

## (9) 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

宮崎 拓海<sup>1</sup>・野中 崇志<sup>2</sup>・朝香 智仁<sup>3</sup>・杉村 俊郎<sup>4</sup>・岩下 圭之<sup>5</sup>

<sup>1</sup>学生会員 日本大学大学院 生産工学研究科土木工学専攻 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町一丁目 2-1)  
E-mail: cita21008@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 日本大学教授 生産工学研部環境安全工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町一丁目 2-1)  
E-mail: nonaka.takashi@nihon-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 日本大学准教授 生産工学研部土木工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町一丁目 2-1)  
E-mail: asaka.tomohito@nihon-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 日本大学特任教授 生産工学研部土木工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町一丁目 2-1)  
E-mail: sugimura.toshirou@nihon-u.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 日本大学特任教授 生産工学研部環境安全工学科 (〒275-8575 千葉県習志野市泉町一丁目 2-1)  
E-mail: iwashita.keishi@nihon-u.ac.jp

日本では多くの自然災害が発生しており、2011年3月11日に起きた東北地方太平洋沖地震では、多くの建物が流失、全壊などの被害を受けた。災害後の復興活動を早急に行うために、被害状況の確認が必要である。そこで、広範囲の地球表面の観測が可能な衛星リモートセンシングと、データより自ら学習し特徴を抽出することができる深層学習を用いることで建物被害の分類に期待できる。本研究では、東北地方太平洋沖地震後の高解像度光学衛星画像を使用する。そして、処理パラメータである教師データの回転角度、タイルサイズ及びCNNの階層に着目し、より少ない教師データを用いて分類を試みた。その結果、これらの処理パラメータと分類精度の関係について明らかにした。

**Key Words:** high resolution optical satellite, building damage, Tohoku earthquake, deep learning, CNN

### 1. はじめに

近年、日本では地震の発生が多く、2011年3月の東北地方太平洋沖地震で、宮城県石巻市は震度6弱を観測した。被災地の復興のために、災害直後の被害状況を把握することが重要であり、地球表面を観測する衛星リモートセンシングが有効である。また、深層学習はデータより自ら学習することで迅速に画像処理を行うため、被害状況の解析で期待される。既往研究では、地震後の建物被害の分類を試み、教師数を多く与えるほど、高い分類精度を得られることが示されている<sup>1)</sup>。しかし多くの教師数をとるには人手や時間がかかり、短時間で把握するには難しい。そこで、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network :CNN)時のパラメータである教師データの回転角度、タイルサイズ及び階層に着目する。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、少ない教師数からCNNのパラメータ数値を適切に設定することで、分類精度の定量的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

図-1に解析対象である石巻市の衛星画像と各地域の名称を示す。各地域の主な被害状況として、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、南光町は全壊、南浜町は流失である。

使用データは、Geo Eye-1、ArcGIS Geo Suite 詳細地図<sup>2)</sup>、復興支援調査アーカイブ<sup>3)</sup>の3つである。Geo Eye-1は、世界最高分解能を有する商用地球観測衛星で、パンクロマティック画像とマルチスペクトル画像を撮影している。

図-1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。Esri ジャパンが提供しているArcGIS Geo Suite 詳細地図は、位置情報を持つため、衛星画像と重ね、建物の形を抽出する際に使用した。国土交通省が提供している復興支援調査アーカイブ（以後、調査アーカイブとする。）は、東北地方太平洋沖地震後の被害状況を項目ごとに分けアーカイブ化しているため、現地の建物被害状況を正確に把握するために使用した。

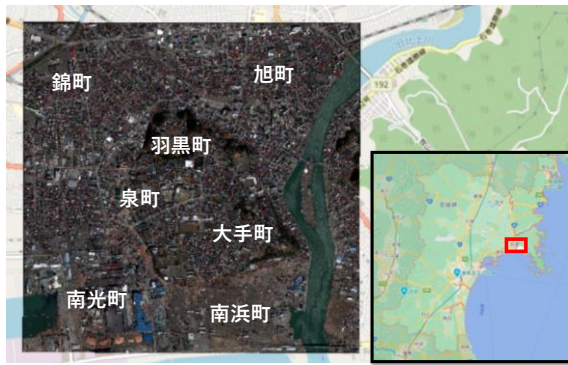


図-1 解析対象の石巻市及びその衛星画像

### 3. 解析手法

図-2に解析手順を示す。本研究では、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、及び検証データを作成した。図-3に教師データ、及び検証データの配置図を示す。検証データは教師データとは異なる建物を取得した。次に本研究の軸となる教師データのパラメータ及び CNN の階層の設定を行った。表-1に処理パラメータである回転角度、タイルサイズ、CNN の階層の検討項目を示す。今回対象としたエリアでは、各地域の大通りの角度を測定したところ、東西方向から 60°, 120°, 240°, 300°程度であったため、回転角度を 60°に設定した。また、タイルサイズは、教師とするオブジェクト（建物）のサイズとの関係の評価のため、128×128（61m×61m）、256×256（122m×122m）、512×512（245m×245m）の3つに設定した。そして、CNN の階層は、その深さにより分類精度に影響を及ぼすのかを確認するため、多くの層を読み込むことができる ResNet（Residual Neural Network）を用い、一般的に用いられる ResNet34 と 3 倍の ResNet101 に設定した。なお、本研究ではデフォルトのパラメータを回転角度 0°, タイルサイズ 256×256, CNN の階層 ResNet34 とした。次に各パラメータごとに設定した教師データを用

いて深層学習とモデルの作成を行った。そして、作成したモデルから推論し、分類画像を作成した。最後に現地の被害状況と比較し、結果の評価を行った。

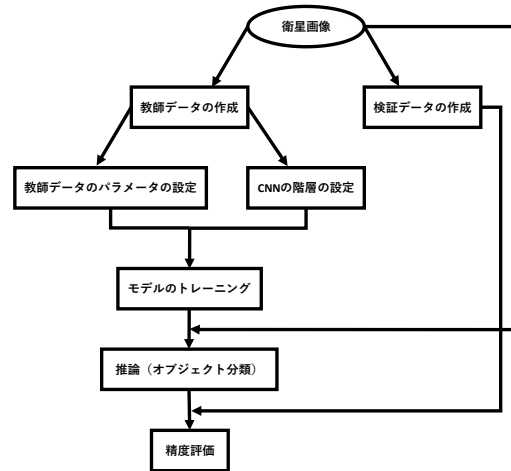
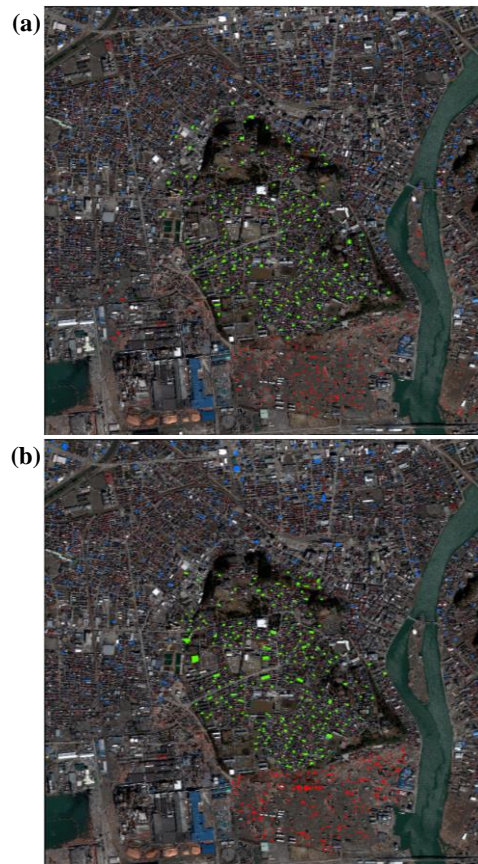


図-2 解析手順のフローチャート



■：「流失」、■：「被災あり」、■：「被災なし」

図-3 (a)教師データ、(b)検証データの配置図

表-1 処理パラメータの検討項目

項目		パラメータ
教師データ	回転角度	0°, 60°
	タイルサイズ	128×128, 256×256, 512×512
CNNの階層		ResNet34, ResNet101

#### 4. 解析結果

図-4(a)と(b)にデフォルトと調査アーカイブによる「流失」, 「被災あり」, 「被災なし」で分類した結果を示す。なお, 調査アーカイブでは, 「被災なし」はポリゴン化されていないことに留意する。また, 建物の位置ずれは調査アーカイブと比較し, ArcGIS Geo Suite 詳細地図の建物ポリゴンを用いて目視で補正して評価した。図-4の(a)のIエリアでは, デフォルトの分類結果より126個の建物の中で「流失」と「被災なし」はそれぞれ29個(約23%)と1個(約1%)に分類されていたが, 調査アーカイブでは全て「被災あり」となっている。

次に, 作成された分類画像を用いて精度評価を行った。本研究では, 精度評価においては, 一般的に用いられる適合率, 再現率, F値(適合率と再現率の調和平均), 正解率の4つの指標を用いた。デフォルト時の検証データによる建物被害の分類精度を表-2に示す。「流失」の適合率と再現率は, 9割を超えていることから, 「流失」の特徴を上手く抽出することができたと考えられる。一方で, 「被災あり」と「被災なし」は, 8割を超えているが, 同じ特徴を持つ「被災あり」と「被災なし」の建物同士では, 分類することが難しいと考えられる。正解率は, 8割以上で高い精度を示した。

次に, 回転角度60°, タイルサイズ128×128または512×512, CNNの階層をResNet101に設定し, 精度評価を行い, デフォルトと比較した。

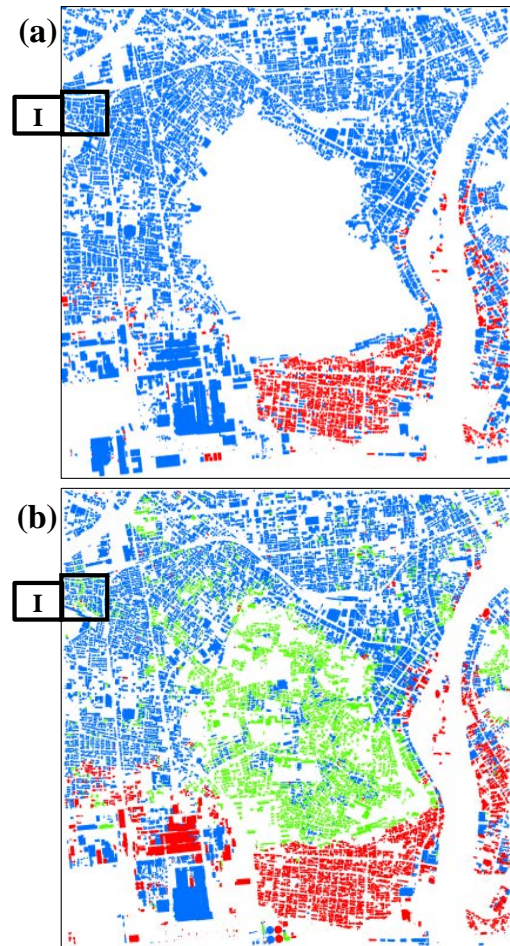
##### (1) 回転角度60°による分類

回転角度60°時の検証データによる建物被害の分類精度を表-3に示す。デフォルトと比較すると, 適合率は, 全ての項目の精度が上昇しており, 「被災あり」は約2.5%, 「被災なし」は約6.5%上昇していた。再現率も全ての項目が上昇しており, 「被災あり」は約6.2%, 「被災なし」は約5.1%上昇していた。正解率は約4.3%上昇していた。この結果から, 教師画像を回転させ, 教師数を増やすことで精度が上昇することがわかる。また本結果は, 教師数1000個による分類精度<sup>1)</sup>と比較するとほぼ変わらなかった。このことから, 回転角度の設定は, 短時間で教師数を増やすことに適していると考えられる。

##### (2) タイルサイズの128×128または512×512による分類

図-5(a), (b), (c)にタイルサイズによる3つの指標を示す。適合率は, 512×512の「流失」と「被災あり」はほぼ変わらないが, 128×128は全項目で低下した。再現率は, 512×512の「被災なし」以外で低下した。デフォルトと512×512時の正解率は, 0.87と0.86でほぼ変わらないが, 128×128においては, 0.72でデフォルトと比較して0.15低下した。また, 図-6の(a), (b)にデフォルトと

512×512による工場地域の分類結果を示す。この地域は, 全て「被災あり」の建物である。2つの分類画像を比較すると, 512×512が周長約40m以上(タイルサイズの1/6倍)の建物に対して5か所(①~⑤)が正しく分類されていた。また, 他の地域にある学校や大きな施設でも同様の結果となった。よって, 解析サイトの建物の周長によりタイルサイズに, 最適値があると考えられる。



■ : 「流失」, ■ : 「被災あり」, ■ : 「被災なし」

図-4 (a)デフォルト, (b)調査アーカイブによる建物被害の分類結果

表-2 デフォルトによる建物被害の分類精度

	流失	被災あり	被災なし
適合率	0.95	0.82	0.84
再現率	0.96	0.83	0.83
F値	0.96	0.83	0.83
正解率	0.87		

表-3 回転角度60°による建物被害の分類精度

	流失	被災あり	被災なし
適合率	1.00	0.85	0.90
再現率	0.97	0.89	0.88
F値	0.99	0.87	0.89
正解率	0.92		

### (3) CNNの階層(ResNet101)による分類

「流失」と「被災あり」の適合率は、デフォルトと比較するとほぼ同じで、「被災なし」は、0.1程度低くなっていた。また「流失」と「被災なし」の再現率は、比較するとほぼ変わらないが、「被災あり」は、0.1程度低くなっていた。正解率はデフォルトとほぼ変わらなかった。よって、本研究においては層を増やすことによる建物被害の分類精度への影響は小さいと言える。

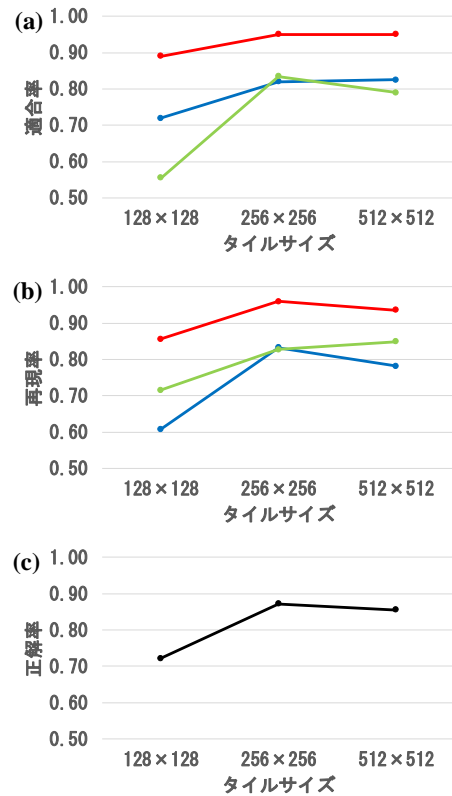
## 5. 結論

本研究では、深層学習により、少ない教師データを用いて地震後の建物被害を高精度に分類することを目標とした。具体的には、処理パラメータである教師データの回転角度、タイルサイズ及びCNNの階層に着目し、処理パラメータと分類精度の関係について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画像であるGeo Eye-1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、回転角度60°では全項目の精度が上昇した。またタイルサイズと建物の解析より、タイルサイズは、教師データとする周長の約6倍である建物を正しく分析できていた。以上より、教師データの回転角度とタイルサイズを対象とする地域ごとに設定することで短時間で被害状況を把握することができると考えられる。今後の展望として、他サイトへ本手法を適用し、結果の妥当性を確認することが挙げられる。

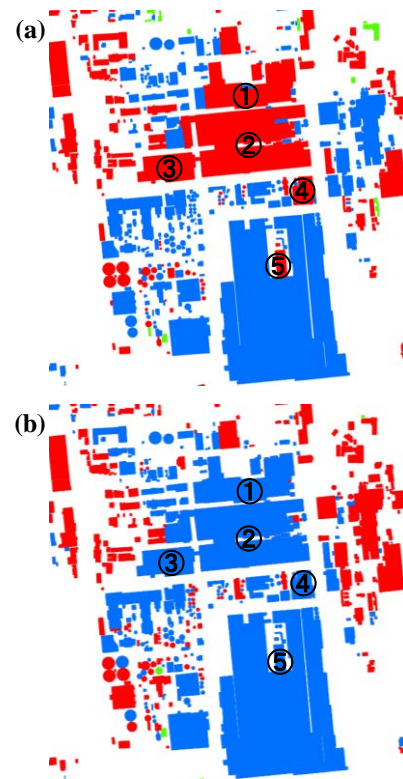
謝辞：本研究の解析にあたり、Esri ジャパン株式会社の高瀬啓司氏にご助言を頂いたことに謝意を示す。

## REFERENCES

- 1) 宮崎拓海, 野中崇志, 朝香智仁, 杉村俊郎, 岩下圭之: 深層学習による大規模地震時の建物被害の分類精度と教師数の関係, 第49回関東支部技術研究発表会, 第IV部門, IV-52, 2022.3.
- 2) ESRI ジャパン: ArcGIS Geo Suite 詳細地図, <<https://www.esri.com/products/data-content-geosuite-shosai/>>, (入手 2022.07.18) .
- 3) 関本義秀, 西澤明, 山田晴利, 柴崎亮介, 熊谷潤, 檜山武浩, 相良毅, 嘉山陽一, 大伴真吾: 東日本大震災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, pp.87-95, 2013., <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/tha-gis/21/2/21\\_87/\\_pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/tha-gis/21/2/21_87/_pdf-char/ja)>, (入手 2022.07.18) .



—: 「流失」, —: 「被災あり」, —: 「被災なし」  
 図-5 検証データによる建物被害の分類精度  
 (a) 適合率, (b)再現率, (c)正解率



■: 「流失」, ■: 「被災あり」, ■: 「被災なし」  
 図-6 タイルサイズ(a)デフォルト (256x256), (b)512x512による工場地域における建物被害の分類結果