

衛星画像を用いた大規模地震時の建物被害解析における CNN の階層の影響

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 杉村 俊郎 日大生産工 岩下 圭之

1. はじめに

近年、地震大国である日本では、中規模の地震が頻繁に発生しており、2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震は、周辺域に甚大な被害をもたらしたことは記憶に新しい。研究対象としている宮城県石巻市でも震度6弱を観測した。これまでの研究において、被災地の復興のために、深層学習を衛星画像に適用することで、災害後の被害状況を迅速に把握することができることがわかった。既往研究では、地震後の建物被害の分類を試み、教師データの処理パラメータである回転角度、タイルサイズ、及び畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network :CNN) の階層に着目した。その結果、短時間で教師データの数を増やすことができる回転角度を用いることで、高い分類精度を得ることを示した。また、タイルサイズの設定を教師データとする周長の約6倍のサイズに設定すると建物を正しく分類できることを示した¹⁾。しかし、回転角度と階層の組み合わせによる分類結果について知見が得られていない。そこで、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画像を用いて、建物を被害状況ごとに分類することを目標とし、回転角度とCNNの階層の組み合わせに注目し、分類精度から新たな知見を得ることを目的とした。

2. 対象サイトと使用データ

Fig.1に解析対象である石巻市の衛星画像を示す。今回対象とした石巻市は、宮城県の北東部に位置し、太平洋に面した港町である。東北太平洋沖地震では、全壊（流失も含む）20,039棟、大規模半壊・半壊13,048棟、一部損壊23,615棟の建物被害が発生した²⁾。

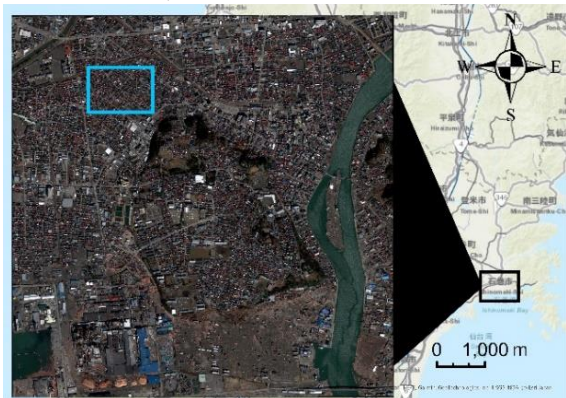


Fig.1 宮城県石巻市における使用した衛星画像

Geo Eye-1は、高分解能を有する商用地球観測衛星で、本研究で使用したFig.1の衛星画像は2011年3月19日に撮影された解像度48cmのパンシャープン画像である。また、位置情報を持ち、衛星画像と重ね合わせ、建物の形を抽出することができる「ArcGIS Geo Suite 詳細地図」³⁾、及び東北地方太平洋沖地震後の被害状況を項目ごとに分け、現地の建物被害を正確に把握するために「復興支援調査アーカイブ（以後、調査アーカイブとする。）」⁴⁾を用いた。

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。はじめに、調査アーカイブを元に分類項目を「流失」、「被災あり」、「被災なし」の3項目に分け、各項目200個の教師データ、及び検証データの作成を行った。なお、検証データは教師データとは異なる建物を取得した。次に処理パラメータである回転角度を用いて、教師データの数を増やした。なお今回対象としたエリアは、各地域の大通りの角度を測定したところ、東西方向に約60°の倍数ごとに道が開いていたため、角度を60°に設定した。次に今回の軸となるCNNの階層を設定した。本研究では多くの層を読み込むことができるRes Net (Residual Neural Network) を用い、18層、34層、50層、101層の4通りに設定し解析を行った。次にパラメータごとに設定した教師データを用いて学習後、モデルの作成を行った。そして、作成したモデルから推論、及び分類画像の作成を行った。最後に現地の被害状況（調査アーカイブ）と比較し、結果の評価を行った。なお本研究では、デフォルトのパラメータを回転角度0°、Res Net34に設定した。

Table-1 回転角度とCNNの階層の組み合わせ

回転角度	CNNの階層
0°	ResNet18, 34, 50, 101
60°	ResNet18, 34, 50, 101

4. 解析結果

Fig.2(a), (b), (c)に石巻市の一部地域 (Fig.1の水色のエリア) において、分類① (回転角度60°, ResNet101)、デフォルトによる「流失」、「被災あり」、「被災なし」で分類した結果、及び調査アーカイブを示す。なお、詳細地図の建物ポリゴンから位置ずれが見られた

Influence of CNN hierarchy on building damage analysis
during a large earthquake using satellite image

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

ため、目視で補正して評価した。Fig.2(c)より、この地域は「被災あり」となっているが、Fig.2(b)において、601個の建物の中で「被災なし」は121個（約20%）の誤分類が見られた。一方でFig.2(a)において、「被災なし」は70個（約12%）の誤分類が見られ、デフォルトと比べ、54個（約8.4%）減少していることから「被災あり」を上手く再現していることがわかる。

次に、作成された分類画像を用いて精度評価を行った。各階層の回転角度0°と60°による建物被害の正解率をFig.3に、「流失」と「被災あり」項目の適合率の精度結果をTable-2に示す。Fig.3より、回転角度60°に設定すると全階層の正解率が上昇しており、特に回転角度0°時に全階層の中で最も低かった101層では、正解率が約0.1上昇している。また、回転角度0°では、階層により、正解率のばらつきが0.07程度であったが、回転角度60°では0.04と小さくなった。次にTable-2より、回転角度60°とすることで「流失」の適合率は-0.01から0.04上昇しているのに対し、「被災あり」では、0.03から0.20と特に顕著な上昇が見られ、「被災あり」において過学習の制御が大きかったと考えられる。特に、101層の適合率が回転角度を60°に設定することで、「流失」が0.04、「被災あり」が0.20と精度が飛躍的に向上した。

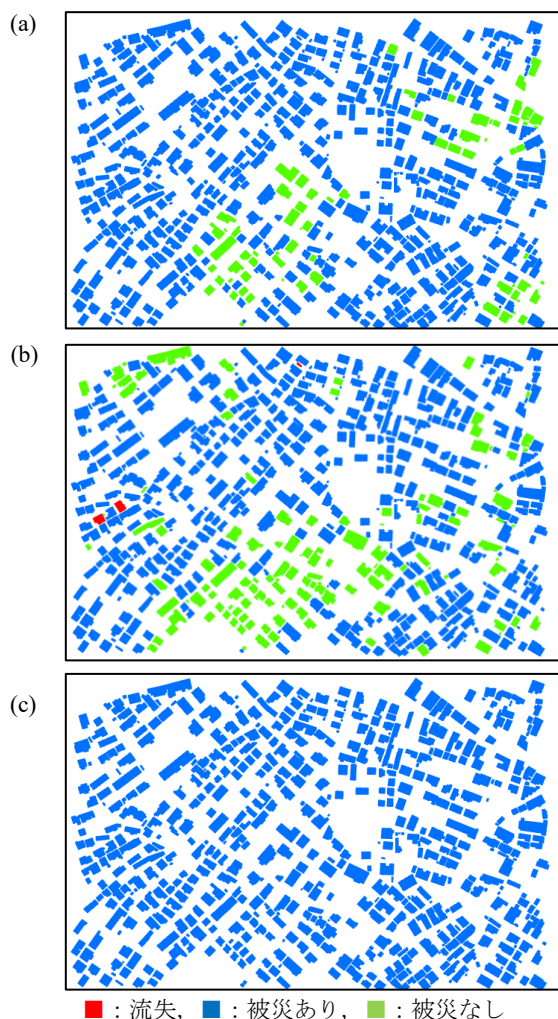


Fig.2 (a)分類①(回転角度60°, ResNet101), (b)デフォルト(回転角度0°, ResNet34), (c)調査アーカイブによる建物被害の分類結果

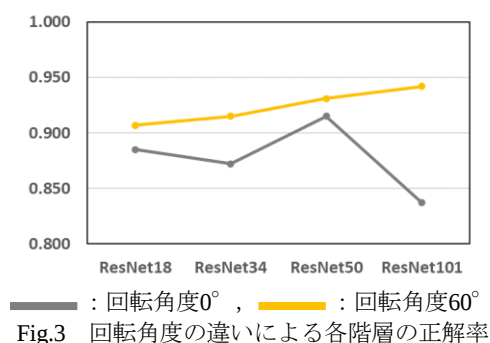


Table-2 回転角度と階層の変化による分類精度 (適合率) (a)流失, (b)被災あり

(a)		18層	34層	50層	101層
	回転角度0°	0.955	0.960	0.975	0.927
	回転角度60°	0.965	0.971	0.961	0.966
(b)		18層	34層	50層	101層
	回転角度0°	0.840	0.832	0.882	0.747
	回転角度60°	0.872	0.894	0.908	0.946

5. まとめ

本研究では、深層学習において、少ない教師データを用いて高精度に分類するため、効果が見込める回転角度に着目し、処理パラメータである教師データとの回転角度とCNNの階層を組み合わせ、地震後の建物被害の分類精度について新たな知見を得ることを目的とした。使用したのは高解像度光学衛星Geo Eye-1で取得した画像で、東北地方太平洋沖地震時の石巻市を対象とした。その結果、2つのパラメータを組み合わせることで、精度が向上し、過学習を抑制することができたと考えられる。

6. 謝辞

回転角度とCNNの階層の組み合わせによる解析にあたり、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

- 宮崎拓海ほか、衛星画像を用いた深層学習による大規模地震時の建物被害の分類時の処理パラメータの検討、第47回土木情報学シンポジウム、(2022)
- 東日本大震災 石巻市のあゆみ第5章1.石巻市の被害、pp.24、(2017)
<https://www.city.ishinomaki.lg.jp/cont/10151000/1501/24-31.pdf>, (参照 2022-10-11)
- ESRIジャパン ArcGIS Geo Suite詳細地図
<https://www.esri.jp/products/data-content-geosuite-shosai/>, (参照 2022-10-11)
- 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://www.jstage.jst.go.jp/article/thagis/21/2/21_87/article-char/ja/, (参照 2022-10-11)