

## (24) 光学式高分解能衛星画像を用いた九州北部豪雨災害における土砂災害域の抽出手法の検討

堀江 陽介<sup>1</sup>・羽柴 秀樹<sup>2</sup>・園部 雅史<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 日本大学理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

E-mail: csyo18011@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 日本大学 教授 理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

E-mail: hashiba.hideki@nihon-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 日本大学 助手 理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

E-mail: sonobe.masashi@nihon-u.ac.jp

2017年7月に九州北部地方を中心に降った記録的な大雨によって、広範囲に渡って同時多発的に土石流を主とした土砂災害が発生した。広範囲で発生した災害箇所の特定制および抽出や山間部や近づくことが難しい箇所の調査にはリモートセンシング技術が有効であると考えられ、特に光学式高分解能衛星によって広域に同じ観測条件で観測された観測情報は画像判読および災害状況の解釈が迅速かつ簡易なことや土地被覆の定量的な把握が可能のため有効である。そこで、本研究では光学式高分解能衛星画像の各バンド画像を用いて、土砂災害域の抽出手法について検討および土地被覆状況が抽出に及ぼす影響について考察した。これらのことから、山間部かつ植生と裸地面の割合がほぼ等しいもしくは裸地面が多い箇所が抽出精度が高くなる傾向が考察された。

**Key Words:** WorldView-2, Remote Sensing, landslide disasters, disaster

### 1. はじめに

近年、日本では多くの土砂災害が発生しており、人的・家屋の被害が毎年報告されている。また、短時間強雨の発生回数も増加傾向にある<sup>1)</sup>ことから、今後も豪雨に起因する土砂災害の増加が懸念されている。2017年7月には、梅雨前線や台風3号の影響により九州北部地方を中心に記録的な大雨となった。特に、福岡県朝倉市では、線状降雨帯の発生により6月30日から7月10日にかけて1時間最大雨量が129.5ミリを観測している。また、この大雨によって広範囲に渡って同時多発的に土石流を主とした土砂災害が発生している。内閣府のこれまでの報告<sup>2)</sup>では、福岡県において土石流149件、地すべり2件、がけ崩れ81件もの土砂災害が広い範囲で発生していることが示されている。このような広範囲で発生した災害箇所の特定制および抽出や山間部や二次崩落の危険がある箇所など、近づくことが難しい箇所の調査にはリモートセンシング技術が有効であると考えられる。このような場合、UAVによる近接リモートセンシングが有効である<sup>3)</sup>が、人命救助等のために有人ヘリコプター航行が被災地では優先されておりUAV航行に制限が入る場合が多い。

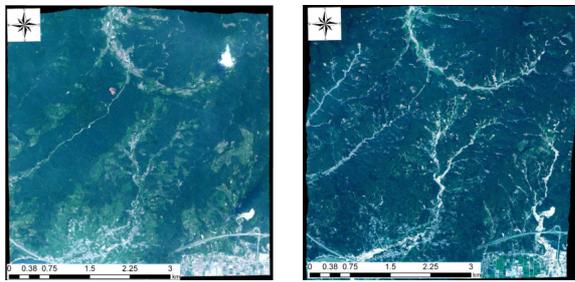
また、災害発生直後の発生箇所の抽出のために合成開口レーダ (SAR) 衛星による災害観測が実施されている<sup>4)</sup>。しかしながら、SAR画像は実際の災害箇所とノイズの画像判読が難しいことや土地被覆の定量的な把握は難しい。また、今回のような線状降雨の発生に伴った広域な被災の場合、航空機空中写真調査は多くの空中写真が必要となるため、災害状況の全体像を短時間で把握することが困難な場合が多い。これらの観測手法に対して、光学式高分解能衛星によって広域に同じ観測条件で観測された観測情報は画像判読および災害状況の解釈が迅速かつ簡易なことや土地被覆の定量的な把握が可能のため有効である。しかしながら、光学式高分解能衛星によって九州北部豪雨が調査された事例は少ない。また、得られた画像から土砂災害箇所を抽出するために土地被覆分類が利用されている場所が多いが、被災箇所の画素値の統計的特徴を分析することが難しい場合が多い。このような背景から、より迅速な土砂災害の特定制手法が求められている。本研究では、災害前後の光学式高分解能衛星画像の各バンド画像を用い迅速に解析が可能な差分画像による抽出手法について検討を加え、土砂災害箇所の抽出を試みた。また、調査範囲の規模による抽出特性への影響と、

画像内の土地被覆種の占有率による抽出特性への影響を合わせて検討し、抽出特性を考察した。

## 2. 調査対象地域と使用データ

### (1)調査対象地域

本研究では2017年7月の九州北部豪雨による土砂災害が発生した地域の中から福岡県朝倉市の山間部調査対象地域とした(図-1)。朝倉市では、土石流113件、地すべり2件、がけ崩れ48件、計163件もの土砂災害が発生しており、福岡県で発生した土砂災害の多くが集中している。また、人的被害は死者・行方不明者19名、建物被害は全壊と半壊を合わせて300件以上も報告されており、数多くの土砂災害及びそれに伴う被害が出た地域である。



2017/5/11(災害前) 2017/9/13(災害後)  
図-1 調査対象地域

### (2)使用した衛星データ

本研究では、高分解能衛星WorldView-2衛星による土砂災害前後に観測された画像を使用した(表-1)。また、WorldView-2衛星の衛星画像には全8バンドあり、各バンドごとに観測する波長帯<sup>3)</sup>を表-2に示す。

表-1 使用データ

衛星	観測日	分解能(マルチ/パンクロ)
WorldView-2	2017/5/11(災害前)	2.0m1×2.0m/0.5m×0.5m
	2017/9/13(災害後)	

表-2 各バンドの波長と名称

	バンド1	バンド2	バンド3	バンド4	バンド5	バンド6	バンド7	バンド8
波長(mm)	400-450	450-510	510-580	585-625	630-690	705-745	770-895	860-1040
名称	コースタルブルー	青	緑	黄	赤	レッドエッジ	近赤外線1	近赤外線2

## 3. 調査手法

### (1)衛星画像のオルソ補正

国土地理院が発行する数値標高モデル(DEM)の10mメッシュ(標高)を用いて、衛星画像データのオルソ化の処理を行った。オルソ化は平坦な地形では補正量は微量になるが、山間部など起伏が大きい地域では補正量が大きくなる。本研究では、山間部の土砂災害範囲を差分画像を用いて抽出するため、オルソ化による補正後の画像を用いた。

### (2)衛星画像の地表面反射率への変換

一般に光学衛星画像データを用いて解析を行う際には大気による散乱・吸収の影響を除去する必要がある。また、太陽高度や入射角が異なる場合、地表面からの反射率は異なる。そのため、使用する衛星画像データについてまず(1)の式を用いてDN値から放射輝度( $L_\lambda$ )に変換し、(2)の式より反射率( $\rho$ )に変換した。

$$L_\lambda = \text{Gain} * \text{DN} + \text{Offset} \quad (1)$$

$$\rho = \pi * L_\lambda * d^2 / \text{ESUN}_\lambda * \sin \theta \quad (2)$$

Gain : ゲイン

DN : デジタルナンバー

Offset : オフセット

d : 太陽地球間距離

ESUN $_\lambda$  : 分光太陽照度

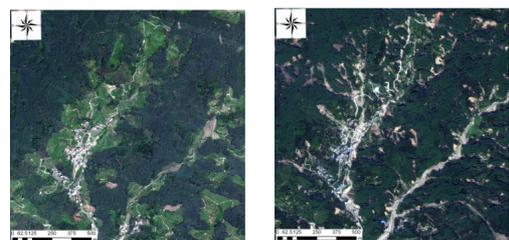
$\theta$  : 太陽天頂角

### (3)パンシャープン画像の作成

本研究では抽出された土砂災害域の精度検証を高分解能衛星画像を用いて目視で行うため、災害域をより詳細に判読するために、パンシャープン画像を作成した。解像度は表-1に示すパンクロマティックの画素サイズとした。

### (4)調査エリアの選定

本研究では、1.5km四方の中規模エリアと100m四方の小規模エリアを選定した。中規模エリアは、災害の場所によって山間部のエリアAと麓のエリアBの2箇所のエリアを選定した(図-2)。



エリア A (左: 災害前, 右: 災害後)



エリア B (左: 災害前, 右: 災害後)

図-2 エリア A&B

また、土地被覆状況の影響を調査するために、災害後の土地被覆の割合で分類した小規模テストエリアを選定し

た。小規模エリアは裸地面の割合が多いエリアa1およびa2、植生の割合が多いエリアb、極端に植生の割合が多いエリアc、高速道路が含まれるエリアdの5つを選定した。なお、土地被覆の割合は最尤法による教師付き分類で算出している。

### (5) 土砂災害域の抽出と考察

本研究では、災害後の各バンド画像の画素値から、被災後と同じバンドの災害前画像の画素値を減算することで、各バンドごとに差分画像を作成した。その後、各差分画像ごとに画像全体の算出値の平均を閾値として、分類後の抽出傾向からバンド1-6の差分画像は閾値以上の画素分布域を土砂災害による被災領域とした。また、バンド7・8の差分画像の場合は、得られた画像の結果から閾値以下の画素分布域が被災領域を示す傾向が認められたためこの分布域を土砂災害による被災領域として災害域の抽出を行った。また、調査範囲の規模による抽出特性への影響と、画像内の土地被覆種の占有率による抽出特性への影響を合わせて検討し、抽出特性を考察した。

## 4. 土砂災害域の抽出結果

### (1) 中規模エリアの抽出

#### a) エリアA

各バンド画像を用いて抽出した土砂災害域の結果を図-3に示す。災害域と抽出された領域を赤で示す。バンド3、バンド6、バンド7、バンド8は土砂災害域以外の箇所も多く抽出された。バンド1、バンド2は抽出された箇所

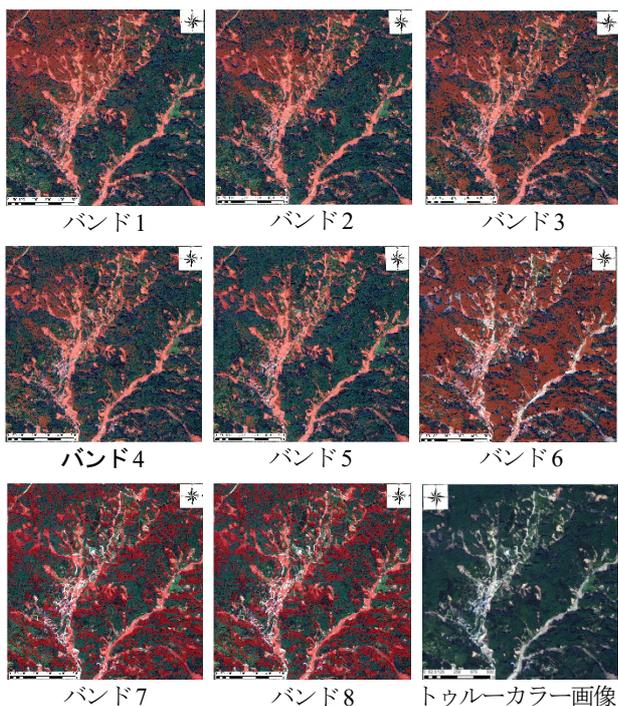


図-3 各バンドの抽出結果 (エリア A)

と誤抽出が多い箇所ができた。バンド4、バンド5は多くの災害域を抽出することができた。特にバンド5は、細かい崩壊箇所まで特定することができた。

#### b) エリアB

災害域と抽出された領域はエリアAと同様に赤で示す(図-4)。エリアAと同様にバンド5が最も誤抽出が少ない傾向が示された。しかし、災害前から裸地面であった箇所も抽出された。また、全バンドで水田や高速道路が災害域と抽出された。多くのバンドでエリアAに比べて誤抽出の数が増加傾向にあることが示された。

### (2) 小規模エリアの抽出

#### a) エリアa1, a2

どちらも裸地面のほうが約15%多いエリアである。ほとんどの災害域が抽出され、画像判読から判断し誤抽出もほとんど見られなかった(図-5)。a2で線状に抽出されていない箇所は、災害前から細い道があった箇所である。

#### b) エリアb

植生が全体の約70%と多いエリアである。実際の災害域よりも多少の過大抽出が確認されたが、概ね正確に抽出されていた(図-6)。

#### c) エリアc

植生が約95%と非常に多いエリアである。エリアbと同様に概ね正確に抽出することができた(図-7)。しかし、エリアbに比べて誤抽出が増加する傾向が示された。

#### d) エリアd

人工物(高速道路)が含まれるエリアであり、植生、裸地面、道路に近い割合で表示されているエリアである。

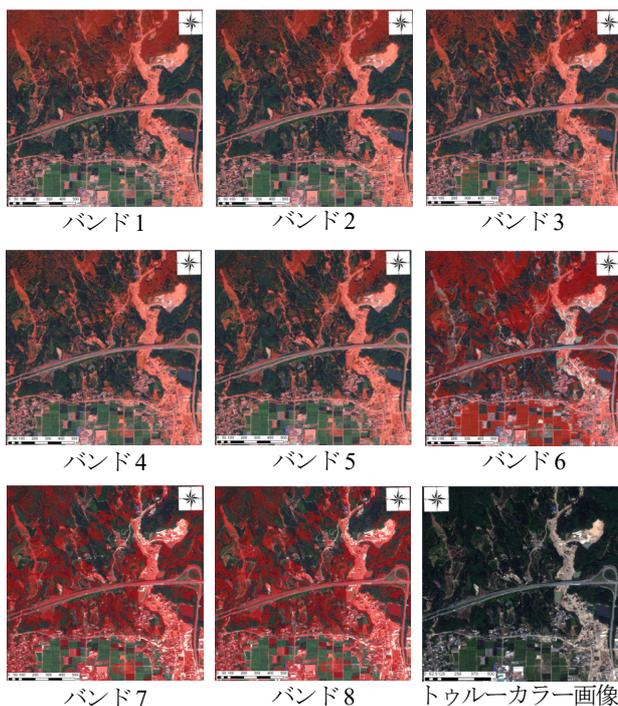


図-4 各バンドの抽出結果 (エリア B)

災害域も抽出された (図-8) . しかし, 高速道路の端部も抽出されており, 本研究で検証した5つのエリアの中で最も誤抽出が多く示された.

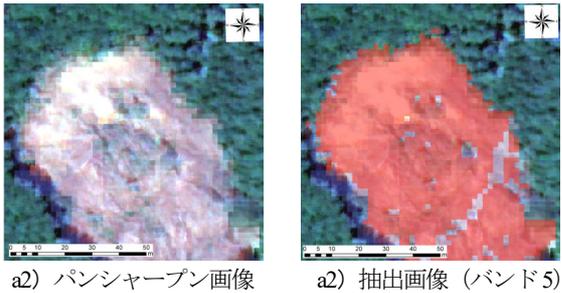
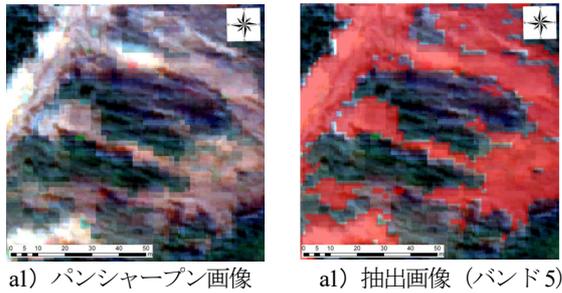


図-5 エリア a1 および a2 の抽出結果

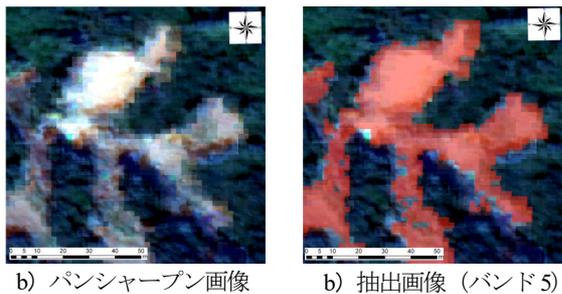


図-6 エリア b の抽出結果

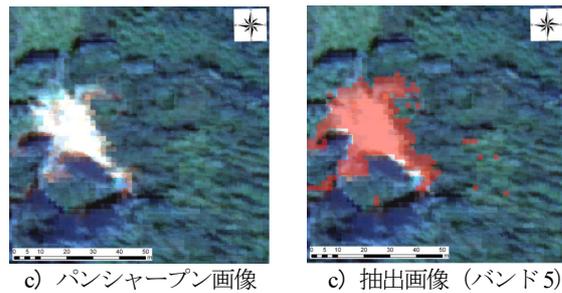


図-7 エリア c の抽出結果

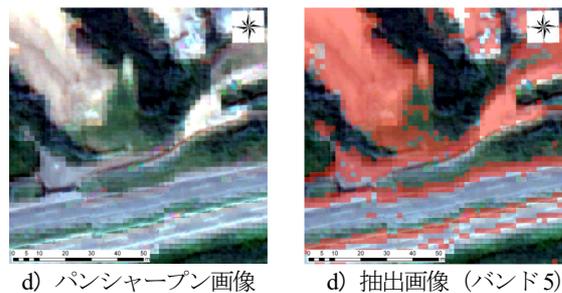


図-8 エリア d の抽出結果

## 5. まとめ

本研究では, 九州北部豪雨に伴って発生した土砂災害を対象に, 光学式高分解能衛星の各バンド画像を用いて土砂災害域の抽出手法の検討および土地被覆状況の違いによる抽出手法への影響を考察した. 中規模エリアの結果より, 本手法においてバンド5を用いて災害域の抽出の際に用いることが効果的だと考察された. これに対してバンド3・6・7・8を用いた場合は, 災害域の抽出は難しことが考察された. 加えて, 平野部に到る麓で発生した土砂災害および土砂拡散域を抽出する際には, 水田や道路をあらかじめ画像上から除去することが望ましいことが考察された. また, 小規模エリアでの検討結果より, 抽出を行う際に適している土地被覆の占有割合は, 植生と裸地面の画像内の割合が同等もしくは裸地面の方が多い状況が望ましいと考察された. 逆に, 画像の画素数に対して植生の割合が高くなるほど誤抽出が増加する傾向にあることが考察された. また, 道路は端部が誤抽出されている傾向が示された. これは, 災害前後の画像座標の微小な違いが原因だと考えられた. さらに, 本手法において災害前から裸地面だった箇所も抽出される傾向があり, この箇所に対する補正方法の検討を以降進める必要があると考えられる. 今後は, 抽出箇所の定量的な精度評価を進め, 誤抽出の傾向等を分析することにより, 災害域の特性に応じた補正方法と本手法の拡張のための検討を予定している.

ACKNOWLEDGMENTS : Worldview-2 image used in this study include copyrighted material of Digital Globe, Inc. All Rights Reserved.

## 参考文献

- 1) 気象庁: 大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化, <<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>> (入手2018.6.13)
- 2) 内閣府: 防災情報のページ, <<http://www.bousai.go.jp/updates/index.html#h29>> (入手2018.6.13)
- 3) 小野里正明: 平成29年7月九州北部豪雨に関する応用地理部の取り組み, 国土地理院時報, No. 129, 2017, (入手2018.6.14)
- 4) 下村博之, 小俣雅志, 森田保成, 阿部直樹, 賽楽裕, 船木俊郎, 三五大輔: 衛星SAR解析による平成29年7月九州北部豪雨での土砂移動域の抽出, 砂防学会研究発表概要集, P - 108, 第67回, 2018, (入手2018.6.14)
- 5) 一般財団法人リモート・センシング技術センター: 衛星総覧, <<https://www.restec.or.jp/satellite/worldview-2>> (入手2018.6.14)