

# 深層学習を用いた土の粒度分布推定法の基礎的研究

Basic Study on Deep Learning Method for Estimating Soil Particle Size Distributions

岩下将也\* 大塚義一\*\*  
Masaya Iwashita, Yoshikazu Otsuka

## 研究の目的

土の粒度分布は、地盤の力学的性質や締め固め特性等を決める重要な指標である。現場で大量に発生する土の粒度分布を迅速に推定する方法として、土表面の画像から土粒子の粒径を抽出し、これにより土全体の粒度分布を算出する方法が提案されている。しかし従来の方法では粒径の判明しない小粒子を含む土に対応できず、適用範囲が限定される。近年、高い画像認識性能が報告されている深層学習を用いることで、画像上で輪郭を補足できない小粒子の特徴を学習し、小粒子を含む土の粒度分布を推定できる可能性がある。本研究ではこの可能性を実験によって検証する。

## 研究の概要

研究の流れは以下のとおりである。粒度が既知である土表面の画像を訓練データとし、画像の特徴と粒度の対応関係を深層学習モデルに学習させることで、画像から粒度分布を出力する推論モデルを生成する。生成された推論モデルに、テスト用の土表面画像を入力し、出力結果と真値を比較、これにより推論モデルの推定性能を評価する。

実験に使用した土、訓練データ、テストデータの画像を図-1に示す。訓練データには、ふるい分析によって得られた粒径区分7区分ごとの土（単一粒径土）の表面画像と、それらを画像処理によって分割・結合させた画像を用意した。テストデータには、力学的性質の異なる2種類の土（砂質土、細粒土）の画像各30サンプルを用意した。訓練データの学習に際して、表-1に示す3種の学習方法を試行した。モデル1、2で適用した転移学習とは、既存の一般的なデータ（本研究では対象物が判明している画像データ）を、学習に部分的に利用しモデルの推定性能を高める手法である。

生成した各モデルにテストデータ用画像30サンプルを入力し、粒度分布のサンプル平均値を出力、これを真値と比較し、誤差を算出した。図-2に各モデルの誤差を示す。図-3に誤差が最小となったモデル2の出力結果と真値のグラフを示す。砂質土、細粒土のそれぞれで、粒径加積曲線の傾向を捉えているが、細粒土では部分的に大きな誤差が確認された。

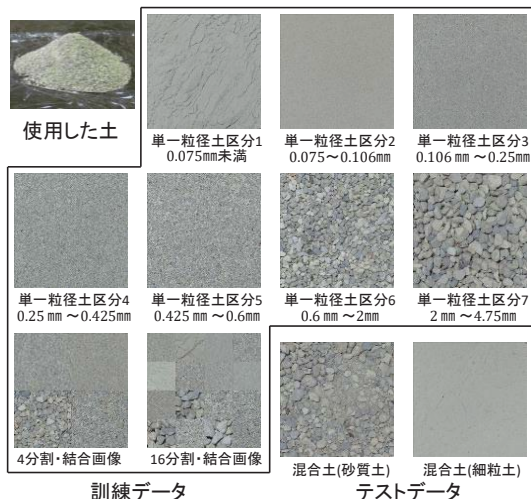
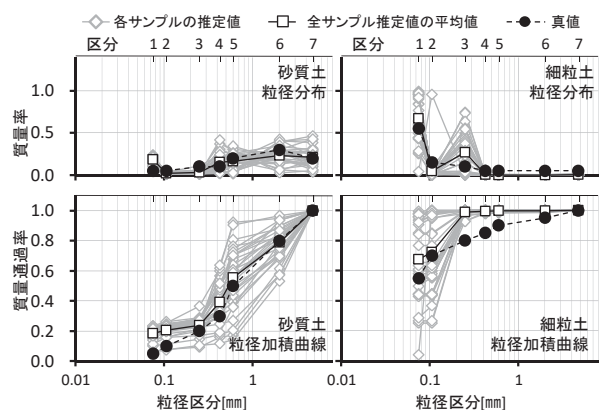
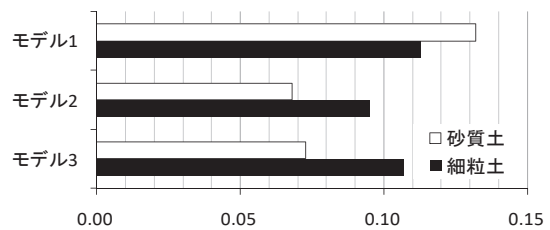


図-1 土、訓練データ、テストデータの画像

表-1 モデルの学習パターン

	転移学習	分割・結合画像
モデル1	使用	不使用
モデル2	使用	使用
モデル3	不使用	使用



## 研究の成果

土の画像から深層学習を用いて、砂質土・細粒土の粒度分布を推定する3種の学習手法を実験し、以下の事がわかった。

- i. 転移学習の適用、分割結合画像の学習により、推論モデルの性能は向上した
- ii. これらを適用したモデル（モデル2）は、最も推定性能が高く、砂質土、細粒土のそれぞれで誤差10%未満となった
- iii. ただし、細粒土の推定性能の向上は限定的であり、細粒度の性能向上のための重点的な研究が必要である