

現場映像から AI を用いて建設機械を自動検出するシステムの開発（その1）

ー システムの概要と検出精度検証 ー

安藤ハザマ 正会員 ○早川健太郎 正会員 黒台 昌弘
正会員 木付 拓磨
富士ソフト 非会員 増田 裕正 非会員 寺原 勲

1. はじめに

建設現場の進捗を記録するため、タイムラプス映像を用いるなど現場映像の活用が増えており、さらに発展させたものとして、トンネル工事の切羽作業におけるサイクルタイムを映像から取得する技術開発も進んでいる。筆者らは、明かり工事において、建設機械の台数による出来高管理や稼働状況による工程管理に対して映像が適用可能であると考え、AIを用いた建機の自動検出システムを開発したので、本稿にて紹介する。

なお、本件は国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」（PRISM）に採択され実施したものの一部である。

2. 建機の自動検出システムの概要

建機の自動検出システム（以降、建機検出 AI と称する）の概要を図-1 に示す。建機検出 AI は2つの STAGE で構成されている。

stage1 : 4 種類の建機(ダンプ、バックホウ、ブルドーザ、振動ローラ)を対象にした建機検出 AI である。9,679 ラベルの学習データを事前処理した AI を搭載している。

stage2 : stage1 において AI で検出した建機(ここでは

ダンプに特化)に誤検出が生じた場合、さらに正答率を上げる目的で具備したもので、ダンプに類似する建機画像を事前に学習させた建機検出 AI である。

次に、建機を検出するまでの一連の流れを以下に示す。

①映像データの取得 : 延長 300m の堤防を構築する工事を対象とした。この堤防に近接する水門上に定点カメラ (JVC ケンウッド社製 VN-178WPR) を固定した。このカメラから 150m 以内の盛土施工エリアを建機検出の対象範囲 (図-2) として、4K 解像度 (3,840×2,160 px), 1fps 間隔で記録した。

②AI のための学習用の画像データの取得 : 盛土施工用の建機が稼働していた 2019/9/20~11/30 までの定点カメラ映像から、無作為に 1,800 枚の静止画を切り出し、学習用の画像データとした。

③画像データへのラベル付け : ②で用意した学習用の画像データに映っている建機を、目視かつ手作業で特定し対象の名称を入力する (図-3 のように建機を矩形で囲み位置を決定し名称を登録する)。この作業をラベル付けと称し、建機の外観と名称が関連付けられる (ラベル総数 9,679)。ただし、矩形の大きさが 100×100px 以下となる建機はカメラからの距離が概ね 150m 前後であり、検出の対象範囲外となるので、ラベル付けの対象外としている。なお、ラベル付け作業にはオープンソースのツールを使用した。

キーワード AI, 物体検出, 学習データ, 映像

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 先端・環境研究部 Tel. 029-858-8815

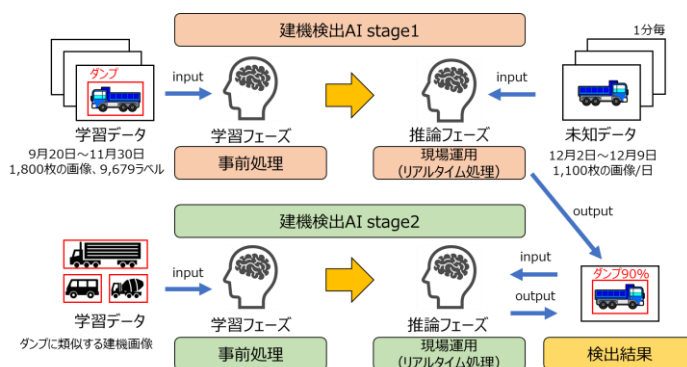


図-1 建機の自動検出システム概要



図-2 定点カメラから得られる映像

④AI の学習と推論：③で作成したラベルデータを Microsoft 社の Custom Vision Service を用いて AI に学習させ、建機の外観と名称が認識できる建機検出 AI (stage1) を作成した。この AI はトレーラや生コン車など外観がダンプに類似した建機をダンプとして検出する傾向があるため、このような建機検出に特化したラベルデータを作成して AI に学習させ、建機検出 AI (stage2) を作成した。

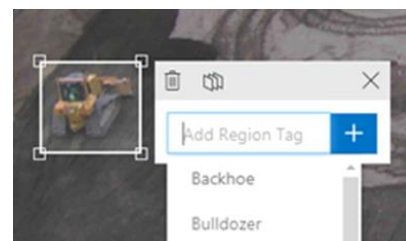


図-3 ラベル付け作業の様子

この建機検出 AI (stage1) と AI (stage2) を連続的に運用することで、盛土上で稼働する建機を精度良く検出することができ、かつ、ダンプについては特に誤検出の少ない建機自動検出システムを開発した。

このシステムに検出前の未知の映像を入力し、建機検出を試行した結果を図-4 に示す。建機の種類ごとに異なる色の矩形で表現し、同時に矩形上部には推論確率（推論の確からしさ）が表示される。図-4 では赤い矩形で囲まれた物体は「90.5%の確率でブルドーザである」ことを示している。



図-4 AI での建機検出結果

3. AI による建機の検出誤差

AI による建機の検出誤差を評価するため、AI による検出台数と目視で計数された台数を比較した。検出誤差は、(AI 検出台数 - 目視台数) / 目視台数で定義した。評価に用いるデータは、AI の学習に使用していない 2019/12/2～12/9 の映像を 1 分間隔で静止画として切り出したもの（約 1,100 枚/日）を採用した。評価結果を建機ごとに図-5 に示す。目視での計数に対する AI による検出誤差は、バックホウと振動ローラの場合でいずれの日も±10%以内に収まっている。一方、ダンプは+0.8%～-13.7%，ブルドーザは+1.2%～-35.6%の範囲と変動幅が大きく、特にブルドーザの検出誤差が大きい。この原因として次の 2 つが考えられる。ブルドーザの検出誤差が大きい日の数均し作業は、検出対象範囲とした 150m の境界付近（図-6）で行っており、他の建機と比べて機体の実寸が小さなブルドーザは、映像中の解像度が低下したことに加えて、盛土材を運搬してくるダンプと重なる（図-7）ことで、AI による検出の困難さが増したものと想定される。

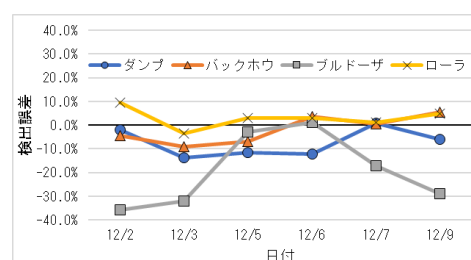


図-5 建機ごとの検出誤差

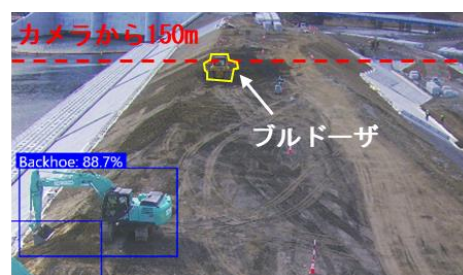


図-6 対象範囲の境界付近のブルドーザ

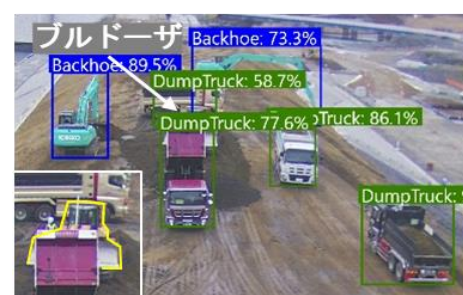


図-7 ダンプトラックと重なったブルドーザ

AI による建機検出に対して不利な状況となったブルドーザの例を除けば、総じて±14%程度の誤差で検出している（図-5）。全体的な傾向としてマイナス側に誤差が偏っているが、これは AI による建機の誤検出が少ない一方で、若干の見逃しがあったことが原因であると考えている。

4. おわりに

現場の映像から学習データを作成し、AI に建機の特徴を学習させることで、建機の自動検出システムを開発した。その結果として、適切な条件下であれば映像中の建機を±14%程度の誤差で検出することが可能になった。解像度の低下や障害物の重なりなど、検出誤差が増加する要因は、映像を用いる場合に必ず直面する課題であり、複数台のカメラで補い合うような解決法が考えられる。今後は検出誤差が低下する学習データの作成方法や撮影方法などについて検討したい。

参考文献

- 1) 天童涼太, 横内静二, 早川健太郎, 森田祐一: 山岳トンネルにおける掘削施工サイクルの自動取得について, 土木学会第 74 回年次学術講演会, VI-743, 2019.