

1982年長崎豪雨による被災地の景観変化と土地被覆分類

Landscape Changes and Landcover Classification of Damaged Areas Affected by the 1982 Nagasaki Heavy Rainfall

黒木 貴一

磯 望

後藤 健介

Takahito KUROKI

Nozomi ISO

Kensuke GOTO

社会科教育講座

西南学院大学

長崎大学

(平成21年9月30日受理)

要 旨

1982年7月の長崎豪雨による斜面崩壊と土石流による被災地に対し約25年間の景観変化を観察し、衛星データや写真データを用いてそれら被災地の土地被覆分類を試みた。調査の結果、斜面崩壊地は雑木林、竹林に変化し、また人為的にコンクリート擁壁に変化することが多く、斜面崩壊の面影は薄くなった。また土石流地は山地部では雑木林に、低地部では人為的に宅地などになることが多く、既に周囲の風景と差が見られない。これら被災地は、ALOSデータによる解像度を上げたパンシャープン画像からは僅かに識別できる。NDVIの陰影図では大半の土石流地を識別できるが、斜面崩壊地は最小長さが2メッシュ以上ないと識別が難しい。また2.5m解像度でALOSのAVNIR-2とPRISMデータを組み合わせ5バンド化した、解像度を上げバンド数を増やしたデータや、写真データにALOSのAVNIR-2の近赤外データを加えたデータは、被災地に対する分類効率が高いことを確認した。

キーワード：1982年長崎豪雨, 土地被覆分類, 空中写真, 衛星データ

I. はじめに

1982年7月の長崎豪雨では、長与町で最大1時間降水量187mmを記録し、長崎県では斜面崩壊と浸水が多数生じ、299人の死者が出た^{1),2)}。そのため斜面崩壊地の地質・地形特性³⁾や斜面崩壊地と植生との関係⁴⁾などの研究が進んだ。斜面崩壊地では、次第に植生が回復し土層が発達し、斜面の不安定さが増した結果、地質特有の再来周期に達し再び崩壊すると考えられている^{5),6)}。斜面崩壊を対象とする斜面地形研究^{7),8)}は多いが、崩壊後の斜面地形や、植生や土地利用などの土地被覆の景観変化を調査し、斜面崩壊の準備過程を検討したものはまだ少ない。そこで本研究では長崎県東部の1982年の斜面崩壊地に対し、約25年後の景観を詳細に調査し、斜面地形や土地被覆の変化の特徴を明らかにする。

遺跡調査、災害調査、農作物評価などの地表の環境評価に対し、最近、人工衛星の反射率データ

の使用が増えた⁹⁾。たとえばLANDSAT/TMデータのRGB画像を地表の土地利用あるいは水分条件に読み替え、平野に対し地形区分がなされ^{10),11)}、同データによる土地被覆分類から土地利用、地形、森林破壊、土壌浸食などに関する研究がなされた^{12),13)}。しかし災害調査では、発災直後の衛星データ利用が中心であり、被災地の人工改変や植生回復の過程に対する衛星データ適用は、山火事跡地に対し¹⁴⁾、地震による斜面崩壊地に対し^{15),16)}あるが多くはなく、その場合の土地被覆分類の精度に関する検討も十分ではない。そこで本研究では、衛星データによる約25年後の斜面崩壊地と土石流地の抽出を土地被覆分類から試み、その精度を検討する。

II. 研究方法

1. 調査対象地域

1982年長崎豪雨時に被害の生じた長崎市東部の

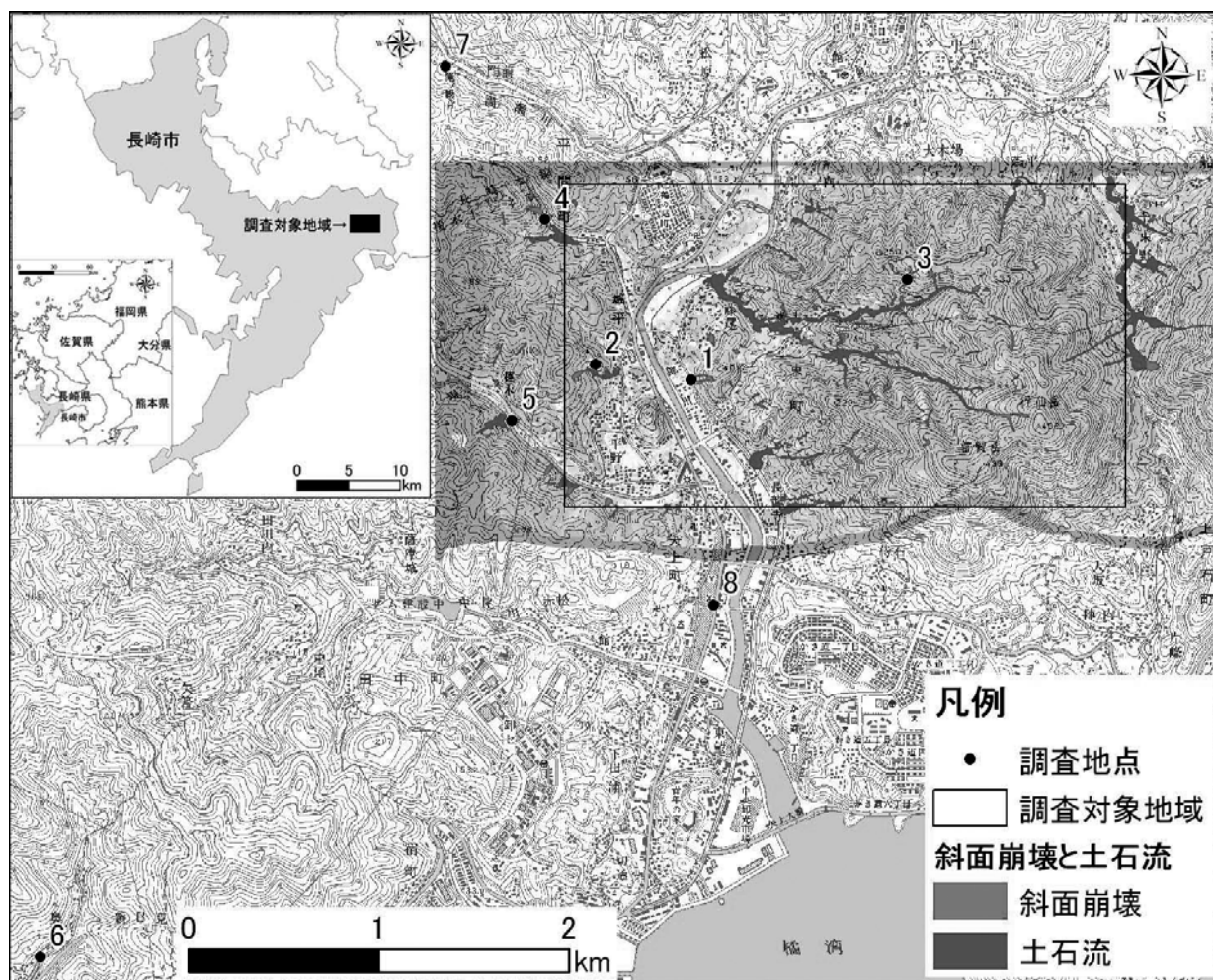


図1 調査対象地域（原図はカラー）

約 5 km²を調査対象地域とした(図1)。本地域の地質は、八郎川を境とし西側が西浦上変朽安山岩(プロピライト)、東側が井樋の尾火山岩類(角閃石安山岩)であり³⁾、それらが標高約400mの丘陵地を構成している。一部の丘陵地では、宅地開発による地形改変が行われている。2006年8月に調査対象地域およびその周辺の斜面崩壊地、土石流地、市街地の現況(Loc.1~8)を調査し(図1)、斜面地形および土地被覆の変化の特徴をつかんだ。以降、本論で用いる被災地は斜面崩壊地と土石流地を意味する。

2. 空中写真と衛星データの準備

ダウンロードした国土地理院(http://orthophoto.mlit.go.jp/ortho_map.html)のオルソカラー空中写真(1974年撮影)、オルソ化した朝日航洋の8000分の1空中写真(1982年撮影)、提供を受けた長崎市オルソカラー空中写真データ(2006年撮影)

を用意した。

2003年5月3日と2007年5月14日取得のTerraのASTERデータ(解像度15m)、2006年6月2日と同年10月13日取得のALOSのAVNIR-2データ(解像度10m)、2007年4月29日取得のALOSの直下視(UN)と後方視(UB)のPRISMデータ(解像度2.5m)を用意した。本稿では、ALOSデータを用いた検討結果を中心に述べる。

3. 被災地の経年変化の観察

空中写真と衛星データによる通常(トゥルーカラー及びフォールスカラー)画像、バンド別画像、パンシャープン画像などで被災地の経年変化を追跡した。また様々な解像度やバンドの組み合わせを変えた組み合わせデータに対し最尤法分類を行い、その分類精度を確認した。

最尤法は、分類するグループの分布パターンを数学的に確率密度関数として仮定し、目的値がど

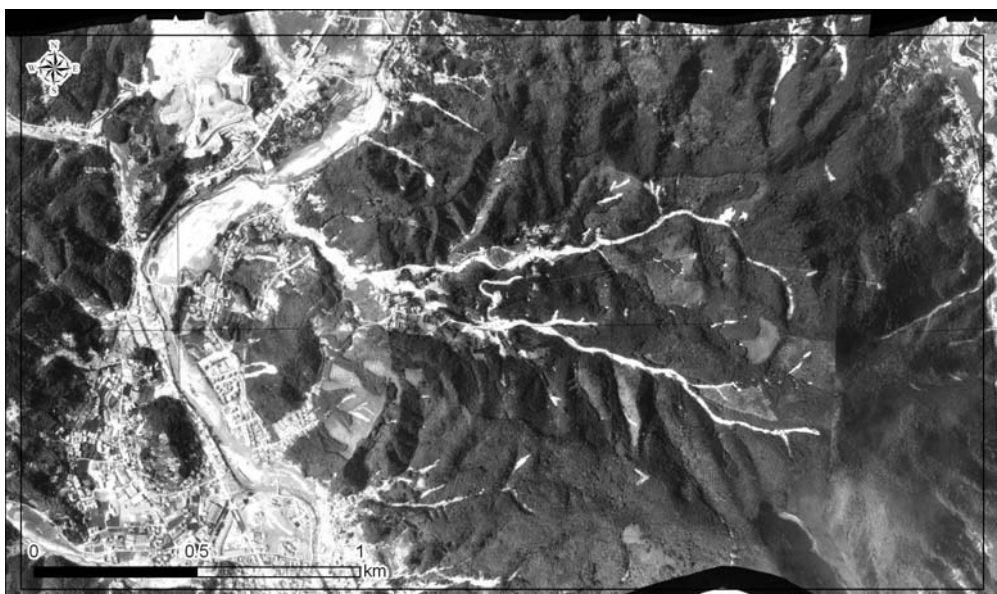


図2 1982年撮影の8000分の1空中写真

のグループに属するかを統計確率的な意味を持たせて判別する手法である⁹⁾。最尤法では、分類するグループの典型的な場所(教師)を現地調査(グラントゥールス)で決定する必要があるため、被災地の斜面地形や植生・土地利用を調査し、結果を教師範囲のshape fileポリゴンデータとした。

最尤法による土地被覆分類の精度は、分類項目に対する季節性や解像度に影響を受けるため、その程度に関する検証が進められている。例えば解像度に関する検証¹⁷⁾では、解像度80mのMSSデータと同50mのMESSRデータの最尤法分類の結果を比較し、高解像度のMESSRデータの分類精度が良いことが示された。

一般に土地被覆分類では、後藤ほか(2003)¹³⁾のように長期間の観測データが蓄積された解像度約30mのLANDSATデータが多く利用され、近年では高解像度(1m程度)の衛星データの使用も増えた¹⁸⁾。一方、空中写真は高解像度の画像であり、色分解したRGB(赤・緑・青)データは、LANDSATのバンド3, 2, 1にほぼ相当する。そのため、空中写真をデジタル化し、その土地被覆分類から森林の区分¹⁹⁾、斜面崩壊地の区分²⁰⁾、山地の植生区分²¹⁾が試みられ、その有用性が示されている。

Ⅲ. 現地調査結果

1. 被災地の分布

朝日航洋の1/8000空中写真(図2)により、図1に示す調査対象地域とその周辺に対し斜面崩壊地

182箇所と土石流地14箇所を判読した(図1)。斜面崩壊は標高約400mの丘陵地頂上付近に発生し、その崩土が土石流化したものと、平野に近い場所で発生し、その崩土が崖錐を形成したものがある。斜面崩壊地は、面積が最小15m²から最大4379m²まであり、その平均は522m²である。一方、土石流地は、面積が最小1728m²から最大57621m²まであり、その平均は13623m²である。

2. 現地状況

被災地の判読を行った場所のうち、6地点の現地状況を記載する。

Loc. 1(写真1)は、住宅地東側に丘陵地の接する場所である。この丘陵地末端を刻む2つの谷に斜面崩壊は生じた。現在、2つの谷は雑木林となったが、周囲に比べ樹木は小さく、樹齢は若く、樹冠の密度が薄い。

Loc. 2(写真2)は、上流の斜面崩壊を起源とし土石流の生じた谷の現況である。未崩壊地の丘陵地では自然林と人工林が混合する鬱蒼とした樹林であるが、谷では樹齢が若く樹冠の密度が小さい雑木林になっている。

Loc. 3(写真3)は、市街地から約1km離れた丘陵地にある斜面崩壊地の現況である。そこは土層が薄く岩盤の露出が見られ、崩壊地全体が密集する竹林になった。

Loc. 4(写真4)は、集落から約100m離れた丘陵地の急斜面に生じた斜面崩壊地の現況である。鬱蒼とした自然林の下位で、鉄塔やみかん畑のあ



写真1 Loc. 1 付近の景観



写真4 Loc. 4 付近の景観



写真2 Loc. 2 付近の景観



写真5 Loc. 5 付近の景観



写真3 Loc. 3 付近の景観



写真6 Loc. 6 付近の景観

る斜面の右側に、周囲に比べ樹木が小さく、樹齢は若く、樹冠の密度の小さい雑木林となった斜面崩壊地がある。

Loc. 5 (写真5)は、八郎川支流の現川川沿いにある土石流地の現況である。流下経路を新設道路が横断し、その周囲に建物やコンクリート擁壁が設けられた。土石流末端の河川近傍は草地になった。

Loc. 6 (写真6)は、調査対象地域から南西に数km離れた奥山集落の斜面崩壊地の現況である。周囲が鬱蒼とした自然林であるのに対し、斜面崩壊地全体が竹林となった。斜面崩壊地が宅地と接する場所では、コンクリート擁壁を設置し斜面崩壊への対策がなされた。

このように、斜面崩壊地は雑木林、竹林、人為的なコンクリート擁壁に変化することが多く斜面

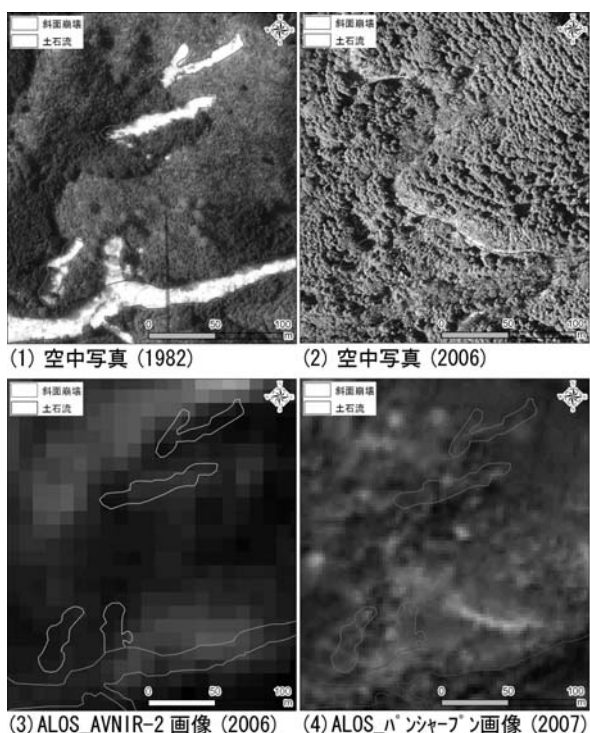


図3 Loc. 3 付近の画像比較

崩壊の面影は薄くなった。また土石流地は山地部では雑木林に、低地部では草地に、また人為的に宅地などへと変化することが多く、周囲に対し景観の違和感は少なくなった。

IV. 空中写真と衛星データによる識別の検証

1. 空中写真と衛星画像による被災地の識別

1982年から約25年経過した現在における被災地

(図2)の識別を、空中写真と衛星画像で試みた。

図3(1)はLoc. 3付近の1982年の空中写真である。丘陵地では斜面崩壊地が、谷では土石流地が植生の失われた地肌を露出している。図3(2)は同じ場所の空中写真(2006年)である。斜面崩壊地と土石流地はいずれも、周囲の鬱蒼とした樹林に対し、樹冠密度の小さい雑木林に見えるため、2006年時点でも両者を十分に識別できる。図3(3)は同じ場所のALOSのAVNIR-2画像(2006年)である。斜面崩壊地も土石流地も、この解像度では識別できない。図3(4)は同じ場所の2.5m解像度のパンシャープン画像(2007年)である。図3(2)と図3(4)を比較すると色調と濃淡がよく合っている。このため、斜面崩壊地と土石流地はALOSのパンシャープン画像で、ある程度識別が可能と考えられる。前項の検討から、被災地の識別は、そこに生じた雑木林や竹林が周囲の植生の種や分佈状態と異なるため可能となっている。

2. 衛星データの解析による被災地識別

既存研究^{22),23)}では、衛星データで求めたNDVI(植物活性度指数)の季節変化および経年変化と地形との関連性が示された。そこで、AVNIR-2データからNDVIを求め、それを陰影図とした(図4)。図4は値の凹凸が激しく、NDVIの分布の不均一性が示されている。そこで図1と図4とを比較すると、図4西側の不均一性は、主に道路、宅地、水田の土地利用の分布に起因し、図4東側のそれは丘陵地の植生の違いに起因していることが分かる。中でも図4東側の土石流地は、現在、幅数10mで延長が数100mある雑木林に変化しているた

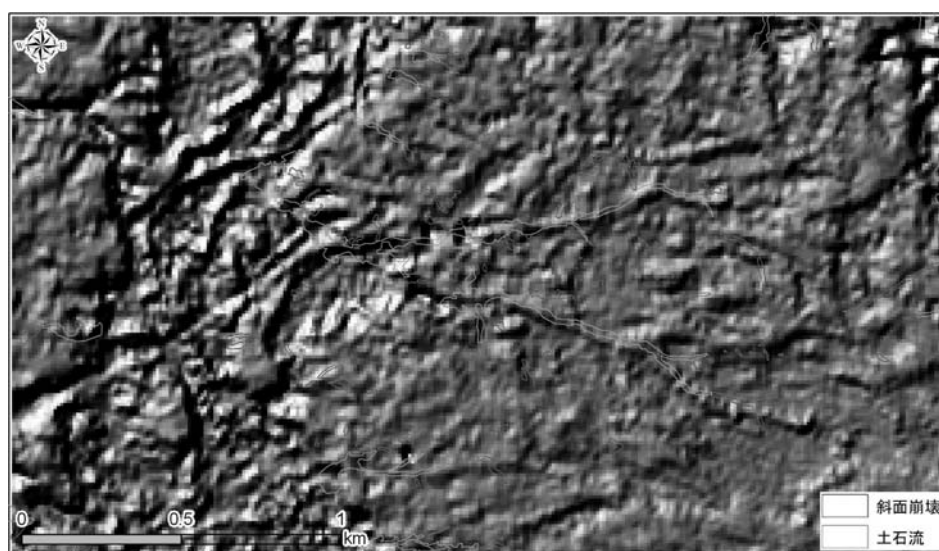


図4 NDVIによる陰影図

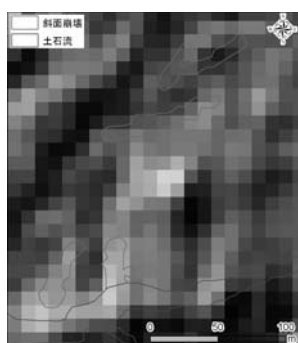


図5 図3範囲の陰影図

め、陰影図での識別が容易である。一方、斜面崩壊地は、図4から識別し難い。Loc.3付近について拡大(図5)すると、北側の幅約10mで長さ約70mの斜面崩壊地に比べ、南側の幅約20mで長さ約40mの斜面崩壊地は識別が容易である。つまり斜面崩壊地の最小長さが2メッシュ以上(最小判読限界¹³⁾)であれば、陰影図画像の拡大により斜面崩壊地の識別は可能であることが分かった。

まとめると、ALOSデータによるNDVIの陰影図では、規模の大きい土石流地の識別は可能であり、斜面崩壊地は最小長さが2メッシュ以上あれば識別できる。

V. 衛星データによる被災地の土地被覆分類

写真画像、パンシャープン画像、NDVI陰影図による被災地識別の検討結果を踏まえ、自動分類による発災後25年経過した被災地の抽出手法と分類精度を検討する。ここでは分類項目を斜面崩壊、土石流、市街地、未崩壊とし、データ解像度とバンド組み合わせを変えた6条件(表1)の多バンドデータを最尤法分類した。条件①は、ALOSのAVNIR-2のバンド1からバンド4データを組み合わせ、解像度を10mとした。条件②は、ALOSのAVNIR-2のバンド1からバンド4データにPRISMデータを組み合わせ、解像度を10mとした。条件③は、ALOSのAVNIR-2のバンド1からバンド3データをPRISMデータによりパンシャープン化し、解像度を2.5mとした。条件④は、ALOSのAVNIR-2のバンド1からバンド4データにPRISMデータを組み合わせ、解像度を2.5mとした。条件⑤は、2006年空中写真のRGBを3バンドに読み替え、解像度を2.5mとした。条件⑥は、2006年空中写真のRGBの3バンドに、ALOSのAVNIR-2のバンド4を組み合わせ、解像度を2.5mとした。なお、条件毎の教師範囲での分類精度は表2に示す。

条件①では、市街地と未崩壊地がよく分類され

表1 データ解像度とバンド組み合わせ6条件

条件	データ			
	種類	年	構成	解像度
①	ALOS	2006-7	b1-b4	10m
②			b1-b4,PRISM	10m
③			b1-b3,Pan	2.5m
④			b1-b4,PRISM	2.5m
⑤	空中写真	2006	RGB	2.5m
⑥			RGB,AL b4	2.5m

表2 条件毎の分類精度

条件	分類			
	斜面崩壊	土石流	市街地	未崩壊
①	43.8	73.7	100	81.3
②	32.3	81.9	100	87.1
③	87.5	76.8	100	63.8
④	95.8	88.3	100	82.1
⑤	82.3	32.9	74.4	73.9
⑥	90.6	60.5	93.7	67.9

た(図6(1))。市街地に近い斜面崩壊地や土石流地はそれぞれの景観変化を受けて市街地や未崩壊地に分類された。一方、斜面崩壊地と土石流地は、実際よりも多くの場所に分類され、さらに実際の場所に分類されたものが少なかった。結局、教師範囲における斜面崩壊地の分類は43.8%の精度に、土石流地の分類は73.7%の精度にとどまった。

条件②でも、市街地と未崩壊地はよく分類された(図6(2))。斜面崩壊地は、実際の場所よりも少なく分類された。結局、斜面崩壊地の分類は教師範囲において32.3%の精度しかなく、6条件中で最も低かった。土石流地は実際の場所よりも多く分類されたが、条件①に比べると実際の場所に多く分類された。その結果、土石流地の分類は教師範囲において81.9%の精度と高くなった。

条件③では、市街地はよく分類された(図6(3))。しかし斜面崩壊地と土石流地が実際よりも多く分類されたために、対する未崩壊地が少なくなった。この結果、斜面崩壊地も土石流地も条件①、②と比べ、実際の場所に分類されたものが多く、教師範囲における斜面崩壊地の分類は87.5%の精度、土石流地の分類は76.8%の精度となり高かった。

条件④では、市街地と未崩壊地はよく分類された(図6(4))。斜面崩壊地と土石流地は実際よりも多く分類されたが、その面積は条件③に比べるとかなり少ない。ところが両者が実際の場所に分類された割合は、条件③と遜色がない。この結果、教師範囲における分類精度は、斜面崩壊地は95.8%、

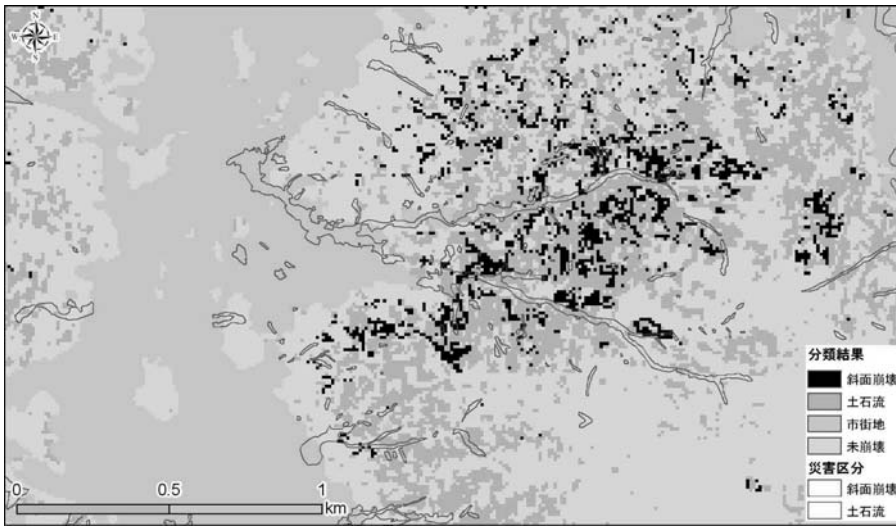


図 6 (1) 条件①の分類結果

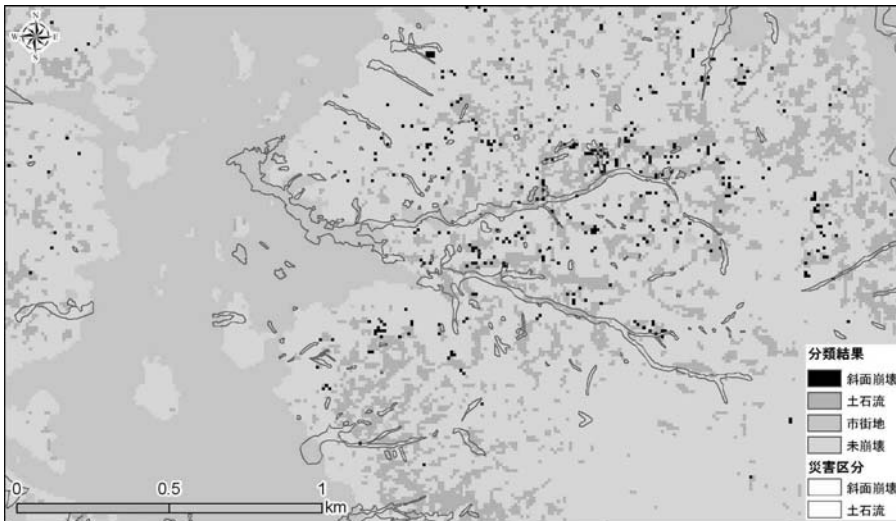


図 6 (2) 条件②の分類結果

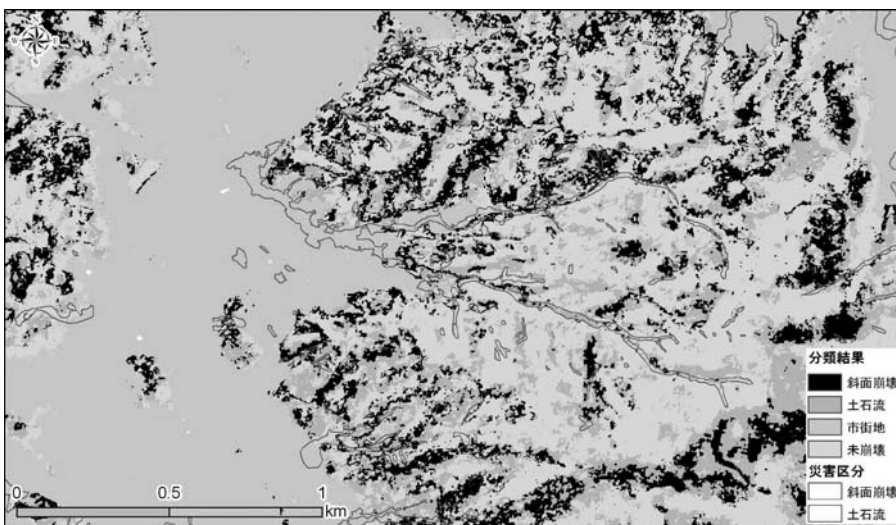


図 6 (3) 条件③の分類結果

土石流地は88.3%，市街地は100%，未崩壊地は82.1%だった。この分類精度は、条件①～③に比べると大変良い。これは解像度の高いPRISMデータが、斜面崩壊地や土石流地を示す竹林や雑木林の分類精度を高めたことが背景にあると考えられる。

このように、衛星データのバンド数を多くし、解像度を高めることは、被災地の分類精度を向上させることが分かった。

条件⑤では、市街地と未崩壊地の分類は実際よりも少なく、逆に斜面崩壊地と土石流地の分類は実際より多くなった(図 6 (5))。市街地中に斜面崩壊地が、未崩壊地中に土石流地が多く分類され現実との違和感がある。この結果、教師範囲における分類精度は、斜面崩壊地は82.3%，土石流地は32.9%，市街地は74.4%，未崩壊地は73.9%だった。特に土石流地の精度が低い。

条件⑥では、条件⑤に比べて市街地中の斜面崩壊地と、未崩壊地中の土石流地の分類が著しく減った(図 6 (6))。この結果、教師範囲における分類精度は、斜面崩壊地は90.6%，土石流地は60.5%，市街地は93.7%，未崩壊地は67.9%だった。特に土石流地と市街地の分類精度が向上した。これは、植物の状態を示すバンド4の近赤外データが、斜面崩壊地や土石流地を示す竹林や雑木林の分類精度を高めたことが背景にあると考えられる。これは高い解像度ながらバンド4の欠ける条件③が、解像度の低

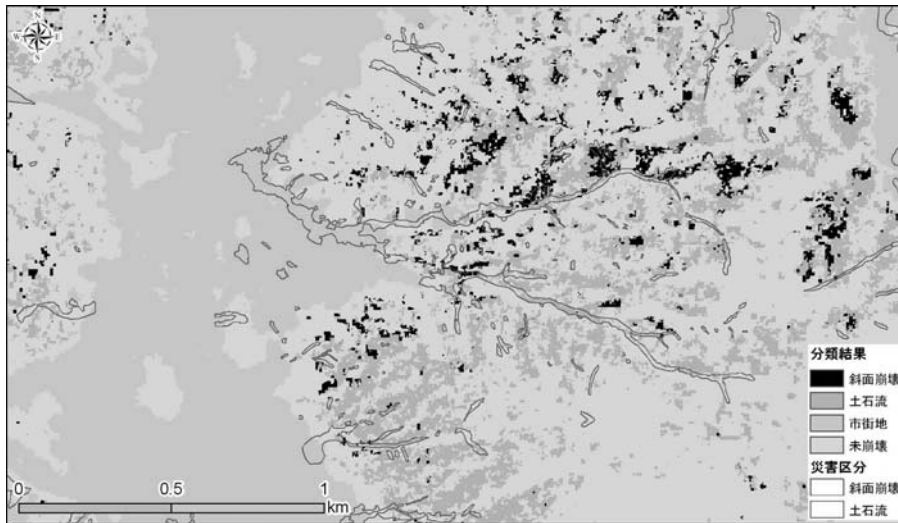


図 6 (4) 条件④の分類結果



図 6 (5) 条件⑤の分類結果

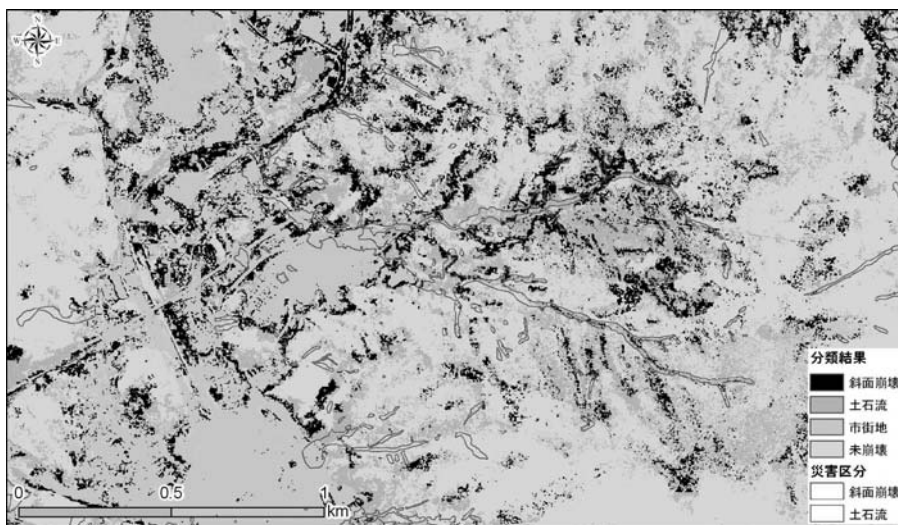


図 6 (6) 条件⑥の分類結果

い条件①や②と分類精度では変わらなかったことから指示される。

このように、ALOSのAVNIR-2の近赤外データを写真データに加えることは、被災地の分類精度を著しく向上させることが分かった。

VI. まとめ

1982年7月の長崎豪雨による25年後の被災地を対象に、当該地がどう観察できるかを調査した結果、以下の内容を確認した。

- 1) 斜面崩壊地は雑木林、竹林、コンクリート擁壁に変化し、土石流地は山地部では雑木林に、低地部は草地や宅地などに変化した結果、周囲に対し景観の違和感は少なくなった。
- 2) 被災地は、周囲の植生の種や分布状態の異なる雑木林や竹林が多いためALOSのパンシャープン画像からある程度識別できる。
- 3) NDVIの陰影図では、規模の大きい土石流地は識別可能であり、斜面崩壊地は最小長さが2メッシュ以上あれば識別できる。
- 4) 衛星データによる被災地の分類精度は、近赤外データを含めてバンド数を多くし、解像度を高めることで向上する。
- 5) 写真データによる被災地の分類精度は、ALOSの近赤外データを加えることで向上する。

25年が経過した被災地での災害痕跡は、特に市街地において急速に失われてきた。しかし、被災地のLoc. 7では土石流に巻き込まれ破壊された釣鐘(写真7)が



写真7 破壊された釣鐘



写真8 浸水深に示された歩道橋の橋脚

説明つきで保存され、Loc.8では歩道橋の橋脚に浸水深(写真8)が記されており、現地では自然災害の啓蒙の努力が常になされていることを付記する。

謝辞

本研究では長崎市都市計画課(川内さん)より長崎市基本図と空中写真の提供を受けた。また本研究では平成20年度科学研究費補助金(基盤研究(C))；課題番号18500780「人工衛星データによる斜面特性の評価の詳細研究」(研究代表者 黒木貴一)の一部を利用した。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 鎌田泰彦・近藤寛・山崎達夫・松本徭夫・松岡数充(1983)：長崎豪雨における地盤災害の地質的特性。自然災害特別研究突発災害研究成果，昭和57年7月豪雨災害に関する調査研究(長崎を中心とした豪雨災害)，57020201，41-53.
- 2) 鎌田泰彦・近藤寛(1983)：昭和57年長崎豪雨による都市地質災害。地質学論集，23，167-185.
- 3) 磯部一洋・巖谷敏光(1983)：57年7月長崎豪雨災害—特に山地崩壊について—。地質ニュース，342，6-12.
- 4) 伊藤秀三・中西弘樹(1982)：昭和57年7月豪雨による災害の調査報告書。長崎大学学術調査団，53-58.
- 5) 小出博(1973)：日本の国土(下)。東京大学出版会，556p.
- 6) 下川悦郎(1983)：崩壊地の植生回復過程。林業技術，496，23-26.
- 7) 羽田野誠一(1986)：山地の地形分類の考え方と可能性。東北地理，38，87-89.
- 8) 田村俊和(1996)：微地形分類と地形発達—谷頭部斜面を中心に—。恩田裕一ほか編『水文地形学—山地の水循環と地形変化の相互作用—』，177-189，古今書院。
- 9) 長谷川均(1998)：リモートセンシングデータ解析の基礎。古今書院，140p.
- 10) 大倉博・春山成子・大矢雅彦・スーウィット ウイブーンセート・ランブン シムキン・ラサミー スワウィラカムトン(1989)：衛星リモートセンシングによるタイ中央平原の水害地形分類。国立防災科学技術センター研究速報，83，1-25.
- 11) 黒木貴一・赤桐毅一(1996)：「原単位法」を用いた海面上昇の社会経済的影響予測—バンコク地域の事例—。季刊地理学，48-3，161-178.
- 12) 長澤良太(2002)：リモートセンシングによる土地資源評価—東南アジアの土地利用。古今書院，130p.
- 13) 後藤健介・磯望・黒木貴一・宗建郎(2003)：LANDSATデータを用いた詳細な土地被覆変遷調査の課題—福岡県太宰府市域における事例—。西南学院大学教育・福祉論集，3-1，99-119.
- 14) 野々村敦子・増田拓朗・守屋均(2006)：香川県直島における衛星データを用いた山火事前後の植生動態評価。日本緑化工学会誌，32-1，3-8.

- 15) Wen-Tzu Lin, Chao-Yuan Lin, Jing-Shyan Tsai and Pi-Hui Huang (2008) : Eco-environmental changes assessment at the Chiufenershan landslide area caused by catastrophic earthquake in Central Taiwan. *Ecological Engineering*, 33, 220-232.
- 16) Wen-Tzu Lin, Chao-Yuan Lin and Wen-Chieh Chou(2006) : Assessment of vegetation recovery and soil erosion at landslides caused by a catastrophic earthquake: A case study in Central Taiwan. *Ecological Engineering*, 28, 79-89.
- 17) 古谷勝則・建石隆太郎・油井正昭・石井弘 (1989) : 人工衛星データによる土地被覆分類. *造園雑誌*, 52-5, 235-240.
- 18) 羽柴秀樹・亀田和昭・田中総太郎・杉村俊郎 (2000) : 高分解能衛星画像データを用いた都市域における小規模緑地の詳細分布図作成の可能性の検討. *地図*, 38-4, 1-13, 図巻頭2.
- 19) 板谷明美(1998) : 航空写真のデジタル化による土地被覆情報の抽出. *森林利用学会誌*, 13-2, 81-88.
- 20) 黒木貴一・磯望・後藤健介・黒田圭介・辻真弓(2007) : 空中写真による斜面災害地の土地被覆分類-相知町を対象として. *自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集*, 31, 65-68.
- 21) 黒木貴一(2007) : 空中写真を用いた地理教材研究. *教育実践研究*, 15, 9-16.
- 22) 黒木貴一・磯望・後藤健介(2008) : 衛星データで見た太宰府市の山地斜面における土地被覆の季節変動. *福岡教育大学紀要*, 57-2, 11-21.
- 23) 黒木貴一・磯望・後藤健介(2009) : 雲仙噴火以降の植物活性度変化と土地条件. *福岡教育大学紀要*, 58-2, 13-22.