

Deep Learning によるコンクリート骨材の岩種判別技術に関する基礎的研究

(株)熊谷組 ダム技術部 正会員 ○佐藤 英明
(株)熊谷組 機材部 正会員 北川 博一

1. 目的

コンクリート製造設備では、骨材貯蔵設備への誤搬入・誤投入が生じないように施工管理に十分な配慮が必要である。筆者らは、これまで粒径（寸法／分級）を判別する技術について、ステレオカメラを利用した画像処理技術の実用化¹⁾、ならびに AI (Deep Learning : 深層学習) による粒径判別技術²⁾について研究を行ってきた。一方、コンクリートの骨材は、粒径に関わらず必ずしも一つの産地のものだけでなく、二種類以上の異なった産地のものをブレンドして用いられる場合も多く、コンクリート製造設備でこれらが混ざることなく品質管理を行わなければならない。

本研究では、骨材粒径判別で研究してきた Deep Learning を用いて、コンクリート骨材の岩種判別の可能性について研究を行った。その結果、十分な精度で判別できることを確認した。以下に、その概要について示す。

2. Deep Learning による骨材種別の判別概要

(1) 判別に使用した骨材

Deep Learning に用いた骨材は、産地および岩種の異なる粗骨材（20～5mm）2種類、細骨材3種類の計5種類とした。表-1に、各骨材の諸元を示す。

各骨材は大型のパットに敷き均して、寸法を測定するためのゲージとホワイトバランスを調整するための治具を骨材表面に設置してカラー撮影した。骨材の表面状態については、表乾状態を基本とし、骨材を屋内（室内光／日陰）・屋外（太陽光／日向）ならびに降雨時の状態を鑑み屋内（室内光）で散水した状態の3パターンについて撮影位置や方向、表面の状態、散水による色調の変化などを変えながらそれぞれ100枚ずつ合計1,500枚撮影した（写真-1）。

撮影した写真は、写真隅に同時に写した治具の画像を利用して分解能を約 0.3mm/pixel となるよう調整し、約 13.44×13.44cm（448×448pixel）に切り出して Deep Learning に用いることとした。

(2) 教師データ

教師データについては、切り出した1,500枚の画像の中から、骨材毎にランダムに60枚（屋内／日陰・屋外／日向および屋内散水：各20枚）計300枚を抽出して用いた。教師データの Deep Learning は、GPU搭載のPCで市販の画像処理ライブラリでニューラルネットワークを行った。Deep Learning における学習時間は、教師データのカラー画像600枚で約75分（1枚当たり約7.5秒）であった。図-1に、各骨材の学習に用いた教師データ画像の一例を示す。

表-1 使用した骨材の諸元

| 区分 | 粗骨材 | | 細骨材 | | |
|------------------------------|-------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | I 20～5mm | II 20～5mm | A ≦5mm | B ≦5mm | C ≦5mm |
| 産地 | 高知県吾川産 | 茨城県桜川産 | 千葉県富津産 | 静岡県掛川産 | 茨城県桜川産 |
| 岩種 | 石灰石砕石 | 硬質砂岩砕石 | 山砂 | 山砂 | 硬質砂岩砕砂 |
| 表乾密度 (g/cm ³) | 2.70 | 2.66 | 2.61 | 2.58 | 2.64 |
| 絶乾密度 (g/cm ³) | 2.69 | 2.65 | 2.55 | 2.53 | 2.62 |
| 吸水率 (%) | 0.67 | 0.49 | 2.37 | 2.02 | 0.84 |
| 粗粒率 | 6.61 | 6.68 | 2.58 | 2.68 | 2.77 |



写真-1 骨材の撮影状況

キーワード コンクリート, 骨材判別, 岩種判別, 人工知能, 深層学習

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組 土木事業本部 ダム技術部 TEL 03-3235-864

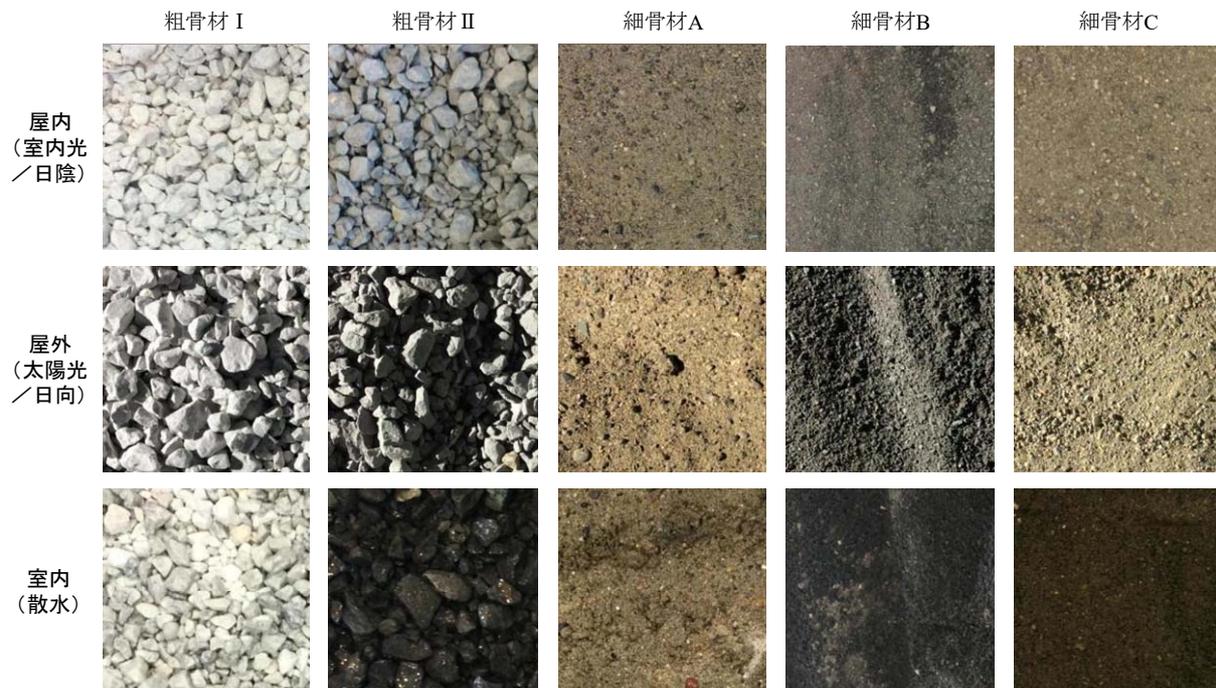


図-1 各骨材の教師データ画像の一例

3. 検証結果

Deep Learning による骨材種別の判別に用いた検証用画像は、学習用画像を除いた各骨材 80 枚ずつ合計 1,200 枚とした。表-2 に、各骨材についての判別結果を示す。

表-2 各骨材についての判別結果

| 区分 | 粗骨材 I | 粗骨材 II | 細骨材 A | 細骨材 B | 細骨材 C | 計 |
|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 総数 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 1,200 |
| Ok | 240 | 240 | 236 | 240 | 239 | 1,195 |
| 誤判定 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 5 |
| 判定率 (%) | 100.0 | 100.0 | 98.3 | 100.0 | 99.6 | 99.6 |

この結果、検証画像 1,200 枚中、誤判定は 5 枚で、判定率は 99.6%であった。骨材別では、粗骨材について

はI, II共に判定率が 100%であったが、細骨材については細骨材 B が 100%であるものの細骨材 A および C については計 5 枚の誤判定があった。なお、判定に要した時間は、1 枚当たり約 0.06 秒であった。

誤判定した画像は、何れも色調が類似している細骨材であり、信頼度は全て 90%未満であった。

表-3 誤判定した画像の一覧

| 検証画像 | | | | | |
|---------|-------|--------|--------|--------|-------|
| 骨材種別 | 細骨材 A | 細骨材 A | 細骨材 A | 細骨材 A | 細骨材 C |
| 撮影状態 | 屋外 | 屋内(散水) | 屋内(散水) | 屋内(散水) | 屋外 |
| 判別結果 | 細骨材 C | 細骨材 C | 細骨材 C | 細骨材 C | 細骨材 A |
| 信頼度 (%) | 62.5 | 87.3 | 51.7 | 86.6 | 62.5 |

4. まとめ

本研究では、骨材岩種の判別における AI (Deep Learning) の有効性について検証を行ってきた。その結果、教師データとして適切な画像データを学習させることで、瞬時に十分な精度で判別できることが明らかとなった。

今後は、実際のプラントで粒径判別と併せて当技術の実用化について検証を行っていきたいと考える。

参考文献

- 1) 佐藤英明, 北川博一, 戸田修実: ステレオカメラを利用した骨材粒径判別システムの開発, 熊谷組技術研究報告, 第 75 号, 2016.
- 2) 北川博一, 佐藤英明: Deep Learning によるコンクリート骨材の粒径判別技術に関する基礎的研究, 土木学会第 74 回年次学術講演会, 2019.