

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月12日現在

機関番号：35403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01337

研究課題名（和文）高分解能衛星データを用いた土砂災害被災情報提供手法の確立

研究課題名（英文）Establishment of the information providing method for landslide disaster using high-resolution satellite data

研究代表者

小西 智久 (Konishi, Tomohisa)

広島工業大学・環境学部・准教授

研究者番号：40559960

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、高分解能衛星データを用いた土砂災害分析手法と土砂災害被災情報の提供手法の開発を目指した。SARデータを用いた土石流の解析では、正規化後方散乱係数は災害前後の変化が大きいため被災地検出に有効であることを明らかにした。SARデータを用いた大規模深層崩壊の解析では、局所領域内の相関係数に対して閾値処理を行い、土砂崩壊地を検出することができた。衛星データによる土砂災害被災情報の提供手法の開発では、大学内にサーバを設置し、国土地理院の地理院地図を背景データとして、災害前後の地球観測衛星データと防災に関連するGIS情報を統合化して提供する仕組みを試行することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

SARデータを用いた土石流の解析では、SAR特有の幾何学的歪みによりその抽出が難しく研究事例が少ない。しかし、正規化後方散乱係数は災害前後で変化を示しており、土石流検出の可能性を示すことができた。SARデータを用いた深層崩壊の解析では、崩壊地検出における最適な局所領域のサイズと閾値を求めることができた。これにより、新たに発生した深層崩壊の迅速な検出が期待できる。さらに、フル偏波データでは災害前後の角を用いることが崩壊地検出に有効であることを示した。近年、地震や極端な気象現象が観測されており、土砂災害被災情報の早期把握とその情報提供が求められており、本研究の成果はそれに寄与するものである。

研究成果の概要（英文）：We performed developments of landslide analysis method and information providing method. For debris flow analysis using SAR data, Normalized backscattering coefficient is effective due to large change between pre- and post-event. For deep-seated landslide analysis using SAR data, landslide area can be extracted using thresholding method based on correlation coefficient within the local region.

For a development of information providing method for landslide disaster using satellite data, we prepared a Web server to provide pre- and post-event satellite data, and GIS data integrated with map provided by the Geospatial Information Authority of Japan.

研究分野：リモートセンシング

キーワード：合成開口レーダ 地球観測衛星 土砂災害 機械学習

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

我が国は、国土の約7割が山地・丘陵地であり急峻な河川が多く、また、降水量も多いことから土砂災害が数多く発生している。平成26年8月20日には、豪雨により広島県広島市安佐北区、安佐南区で土砂災害が発生し死者74人という甚大な被害となった。このような状況に対して災害に強靱な社会、「レジリエンス」な社会の構築には、予測・予防と並び災害対応が重要である。そのため、災害発生時には、迅速な初動体制の確立が重要であり、ICTを活用した正確な被災情報の収集が欠かせない。しかし、土砂災害発生時には、悪天候や夜間のため災害現場での情報収集が困難な場合が想定される。このような場合、地球観測衛星データを活用した被災状況把握が有効である。

これまで、地球観測衛星データによる土砂災害の被災状況を把握する研究は、光学センサを用いた大規模な深層崩壊や土石流の被災状況の判読などが行われている。しかし、豪雨による土砂災害発生直後には天候が悪い場合が多く、光学センサでは災害直後に雲の影響により地表面が観測できないことが考えられる。このような場合、全天候型センサである合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar: SAR)データによる土砂災害の被災状況把握が有効である。そのため、各国からSARを搭載した人工衛星が打ち上げられている。日本においても、平成26年5月にSARを搭載したALOS-2衛星が打ち上げられ、運用を行っている。一方で、SARデータによる被災状況の把握では、幾何学的な歪み、スペckルノイズの影響、分解能等により土石流のように流下幅の狭い土砂災害の被災状況把握の手法はまだ確立されていない。さらに、上述のような災害に関する情報は、公共性の高いものであり、ICTを活用した土砂災害の被災情報提供手法を確立する必要がある。

2. 研究の目的

地球観測衛星は、広い範囲を繰り返し観測することが可能であり、広域の被災状況把握において有用な情報を提供できる。特に、SARは全天候型センサであり、天候や昼夜によらず地表面の状態を観測可能であり、災害直後に被災状況を分析することが可能である。そこで、災害前後の高分解能SARデータを利用し災害発生から早期に土砂災害の被災領域の抽出と被災程度の把握を行う手法の開発を行う。また、高分解能光学センサデータを利用した被災領域の抽出手法についても検討する。さらに、地球観測衛星データによる土砂災害被災情報の提供手法について検討を行う。これにより、災害発生時の復旧支援活動における初動体制の確立に有用な被災情報提供手法を確立する。

3. 研究の方法

本研究では、平成26年8月豪雨、平成23年台風第12号、熊本地震および北海道胆振東部地震による土砂災害の被災地を解析対象とし、高分解能衛星データを用いた土砂災害分析手法の開発を行う。SARデータにコヒーレンス、相関係数、画像分類等の変化検出手法を適用し、土砂災害による被災領域抽出を行い、その検証を行う。さらに、SARの偏波解析を行い、被災領域抽出に適した偏波情報を明らかにする。また、複数時期のSARデータを用いた土砂災害による被災程度の分析手法について比較を行う。そして、これらの結果を高分解能光学センサデータや地上調査データ等から得た被害状況と比較を行う。さらに、ICTを活用した衛星データとGISデータを用いた土砂災害被災情報の提供手法を開発する。

4. 研究成果

(1) 高分解能光学センサデータを用いた平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害の解析では、空間分解能0.7mのパンクロマティックデータに対して数値標高データを用いたオルソ補正処理を行い、目視判読により被災領域の抽出を行った。また、幾何補正済みの空間分解能3mのマルチスペクトルデータから教師付きの最尤法分類処理を行い土砂災害の被災領域の抽出を行った(図1)。そして、国土地理院が公開した空中写真判読図と被災領域面積の比較を行い、パンクロマティックデータでは90.6%、マルチスペクトルデータでは80.3%一致した。

(2) SARデータを用いた平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害の解析では、3時期のCOSMO-SkyMedデータを用いて土石流の被災地域の検出を行った。COSMO-SkyMedデータにラジオメトリック補正とオルソ補正を行い、被災箇所における災害前後のコヒーレンス、相関係数、正規化後方散乱係数を計測した。その結果、正規化後方散乱係数は災害前後の変化が大きいため被災地検出に有効であることが分かった。そして、災害前後の正規化後方散乱係数の差に閾値を設定し、被災地の検出を行った。その結果、広島市安佐南区八木3丁目の被災住宅およびその周辺部を検出することができた(図2)。白色はCOSMO-SkyMedデータから検出

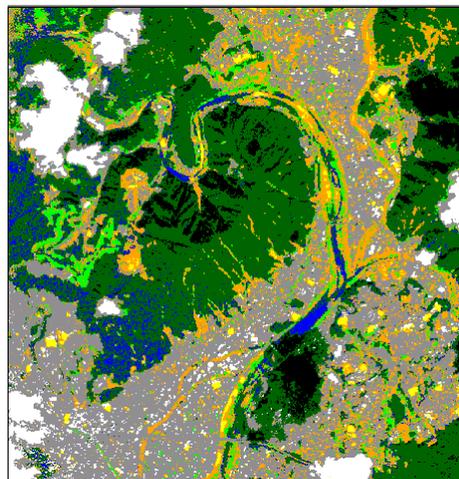


図1 土地被覆分類画像(崩壊地: 橙色)
(広島県広島市安佐南区、安佐北区)

した土砂崩壊地であり、赤枠は被災住宅である。一方で、小学校の校庭や駐車場が誤検出された。

(3) 紀伊半島豪雨災害による土砂災害の解析では、災害前後の COSMO-SkyMed データを用いて局所領域内の後方散乱係数の差および相関係数に対して閾値を設定し土砂崩壊地の検出を行った。その際に、局所領域のサイズを 3×3 から 51×51 までの奇数値を設定し、それぞれのサイズで崩壊地検出を行い、高分解能光学衛星から判読した土砂崩壊地と比較を行った。また、SAR データのノイズ低減のために Median、Lee、Frost の 3 種類のフィルタを適用し、土砂崩壊地検出に対する効果の比較を行った。その結果、Frost フィルタを適用し、 37×37 の局所領域で相関係数を算出し、閾値処理により土砂崩壊地を検出した場合に F 値が最も高くなることを示した。図 3 は COSMO-SkyMed データを用いた土砂崩壊地検出画像である。白色は検出した土砂崩壊地、黄色のポリゴンは高分解能光学衛星から判読した土砂崩壊地である。

(4) 熊本地震による土砂災害の解析では、複数時期の衛星データに対して機械学習アルゴリズムであるランダムフォレストを用いて画像分類を行った。合成開口レーダである ALOS-2/PALSAR-2 のフル偏波データを用いてエントロピー、 α 角、アノトロピーの三成分の固有値解析、四成分散乱モデル電力分解、偏波間コヒーレンス解析を行った。これらの解析から土砂崩壊地の抽出に有効なパラメータを求めた。そして、そのパラメータに対してランダムフォレストを用いた画像分類を行った(図 4)。学習に使用していないテストデータでの検証の結果、災害前後の α 角データの利用が土砂崩壊地の抽出に有効であることを示した。

(5) SAR データによる建物被害を把握する試みとして、ALOS-2/PALSAR-2 データを用いて熊本地震による建物被害の解析を行った。3 時期の ALOS-2/PALSAR-2 データを用いて 2 組のコヒーレンス画像を算出し、災害前後のコヒーレンス画像から正規化差コヒーレンス画像を算出した(図 5)。その結果、推定倒壊棟数が多い領域ほど災害前後の ALOS-2/PALSAR-2 データから算出した正規化差コヒーレンス値が高いことを示した。図 5 の赤色は正規化差コヒーレンス値が高い領域である。これは倒壊棟数が多いと推定される領域であり、熊本県上益城郡益城町周辺に多く分布している。

(6) 北海道胆振東部地震による土砂災害の解析では、光学センサである Sentinel-2/MSI データから算出した正規化差植生指数 (NDVI) データと国土地理院公開の数値標高モデルから算出した傾斜角データに対して 8 層の畳み込みニューラルネットワークを用いた画像分類を行った。テストデータでの検証の結果、傾斜角データは土砂崩壊地検出の向上にはあまり寄与せず、災害前後の NDVI データの利用が土砂崩壊地検出に有効であることを確認した。

(7) 衛星データによる土砂災害被災情報の提供手法の開発では、Web を通じて被災情報を提供するためオープンソースライブラリである Leaflet を用いて JavaScript によりシステムの試作を行った。そして、大学内に Web サーバを設置し、国土地理院の地理院地図を背景データとして表示し、その上に災害前後の地球観測衛星データと防災に関連する GIS データを統合化して提供する仕組みを試行することができた。

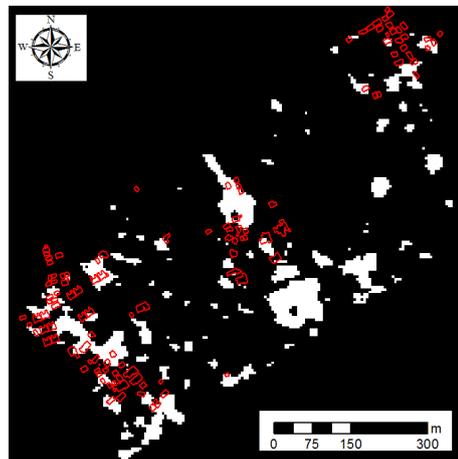


図 2 土砂崩壊地検出画像 (赤色: 被災住宅)
(広島県広島市安佐南区八木 3 丁目)

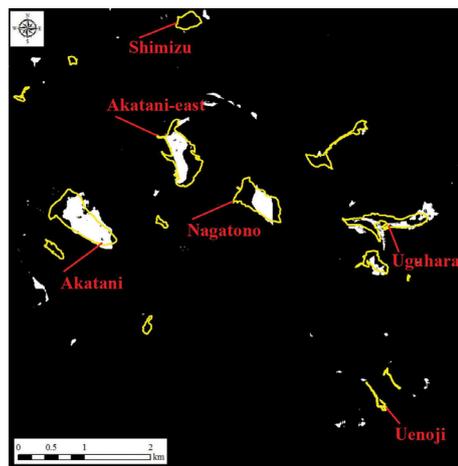


図 3 土砂崩壊地検出画像
(検出崩壊地: 白色、崩壊地: 黄色)
(奈良県五條市、吉野郡十津川村)

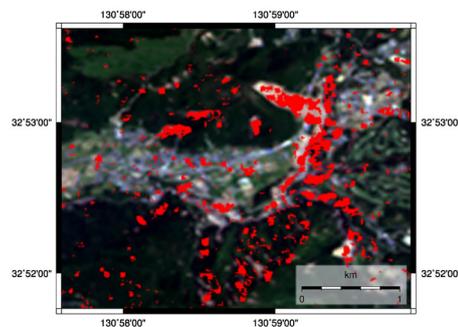


図 4 土砂崩壊地検出画像 (崩壊地: 赤色)
(熊本県南阿蘇市)

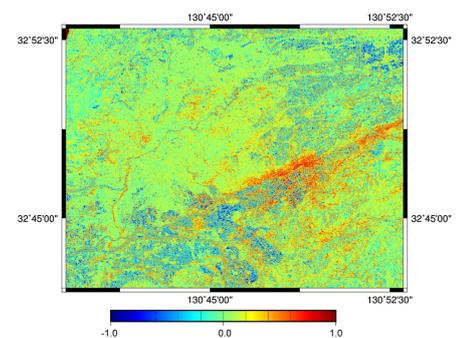


図 5 正規化差コヒーレンス画像
(熊本県上益城郡益城町)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Konishi, T. and Suga, Y., Landslide detection using polarimetric ALOS-2/PALSAR-2 data: a case study of 2016 Kumamoto earthquake in Japan, Proc. SPIE Remote Sensing 2018, 査読無, Vol. 10788, Active and Passive Microwave Remote Sensing for Environmental Monitoring, 2018, 107880P
DOI: 10.1117/12.2324030
- ② Konishi, T. and Suga, Y., Landslide detection using COSMO-SkyMed images: A case study of a landslide event on Kii Peninsula, Japan, European Journal of Remote Sensing, 査読有, Vol. 51(1), 2018, pp.205-221
DOI: 10.1080/22797254.2017.1418185
- ③ Konishi, T. and Suga, Y., Building damage mapping of 2016 Kumamoto, Japan, earthquake using ALOS-2/PALSAR-2 interferometric coherence, Proc. SPIE Remote Sensing 2017, 査読無, Vol. 10426, Active and Passive Microwave Remote Sensing for Environmental Monitoring, 2017, 104260F
DOI: 10.1117/12.2277832
- ④ Konishi, T. and Suga, Y., Extraction of damaged area caused by debris flows in Hiroshima using COSMO-SkyMed images, Proc. SPIE Remote Sensing 2017, 査読無, Vol. 10426, Active and Passive Microwave Remote Sensing for Environmental Monitoring, 2017, 1042604
DOI: 10.1117/12.2277679

[学会発表] (計 5 件)

- ① 小西智久, 菅雄三, Jukkrit Mahujchariyawong, COSMO-SkyMed データを用いた 2011 年タイ国アユタヤの浸水域抽出, 土木学会第 73 回年次学術講演会, 2018
- ② Konishi, T. and Suga, Y., Landslide detection using polarimetric ALOS-2/PALSAR-2 data: a case study of 2016 Kumamoto earthquake in Japan, SPIE Remote Sensing, 2018
- ③ Konishi, T. and Suga, Y., Building damage mapping of 2016 Kumamoto, Japan, earthquake using ALOS-2/PALSAR-2 interferometric coherence, SPIE Remote Sensing, 2017
- ④ Konishi, T. and Suga, Y., Extraction of damaged area caused by debris flows in Hiroshima using COSMO-SkyMed images, SPIE Remote Sensing, 2017
- ⑤ 平尾裕斗, 菅雄三, 小西智久, 光学系衛星データを用いた土砂災害調査について, 土木学会第 71 回年次学術講演会, 2016