

## 平成 28 年熊本地震の土砂災害抽出に対する SPOT 衛星データによる斜め観測の影響分析

日本大学 正会員 ○園部雅史 日本大学 正会員 羽柴秀樹

## 1. はじめに

平成28年熊本地震では4月14日夜と4月16日未明に連続して大規模な地震が発生し、阿蘇火山周辺で多くの斜面崩壊が発生した。本災害における土砂災害の特徴として広範囲かつ大規模であることや多様な土砂移動現象が発生したことが挙げられる<sup>1)</sup>。このような広範囲に土砂災害が発生した場合、早急な被害状況の把握が必要であり、衛星リモートセンシングによる被害情報の収集が期待されている。加えて、現地調査あるいはヘリによる調査は長時間の時間が必要であることや悪天候の場合は把握手法が限定される場合がある。また、土砂災害域の抽出や周辺の社会基盤への影響などを詳細に把握するためには、マルチスペクトル画像情報の特性が大きく貢献すると考えられる。光学衛星による土砂災害抽出手法として直下視の光学衛星画像を用いた土砂災害抽出手法の検討がされている<sup>2) 3)</sup>。一方、災害発生時には緊急を要するためポイント観測（以降：斜め観測）が実施される場合が多い。しかしながら、斜め観測画像による土砂災害発生個所の抽出への影響について評価した事例は少ない。また、平成31年度に全方位60°までの広範囲観測が可能な先進光学衛星が打ち上げ予定であり<sup>4)</sup>、大規模災害への利用の検討を踏まえるために同様なスペックの光学衛星画像を用いた斜め観測の影響の検証を実施する必要がある。そこで本論では、斜め観測角度が比較的大きい商用光学衛星のSPOT-6/7衛星画像を用いて、植生域から非植生域への変化に着目したNDVI（正規化植生指数）とGSI（粒度指数）の複合解析による土砂災害個所の抽出を試み、斜め観測の災害域抽出への影響について考察した。

## 2. 研究方法

### 2.1 対象地域

本研究の対象地域は大規模な土砂災害が発生した阿蘇大橋を含む3km×5kmの範囲とした。本地域による土砂災害は防災科学技術研究所らによる災害前後の空

中写真・衛星画像・航空機SAR画像による目視判読の調査結果<sup>5)</sup>から88個所の土砂災害が報告されている。

### 2.2 使用データ

本研究では図-1に示す災害前後のSPOT-6/7衛星画像を用いた。観測諸元を表-1に示す。表中の入射角は衛星鉛直直下と衛星のセンサによる観測方向のなす角度を示しており、値が大きいくほど斜めの観測を示す。災害後画像においてSPOT-6/7衛星の分解能は可視光および近赤外域のバンド帯で観測するマルチスペクトル画像センサで6m×6m、パナクロマティックセンサで1.5m×1.5mを有している。

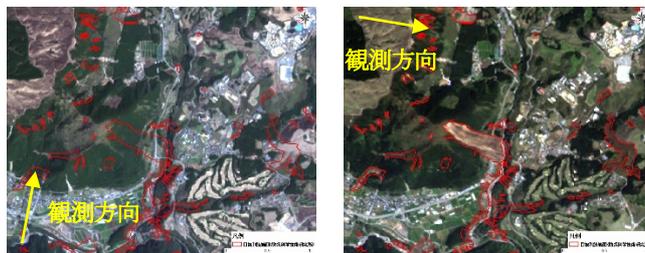


図-1 使用データ（左：災害前，右：災害後）

表-1 使用した衛星画像の諸元

衛星	観測日	入射角	観測方向
SPOT-6	2016/03/21（災害前）	17.0°	南から北
SPOT-7	2016/04/20（災害後）	33.8°	東から西

### 2.3 調査・解析方法

土砂災害域の抽出は、災害前の植生域から非植生域への変化に着目し、NDVIとGSIへの指標を組み合わせることで抽出を試みた。まず、災害前後画像の重ね合わせを行うために、それぞれの画像について数値標高モデル（DEM）の10mメッシュ（標高）を用いてオルソ補正処理を行った。なお、オルソ補正処理時のリサンプリング手法はNearest Neighbor（最近隣法）とした。加えて大気による散乱・吸収の影響の除去やオフナディア角度等の観測条件の違いを低減するため、DN値から反射率に変換した。これらの反射率補正後の災害前後画像から（1）の式を用いてNDVI画像を作成し、植生域を抽出した。さらに災害後の反射率補正後の画像から（2）の式を用いてGSI画像を作成した。

キーワード：Remote Sensing, GIS, Landslide, Disaster, SPOT

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14

日本大学・園部

Tel:03-3259-0669 E-mail:sonobe.masashi@nihon-u.ac.jp

$$NDVI = (Band4 - Band3) / (Band4 + Band3) \quad (1)$$

$$GSI = (Band3 - Band1) / (Band3 + Band2 + Band1) \quad (2)$$

Band1からBand3はそれぞれ可視光青、緑、赤波長帯域であり、Band4は近赤外波長帯域の観測バンドを示す。NDVI値は1に近づくほど植生活性度が高い傾向を示す。GSI値は1に近づくほど裸地域の傾向を示す。なお、植生域および裸地域の抽出のための閾値は観測時期が異なることからそれぞれ設定した。得られた指標値から災害前植生域と災害後裸地域を定義し、土砂災害域を抽出した。

- ・災害前植生域 = NDVI (植生域)
- ・災害後裸地域 = GSI (裸地域) - NDVI (植生域)
- ・土砂災害域 = 災害前植生域 - 災害後裸地域

また、抽出した土砂災害域の比較のため、目視判読結果による土砂災害域の位置合わせを行い、GIS上に重畳できるようにした。これらの土砂災害域と本手法により得られた抽出結果と比較した。また、土砂災害域の比較にあたり、抽出率（実際に土砂災害が発生した範囲（目視判読土砂災害域）の内、衛星画像から抽出できた土砂災害域の割合と正当率（衛星画像抽出で土砂災害と判定した箇所が目視判読土砂災害域であるかを示す割合）により評価した。加えて、斜め観測による要因を含む誤抽出箇所の特徴について整理した。

### 3. 研究結果及び考察

斜め観測による主な影響要因として、災害後画像における観測方向と大凡直行する南北方向に流下した土石流において裸地面が捉えていない点であった。比較的小さい土砂災害域においても同様である。また、観測とほぼ平行する黒川右岸の東側斜面のがけ崩れにおいて、斜め観測と急峻な地形の影響において画素情報が不足またはオルソ化により劣化した箇所未抽出であった。一方、観測時期による違いも影響しており、災害前画像において地表面被覆が植生でない点、あるいは丈が短い草地等の植生でNDVI値が低い箇所であった。加えて、影となる箇所未抽出な箇所があった。なお、目視判読による土砂災害域と比較すると抽出率の評価で50%程度であり、正答率は60%程度であった。10mメッシュ（標高）から作成した傾斜度が5°以下の範囲と重畳する範囲や微小範囲である100m<sup>2</sup>以下の土砂災害

抽出域を除去することで、抽出率にはほぼ影響せず、正答率を75%程度に上昇できた。土砂災害域の抽出結果を図-5に示す。この結果から本手法において大凡の土砂災害域の抽出が可能であるが、急峻な地形や森林等の遮断により裸地面が抽出困難である個所が存在することがわかった。以上のことから、斜め観測の影響を考慮しながら、抽出処理を行うことにより、地震や豪雨等により土砂災害が広範囲に多発し、被害の全容把握が困難な場面においては、その抽出結果が災害対応等に有効な情報となりうると考えられる。

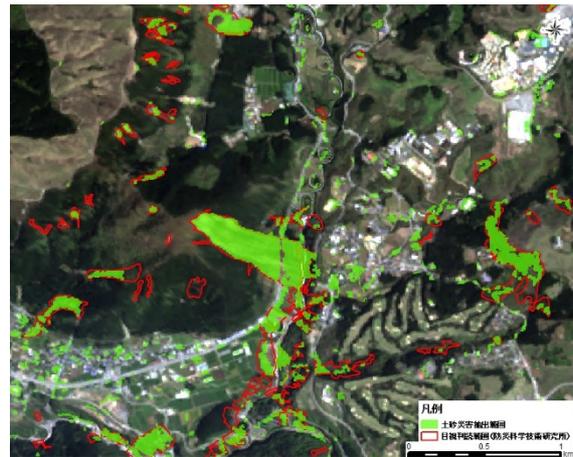


図-3 土砂災害域の抽出結果（背景：災害後）

### 4. おわりに

本研究では2016年熊本地震における災害前後のSPOT-6/7衛星画像データを用いて、南阿蘇村付近を対象に正規化植生指標値および粒度指数を用いて、土砂災害域の抽出を試みた。目視判読結果と比較し、抽出精度を算出し、斜め観測による要因を含む誤抽出の要因を整理した。本研究で得た知見は、平成31年度打ち上げ予定の先進光学衛星による土砂災害情報抽出に利用できると考えられる。今後は、悪天候時に効果的である衛星SARとの併用について検討する予定である。

ACKNOWLEDGEMENTS: SPOT-6/7 used in this study include copyrighted material of Airbus, Inc., All Rights Reserved  
参考文献

- 1) 土木学会：2016年熊本地震被害調査報告書
- 2) 小山内他：地球観測衛星ALOS（だいち）による崩壊地の抽出手法について、平成22年度砂防学会研究発表会論文集、<<http://www.jsece.or.jp/event/conf/abstruc/2010/pdf/P-214.pdf>>
- 3) 水野他：衛星リモートセンシング技術の土砂災害の活用について、土木技術資料53-1（2011）。
- 4) 宇宙航空研究開発機構：先進光学衛星、<<http://www.satnavi.jaxa.jp/project/senshin>>（閲覧日：2018年3月）
- 5) 防災科学技術研究所：熊本地震による土砂移動分布図、<<http://www.bosai.go.jp/mizu/dosha.html>>（閲覧日：2017年4月）