

高解像度光学衛星を用いた東北地方太平洋沖地震 における建物被害の分類

日大生産工(院) ○宮崎 拓海 日大生産工 野中 崇志 日大生産工 朝香 智仁
日大生産工 内田 裕貴 日大生産工 杉村 俊郎 日大生産工 岩下 圭之

1. まえがき

日本では、多くの地震が発生しており、中でも2011年3月の東北地方太平洋沖地震ではM9.0の規模をもち、宮城県石巻市では震度6弱を観測し、死者約3,500人、行方不明者約400人の被害をもたらした。

被災地の復興のためには、現地の被害状況を把握することが重要であるが、余震による二次災害のリスクや、瓦礫等により立ち入りが困難な場合がある。その際に有効であるとされているのが人工衛星や航空機を活用し地球表面付近を観測するリモートセンシングであり、今回用いる深層学習はデータから自ら学習することで、迅速に画像処理することができる。

本研究では、宮城県石巻市を対象に東北地方太平洋沖地震後の高解像度光学衛星に対し深層学習による解析手法を応用することで、建物を被害状況ごとに分類しその精度を評価することを目的とした。

2. 解析サイトと使用データ

2.1 解析サイト

Fig.1に解析対象である石巻市の衛星画像及び各地域の名称を示す。今回対象とした石巻市の被害状況は羽黒町、泉町、大手町は被害がなく、錦町、旭町は大規模半壊または半壊となっており、南光町は全壊、南浜町は流失となっている。

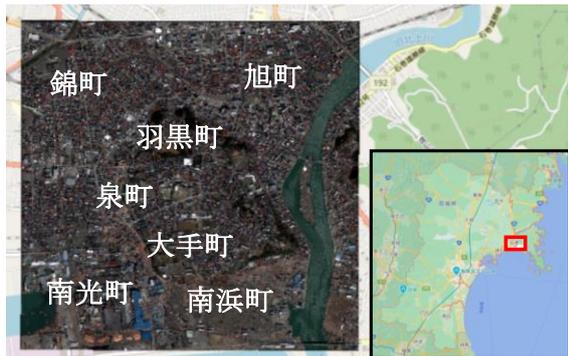


Fig.1 宮城県石巻市の衛星画像

2.2 使用データ

2.2.1 GeoEye-1

本研究で使用したのは2011年3月19日のGeoEye-1データである。GeoEye-1衛星は世界最高分解能を有する商用画像衛星として2008年9月6日(現地時間)に打ち上げられた。衛星には、パンクロマティックとマル

チスペクトルの2種類のセンサが搭載されており、直下撮影時の地上分解能はそれぞれ0.41m, 1.65mである。

2.2.2 復興支援調査アーカイブ

深層学習で学習する際の教師データ及び学習後の検証データの取得の際、国交省が提供する「復興支援調査アーカイブ¹⁾」を用いた。復興支援調査アーカイブでは、地震後の被害状況を全壊(流失), 全壊, 全壊(一階天井上浸水), 大規模半壊, 半壊(床上浸水), 一部損壊(床下浸水), 被災なしの7つに分類されている。Fig.2に対象である宮城県石巻市の復興支援調査アーカイブによる建物の被害状況を示す。

沿岸に近い南浜町はほぼ全壊(流失)である一方、旭町、錦町、南光町は全壊や大規模半壊が卓越している。本研究では上空からの画像では被害の差が確認できないため全壊、全壊(一階天井上浸水)、大規模半壊、半壊(床上浸水)、一部半壊(床下浸水)を一つにまとめ「被災あり」とし、「流失」、「被災あり」、「被災なし」の3つの分類項目とした。

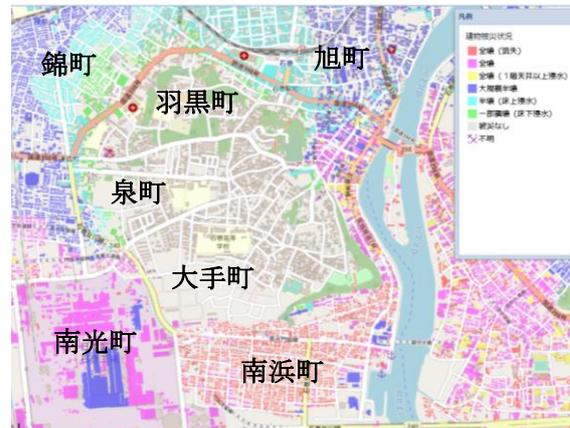


Fig.2 復興支援調査アーカイブによる石巻市の被害状況

2.2.3 ArcGIS Geo Suite 詳細地図

Esriジャパンが提供しているArcGIS Geo Suite 詳細地図²⁾を使用した。株式会社ゼンリンの地図データ(2010年のもの)と国土交通省の基盤地図情報などを加工して開発された背景地図データベースが作られており、全国約1,300市区町村においては、道路の幅員や建物の形状までを表現した詳細図データを提供している。本研究では、建物の形を抽出するために使用した。

Classification of Building Damage in the Tohoku Earthquake
Using High Resolution Optical Satellite

Takumi MIYAZAKI, Takashi NONAKA, Tomohito ASAKA,
Yuki UCHIDA, Toshirou SUGIMURA and Keishi IWASHITA

3. 解析手法

本研究は、米国Esri社のArcGIS proのディープラーニングツールを使用して建物被害の分類を試みた。初めに、復興支援調査アーカイブを元に建物被害の分類項目を「流失」、「被災あり」、「被災なし」の3項目に分け、各項目において教師データと検証データの作成を行う。次に教師データを用いて学習を行い、モデルを構築する。最後に構築したモデルについて定性的・定量的に評価する。本研究では教師データ数による分類結果の比較を行うため、教師データ数は100個(分類①)、および1000個(分類②)とし、検証データ数は200個とした。

4. 解析結果

4.1 分類結果の定性的評価

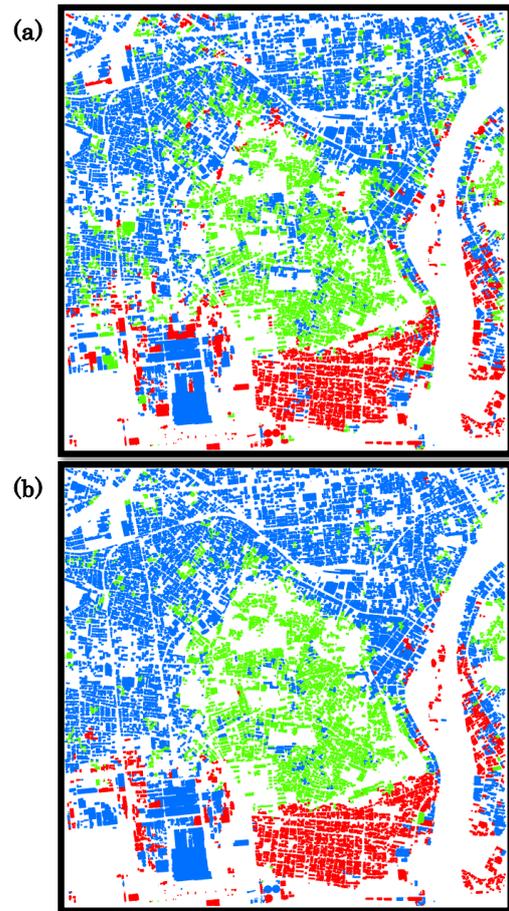
本節では、分類①と分類②において、定性的評価を行った。なお、建物の詳細地図の建物ポリゴンで切り出したが、復興支援調査アーカイブと比較して、東西方向に数画素ずれが見られたことに留意する。Fig.3(a)と(b)に分類①と分類②において、「流失」、「被災あり」、「被災なし」で分類した結果を示す。全体的な傾向として分類①と分類②ともに「流失」をほぼ再現しているが、分類①の「被災なし」は全地域に混在しており、「被災なし」がない南浜町にも抽出されている。分類②は「被災あり」と「被災なし」の地域によって数か所混在しているが、分類①よりも再現されていることがわかる。

4.2 分類結果の定量的評価

本節では、適合率(正と予測したデータのうち実際に正であるものの割合)、再現率(実際に正であるものの内正と予測したものの割合)、F値(適合率と再現率の調和平均)及び正解率(全予測正答率)4つの精度を算出して評価した。各分類の検証データによる建物被害の分類精度の比較をTable-1に示す。分類①では、「流失」が適合率、再現率、F値ともに90%以上に対し、「被災あり」と「被災なし」は、70%から80%程度であった。一方で分類②では分類①と比較すると3項目ともに分類①よりも精度が高く、「被災あり」と「被災なし」ではともに90%以上であった。また正解率も約10%向上していることがわかる。

5. まとめ

本研究では、GeoEye-1によって観測された東北地方太平洋沖地震後の高解像度光学衛星画像に対し、深層学習を適用することで、石巻市における建物を被害状況ごとに分類を試みた。教師数を変えて分類を行い、分類結果の定性的評価、及び定量的評価を通じて、特徴を把握することを目的とした。定性的評価では、教師数によらず「流失」はほぼ再現できたが、教師数を増やすことで「被災あり」と「被災なし」を再現することができた。定量的評価では、教師数を増やすことで精度が約10%高くなることを示した。今後の展望として、教師データの詳細な解析を行うとともに、異なるサイトで適用し、結果の汎用性を補足する予定である。



■: 「流失」、■: 「被災あり」、■: 「被災なし」
Fig.3 建物の被害状況の分類結果

Table-1 検証データによる建物被害の分類精度

(a)分類①

	適合率	再現率	F値	正解率
流失	0.955	0.950	0.952	0.833
被災あり	0.769	0.750	0.759	
被災なし	0.777	0.800	0.788	

(b)分類②

	適合率	再現率	F値	正解率
流失	0.966	0.985	0.975	0.938
被災あり	0.923	0.905	0.914	
被災なし	0.925	0.925	0.925	

6. 謝辞

本研究の解析にあたり、Esriジャパン株式会社の高瀬啓司氏にご助言を頂いたことに誠意を示す。

参考文献

- 1) 関本義秀ほか, 東日本大震災復興支援調査アーカイブ構築によるデータ流通促進, GIS-理論と応用, 21巻, 2号, (2013), pp.87-95
<https://doi.org/10.5638/thagis.21.87>
- 2) ESRIジャパン ArcGIS Geo Suite詳細地図
<https://www.esri.com/products/data-content-geosuite-shosai/>