

畳み込みニューラルネットワークを用いた骨材の粒度分布推定

前田道路（株） 技術研究所 正会員 ○平野 麻衣子
 同上 非会員 田口 寛秋
 北見工業大学 工学部 非会員 小西 正朗

1. はじめに

アスファルト合材工場における重要な品質管理業務の一つとして骨材のふるい分け試験が挙げられる。ふるい分け試験は、所定のふるい目サイズの網ふるいで骨材をふるい分け、その通過質量百分率を算出することで骨材の粒度分布を測定する試験であり、労力と時間を要する。そこで本研究では、品質管理業務の省力化、迅速化を目的とし、ふるい分け試験に代わる骨材の粒度分布推定法の構築を目指した。

本論文では、ディープラーニングの一種である畳み込みニューラルネットワークを用いて4種の粒度分類の常温骨材画像からその粒度分布を推定できるか検証した結果を報告する。

2. 畳み込みニューラルネットワーク (CNN) ¹⁾

CNNは、主に画像認識で応用される順伝播ネットワークであり、画像を受け取る入力層から、畳み込み層とプーリング層を交互に積み重ねた後、何層かの全結合層を経て出力層に至る構造を基本とする。

畳み込み層では、入力される画像より小さいサイズのフィルタを畳み込み、画像の特徴を抽出する。プーリング層では、畳み込み層からの出力が入力され、画像内のどの位置でフィルタの応答が強かったのかという情報を一部捨てることで、特徴の位置感度を低下させる。これにより、微小な位置ずれに対する不変性を実現する。全結合層では、畳み込み層やプーリング層からの出力を1次元情報に展開し、重み付きで出力層に結合する。

3. 粒度分類の判別

(1) 方法

4種の粒度分類の常温骨材(粗砂, 砕砂, 7号砕石, 6号砕石)の写真を各100枚(計400枚)、一定の距離で撮影し、120×162ピクセルに縮小したRGBカラー画像を入力データとした。まず、各画像がどの

粒度分類の画像であるかを判別できるか検証するために、畳み込み層2層、プーリング層1層を2段階重ねたCNNに全結合層を連結させ、4変数の出力(粗砂, 砕砂, 7号砕石, 6号砕石)を得る解析アルゴリズムを構築した(図-1)。入力データの80%を学習用データとし、最も判別精度が高い重みを用いて残り20%の評価用データを用いて判別精度の確認を行った。

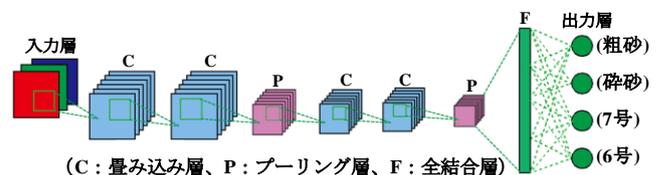


図-1 構築した判別試験用アルゴリズムの模式図

(2) 結果

評価用データ(80枚)に対する出力結果から、本アルゴリズムで骨材の粒度分類を100%の精度で判別できることがわかった(図-2)。従って、骨材画像からの特徴抽出および粒度分類の判別が可能であると示された。そこで次に、回帰分析により通過質量百分率を推定できるか検証した。

入力画像の粒度分類	粗砂	砕砂	7号	6号
粗砂	21	0	0	0
砕砂	0	16	0	0
7号	0	0	24	0
6号	0	0	0	19
	粗砂	砕砂	7号	6号

出力された粒度分類

図-2 判別試験結果(評価用データ)

キーワード : 畳み込みニューラルネットワーク(CNN), Deep learning, 骨材ふるい分け試験, 通過質量百分率
 連絡先: 〒300-4111 茨城県土浦市大畑 208 前田道路(株)技術研究所 TEL:029-833-4311 FAX:029-833-4312

4. 回帰分析による通過質量百分率の推定

(1) 方法

入力データは判別試験に用いたものをそのまま使用し、90%を学習用データ、10%を評価用データとした。また、判別試験に用いたアルゴリズムの全結合層を回帰に適したモデルに変更し、出力層には各ふるい目の通過質量百分率を各々のふるい目サイズごとに変数として推定モデルを構築した。評価パラメータを平均二乗誤差 (MSE) とし、誤差逆伝播を用いて 10,000 の重みパラメータを学習した。そして MSE が最小となった重みパラメータを最適モデルとして検証に用いた。

(2) 結果

まず、推定モデルから出力された通過質量百分率とふるい分け試験で得られた実測値を比較した (図-3)。評価用データでの MSE は 2.065、学習用データを再予測した場合の MSE は 1.895 となり、高い精度で推定できることがわかった。

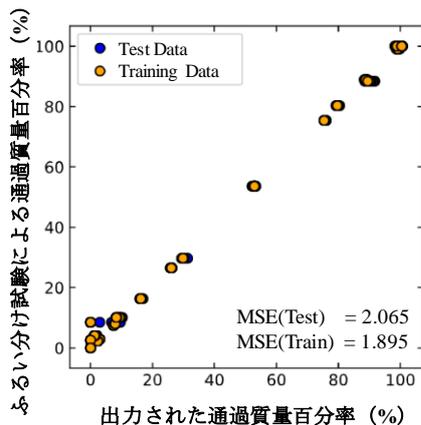


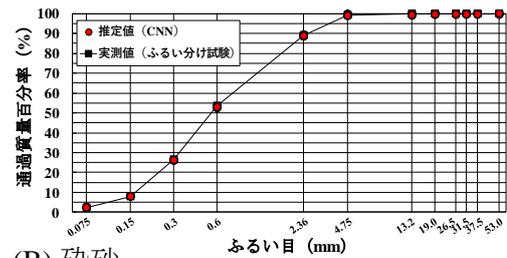
図-3 推定値-実測値プロット

次に、4種の粒度分類別に比較したところ (図-4)、粗砂、砕砂、7号砕石では、ふるい分け試験結果と非常によく一致することが示された。一方、6号砕石では概ね良好な推定値と言えるが、ふるい目サイズ 4.75 mm 以下で僅かに誤差が認められた。これは、6号砕石では画像に写る骨材の数が少なく、推定に必要な情報量が不足することに起因すると考えられる。

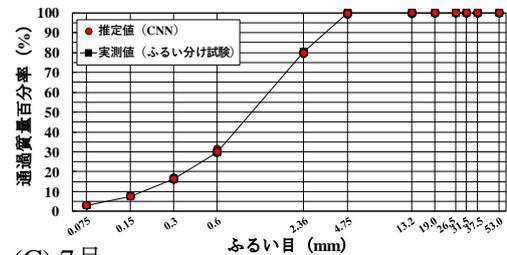
5. まとめ

本研究では、CNN を用いて骨材画像から粒度分布を推定できるか検証した。4種の粒度分類の骨材画像を用いて解析したところ、画像がどの粒度分類のものであるかを正確に判別できた。この結果から、

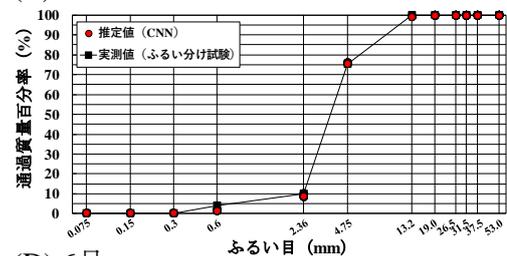
(A) 粗砂



(B) 砕砂



(C) 7号



(D) 6号

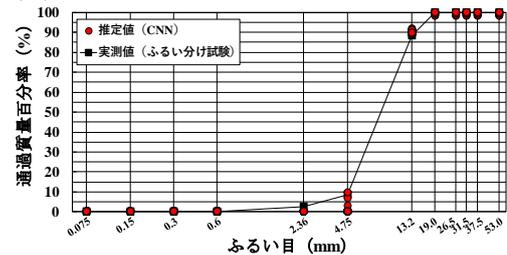


図-4 粒径加積曲線

CNN による特徴抽出が可能であることが示された。

そこで、回帰に適したモデルに変更して通過質量百分率を推定し、ふるい分け試験結果と比較したところ、小粒径の骨材では精度高く推定できることが示された。一方で、大粒径の骨材では画像中の骨材数が少ないために僅かに誤差が生じたが、概ね良好な推定値であった。

以上の結果から、CNN を用いた骨材粒度分布推定の実現可能性が示されたと言える。今後は、データ数を増やしさらなる検討を行う。また、将来的にはホットビンを流れる加熱骨材について、その画像 (動画) データからリアルタイムに粒度分布を推定できるシステムの構築を目指す。

参考文献

- 1) 岡谷貴之：画像認識のための深層学習，人工知能学会誌 28 巻 6 号, (2013.11.)