

# 航空写真解析による津波瓦礫判別における CNN の適用

東北学院大学工学部環境建設工学科 学生会員 ○野村飛翔

東北学院大学工学部環境建設工学科 正会員 三戸部佑太

## 1.はじめに

東日本大震災津波の発生により、東北地方沿岸部を中心とする広い範囲で甚大な被害が生じた。震災直後に撮影された航空写真では津波瓦礫の堆積の分布が確認できる。また、津波火災と呼ばれる、炎上した瓦礫が津波で流され堆積することで被害の拡大を引き起こす現象により、津波瓦礫が焼け焦げている箇所も確認できる。津波火災のリスク評価や災害規模の推定に基づく防災計画の再検討に繋がるため、津波瓦礫に関する研究が進められている。

航空写真と LiDAR データを用いた研究(福岡ら, 2013)では、航空写真解析による瓦礫判別と LiDAR 測量による堆積高の推定を行う手法の開発を行った。三戸部ら(2020)では、航空写真をスーパーピクセルと呼ばれる画素の集合体毎に分割し、各オブジェクトに対する画像強度の平均値と標準偏差の情報から瓦礫判別を行った。一方で、航空写真を画像解析する研究であるが、AIという言葉が浸透している今日、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, CNN)という深層学習型の機械学習を利用した画像解析法が幅広い分野で利用されている。本研究では CNN を用いて航空写真からの瓦礫判別を試み、その有効性を確認する。

## 2.対象領域

宮城県 5 地点(女川町, 石巻市, 仙台市蒲生, 名取市, 亙理町)と岩手県 5 地点(大槌町, 山田町, 大船渡市, 陸

前高田市, 宮古市)の計 10 地点を対象とする。震災直後に撮影された航空写真から作成した 3000m×4000m のオルソ画像から、瓦礫が多く存在する 225m×400m の領域をサンプルデータとして抽出し、学習・検証用データとして使用した。解像度は宮城県は 0.25m/pixel でサンプルデータのイメージサイズは 900pixel×1200pixel, 岩手県は 0.5m/pixel でサンプルデータのイメージサイズは 450pixel×900pixel となる。

## 3.研究方法

### (1)畳み込みニューラルネットワーク(CNN)について

畳み込みと呼ばれる画像フィルタを pixel 単位でスライドさせ、入力層内にある画素の特徴量を抽出する。この特徴量に対して、パッチ正規化層と ReLU 層を通したのち、プーリング層で解像度を下げることで画像全体で特徴量を認知させやすくする。これを複数回繰り返し、全結合層と Softmax 関数により分類層を得る。本研究では MathWorks 社が公開している CNN の活用例を参考に図-1 のようなネットワークを構築した。CNN のネットワーク構成は入力層のイメージサイズによって決定する。先行研究(三戸部ら, 2020)では瓦礫の大きさを元に、スーパーピクセルの面積を 10m<sup>2</sup>程度となるよう調整した。これを参考に、宮城県では 12×12×3, 岩手県では 6×6×3 をイメージサイズとした。

### (2)分類について

分類カテゴリーは瓦礫, 植生, 道路, 建物, その他の 5 つの地表物とした。サンプル画像全体を上述のイメージサイズに分割し、その分割画像内に写る地表物に応じて画像の分類を行った。分割には三戸部ら(2020)が作成した地表物の目視判別データを用いた。その際、各地表物単体での画像上の特徴を学習させるため、分割画像内における同一地表物の割合に下限値を設定し、それを上回る分割画像のみを学習・検証用データとして使用した。下限値を 90%を超えるものを Case1, 100%となるものを Case2 とした。

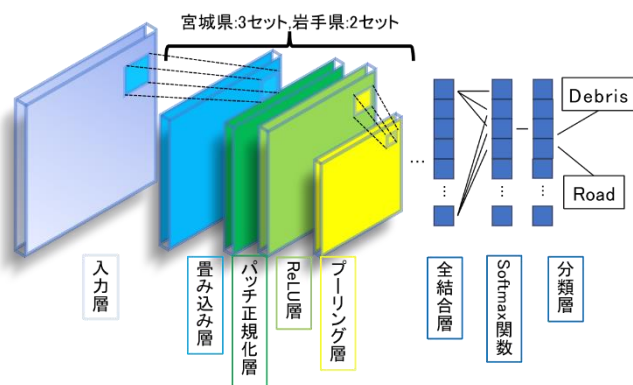


図-1：畳み込みニューラルネットワーク (CNN) の構成

Keyword: 津波瓦礫, 津波火災, 東日本大震災津波, 深層学習

勤務先 〒985-8537 多賀城市中央1丁目13-1 東北学院大学工学部環境建設工学科 TEL022-368-7193

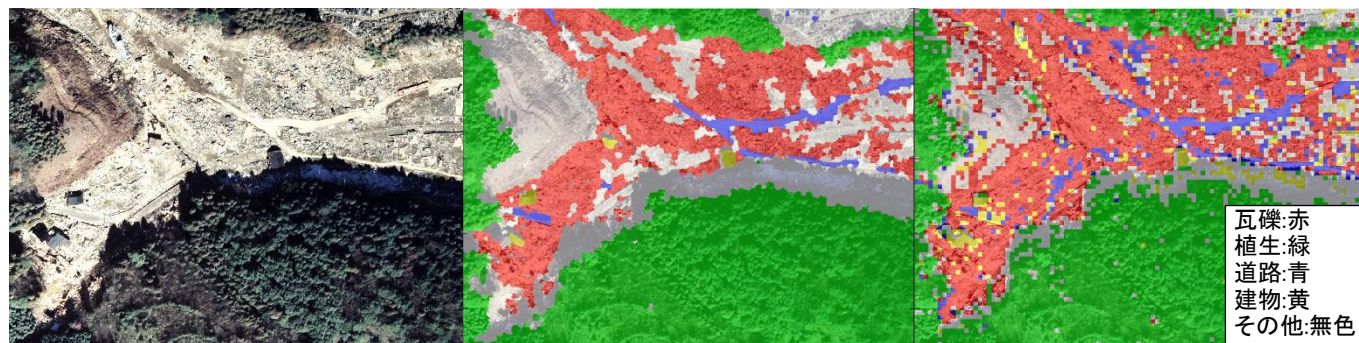


図-2：解析対象の画像(左)および目視判別による結果(中)および機械学習による判別の結果(Case1)(右)

表-1：地表物毎の分割画像の枚数

|       | 瓦礫   | 植生   | 道路  | 建物   | その他     |
|-------|------|------|-----|------|---------|
| Case1 | 8971 | 4053 | 352 | 3061 | 9850    |
| Case2 | 7376 | 3790 | 215 | 2293 | 8032(枚) |

#### 4.結果

##### (1)分割画像の枚数について

対象領域の分割画像の枚数は表-1となる。宮城県，岩手県共に瓦礫，その他の枚数が他の地表物と大きく差がでる結果となった。さらに，宮城県の道路の枚数が他の地表物と比べて著しく少なかった。この状態で学習させると，学習・検証用データ共に枚数が少ない状態での学習となり，精度が悪くなることが予想されるため，道路の枚数を増加させる必要があった。対策として，本研究では水増し法を導入し，回転や分割時の座標をずらすといった手法で道路の枚数を増やした。その結果，Case1では352枚から2774枚に，Case2では215枚から1616枚に増やすことができた。上述のデータからCase1とCase2でそれぞれ学習および検証を行った。各地表物の枚数のばらつきをなくすため，Case1では各2700枚ずつ，Case2では各1600枚ずつをランダムに抽出し，7:3の割合で学習・検証用データにわけた。

##### (2)各精度について

上記のパターンで行った学習結果はCase1は最終検証精度85.71%，損失係数0.4664となった。一方，Case2は最終検証精度85.58%，損失係数0.5265となった。続いて，宮城県女川町での各地表物の網羅率(以降，P.A.)と正答率(以降，U.A.)，その他の分類を除いた正答率(以降，U.A.O)について調べた。その他を除く理由は，本来の地表物としての重要度が低いためである。その結果が表-2となる。どちらも瓦礫と植生はP.A.とU.A.共に良好であった。一方，道路と建物のP.A.，道路のU.A.Oは共に60%程度の低い値であった。さらに，建物のU.A.とU.A.Oは他と比較して著しく低かった。宮城県女川町の対象領域では道路と建物の特徴量が少なく，抽出で

表-2：Case毎の地表物の精度評価

| Case1    | 瓦礫   | 植生   | 道路   | 建物   | その他  |
|----------|------|------|------|------|------|
| P.A.(%)  | 88.0 | 94.6 | 72.5 | 65.8 | 48.7 |
| U.A.(%)  | 68.3 | 92.4 | 39.3 | 9.5  | 82.6 |
| U.A.O(%) | 95.5 | 99.7 | 66.3 | 26.3 | —    |
| Case2    | 瓦礫   | 植生   | 道路   | 建物   | その他  |
| P.A.(%)  | 82.6 | 94.8 | 66.4 | 67.9 | 42.9 |
| U.A.(%)  | 67.9 | 89.1 | 32.5 | 6.6  | 78.6 |
| U.A.O(%) | 95.1 | 99.3 | 61.0 | 17.7 | —    |

きる箇所が不足していたことが原因と考えられる。総合的に見て，Case1の方が高い精度となった。

##### (3)目視判別と機械学習による判別の比較

比較結果の図-2では，全体で見ると形として抜き取れている箇所が多い印象である。しかし，その他は様々な特徴を含んでおり，各地表物と似た特徴も多い。そのため，誤った地表物に分類され，これが誤差の原因に繋がると考えられる。また，道路について，水増ししたデータではなく，元々のサンプルデータが増えれば，精度の向上に繋がるのかもしれない。

#### 5.まとめ

本研究では，新たにCNNを活用した画像解析を行った。瓦礫のU.A.Oは95%となっており，津波瓦礫判別が可能であることを示した。しかし，CNNのパラメータの調整や分類枚数の増加など改良できる余地があるため，これらに対する改善点について検討することが必要になる。

#### 参考文献

- 1)三戸部佑太，今井健太郎，橋本隆司，増田達男：航空写真解析による津波瓦礫判別の広域適用に向けた検討，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.76，No.2，I\_1320，2020
- 2)福岡巧匠，越村俊一：航空写真とLiDARデータの統合解析による津波瓦礫マッピング：土木学会論文集 B2(海岸工学)，vol.69，No.2，I\_1436-I\_1440，2013