

研究報告書

「深層学習を用いた SAR 衛星画像からの地震被害域の自動判別」

研究期間：平成29年10月～平成31年3月
研究者番号：50156
研究者：宮本 崇

1. 研究のねらい

近年、2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震によって大きな被害が発生するなど、大地震による被害が頻発している。周期的な大地震の発生が不可避な環境にある我が国においては、地震に対する防災・減災は現在においても重要な課題である。

地震災害時において、被害量を軽減するための応急対応を公的機関が取るうえでは、第一に被害情報が迅速に収集される必要がある。中でも、住宅構造物の被害分布を把握することは、倒壊した建物からの人命救助の可能性を高めるなど、人的被害の軽減という観点から極めて重要となる。住宅の倒壊を含む各種の被害情報は、現在では地方公共団体や防災機関によって人的に収集・統合されている。しかし、災害直後の混乱や人手の不足、情報の重複・錯綜といった問題により、包括的な災害情報が得られるまでには時間を要しており、災害直後の情報空白と混乱は避けられない現状にある。申請者自身、2016年熊本地震時には直後に現地調査を行ったが、被害の全貌に関する情報は地震発生から10数時間を経ても得ることができず、被害域や被害量を即座に検知する技術の必要性を実感した。

日本を始めとして、世界で多発する自然災害による被害状況を即座に収集する手段として、人工衛星からの観測データを用いるリモートセンシング技術の利用が有力視されている。特に、合成開口レーダ(SAR)衛星から取得される地表画像は、昼夜や天候を問わず明瞭なデータを得られることから、災害直後における被害の全体像の把握への活用が期待されている。SAR衛星画像の分析は、地震時における地殻変動や斜面崩壊の検出といったマクロな災害事象の検出に関する研究事例が蓄積されているほか、画像の高解像度化も進んでいることから、現在では住宅1棟単位での地震被害を抽出する試みもなされており、実用化に向けた抽出精度向上の研究が行われている。

そこで本研究では、地震災害直後におけるSAR衛星からの取得画像の分析に対して、情報抽出の精度の高さから近年注目されている深層学習手法を適用し、地震直後における住宅構造物の被害分布を即座に把握する技術を開発することを目的とする。この技術の開発により、SAR衛星画像からの住宅被害の抽出精度を実用的なレベルにまで向上させ、国内外における災害被害の全体像の把握を迅速化し、被災直後の応急対応の高度化・効率化を図る。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究では、SAR衛星から得られる大地震直後の地表画像に対して畳み込みニューラルネットワークを適用することにより、画像から倒壊住宅を個別に判別する技術を開発することを目標とし、この技術を実装するために、(1)衛星画像と地理空間情報の統合処理による住

宅画像の抽出, および(2)畳み込みニューラルネットワークを用いた住宅画像の被害判別, という2つの項目の研究開発を行った。

(1)の項目においては, 地理空間情報データベースから住宅構造物の平面形状を構成するノード群の空間座標を抽出するアルゴリズムを実装し, 衛星画像に付与された位置座標と統合処理することによって, 個々の住宅構造物の撮影画像の検出を行った。熊本県益城町におけるデータを用いて上記処理を適用し, 100%の精度で住宅個々の画像を抽出できることを確認した。

(2)の項目においては, 震災前後の2時期の衛星撮影画像を入力とする深層学習モデルの開発, および非倒壊構造物画像と倒壊構造物画像のデータ数が均でない不均衡な学習データに対する適切な分類器の検討を行い, これらを組み合わせた被害検知モデルを開発することによって, 従来の研究と比較しても高い検知精度を得ることができた。

(2) 詳細

研究テーマ(1): 衛星画像と地理空間情報の統合処理による住宅画像の抽出

地理空間情報から, 住宅構造物の平面形状を構成するノード群の空間座標を抽出することによって住宅の形状や位置を特定し, この情報を元に個々の住宅を個別に包含する矩形領域を設定した。次に, 設定された矩形領域に一致するピクセル群を衛星画像から抽出することによって, 個々の住宅構造物の撮影画像の検出を行った(図1)。熊本県益城町におけるデータを用いて上記処理を適用し, 100%の精度で住宅個々の画像を抽出できることを確認した。

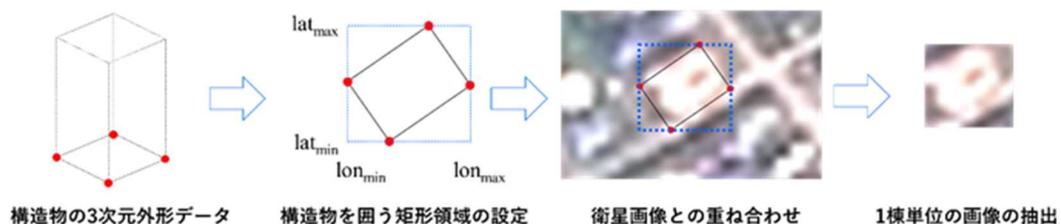


図1 住宅単位の小画像の抽出スキーム

研究テーマ(2): 畳み込みニューラルネットワークを用いた住宅画像の被害判別

地震の生じる前後2時期の光学衛星撮影画像を用いた, 時空間方向での3次元畳み込みニューラルネットワーク(3D-CNN)を適用する手法を提案し, 通常の時空間方向のみのニューラルネットワークを用いる場合よりも被害判別の精度が向上する結果を得ることができた。

また, 地震被害を受けた構造物の画像に比較して, 無被害であった構造物の画像は多く取得できることを利用し, 無被害構造物の画像を多く学習データに採り入れることによって学習データの規模を増大させると共に, そのような不均衡なデータから学習を行う分類器として rankSVM を適用し, その性能を検証した(図2)。

こうした要素技術を組み合わせた被害検知モデルでは, 従来の研究で達成された被害検

知精度と比較しても十分に高い被害検知精度を達成できることを検証した(図3)。また、本研究による被害検知モデルを衛星画像に適用することにより、地域ごとの被害の大小といった被害傾向や1棟単位の被害の有無を適切に判別できることを確認した(図4)。

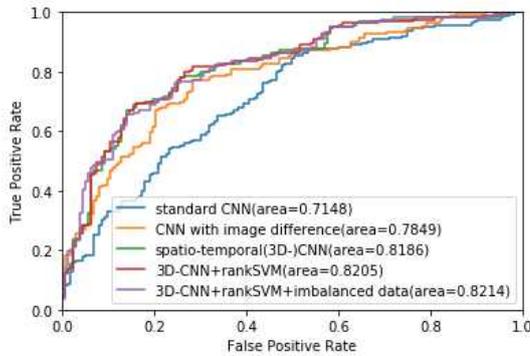


図2 ROC-AUC 指標を用いた各機械学習モデルの性能の比較

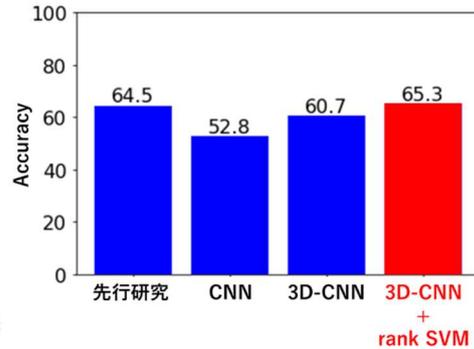


図3 SAR 衛星を用いた被害検知精度の比較

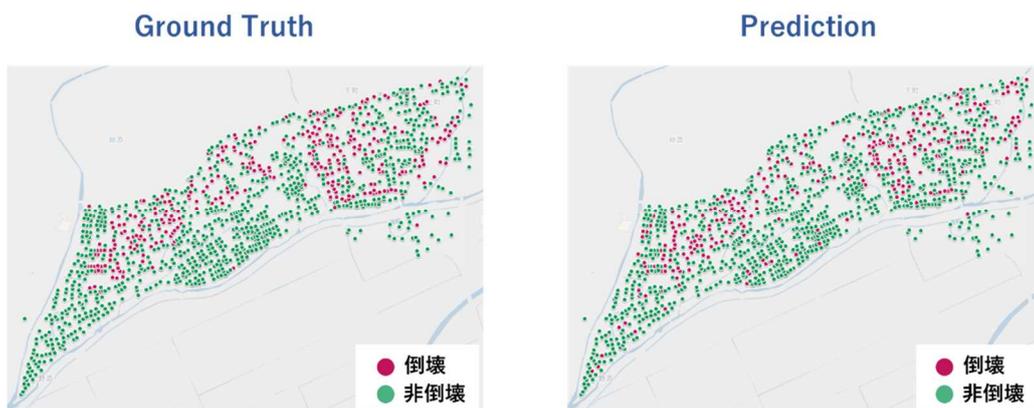


図4 実際の被害分布と提案手法による被害検知結果の比較

3. 今後の展開

本研究の成果から、衛星撮影画像から地震時の倒壊構造物を検知する精度を従来水準から向上させることが出来た。このような成果は、様々なセンシングデバイスや情報処理技術を用いた次世代の防災体制を構築していく中で、基幹的な要素技術の一つとして活用が期待されるものであり、我が国や世界各国における地震被害の軽減に資することが期待される。

また学術的な観点からは、本研究での検討を通して

- ・複数の撮影画像を時系列の空間データとして取り扱うことの有効性
- ・取得の容易な多量の正常データを学習データに加えた、不均衡データからの学習による性能向上の可能性

という、衛星リモートセンシングデータを扱う上で重要な2つの着眼点を得ることが出来た。こうした着眼点を発展させることは、より高精度な機械学習モデルの構築につながると共に、時空間データの利用と不均衡データの活用という、防災工学分野における人工知能技術の発展において汎用的に活用可能な知見への手がかりになるものと考えられる。

4. 自己評価

当初に掲げた研究目的について、計画していた2つの研究項目を十分に達成することができた。特に今後の展開に記載した、時空間データの利用と不均衡データの活用という2つの着眼点は、本研究で行った検討を通して得られた当初の計画以上の成果であった。一方で、従来の研究と比較したときに、当初期待していたブレイクスルー的な精度の向上にはつながらなかったため、今後の研究ではそのようなインパクトの大きな精度向上を狙いたいと考えている。

本研究は、ACT-I 研究プログラムにおける領域会議やサイトビジット等の行事をマイルストーンとして計画的に行うことができた。特に、上記2つの行事の中で参加者間との議論を通して得られた知見を研究にフィードバックするなど、研究プログラムを活用した体制の下で本研究を実施することができた。また、研究費の執行も、当初の計画から大きな変更はなく、研究の進捗に応じて適切に行うことができた。

本研究の成果は、我が国や世界各国における地震被害の軽減につながることが期待され、社会的な意義の大きなものだと考えている。また、本研究で得られた時空間データの利用と不均衡データの活用に関する知見は、研究者の所属する防災工学・土木工学分野の諸問題に対して広く応用が可能であると考えられ、学術的な発展にも資することが期待できる。

本研究では、深層学習を始めとした機械学習モデルを衛星撮影画像の分析に利用できるよう改良して利用したが、近年の深層学習の発展性を鑑みると、より独創的なアプローチが可能であったと考えている。本問題に特化した独自の機械学習モデルの開発といった、独創的な試みと分野横断的な挑戦性は、今後の研究の中で必要になる要素であると考えている。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. 宮本崇, 濱崎泰知. 光学衛星の時空間畳み込みニューラルネットワークによる地震被害の判別. 日本リモートセンシング学会第 64 回学術講演会論文集. 2018 年 5 月, pp.103-104.
2. 宮本崇, 丸山諒. 不均衡データからの分類タスクに対する rankSVM の性能検証と地震被害検知への応用, 第 65 回理論応用力学講演会講演論文集, in press.

(2) 特許出願

研究期間累積件数: 0 件

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. Building Damage Detection from Optical Satellite Imagery Using Time-Spatial Convolutional Neural Network, GPU Technology Conference 2018, March 2018.
2. 震災前後の衛星撮影画像を入力とした深層学習モデルによる地震被害の判別, 第 9 回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム, 2019 年 1 月.
3. Earthquake Building Damage Detection Using 3D Spatio-Temporal Convolutional Neural Network and Multi-temporal Satellite Imagery, 2019 Artificial Intelligence for Natural Disasters Workshop, January 2019.