

二次災害防止のための監視・計測技術の展望



西井洋史

1. はじめに

最大震度7（平成28年4月16日1時25分に発生、M7.3）を本震とする平成28年熊本地震では、多数の土砂災害が発生し、家屋や国道等が大きな被害を受けた。災害発生直後から被害状況の把握、次いで応急復旧計画の立案、実施が順次行われていった。地震発生後の斜面には、阿蘇カルデラ壁上部などで多数の亀裂の発生が認められ、その後の余震や梅雨、台風に伴う豪雨による崩壊の発生・拡大が危惧された。そのため、熊本県では、家屋に被害が及ぶ恐れのある亀裂発生箇所に対し地盤伸縮計や傾斜計を設置し監視を強化するなど、2次災害の発生防止に努めた。こうした熊本地震後の災害対応において、レーザープロファイラー計測データ（以下「LP計測データ」という。）やドローンが積極的に活用された。

ここでは、熊本地震後の災害対応などで積極的に活用が進んでいる遠隔計測技術と今後活用が期待される技術について述べてみたい。

2. 近年活用が著しい遠隔計測技術

近年、高密度な地形データを計測出来るLP計測データの活用が進んでいる。平成28年熊本地震発生直後においてもLPによる計測が行われ、データは斜面変動発生状況、移動土砂量の推定などに活用された。このようにLP計測データはGISを用いてさまざまな解析が可能である。このような解析は、地震発生前に計測が行われていたことから可能になった。平常時からの定期的なLP計測データの蓄積が重要であることを示唆している。また、LP計測データから地形図を作成することにより、従来の地形図で判読が難しい微地形の把握も可能となる（図-1）。計測データの有無は国土地理院のウェブサイトでも容易に検索可能になっており、災害直後のみならず、平常時における調査においても活用が望まれる。

また、近年活用が進んでいる遠隔計測技術として、人工衛星に搭載された合成開口レーダ（以下「SAR」という。）による斜面変動解析がある。平成23年紀伊半島大災害においては、天然ダム発生箇所への把握に威力を発揮した。SARによるデータ収集は災害直後にも、また悪天候下においても実施可能というメリットがある。一方、得られたデータの信頼性を向上させることが課題であり、変動領域の抽出方法の高度化が重要である。衛星からの監視のみならず、地上に設置するタイプのSAR計測機器もあり、雲仙普賢岳の溶岩ドームの監視にも活用されている。今後、活用が進むことが期待される。

さらに、近年、災害発生現場等におけるドローンの活用も著しい。ドローンにより上空から様々なアングルの画像撮影が可能で、撮影画像から地形データを作成するSfM（Structure from Motion）技術を活用し、災害発生後の地形を計測することも可能となってきた。また、LP計測を行えるドローンも登場しており、斜面に発生した亀裂の把握にも活用されるようになっていく。地上からの現地踏査にあわせ、ドローンにより得られたデータも活用し、斜面変状の兆候を迅速に把握したり、土石流発生後の溪流の危険性調査への活用（図-2）が期待される。

3. 斜面計測の低コスト化技術

平成28年熊本地震後においては、遠隔計測のみならず従来から活用されてきた地盤伸縮計等の計測機器も2次災害防止に活用された。大規模地震発生後、斜面には多数の亀裂が発見されることが多く、平成28年熊本地震においても同様であった。亀裂発生箇所が崩壊し、家屋等に被害が及ぶ危険性のある箇所については、地盤伸縮計や傾斜計が設置された。亀裂が多数認められ、これらを監視していくためには、計測機器をすみやかに設置するとともに計測に要するコストを抑えることも重要となる。亀裂の認められた全ての箇所でも崩壊する可能性は高くないと考えられるものの、

目視点検とあわせて、計測により評価していくことは重要である。多数の箇所計測機器を設置していくためには、計測の目的を明確にした上で、安価な計測器を活用していくという視点も必要である。検知精度がさほど求められない場合には、加速度センサを用いた傾斜計も活用されてきている。計測値がどのような現象により生じたものか考察するとともに、警戒避難の基準値の設定が今後の課題としてあげられ、計測データを蓄積しつつ検討を進めていくことが重要と考えられる。従来から活用されてきた地盤伸縮計は、現場での活用実績も豊富で、警戒避難の基準値もこれまでの経験により一般化してきている。重要な状況では、こうした計測技術の活用とともに確実なデータ伝達手段の確立が求められることは言うまでもない。

4. 今後活用が期待される技術

平成28年熊本地震では活用には至っていないが、複数の振動計による大規模斜面崩壊の検知、発生場所と規模の推定の取り組みも進められている。このようなデータも活用しながら、土砂災害の発生状況の監視を行っていくことも重要である。

最近、人工知能の活用に対する期待が様々な分野で高まりつつある。土木研究所では、地すべり地形の抽出に人工知能技術が応用可能であるか検討に着手している。高密度地形データであるLP計測データを活用することで従来抽出できなかった地すべり地形の抽出も可能になることが期待されるが、現状では、抽出作業に多くの人的資源が必要となる。人的資源に限られる中、人工知能技術等も活用して抽出作業の効率化を図っていくことが望まれる。一方、人工知能技術を活用していくためには多数の教師データが必要であり、そのためには、既往の地すべり地形データベースに加えて災害発生箇所の地形に関するデータベースの整備が必要になる。これまで以上に災害等のデータの蓄積が必要になっていくものと考えられる。

災害データベースはGISでの整備も図られつつある。GIS上では様々な解析が容易となり、災害発生箇所の時空間分布特性の把握、大きな降雨イベントあるいは大規模地震前後の変化についての検討も進められることになる。災害が多発するエリア、時期が把握できると、警戒避難体制の確立をはじめ災害対応の効率化にも資することが期待

される。

5. おわりに

本稿では触れなかったが、危険な区域での応急復旧においては、無人化施工技術も重要な役割を果たしており、熊本地震で被害の大きかった阿蘇大橋地区では不安定土砂の除去等に大きく貢献した。計測技術に加え、施工技術の開発も重要である。こうした技術は、民間、行政、研究機関が連携することで、現場で活用可能な技術として洗練されてきた。今後も、産学官の協働による技術開発が欠かせない。

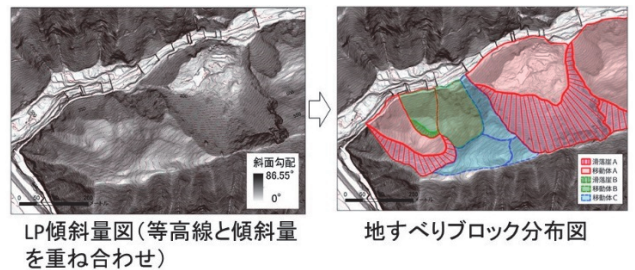


図-1 LP傾斜量図を用いて作成した地すべりブロック分布図（土木研究所, 2016）

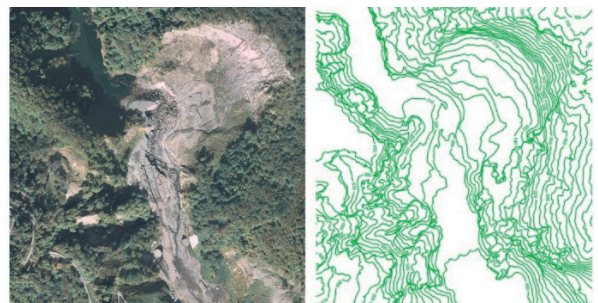


図-2 SfMによる不安定土砂量把握検討例（赤澤ほか, 2017）

参考文献

- 1) 土木研究所：航空レーザ測量データを用いた地すべり地形判読用地図の作成と判読に関する手引き（案）、土木研究所資料第4344号、2016
- 2) 赤澤史頭ほか：ヘリコプターからの斜め写真を用いたSfMによる天然ダム形状の計測、土木技術資料、第59巻、第5号、pp.12～15、2017