

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

石井靖雄・石田孝司・杉本宏之・判田乾一

1. はじめに

令和2年に発生した土砂災害は1,319件にのぼり、昭和57年の集計開始以降の平均発生件数(1,105件)の約1.2倍を記録した。このように近年多数の土砂災害が発生しており、災害の頻発化・激甚化・広域化も指摘されている¹⁾。一方で、これまで事前対応の対象としてこなかった災害による被害なども顕在化している。具体的には、令和元年東日本台風により群馬県富岡市などで発生した崩壊性地すべり災害、1707年富士山宝永噴火のような大規模噴火時の広域降灰による土石流災害の長期化、少雪傾向にある中での豪雪年の雪崩の多発が挙げられる。

このような背景をふまえ、土砂管理研究グループでは、顕在化した土砂災害のリスク軽減のため、ハザードエリア設定の迅速化・高精度化を図る技術開発を進める予定である。技術開発においては、データの取得が容易となり蓄積も進みつつあるLiDARデータ(LPデータとも呼ばれる)やUAV(Unmanned Aerial Vehicle, ドローンとも呼ばれる)により得られた3次元高精度空間情報も活用し、技術開発を進めていく予定である。これは、第5次社会資本整備重点計画の重点目標1「防災・減災が主流となる社会の実現」に位置づけられている土砂災害対策に資するものである。ここでは、大規模噴火時の土石流影響評価手法、崩壊性地すべりの予測手法、豪雪時の雪崩影響評価手法に関する研究の現状と今後の研究予定を紹介する。

2. 大規模噴火時の土石流影響評価手法

2.1 広域降灰の影響と現状の課題

令和2年4月7日に「大規模噴火時の広域降灰対策について―首都圏における降灰の影響と対策―～富士山噴火をモデルケースに～(報告)」が中央防災会議により取りまとめられた²⁾。この中で

は、富士山で大規模噴火が発生した場合、山麓のみならず遠隔地域においても火山灰が堆積し、影響を受ける人口・資産が大きくなる西南西風卓越ケースの場合に降灰厚1cm以上が予想されるエリアは茨城県霞ケ浦付近にまで及ぶとされている。富士山に限らず、どの火山においてもひとたび大規模噴火が発生した場合には、広域にわたる降灰も予想される。

火山噴火後には、噴火前には発生しなかったような小規模な降雨でも土石流が発生することがある³⁾。これは、「火山の噴火や火砕流の発生に伴って細粒の土砂が地面を覆うと雨水の浸透能が小さくなり、表面流が発生しやすくなって結果として小さな雨でも土石流が発生しやすくなる」ためと考えられている⁴⁾。富士山において大規模噴火により降灰範囲が広域にわたった場合には、1,000を上回る数の溪流において土石流発生の危険性が高まる場合も想定される(図-1)。国土交通省によるリアルタイムハザードマップシステムの対象は、現状では広域降灰への対応を想定したシステムとはなっていないことなどを勘案すると、広域降灰後の土石流に対する住民の警戒避難や二次災害防止のための緊急対策などの迅速な対応が課題として挙げられる。この課題を解決するため、降灰後の土石流氾濫範囲をよりの確に推定する手

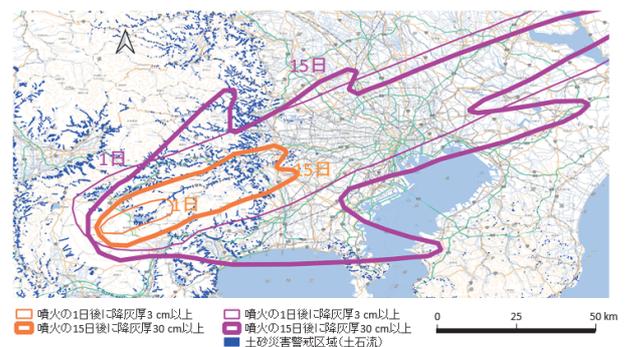


図-1 富士山噴火後の降灰域・降灰厚と土砂災害警戒区域数の試算結果の一例(降灰域、降灰厚は内閣府資料²⁾を元に作成)

法の開発、そして1,000を上回るような多数の溪流に対しても迅速に計算結果を出せるシステムの開発に取り組むこととしており、その概要について紹介する。

2.2 土石流流出解析モデルの開発

噴火後の降灰堆積斜面で発生する土石流に対する警戒避難のためには土石流の氾濫範囲の推定が必要である。例えば河床堆積土砂の再移動により土石流化する場合の氾濫範囲推定のためには、斜面から河道への水の流入、河床堆積物の不安定化と土石流発生、そして流動する一連の過程、さらには河道の流下能力に応じて溢流し氾濫することをシミュレートできることが望ましい。そこで、火山・土石流チームでは上流域における降雨の時空間分布や山腹斜面の表土層の厚さ、表土層への雨水の浸透、山腹斜面と溪流の接続や溪流と他の溪流との合流、さらには河道からの溢流、下流域の流れを表現できる土石流発生・流下・氾濫過程を一体化した数値解析法とその数値計算プログラムを開発した⁵⁾(図-2)。既往土砂災害に適用しながら再現性の検討などを行っているところである。

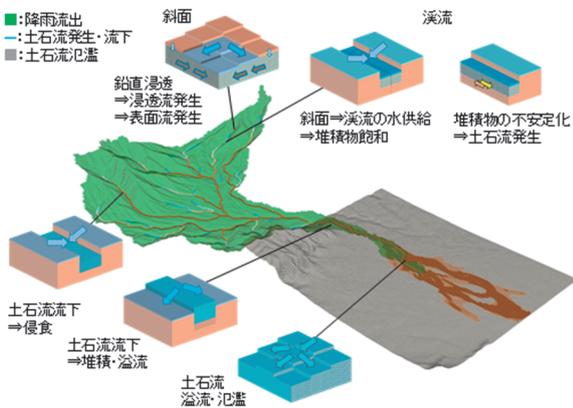


図-2 土石流発生・流下・氾濫過程を一体化した数値解析法のイメージ

2.3 広域降灰時の迅速な対応に向けて

広域降灰時には多数溪流において土石流氾濫域を迅速・的確に予測できる技術の開発が求められている。1,000を上回る溪流において迅速に氾濫範囲を計算するためには、事前に計算しておくその結果を活用することのほか、降灰状況が詳細に明らかになってきた時点で人の手をできるだけ介在させずに自動的に計算できる工夫が必要になる。また、火山活動が活発な期間に噴火が継続すること、或いは時と場所によって降雨分布が異なるこ

とを考慮すると、噴火後に時々刻々と取得される情報に合わせて土石流氾濫域の推定をしていくことで災害後の復旧活動のほか、住民避難の判断に役立てられると考えられる。今後はこれらの取り組みを進めていく計画である。

3. 崩壊性地すべりの予測手法

令和元年東日本台風の豪雨により群馬県富岡市内匠地区で発生した崩壊性地すべりは、土砂が長距離を移動して人的被害をもたらした(図-3)。崩壊性地すべりは、突発的に発生し崩壊現象に近い特徴を持つ地すべりである。崩壊性地すべりが発生した斜面は、明瞭な地すべり地形が認められない15~25度の緩勾配斜面であり、土砂災害警戒区域の指定基準を満たしていなかった。これらは、気候変動に伴う豪雨の激甚化により、これまで頻度が少なかった土砂移動現象による土砂災害が顕在化してきていることを示唆するものと考えられ、発生の危険性の高い箇所を抽出し、ハザードを特定する手法を確立することが重要な課題と指摘されている⁶⁾。そのため、明瞭な地すべり地形を呈さない崩壊性地すべりを対象として、危険性の高い箇所を抽出する手法、及び地すべり土塊の到達範囲を推定してハザードエリアを予測する手法について開発を行う計画としている。



図-3 令和元年東日本台風により富岡市内匠地区で発生した崩壊性地すべりのカラー点群データ

内匠地区で発生した崩壊性地すべりの発生箇所については、災害後の調査により、豪雨により背後の広い緩斜面から多量の水が供給された可能性が高いこと、すべり面となった軟弱な風化軽石層が流れ盤状に存在したこと、すべり面は間隙水圧がかかりやすい透水性境界に位置していたことなどの地形・地質的特徴が分かっている⁷⁾。近

年、UAVによるLiDAR計測や空中電磁探査など、地形・地質に関する高精度な3次元空間情報を取得できるようになっている。そこで、これらの情報を活用し、集水面積や斜面勾配、斜面内部の状況など、崩壊性土すべりの発生に関連する可能性のある地形・地質的要因を詳細に分析し、崩壊性土すべりの発生の危険性の高い箇所を抽出する手法及び土すべり土塊の到達範囲を推定してハザードエリアを予測する手法の開発を目指している。

また、UAVによる空中写真撮影とSfM解析などにより、迅速に高精度な3次元点群データを取得することが容易になっており、崩壊性土すべり発生後の拡大崩壊などに対しても、最新の地形データを元にしたシミュレーションによって、土すべり土塊の到達範囲を予測することも可能になると考えられる(図-4)。このような技術により、土すべり土塊の到達範囲予測を踏まえた避難範囲の判断などの迅速化、高度化が図られることが期待される。

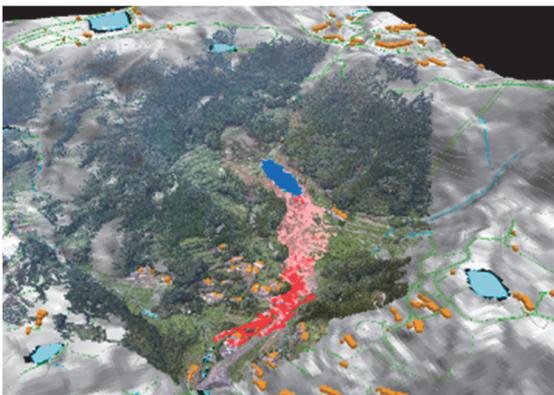


図-4 3次元点群データ上に表示した土すべり土塊の到達範囲予測シミュレーション

4. 豪雪時の雪崩影響評価手法

4.1 雪崩災害に関する現状と課題

文部科学省と気象庁が気候変動の影響を検討した報告⁸⁾によると、平均気温が4度上昇した場合、全国的に年最深積雪、年降雪量は減少すると予測されているが、本州山間地や北海道内陸部では10年に一度程度の大雪(日降雪量)はむしろ増加するとも予測されている。

一方、雪崩危険箇所は全国に約2万箇所存在するが整備率は2%程度で、予算の減少により対策が追いつかない中、迅速な避難による減災が必要

な状況にある。このため、雪崩が到達する可能性のある範囲の住民避難などを迅速に行うことが一層重要になる。

現在雪崩の到達距離は、経験則に基づき表層雪崩の場合見通し角18度、全層雪崩の場合見通し角24度を最大到達距離としている。数値シミュレーションにより到達距離を予測する研究も行われているが、現場での実用には至っていない。そこで、今後、UAV調査やSfM解析など最新の技術も活用して、豪雪時の積雪状況を迅速に把握し雪崩発生の危険性の高い範囲を評価するとともに、現地の状況をふまえた評価が行えるシミュレーション技術を雪崩の到達範囲推定に活用していく必要がある。

4.2 UAVによる雪崩計測とシミュレーション

現在雪崩・土すべり研究センターでは、発生した雪崩の3次元情報をUAVなどを用いて迅速・正確に入手するため、妙高市周辺地域で調査・検討を行っている。具体的には、研究センターのある新潟県妙高市周辺の雪崩頻発箇所UAVを利用して実際に発生した雪崩の3次元データを取得している(図-5)。これらのデータを蓄積しつつ、無雪期・積雪期・雪崩発生時の3次元データの差分解析を行ったり、近傍での積雪断面観測結果などをもとに、雪崩発生危険範囲を推定する手法を検討していく計画である。

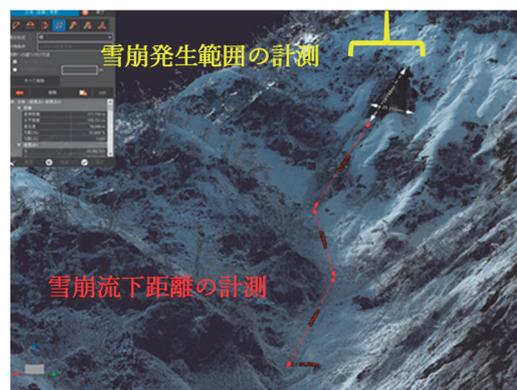


図-5 雪崩発生範囲と流下距離の3次元データ計測の例

一方、雪崩シミュレーションを実務で活用するためには、計算結果の再現性の検証が不可欠である。UAVにより雪崩の発生域・堆積域・堆積厚などの3次元データが取得できるようになってきたことから、これまでと比べて高精度なデータを活用して雪崩シミュレーションの適用性を検討で

きるようになってきている。このため、今後現場での実例をもとに、雪崩シミュレーションによる到達範囲の推定手法を検討していく予定である。検討では、3次元データを用いてシミュレーションによる再現計算を行い、再現できる雪崩のタイプ、パラメーターの適用範囲を明らかにして、ハザードエリアの設定手法を検討していく計画である。

5. おわりに

3次元高精度空間情報は、数値シミュレーションにも活用しやすく、下流のハザード評価の迅速化による住民避難や復旧活動の安全への貢献が期待できる。また今後、3次元高精度空間情報の蓄積が進むと、従来難しかった土砂災害発生場の災害前の状況把握が可能となる事例がでてくると期待できる。一方で、シミュレーションモデルの高精度化のためには、現地での観測もより一層重要になる。現地観測についても新しい技術を取り入れながら、ハザードエリア設定の迅速化・高精度化を図る技術開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省社会資本整備審議会 (2020)、近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害対策のあり方について 答申、021<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001342249.pdf> (参照日2021年10月26日)
- 2) 内閣府中央防災会議 防災対策実行会議 大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ、大規模噴火時の広域降灰対策について一首都圏における降灰の影響と対策一～富士山噴火をモデルケースに～ (報告) (令和2年4月7日公表)、36p.、2020.
- 3) 田村圭司・山越隆雄・松岡暁・安養寺信夫：火山噴火後に土石流が発生した事例、土木技術資料、第52巻、第3号、p.34～39、2010.
- 4) 池谷浩・ヘンドロヤント・小杉賢一郎・水山高久：火山噴出物の被覆による浸透能の現象一雲仙における比較試験一、砂防学会誌 (新砂防)、Vol.48、No.2、p.22～26、1995.
- 5) 山崎祐介・清水武志・石井靖雄：降雨浸透・流出過程および土石流発生・流下・氾濫過程の一体型の数値解析法、砂防学会研究発表会概要集、p.33～34、2021.
- 6) 気候変動を踏まえた砂防技術検討会：気候変動を踏まえた砂防技術検討会 中間とりまとめ、2020.
https://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_kikohendo/200521/chukan_torimatome.pdf (参照日2021年10月26日)
- 7) 杉本宏之、神山嬢子、竹下航、藤原一啓、斎藤翼、和田佳記、令和元年台風19号によって群馬県富岡市内匠地区で発生した崩壊性地すべりの地形・地質的特徴、令和2年度(公社)砂防学会研究発表会講演集、pp477～478、2020.
- 8) 文部科学省・気象庁：日本の気候変動2020、pp89～100、2020.

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

石田孝司



土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 上席研究員
ISHIDA Koji

杉本宏之



土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 上席研究員
SUGIMOTO Hiroyuki

判田乾一



土木研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター 上席研究員
HANDA Kenichi