

顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発

石井靖雄

1. はじめに

2022年から2027年における第5期中長期計画では、「顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発」という研究開発プログラム（以下「本プログラム」という。）において、4つの土砂等の移動現象に焦点を当てて調査研究を進めていく。本稿では本プログラムで実施する研究について紹介する。研究内容の一部は本年1月号¹⁾で紹介しているが、ここでは本プログラムを構成する全ての研究課題について、研究の背景を示し内容を紹介する。

2. 研究開発プログラム実施の背景と研究の目的

2.1 研究開発プログラム実施の背景

2012～2020年の年平均土砂災害発生件数は1,450件（国土交通省調べ）にのぼるが、2018年には3,459件と年平均発生件数の2倍を上回る土砂災害の発生年もみられる。このようななか、事前の予防対策のほか、災害発生後の危険性が高まった時や災害発生後に被害の防止・軽減をはかる緊急対応の実施が一層求められている。これまでに、土砂災害による被害を防止・軽減するため、土砂・洪水氾濫（水系砂防）、土石流、深層崩壊・天然ダム、地すべり、雪崩、崩壊・落石といったそれぞれの現象に対して、現場での調査、計画、対策の実施に寄与する研究を実施してきた。研究成果等の蓄積等により、近年では、ハード対策の実施に加えて、ソフト対策も法律のもと一定のレベルで実施されるようになってきた。

その一方、近年、将来発生が予想される甚大な災害への対策や、発生メカニズムの解明が進んでいなかった現象への対策実施の必要性がクローズアップされるようになってきた。具体的には、大規模噴火による広域降灰時の土石流、崩壊性地すべりがあげられる。また、近年UAV等の活用が

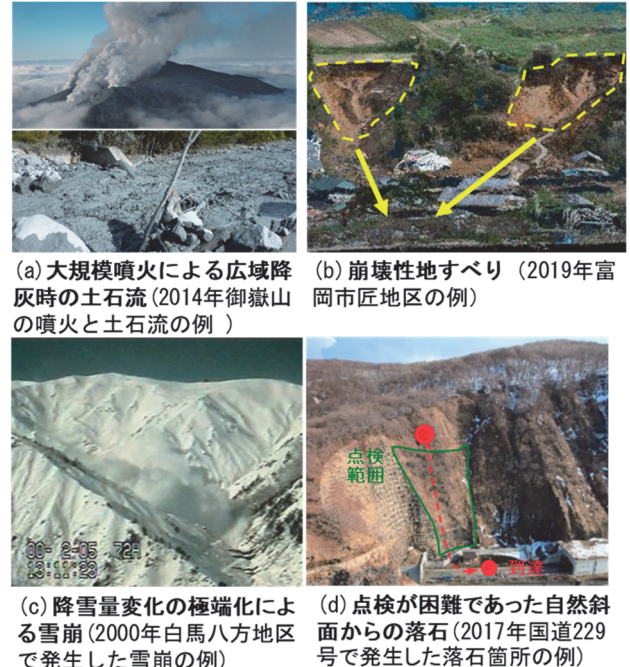


図-1 研究で対象とする現象

進み、これまで調査者が近づくことが難しかった急斜面の状況把握が安全に詳細にできるようになってきた。急斜面で発生する雪崩や落石への対策が、UAV等による調査結果をもとに検討できる可能性が生まれてきた。そこで、本プログラムでは、対策実施の必要性が近年クローズアップされるようになってきた現象と、UAV等の活用により調査が詳細にできるようになってきた急斜面で発生する現象を対象として、研究を進める。

2.2 研究開発プログラムを構成する研究の概要

近年クローズアップされるようになった現象としてあげた大規模噴火による広域降灰時の土石流については、解析の対象が1,000を超えると想定されることから、3次元高精度空間情報等のデジタル技術を活用して危険な範囲を迅速に評価する手法を検討するものである（図-1a）。崩壊性地すべりについては、近年、UAV等を活用した事例調査結果の蓄積により発生要因が明らかになりつつあることから、さらに事例調査を行い、危険な

範囲を評価する手法を検討するものである（図-1b）。

UAV等の活用により調査が詳細にできるようになる現象としてあげた雪崩への対応については、今後、降雪量変化の極端化により雪崩災害の多発年が発生する恐れもあることから、UAVを活用した手法を検討する。UAVを活用して雪崩の危険性の高い範囲を評価し、数値シミュレーションを活用して到達範囲を評価する手法を検討するものである（図-1c）。落石については、これまで調査者が近づくことが難しかった急斜面に対し、UAVを活用して落石発生の危険性の高い箇所を把握する手法を検討するものである（図-1d）。

いずれの研究も、近年UAV等を活用し空間データが容易に取得できるようになってきたことを背景に、3次元高精度空間情報等のデジタル技術を活用して発生メカニズムなど現象の解明をはかりながら、研究に取り組んでいく予定である。

2.3 研究の目的

本プログラムの達成目標は次の3つとした。これにより、下流の住民や道路等インフラ利用者に対するソフト、ハード対策に寄与することを目指している。

1. 顕在化した土砂災害の危険箇所抽出手法の開発
2. 緊急対応を迅速化するハザードエリア設定技術の開発
3. 高エネルギーの落石等に対応した効率的な事前対策工の評価技術の構築

3. 各研究の背景と内容

本プログラムを構成する4つの研究の背景と内容を以下に述べる。

3.1 大規模噴火による広域降灰時の土石流

(1)研究の背景

富士山宝永噴火クラスの噴火による降灰範囲の想定が、2020年に内閣府から公表された。想定によると、噴火の1日後には、降灰厚3 cm以上の範囲に土石流の土砂災害警戒区域2,500箇所が分布することになる。現在、国土交通省に整備されている火山噴火リアルタイムハザードマップシステムの対象範囲は火山山麓にとどまり、これまで

の対応事例は、およそ数十溪流程度である。そのため、大規模噴火時の数1,000溪流を対象にした土石流発生への備えも必要と考えられる。数1,000溪流に火山灰が堆積した場合でも、高速処理計算等によって被害域予想図を迅速に作成でき、降灰状況等の変化にも迅速に対応して被害域予想図を作成する技術の開発を行う必要がある。

(2)研究の内容

土砂災害防止法が2011年に改正され、降灰後に大きな土石流被害が発生する恐れがある時には、降灰を考慮したシミュレーションによりその影響範囲を推定して住民避難を行う体制となった。このシミュレーションで用いるプログラムの開発は土木研究所が行い、2011年霧島新燃岳噴火や2014年御岳山噴火などでの予測に活用されてきた。一方、昨年度までに降雨流出解析と連動した土石流の流出・氾濫プログラムを開発した²⁾。このプログラムは、噴火後の降灰状況、予想される降雨に対する土石流氾濫域の予測への活用が可能であり、このプログラムを活用し技術開発を行っていく予定である。

広域降灰後の土石流については降灰がない状態での危険溪流は既に明らかになっていることから、降灰厚、家屋や公共施設、インフラ等の位置も考慮して、計算の優先順位を評価する手法を検討し、計算の優先順位も考慮しながら多数の溪流を対象に高速で氾濫計算を行い、危険溪流を明らかにする手法を開発する。また、噴火前の平時において降雨や降灰条件等を変化させた事前計算による土石流氾濫範囲の推定と結果の蓄積を図っておき、噴火後に条件に近い計算結果を引き出して危険溪流を評価する手法も、並行して検討していく予定である。開発したプログラムは桜島での土石流の再現性は確認しているが、それ以外の地域で発生する土石流の再現性の検討も必要であり、本プログラムの中で、様々な土石流への適用性を確認し、改良をしていく予定である。

これらの技術開発により、大規模噴火時後の土石流に対する住民避難や緊急対策の実施にも寄与することを目指している。

3.2 崩壊性地すべり

(1)研究の背景

崩壊性地すべりは、明瞭な地すべり地形が認め

られず、危険箇所の事前把握が難しいということ、移動速度が速く、前兆が見られないこと、長距離移動する傾向もあり、死者が出やすいという特徴がある。近年、死者が発生した災害として2019年東日本台風や2018年北海道胆振東部地震があり、今後の対応の必要性がクローズアップされている。しかしながら、崩壊性土すべりは、様々な要因により発生し、事前の危険箇所抽出技術が確立していない。また、地すべりの到達範囲の評価は地すべりの規模に応じた経験的な到達範囲の値を用いており、発生範囲の土砂のボリュームや下流の地形の影響は十分に考慮できていないという課題がある。そのため、発生事例の特徴、推定される発生メカニズムをもとに危険箇所抽出技術を開発したり、到達範囲の評価技術を開発していく必要がある。

(2)研究の内容

昨年度までに崩壊性土すべりの調査を進め、背後の緩斜面からの水の供給、軟弱な風化軽石層の流れ盤状の分布などの地形・地質的特徴が分かっている(図-2)。事例調査結果を蓄積し、共通した特徴を整理し、崩壊性土すべりの類型化を行うなどし、危険な範囲が予測可能なタイプについて、調査研究を進めていく予定である。調査においては、UAVに搭載されたLiDAR(LPともいう)計測や空中電磁探査なども活用するなど、実務での実際の調査方法についても、あわせて検討していく予定である。到達範囲の評価においては、BIM/CIMモデル³⁾を活用してシミュレーションを迅速に実施できるよう検討していく予定としている。

これらの技術開発により、災害リスクが低い土地利用等への誘導や、警戒避難のための自治体の避難範囲設定を含めた緊急情報の提供といったソフト対策に寄与することを目指している。

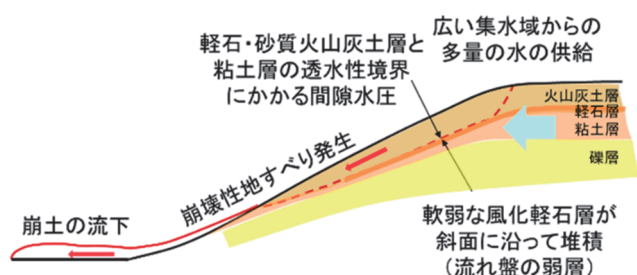


図-2 崩壊性土すべりの発生要因の推定例

3.3 降雪量変化の極端化による雪崩

(1)研究の背景

雪崩対策は、一時期の少雪傾向により鈍化し、全国の集落を対象とした雪崩危険箇所の整備率は2%程度にとどまる。気象庁によると、今後、平均気温が4度上昇した場合に、降雪が多い年と少ない年が極端化し、10年に1度程度の大雪はむしろ増加すると予測されている。雪崩危険箇所の多くは急傾斜地崩壊危険箇所と重複する事例も多く、雪崩と崩壊の双方を考慮した、経済的、効率的な対策を考えていく必要がある。特に、今後大雪が増加するという予測結果もある中で、既存の斜面対策施設の効果も考慮して迅速に危険範囲を設定、避難による減災の早期の実現が必要である。避難範囲の設定上重要となる雪崩到達範囲の評価は発生地点からの見通し角という経験的な値が用いられ、発生源の雪のボリュームや下流の地形の影響を考慮できていないという課題があることから、到達範囲の評価技術を開発していく必要がある。

(2)研究の内容

昨年度までの調査によりUAVにより撮影した画像からSfMを用いて3次元モデルを構築し、雪崩が発生した深さや発生量を迅速に推定可能であることが確かめられた⁴⁾。この成果は、雪崩災害調査におけるUAV活用の手引きとしてとりまとめているところであり、この成果を活用し、定期的にあるいは豪雪時にUAV調査を行って積雪深の変化を把握したり、雪面のクラックの発生などを把握して、雪崩発生の危険性の高い範囲を評価する手法を検討する。検討では、評価を行う上で必要な調査方法と内容も併せて検討していく予定である。また、UAVを用いた調査により、実際に発生した雪崩の発生域や堆積域を明らかにし事例の蓄積を図りながら、数値シミュレーションにより到達範囲を評価する手法を検討していく予定である。

これらの技術開発により、豪雪時の住民の警戒避難などソフト対策に寄与することを目指している。

3.4 点検が困難であった自然斜面からの落石

(1)研究の背景

道路斜面では、踏査による近接目視の困難さを一因として点検不要とされている自然斜面やのり

面背後の高比高部からの落石等の災害の発生がみられている。そのため、最近活用が著しくなってきた UAV を用い、これまで点検ができていなかった範囲を含めて広い範囲を点検し、不安定箇所を抽出していく必要がある（図-3）。

対策については、事前に岩石を除去したり、道路に到達しないように対策施設を設置することが考えられる。しかし、施設の設置事例として、最近、ネットなどの高エネルギー吸収型施設の設置数が増加しているが、数値解析を活用した具体的な性能評価手法は定められてはいない。そのため、数値解析を活用して性能評価を行う技術を開発し、必要な対策を実施していく必要がある。

(2)研究の内容

これまでに、SfM技術により UAV 撮影写真から構築した三次元地形情報からオルソ画像を作成し、斜面の変状箇所を抽出する方法を「写真計測技術を活用した斜面点検マニュアル（案）」⁵⁾ にとりまとめた。また、小規模な落石への対策工である従来型の落石防護柵や落石防護擁壁について、実規模実験等による性能検証や数値解析による性能照査技術の検討を進めてきた。こうした技術を活用して不安定箇所の抽出と、高エネルギー吸収型施設の性能評価手法を検討していく予定である。

これらの技術開発により、道路のり面の落石対策の実施を図り道路利用者の安全の向上に寄与することを目指している。

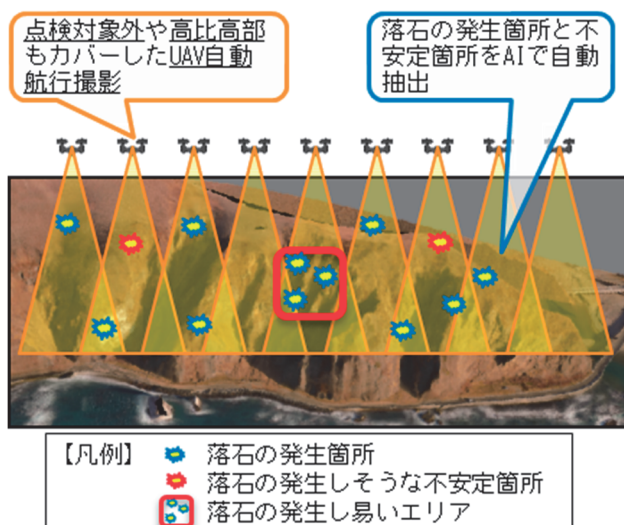


図-3 UAVを用いた道路斜面の落石調査のイメージ

4. おわりに

本プログラムの研究成果は、国土交通省の現場での活用と、技術指針・マニュアル等への反映の提案を目指している。研究成果は早い段階から現場で使ってもらい、使いやすいものとなるよう改良をしていきたいと考えている。研究期間は6年間であり、その間の社会状況の変化や技術開発動向もふまえて、研究内容を柔軟に見直していくことも想定している。研究は、国土交通省、国土技術政策総合研究所と連携しながら進めていくほか、火山や土砂等の移動現象を扱う国の研究機関、国立研究開発法人、大学とも情報交換、連携しながら進めていく予定である。

土砂災害に関する調査研究は、本稿で紹介した以外にも、多く技術的課題がある。それらの課題についても継続して研究を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 石井靖雄、石田孝司、杉本宏之、判田乾一：いのちとくらしをまもる土砂災害リスク軽減技術の開発、土木技術資料、第64巻、第1号、pp.20~23、2022。
- 2) 山崎祐介、清水武志、石井靖雄、石田孝司：降雨流出解析と連動した土石流の流出・氾濫解析法、土木研究所資料第4419号、2022。
- 3) 杉本宏之、竹下 航、和田佳記、富田陽子：地すべり災害対応のBIM/CIMモデルに関する技術資料、土木研究所資料第4412号、2021。
- 4) 雪崩・地すべり研究センター：雪崩を空から測る～ドローンによる雪崩の3次元計測～土木研究所webマガジン、第65号、2021年9月発行、<https://www.pwri.go.jp/jpn/about/pr/mail-mag/webmag/wm065/kenkyu.html#02>
- 5) 防災地質チーム：写真計測技術を活用した斜面点検マニュアル（案）
<https://chishitsu.ceri.go.jp/soft.html>

石井靖雄



土木研究所 土砂管理研究
グループ長、博士（農学）
Dr. ISHII Yasuo