

## 航空レーザーデータを用いた 2016 年熊本地震における斜面崩壊の抽出

千葉大学大学院 融合理工学府 学生会員 ○佐川由季

東北大学 災害科学国際研究所 Luis Moya

千葉大学大学院 工学研究院 正会員 山崎文雄, 劉ウエン

## 1. 研究目的

2016年4月14日21時26分に、熊本県熊本地方でM6.5の地震が発生した。その約28時間後の16日1時25分にはM7.3の地震が発生し、最大約2mもの横ずれを起こす地表地震断層が出現した。また建物やインフラ施設に大きな被害が出た。一連の熊本地震は、4月14日の前震が日奈久断層、4月16日の本震が布田川断層の活動によって発生したもので、ともに右横ずれ断層型である<sup>1)</sup>。しかし、このような地震による建物倒壊や斜面崩壊による被害は、事前の予測が困難であり、発生後の早期被害把握と迅速な緊急対応が重要となる。このような場合には、リモートセンシング技術の利用が有効である。

熊本地震は発生直後から、国土地理院や航測会社などにより、航空写真撮影、航空レーザー測量、ドローン空撮などが多数実施されている。また、日本の陸域観測衛星ALOS-2(だいち2号)や各国の人工衛星が被災地域を観測している<sup>2)</sup>。本研究では、熊本地震の前震と本震前後で航空レーザーデータを用いて斜面崩壊に着目した抽出を試みる。本震の前後で取得された数値表層モデル(DSM)を用いて、益城町を対象に斜面崩壊の把握を試みる。

## 2. 使用データと対象地域

本研究において使用したのは、図-1に示す航空レーザー測量によって得られたデータを空間補間して

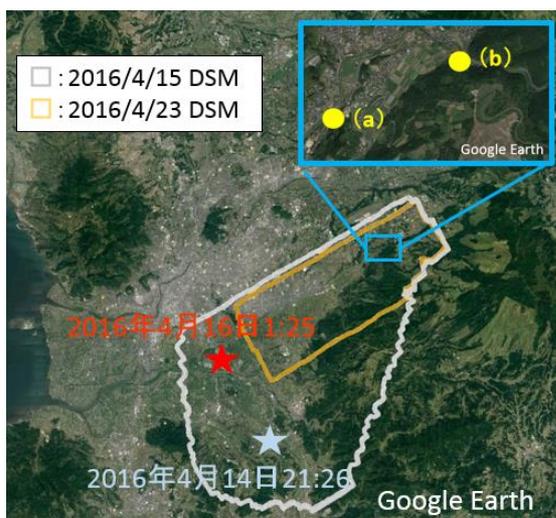


図-1 2 時期の航空レーザーデータと本研究の対象範囲(青枠内)

表 1 航空レーザー計測の撮影条件

		4月15日	4月23日
撮影時間	撮影開始時刻	14時59分	10時14分
	撮影終了時刻	19時20分	11時53分
使用機器	LP計測機器	ALS50 II (Leica Geosystems)	
	航空機	固定翼 セスナ 208 型	
DEM精度		50cm	

作成した DSM である。対象地は地震による被害の大きかった益城町であり、2016年4月15日と4月23日の2時期に撮影された航空レーザーデータを使用する。このレーザーデータはアジア航測株式会社が測量したもので、15日のものが密度1.5-2点/m<sup>2</sup>、23日のものが密度3-4点/m<sup>2</sup>で観測されている<sup>3)</sup>。航空レーザーの撮影条件を表-1に示す。

まず、100m四方の範囲ごとに2時期のDSMが最大相関を示す位置を水平の地殻変動量とみなす<sup>4)</sup>。この水平移動量を除去したあと、この範囲の地表面の平均的な高さの差を地殻変動の鉛直成分と見なし、これも除去した。この位置合わせを行った後の2つのDSMについて高さの差分値を計算し、大きなものをここでは斜面崩壊と見なす<sup>5)</sup>。なお、この2時期の航空レーザー測量の範囲は異なるため、それらの共通範囲を研究対象とした。ここではその範囲の中から、益城町堂園地区並びに西原村に発生した斜面崩壊について把握を試みた。

## 3. 2 時期 DSM の高さ差分による斜面崩壊の抽出

2016年4月15日と23日の2時期のDSM(標高)の差分データを用いて斜面崩壊の抽出を行う。図-2は、益城町から西原村にかけての対象地域についてのDSM差分であるが、赤色の範囲は4月15日に比べて23日の方が地表面が高く、青色は低いことを表している。防災科学技術研究所が作成した熊本地震による土砂移動分布図<sup>6)</sup>とこのDSM差分を比較すると、斜面崩壊が発生した箇所がおおよそ一致していることが確認できる。そこでこのDSM差分量と航空写真を用いて、斜面崩壊の抽出を行った。ここでは、益城町堂園・西原村に発生した斜面崩壊の中の2箇所について比較を行う(図-3)。これらの2か所を航空写真から見る限り、どれも中央にある林が倒れこんで土砂が

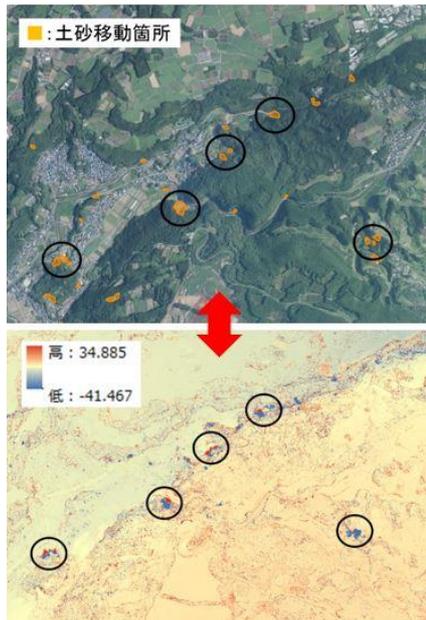


図-2 益城町-西原村間の土砂移動分布  
(上：土砂移動分布図<sup>6)</sup>，下：DSM 差分)

露出しているのが確認できる. 次に図下の高さ差分データで見ると, 青色の箇所が斜面崩壊し, 赤い箇所は斜面崩壊によって崩落した土砂が堆積していることが確認できる. 斜面崩壊の発生した場所ではこのように2時期の標高差が明確にあるため, これを見ることで, どこで崩壊が起きているのかを把握することが可能である.

そこで, 斜面崩壊によって削れた範囲と土砂が堆積した範囲を高さ差分データから抽出した. 対象範囲内のピクセル値(高さ)から, ある一定値以下と以上の値を崩壊または堆積とみなし, その合計から各面積と体積を算出するものである. 抽出条件として, 斜面崩壊により土砂が削れている場所を-1m以下, 土砂が堆積した場所を1m以上と仮定した. 条件の数値の選定理由として, DSMの鉛直方向に対する精度が50cm~1m程度であることをふまえ, 地表面の高さから±1mを考慮したためである.

算出結果を表-2に示す. 体積は崩壊量が堆積量の約3倍という結果になった. これは, 崩壊土砂の堆積として, 斜面崩壊で倒れた樹木の高さを含むためと考えられる. 土砂の平均厚さは崩壊した方が大きい値となったが, これはもし樹木が密に生えていたと仮定すると, DSMは樹高を含むものとなっており, 崩壊土砂と堆積土砂の体積に差があることは充分にあり得るものといえよう.

4. まとめ

本研究では, 2016年熊本地震で生じた地殻変動と斜面崩壊に着目し, 2016年4月16日の前後の航空レー

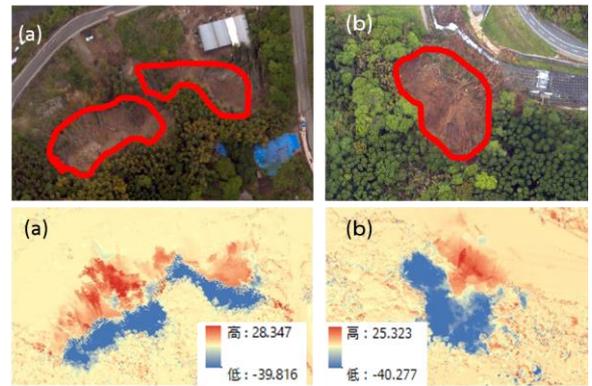


図-3 斜面崩壊の変化抽出例  
(上：航空写真, 下：DSM 高さ差分)

表-2 斜面崩壊による土砂の面積と体積の算出結果

範囲	高さ変化量 (m)	面積 (m <sup>2</sup> )	体積 (m <sup>3</sup> )	土砂の平均厚さ (m)
(a)	堆積 Δh > 1m	4028	23091	5.73
	崩壊 Δh < -1m	7331	-64643	-8.82
(b)	堆積 Δh > 1m	5033	22473	4.47
	崩壊 Δh < -1m	6380	-66551	-10.43

ザーデータを用いて, 益城町を対象にこれらの抽出を行った. そして, 2時期のDSMから水平・鉛直の地殻変動量を除去した後, 標高差分から斜面崩壊箇所を抽出した. この結果を航空写真や土砂崩壊図と比較した結果, 樹木を含む崩壊部と堆積部を確認することができた.

謝辞: 本研究で使用したDSMデータは, アジア航測(株)により提供されたものである. 記して謝意を表します.

参考文献

- 1) 気象庁: 平成 28 年 (2016 年) 熊本地震の関連情報 [http://www.jma.go.jp/jma/menu/h28\\_kumamoto\\_jishin\\_menu.html](http://www.jma.go.jp/jma/menu/h28_kumamoto_jishin_menu.html)
- 2) F. Yamazaki, W. Liu, Remote sensing technologies for post-earthquake damage assessment: A case study on the 2016 Kumamoto earthquake, 6th Asia Conference on Earthquake Engineering, 2016.
- 3) アジア航測株式会社: 「平成 28 年熊本地震」災害状況 第二報 <http://www.ajiko.co.jp/article/detail/ID56JI45Y2D/>
- 4) L. Moya, F. Yamazaki, W. Liu, T. Chiba, Calculation of coseismic displacement from Lidar data in the 2016 Kumamoto, Japan, earthquake, NHESS, 2016.
- 5) 佐川由季, Luis Moya, 劉ウェン, 山崎文雄: 2016 年熊本地震における 2 時期の航空レーザーデータの比較による地殻変動と地盤変状の抽出, 第 7 回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演集, 24-29, 2016
- 6) 防災科学技術研究所: 熊本地震による土砂移動分布図 <http://map03.ecom-plat.jp/map/map/?cid=20&gid=587&mid=2908>