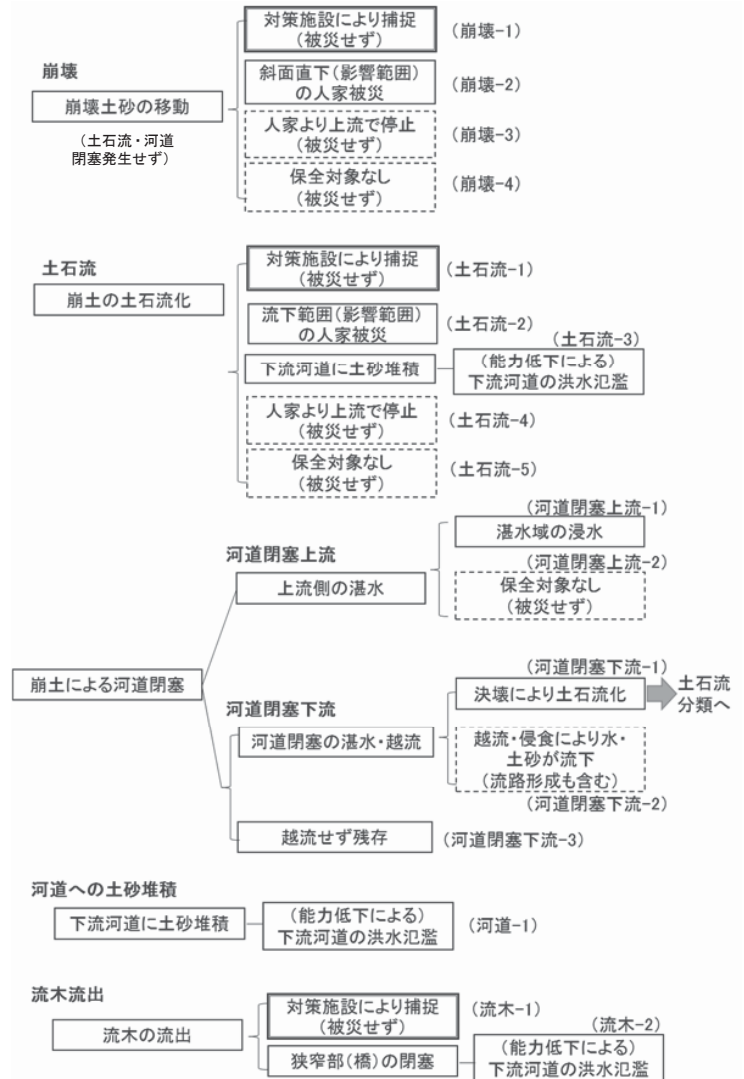


図2 災害形態の分類