

AI 画像認識を活用した粒度解析技術の検証

大成建設(株)技術センター生産技術開発部
大成建設(株)関東支店南摩ダム作業所
(独)水資源機構思川開発建設所ダム工事課

正会員 ○石井 喬之, 非会員 バス メリモニカ
正会員 居上 靖弘, 大内田 昌史
非会員 中田 隼人, 田中 幸志, 竹内 祐治

1. 背景・目的

ロックフィルダムや台形CSGダムなどの堤体材料は、ダムサイト近傍の原石山や河床からの現地発生材により調達されるため、品質のばらつきが大きいことから、材料性状の経時変化をリアルタイムに監視する必要がある。一方で、堤体材料の品質管理の高度化はダム建設における重要な課題となっており、官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)でも、画像解析による堤体材料のリアルタイムな粒度管理技術が試行されている。

筆者らはこれまで、画像解析とRI水分計を用いて現地発生材の粒度と水分量を連続的に監視するシステムを原石山破碎材や河床砂礫材に適用し、システムの有効性を確認してきた^{1), 2)}。しかしながら、従来システムの画像解析手法では、解析試料の分取と材料薄層化のための特殊な設備を構築する必要があり、汎用性の観点から課題であった(図-1)。

そこで、構成機器の簡略化によるシステムの汎用化を目的として、AI画像認識を用いた粒度解析技術を開発した。本稿では、開発した粒度解析技術の概要および現場検証結果について報告する。

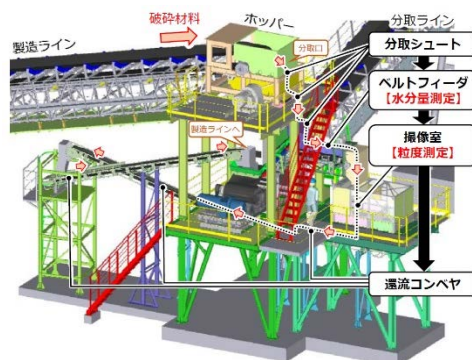


図-1 従来システム(成瀬ダム)

2. 技術概要

従来システム¹⁾は、①材料分取機構、②整流装置・暗室・撮影スクリーン、③カメラ・PCで構成され、図-2に示す手順で粒度算出を行う。まず、材料分取機構によって製造ラインから解析用試料を分取し、これを整流装置で薄層化させた状態で暗室内の撮影スクリーン前に流下させる。次に、流下中の材料をカメラで連続撮影し、取得した画像に対して二値化処理・画像解析を行うことで各粒子の粒径および面積を識別する。最後に、粒径毎に面積を合算し、それぞれ質量換算係数を乗じることで粒度分布が算出される。

これに対して開発システムは、従来システムのうちの③カメラ・PCのみで構成され、粒度算出フローも2ステップに簡略化した(図-3)。まず、ベルトコンベヤ上の運搬材料をカメラで直接撮影する。次に、取得した画像をAIモデルで解析し、各粒子の粒径および面積を識別する。以降は従来システムと同様の手順で粒度分布を算出する。AI画像認識に用いたモデルは物体検出やセグメンテーションを実現するMask R-CNNを採用し、事前にベルトコンベヤ上で撮影した材料画像を用いて、材料粒子の輪郭を囲むアノテーションを行うことで教師データとした。

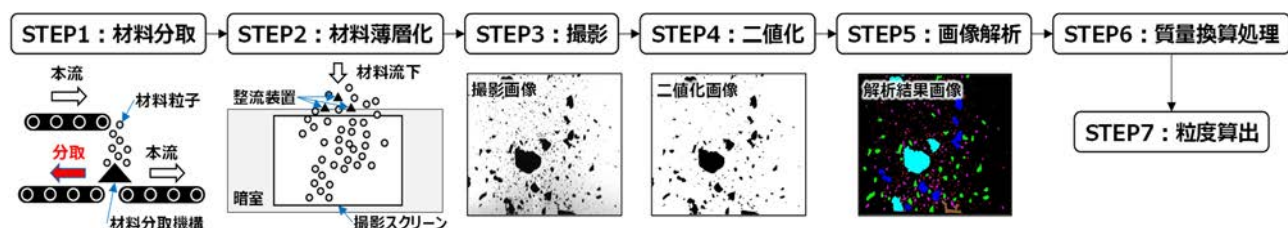


図-2 従来システムの粒度算出フロー

キーワード AI, 画像認識, 粒度解析, Mask R-CNN, 生産性向上

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター生産技術開発部 TEL045-814-7229

〒322-0049 栃木県鹿沼市花岡町 195 大成建設(株)関東支店南摩ダム本体建設工事作業所 TEL0289-77-7221

3. 技術検証

開発システムの有効性を確認するため、南摩ダム本体建設工事（栃木県鹿沼市）の堤体材料（トランジション材）にて検証を行った（図-4）。

本検証では、粒度の異なる3種類の試料（平均粒度、粗粒度、細粒度）について、それぞれ20枚の画像を撮影し、これらの解析結果の平均値をJIS法の結果と比較した。

ベルトコンベヤ上で撮影した入力画像およびAI画像認識によって監視粒径ごとに着色された解析結果画像の例を図-5に示す。ここで、AI解析結果画像について、1mm程度の細かい材料粒子について未検知が確認された。これは粒径が小さく、隣接する材料粒子の輪郭を識別できないことが原因と考えられる。また、開発システムで出力した粒度解析値と実際の粒度の関係を図-6に示す。粒度分布に関わらず、測定差はおおよそ $\pm 5\%$ 以内に収まっており、従来システムの粒度解析精度と同等であることが確認できた。しかし、細粒側の粒度分布では解析誤差が大きくなる傾向が見られ、その要因の一つとして、細粒分が粗粒分に付着することにより、見かけの粒径が大きくなっているものと考えられる。このような現象は、RI水分計等で水分量も同時に計測し、その計測結果を基に質量換算処理に用いる係数の補正を行うことで改善の可能性がある、今後の課題である。

また、画像1枚当りの解析所要時間は約5秒と、従来システムと同程度であったことから、コンベヤ運搬材料の粒度を連続的かつリアルタイムに監視できることが確認できた。

4. まとめ

堤体材料の連続粒度システムの画像解析手段をAIに代替することで、従来と同等の精度を確保しつつ、設備を大幅に簡略化し、システムの導入や維持管理コストを低減できることがわかった。

今回はダム工事の材料製造における粒度管理を対象に検証を行ったが、土質材料の品質管理は様々な工種で必要な場面が出てくることから、今回の開発技術は建設産業の生産性向上に広く貢献できるものとする。今後はデータの取得と分析を継続してAIの解析精度を高め、本検証で確認された課題を解決しながら、開発技術のアップデートに邁進していきたい。

参考文献

- 1) 石井喬之ら：ダム工学，ICTを活用したCSG材品質管理手法の検討，2020年30巻1号p.6-17
- 2) 畠山峻一ら：土木学会，CSG品質管理の合理化に向けた粒度・水分量連続監視システムの改良，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，VI-109

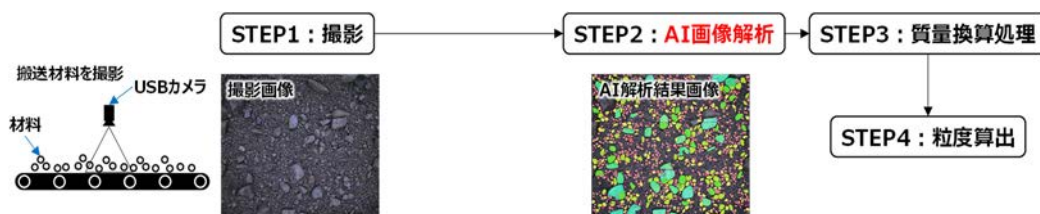


図-3 開発システムのAI画像解析における粒度算出フロー

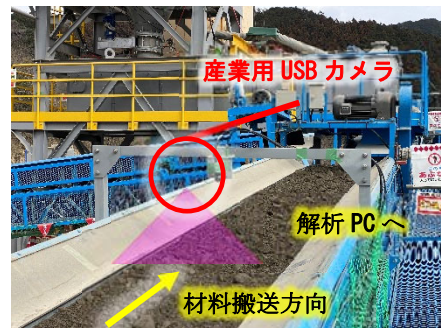


図-4 機器設置状況

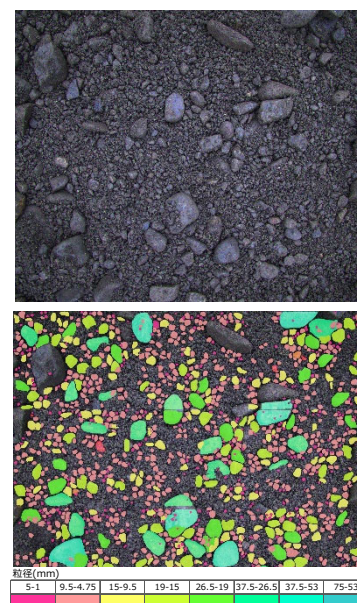


図-5 撮影画像(上)とAI解析結果画像(下)

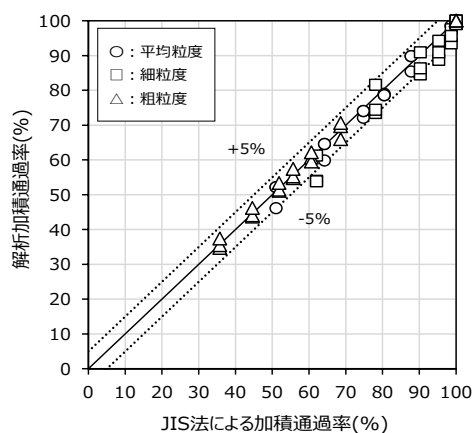


図-6 解析値とJIS法による通過率の比較