

AI を活用したダム盛立面の粒度管理システムの開発・実証

大成建設(株)技術センター生産技術開発部 正会員 ○石井 喬之, 廣江 亮太
 大成建設(株)関東支店南摩ダム作業所 正会員 岡谷 豊, 伊東 稔明
 (独)水資源機構思川開発建設所ダム工事課 田中 幸志, 中田 隼人

1. 背景・目的

労働人口の減少や高齢化は建設業のみならず産業全体の課題であり、働き方改革が進められる中で更なる生産性向上が求められる。そのためには、建設プロジェクトや現場作業をより円滑に遂行していくことが必須である。特に、現在作業員の経験で判断されるような“暗黙知”を形式知“化していくことが重要と考える。近年、各種センサやネットワーク、カメラ、AI といったデジタル技術の向上と普及により、現場の多くが数値化して可視化されることで、現場に行かずともその状況が分かるようになっている。しかしながら、ダムの盛立工事における盛立面の粒度管理については、盛立面の粒度分布に偏りがないかを職員が目視で確認しているのが現状で、広大なエリアを確認するのに多大な労力を要している。

そこで筆者らは、盛立面の粒度管理の定量的な判断を目的として、UAV(Unmanned Aerial Vehicle)空撮画像にリアルタイムにAI 画像解析を施すことで、盛立面上の材料径を算出して粒度分布の偏りを把握するシステムを開発した。本稿では、粒度管理システムの概要及び現場検証の結果について報告する。

2. システム概要

ロックフィルダムの堤体盛立工事では、最大粒径が500mm 以上の粗粒材料を使用するため、粒径が不揃いで、荷下ろしや撒き出し時に大塊が盛立面の外周部に偏りやすくなる傾向がある。また、撒き出し後はすぐに振動ローラーによる締固めを行うため、撒き出しと締固めの間に粒度分布の偏りを瞬時に把握することが求められた(図-1)。

ここで、粒度管理システムの構成と粒度分布算出フローを図-2 に示す。操作者はUAV を飛行させ、ロボットの撮影ボタンにより撒き出し面を撮影する。撮影された画像はUAV から解析PCへ伝送される。解析PC内部では、まず伝送された画像にAI 画像解析を施し、画像内に映る材料を認識する。その後、認識された材料の輪郭を抽出して材料ごとの径を算出する。そして径ごとに材料個数をカウントし、粒度分布として出力する。解析PC上では、画像伝送状況とAI 画像解析状況、解析結果を確認することができる。

UAV には予め飛行高度や速度、シャッター間隔、飛行経路等を設定し、あとはボタン操作のみで飛行が可

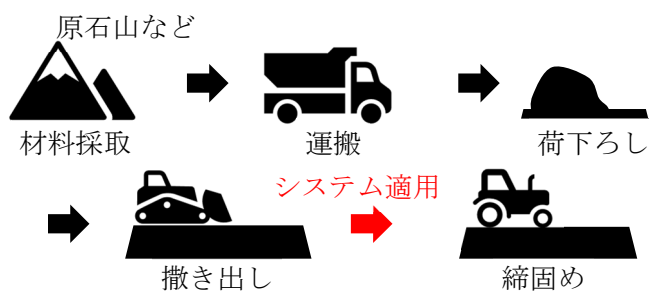


図-1 施工フローとシステム適用のタイミング

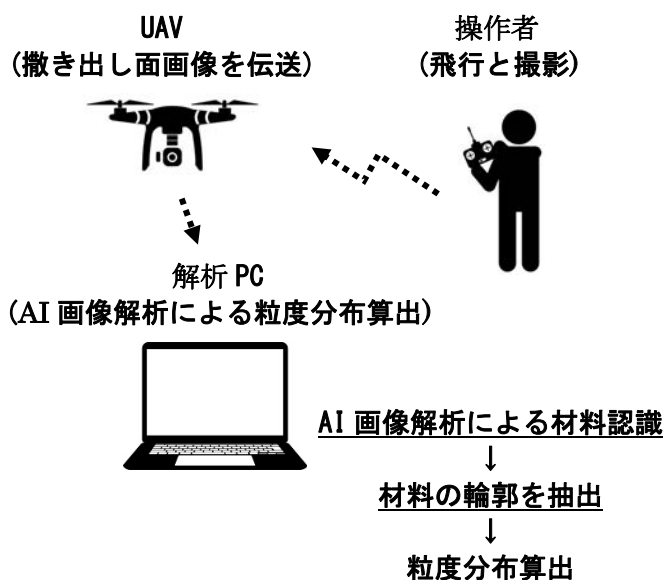


図-2 システム構成と粒度分布算出フロー

キーワード AI, UAV, 画像解析, 粒度分布

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 TEL045-814-7200
 〒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

能なインテリジェントフライトモードが搭載されており、操作者は飛行状況と解析結果の確認のみでシステムの運用が可能である。また、UAV から解析 PC への画像伝送には Wi-fi を用いており、同一ネットワーク上にあれば画像伝送が可能であるため、施工箇所から離れた場所に解析 PC を設置しても運用が可能である。

粒度分布の算出は、筆者らが開発した粒度・水分量連続解析システム¹⁾における算出方法を参考にしている。ただし、これまで材料の輪郭を抽出するために、落下する材料を二値化する方法を採用していたが、今回は盛立面上の材料を対象とするため、AI 画像認識による方法とした。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、事前に取得した盛立面画像を学習に用いた。画像認識の結果から材料輪郭座標を取得して材料径を算出し、径ごとに材料個数を計上することにより最終的に粒度分布を出力することができる (図-3)。

3. システム検証

開発した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)のダム堤体工の盛立作業時にシステムを運用し、撒き出し面をリアルタイムに粒度管理できるかについて検証した。

本サイトでは、IoT 機器やカメラ接続するため堤体全域に Wi-fi 網を整備している。使用した機器の諸元を以下に示す。

【機器諸元】

- ・ UAV : EVOII (Autel Robotics 社)
- ・ 解析 PC : Alienware14 (DELL 社)

システムの運用は、周囲の安全を十分に留意した上で行った(図-4)。予め飛行エリアを設定し、UAV 飛行状況と撮影画像の伝送速度、解析に必要な時間を確認した。

その結果、撮影が開始されてから約 15 秒で解析 PC 内に伝送され、解析所要時間は 35~40 秒であり撮影から結果出力までに合計 50 秒程度であった。また、材料の認識能力については撮影面積 25m² の場合に径が 50mm 以上の材料を認識できることを確認した。AI 認識結果例を図-5 に示す。

4. まとめ

これまで、職員が目視と感覚で修正していた盛立面の材料のばらつきが、UAV を用いた迅速な画像取得と AI 画像解析により材料認識が可能な粒度管理システムを活用することにより、盛立面の粒度を定量的に判断できることを確認した。また、瞬時に盛立面の粒度分布が算出できることから、振動ローラーによる締固めが開始される前に、リアルタイムにその結果を把握することができた。今回は UAV により盛立面画像を取得したが、今後は UAV を用いずに、施工機械にカメラ等の端末を搭載することでオペレーションに必要な人員を削減することも必要と考えている。また、施工後の状況だけではなく、施工の過程を併せてデジタル化していくことでデータを分析した施工の改善に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 石井ら：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

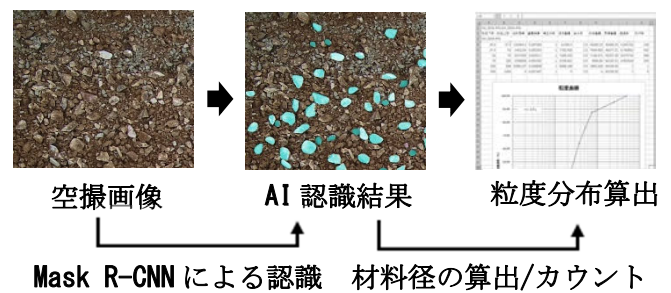


図-3 粒度分布算出

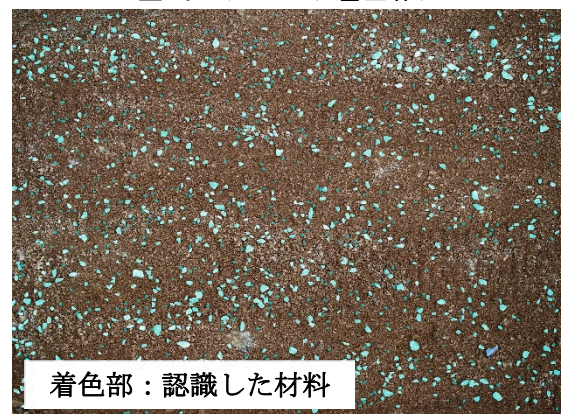
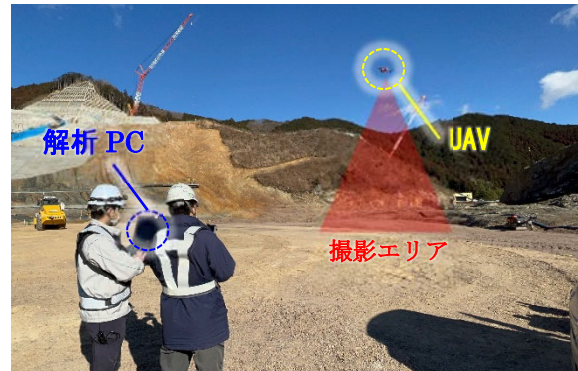


図-5 AI 認識結果例