

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：35403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05054

研究課題名（和文）深層学習による衛星データの機械学習と土砂崩壊地の自動抽出

研究課題名（英文）Automatic extraction of landslide areas by machine learning of satellite data using deep learning

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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：災害発生時の被災状況の早期把握のため、人工衛星搭載の合成開口レーダ(SAR)データに全層畳み込みニューラルネットワークを用いて土砂崩壊地の抽出を行った。また、光学センサデータによる土砂崩壊地の抽出も実施し抽出精度の比較を行った。北海道胆振東部地震前後のXバンドおよびLバンドSARデータから作成したテストデータを用いて土砂崩壊地抽出におけるパラメータの最適値をF値により評価し、その有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

広域災害等において被災状況を早期把握するためには全天候型センサであるSARの活用が有効であるが、幾何学的な歪などにより目視による土砂崩壊地の抽出は容易ではない。本研究では画像認識で成果を上げている深層学習を用いて災害前後のXバンドおよびLバンドSARデータから土砂崩壊地抽出を行い、検証用データとの比較から土砂崩壊地抽出の精度を示した。これにより災害発生時におけるSARデータの利用可能性を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：In order to understand the damage situation at an early stage, landslide areas were extracted using a full-layer convolutional neural network based on synthetic aperture radar (SAR) data onboard a satellite. We also extracted landslide areas using optical sensor data and compared the extraction accuracy. Using test data generated from X-band and L-band SAR data pre- and post-event The 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake, the optimal values of parameters for landslide area extraction were evaluated using F-values, and their effectiveness was demonstrated.

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 畳み込みニューラルネットワーク 土砂崩壊

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降水量も多い。さらに4つのプレートの境界付近に位置することから地震も多いため豪雨や地震に伴う土砂災害が数多く発生している。特に2018年は、平成30年7月豪雨や北海道胆振東部地震において多数の土砂崩壊が発生し、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、すなわち「しなやかな(レジリエント)」社会の構築には、予測・予防と並び被災状況の観測・解析・分析が重要である。そして、このような情報収集には、情報通信技術(ICT)や人工知能(AI)およびビッグデータの活用が期待されている。早期の被災情報の収集は、国や地方公共団体の迅速な初動体制の確立や企業における事業継続計画(BCP)を実現する上で非常に重要である。

土砂災害による被災状況を把握するためには、現地調査を行うことが重要であるが、気象状況や建物および道路の損壊のために踏査が困難な場合も想定される。そのような場合に活躍するのがリモートセンシング技術である。特に広域を短時間で繰り返し観測できる人工衛星の活用が有効である。近年、高分解能なデータを低価格で入手することが可能になってきており衛星データを活用した被災状況の把握が期待されている。しかし、土砂災害の発生時には、悪天候時や夜間など迅速な被災情報の収集が困難な場合も想定される。このような場合、天候や昼夜によらず地表面の観測が可能である SAR の観測データを活用した被災状況把握が有効である。また、日本および海外のベンチャー企業から小型 SAR 衛星の打ち上げが検討されており、SAR データを利用したアプリケーションの高度化が求められている。

研究代表者はこれまで平成23年に紀伊半島で発生した大規模な深層崩壊を災害前後の COSMO-SkyMed (SAR) データから局所領域内の相関係数を用いて抽出し、対象地域の約70%の土砂崩壊地を抽出した^[1]。しかし、SAR 特有の幾何学的な歪やスペckルノイズ等の影響により、従来の画素単位での解析には限界がある。そのため、これまでよりも精度良く土砂崩壊地を抽出するためには、性質の近い近隣の画素の特徴量を活用して深層学習を行う畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network: CNN) が有効であると考えた。CNN による土砂崩壊地抽出に関する研究は実施されているが、入力データの前処理や CNN の構造および各種パラメータ設定については解析が不十分である。そのため、SAR データによる土砂崩壊地抽出に適した CNN 手法の確立とその精度検証が必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は SAR データに深層学習の一つの手法である CNN を適用して土砂崩壊地の抽出を被災から早期に行うことである。さらに深層学習に必要な教師データを CNN から作成する手法を開発する。地表面を観測できる確率が高い SAR と高精細で明瞭に分析できる高分解能光学センサによる衛星観測に基づき、通常の画素単位の差分処理では困難な土砂崩壊地の抽出を画素周辺との関係性をもとに解析を行う CNN により実施するものである。この手法が確立されると、雨天時や夜間、また道路の寸断等のために災害現場へ赴くことが困難な状況において、衛星データから被災情報を得られるという点で特色がある。また、CNN に過去の土砂崩壊地のデータを学習させておくことで、新たに発生する土砂崩壊地を短時間で抽出できる可能性が高い。この情報は防災関係機関の初動体制の構築や企業での BCP 実践において非常に有用な情報となる。

本研究では北海道胆振東部地震による土砂崩壊地を主対象として解析を行う。また、本手法は地震、洪水、津波などによる建物被害や浸水被害にも応用が可能であると考えられるため、様々な災害に対する迅速な被災情報提供に貢献するものである。

3. 研究の方法

(1) SAR データに CNN を適用した土砂崩壊地抽出手法の開発

北海道胆振東部地震の前後の COSMO-SkyMed および ALOS-2/PALSAR-2 データに CNN を適用して土砂崩壊地検出を行う。そして、入力データ、前処理方法、畳み込みサイズや層の深さ等の CNN のパラメータの比較を行い、土砂崩壊地抽出に適した手法を確立する。さらに SAR センサの違いや崩壊地の形態の特徴を整理して考察を行う。

(2) 光学衛星データによる土砂崩壊地データの作成

CNN の学習には教師データが必要であるが、教師データを目視判読で作成するには膨大な時間と労力が必要であるため、CNN に教師データを学習させて、SPOT 等の高分解能光学センサデータから土砂崩壊地データを作成する手法を開発する。

4. 研究成果

(1) SAR データに CNN を適用した土砂崩壊地抽出手法の開発

2018年に発生した北海道胆振東部地震の発生前後の COSMO-SkyMed および ALOS-2/PALSAR-2 データに CNN を適用して土砂崩壊地抽出を行った。SAR データの前処理としてマルチルック処理と国土地理院公開の基盤地図情報数値標高モデル 10m メッシュ(標高)データを用いたオルソ補正、

および校正処理を行った。図 1 に解析対象範囲の COSMO-SkyMed 画像を示す。正解データは国土地理院が公開している斜面崩壊・堆積分布図から作成した。土砂崩壊地抽出には全層畳み込みニューラルネットワークの一つである U-Net を使用した。図 2 は U-Net の構造である。U-Net には複数の方法で切り出した 256×256 画素の小パッチ画像を入力して学習を行った。学習に使用していないテストデータを用いて F 値の比較を行った結果、小パッチ画像を切り出す際の適値を求めることができた。また COSMO-SkyMed データからは F 値 70.9%を得た^[2]。土砂崩壊地抽出の一例として図 1 の白枠内の COSMO-SkyMed 画像、正解画像および土砂崩壊地抽出画像を図 3 に示す。

北海道胆振東部地震前後の ALOS-2/PALSAR-2 データによる土砂崩壊地抽出においても U-Net を適用して F 値 79.9%を得た。これらの結果から提案手法による土砂崩壊地抽出は X バンドおよび L バンド SAR データに対して有効であることが確認できた。

(2) 光学衛星データによる土砂崩壊地データの作成

一般的に SAR データよりも光学衛星データの方が地表面状態の識別に適していることから、高分解能光学センサデータに CNN を適用して教師データとなりうる土砂崩壊地抽出を行った。2018 年に発生した北海道胆振東部地震の発生後に観測された SPOT-7 データに U-Net を適用して土砂崩壊地抽出を行った。図 4 は解析対象範囲の SPOT-7 ツールカラー画像である。教師データと検証用データは国土地理院が公開している斜面崩壊・堆積分布図から作成した。モデルへの入力には SPOT-7 データの異なる観測バンドの組み合わせを 4 種類準備し、これらの比較を行った。学習に使用していないテストデータを用いて比較を行った結果、SPOT-7 の可視青、可視緑および NDVI を入力データとした場合に高い F 値を示した。これにより光学衛星データに CNN を適用する土砂崩壊地抽出に適した観測バンドを明らかにすることができた^[3]。図 5 に災害後の SPOT 画像と正解画像、U-Net を用いた土砂崩壊地抽出画像の一例を示す。

さらに、災害後のみのデータと災害前後のデータを使用して、それぞれの抽出精度の比較を行った。その結果、光学衛星データに CNN を適用した土砂崩壊地抽出において、災害前後データを用いた方が F 値はやや高くなるが災害後データのみでの入力でもほぼ同等の F 値が得られることが分かった^[4]。

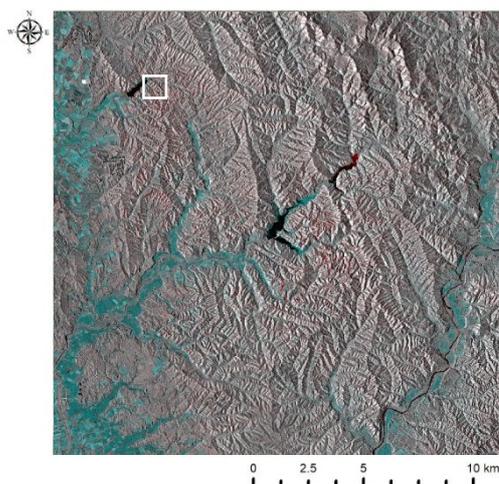


図 1 COSMO-SkyMed 合成画像

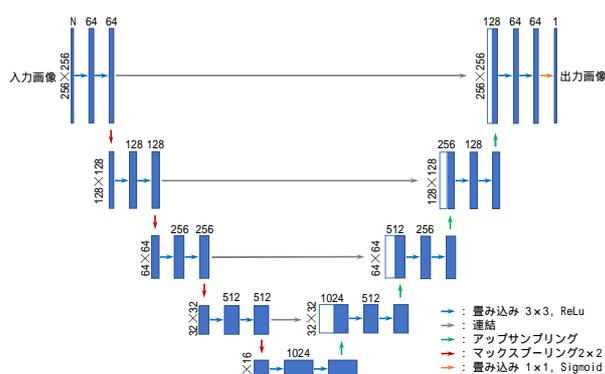
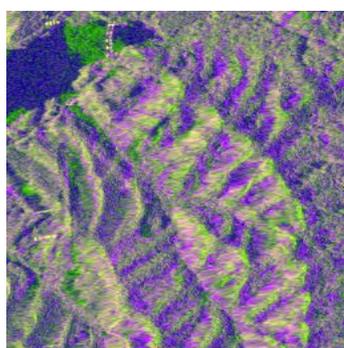


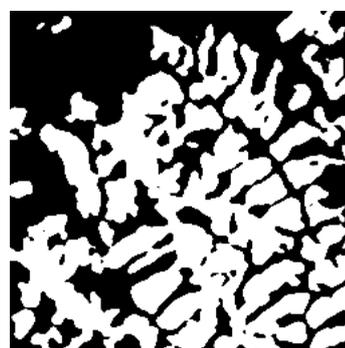
図 2 U-Net の構造



COSMO-SkyMed 画像



正解画像



土砂崩壊地抽出画像

図 3 土砂崩壊地抽出画像の一例 (SAR)

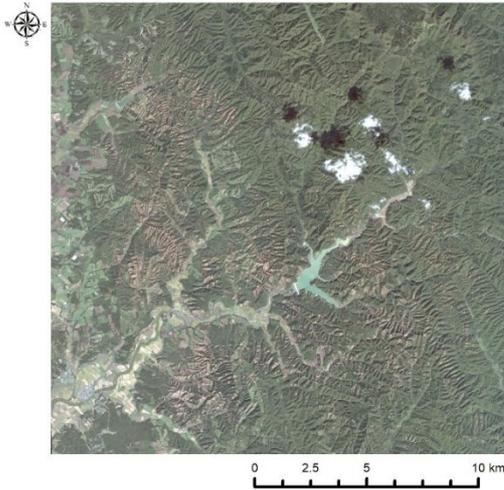
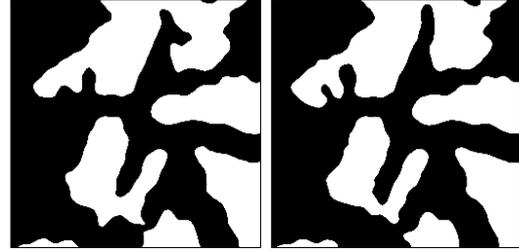


図4 SPOT-7 画像 (2018年10月4日観測)



SPOT 画像 (災害後)

正解画像



抽出画像 (災害後)

抽出画像 (災害前後)

図5 土砂崩壊地抽出画像の一例 (光学衛星)

<引用文献>

- [1] Konishi T., Suga Y., Landslide detection using COSMO-SkyMed images: A case study of a landslide event on Kii Peninsula, Japan, *European Journal of Remote Sensing*, Vol. 51, Issue 1, pp.205-221, (2018).
- [2] Konishi T., Ito S., Oguro Y., Landslide extraction with COSMO-SkyMed imageries using U-Net, *Proc. SPIE 11861, Microwave Remote Sensing: Data Processing and Applications*, 118610H, 8 pages, (2021).
- [3] T. Konishi, S. Ito and Y. Oguro, EFFECTIVE BAND OF SPOT-7 FOR LANDSLIDE DETECTION USING U-NET, *Proc. 43rd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS)*, ACRS22-36, 7 pages, (2022).
- [4] 小西智久, 伊藤征嗣, 小黒剛成, 災害前後の SPOT データを用いた土砂崩壊地抽出, *土木学会第 78 回年次学術講演会講演概要集*, IV-100, (2023).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 小西 智久、伊藤 征嗣、小黒 剛成	4. 巻 77
2. 論文標題 COSMO-SkyMed画像にU-Netを適用した2011年タイ国洪水による浸水域の抽出	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集F3（土木情報学）	6. 最初と最後の頁 59～69
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejcei.77.1_59	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Konishi Tomohisa, Ito Seiji, Oguro Yoshinari	4. 巻 11861
2. 論文標題 Landslide extraction with COSMO-SkyMed imageries using U-Net	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. SPIE Remote Sensing, Microwave Remote Sensing: Data Processing and Applications	6. 最初と最後の頁 1～8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2598144	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 小西智久、伊藤征嗣、小黒剛成
2. 発表標題 災害前後のSPOTデータを用いた土砂崩壊地抽出
3. 学会等名 土木学会第78回年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小西智久、有田宗平、伊藤征嗣、小黒剛成
2. 発表標題 Landsat-8データにU-Netを用いた氷河湖抽出
3. 学会等名 土木学会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Konishi, S. Ito and Y. Oguro
2. 発表標題 EFFECTIVE BAND OF SPOT-7 FOR LANDSLIDE DETECTION USING U-NET
3. 学会等名 Proc. 43rd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小西智久, 伊藤征嗣, 小黒剛成
2. 発表標題 U-Netを用いたSARデータからの土砂崩壊地抽出
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Konishi, S. Ito and Y. Oguro
2. 発表標題 Landslide extraction with COSMO-SkyMed imageries using U-Net
3. 学会等名 SPIE Remote Sensing 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下弘, 伊藤征嗣, 岡浩平, 小西智久, 小黒剛成
2. 発表標題 山口県虹ヶ浜海岸における海浜植物分類のための領域サイズの検討
3. 学会等名 第72回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小西智久, 菅雄三, 伊藤征嗣, 小黒剛成
2. 発表標題 Sentinel-1 SARデータを用いた浸水域抽出
3. 学会等名 土木学会 第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤征嗣, 岡浩平, 小西智久, 小黒剛成
2. 発表標題 CNNを用いた山口県虹ヶ浜海岸における海浜植物の自動分類
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第69回学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関