

4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システムの開発および試行

木付 拓磨・早川 健太郎

土工事の現場における進捗管理を効率的に行う「4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システム」は、主に次の4つの機能を実装しており、ブラウザを介してどこからでも利用できる。①映像にCIMモデル等の3Dデータを重畳表示、②映像上から任意地点の距離や面積を瞬時に算出、③AIにより稼働中のダンプ等を識別し進捗レポートを作成、④映像からオルソ画像（俯瞰画像）の作成。本システムを防潮堤の盛土工事で試行し、建設現場の生産性向上につながる結果が確認された。本システムの開発・試行は、国土交通省の「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)で実施した。本稿では今回開発した「4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システム」の機能、現場試行での生産性向上結果等について報告する。

キーワード：4K、定点カメラ、映像、進捗管理、AI、建機検出、オルソ画像

1. はじめに

近年、建設現場では定点カメラで施工状況を常時モニタリングし、現場事務所や本社・支店等の遠隔地から現場状況を確認する事例が増えている。また、施工状況の振り返りや技術伝承としてタイムラプスの使用など「映像」が積極的に活用されてきている。

一方、工事の進捗管理において映像を活用するうえでは、①工事完成形に対する進捗状況が直観的にわかりにくい、②施工量（盛土量等）や距離・面積等の定量的な情報が取得しづらい、③稼働しているダンプや建機の台数等の常に変化する情報を素早く把握できない、といった課題がある。

このような背景を踏まえ、上記の課題を解決し、建設現場の進捗管理を効率的に行うための「4K 定点カメラ映像による工事進捗管理システム」を開発した。本システムを防潮堤の盛土工事で試行し、効果を検証した。

2. 試行工事の概要

本システムを試行した工事は、岩手県発注の二級河川大槌川筋大槌の1地区ほか河川災害復旧（23災617号及び622号）水門土木工事のうち、大槌川水門と小槌川水門との間に築堤される防潮堤の盛土工事である。防潮堤は延長約300m、高さT.P.+14.5m、盛土量約14万 m^3 である。工事の完成イメージを図-1に示す。

【工事概要】

工事名称：二級河川大槌川筋大槌の1地区ほか河川災害復旧（23災617号及び622号）水門土木工事

発注者：岩手県

受注者：(株)安藤・間・(株)植木組・伊藤組土建(株)・南建設(株)特別共同企業体

施工場所：岩手県上閉伊郡大槌町大槌及び小槌地内

工期：2014年3月6日～2021年12月28日

工事内容：東日本大震災の津波で被災した水門および防潮堤の復旧・新設工事



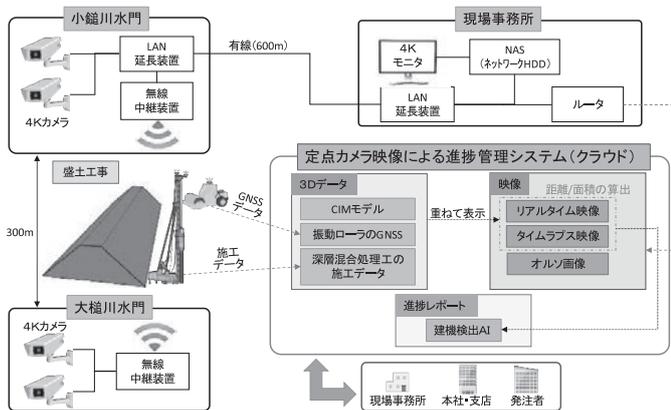
図-1 工事の完成イメージ

3. 定点カメラの設置

大槌水門土木工事に設置した定点カメラは、防潮堤の両端部に位置する大槌川水門および小槌川水門の上部に2台ずつの計4台を設置した。定点カメラの配置



図一 2 定点カメラの配置状況



図一 3 システム構成図

状況を図一 2 に示す。高精細な映像を記録するため、4K 解像度 (3,840 × 2,160) のカメラ (JVC ケンウッド社製 VN-I78WPR) を用いた。通信については、水門間の約 300 m は無線中継装置で中継し、その他の範囲は有線を敷設して映像を中継・保存した。

4. システムの特徴的な機能

(1) システムの概要

本システムのコアとなる「映像進捗管理システム」は、設置したカメラからの映像を共有・蓄積し、進捗管理のための閲覧・検索機能を有するクラウド上のシステムである。認証されたユーザであればインターネット上でブラウザを介してどこからでも利用できる。システムの構成を図一 3 に示す。

本システムに実装した特徴的な 4 つの機能について、次節より説明する。



図一 4 CIM モデルの重畳表示



図一 5 振動ローラの GNSS データの重畳表示

(2) 3D データの重畳表示

現場に設置した定点カメラによるリアルタイム映像上に、CIM モデル、盛土の転圧管理での振動ローラの GNSS データおよび深層混合処理工の施工データを重畳して表示することができる。これにより、工事の完成形に対する進捗状況の直観的な理解が可能になる。CIM モデルを重畳表示した画面を図一 4 に示す。

振動ローラの GNSS データについては、半日毎の盛土の施工範囲を着色したデータを表示させる。その着色範囲の施工量 (盛土量)、品質管理項目として加速度応答値および飽和度も表示されるため、進捗管理に加えて、盛土の品質も確認することができる。振動ローラの GNSS データを重畳表示した画面を図一 5 に示す。

(3) 映像から距離や面積の算出

パソコン画面上を直接タッチすることで、映像上の任意地点間の距離や面積を瞬時に算出できる。これにより、日々の出来高管理や資機材の配置計画のための高い精度を必要としない簡易測量が画面上で可能になる。資材ヤードを想定して面積の算出を行ったシステム画面を図一 6 に示す。



図-6 資材ヤードの面積計測



図-8 AI 建機検出システムの検出結果

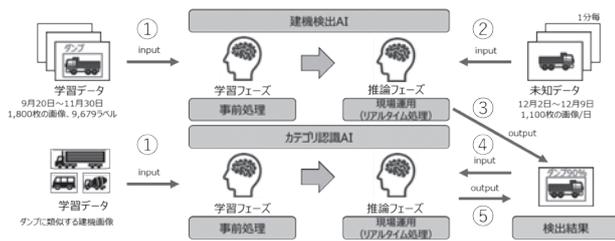


図-7 AI 建機検出システムの概要

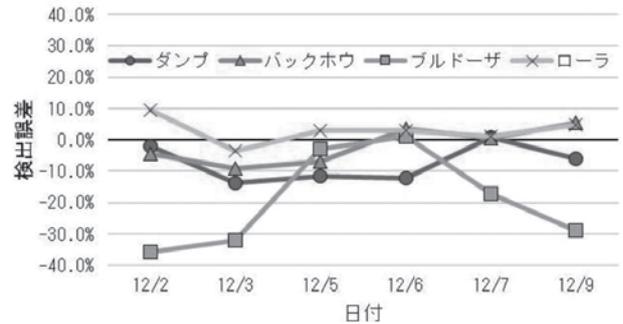


図-9 建機ごとの検出誤差

(4) AI 建機検出システムによる進捗レポート

AI 建機検出システムは AI を用いて映像中の建機を検出し、出来高管理に活用できる進捗レポートを出力する機能である。記録した映像から自動的に建機の歩掛りや稼働状況を知ることができるため、職員が現場に長時間留まり目視で計数する業務を効率化することが可能である。

AI 建機検出システムの概要を図-7に示す。このシステムの特筆すべき点として、「建機検出 AI」と「カテゴリ認識 AI」と呼称する2つの AI で構成されていることである。

建機検出 AI は、盛土施工で一般的に使用されている4種類の建機（ダンプ、バックホウ、ブルドーザ、振動ローラ）を検出対象とし、入力された未知の画像から4種類の建機を検出する。この検出結果では、外観がダンプに類似する車両を誤検出する傾向があるため、それらを区別することが可能なカテゴリ認識 AI を用いた。建機検出 AI がダンプを検出した場合、それが真にダンプであるか分類することで、システム全体の検出精度を高めている。

図-7の①は機械学習による AI の生成を表しており、システム運用前に実施する。ここでは事前に収集した複数の画像データを学習することで、建機検出 AI とカテゴリ認識 AI を作成している。②～⑤は未知の映像から建機を検出する手順を表している。②では検出したい建機の画像を建機検出 AI に入力し、③



図-10 カメラから150m離れた位置のブルドーザ

で検出結果を出力している。ここでダンプとして検出された場合は外観が類似する車両である可能性があるため、③で得られたダンプの画像を④でカテゴリ認識 AI に入力し、検出精度を高めた結果を⑤で出力する。これらのフローを経て未知の映像に存在する建機が検出された結果を図-8に示す。システム上では建機の種類ごとに異なる色の矩形で表現しており、同時に矩形上部には AI による推論確率（推論の確からしさ）が表示される。

AI 建機検出システムの検出誤差を評価するため、AI による検出回数と目視で計数された回数を比較した。ここでの検出誤差は、(AI 検出回数 - 目視回数) / 目視回数で定義している。評価に用いるデータは、AI の学習に使用していない2019年12月2日～12月9日の映像を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。建機ごとの評価結果を図-9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%の範囲と変動幅が広く，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。第一に，ブルドーザの検出誤差が大きい日の敷き均し作業は，**図-10**に示すように4Kカメラから150mほど離れた場所で行っており，映像中の解像度が低下したことが挙げられる。第二は盛土材を運搬しているダンプと映像上で重なる状況（**図-11**）が頻発したことで，ブルドーザの検出が困難になったと想定される。

2つのAIおよび4Kカメラを活用することで，AIによる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，カメラから150mの範囲内で総じて±14%程度の誤差で建機を検出できることを確認した。

また，検出結果をもとに**図-12**に示す進捗レポートを作成することで，建機の稼働台数の推移を準リアル

タイムで把握できる。例えば，進捗レポートではダンプの計画運搬台数実績が30分毎の時系列グラフで表示されるため，施工途中での予実管理が可能になり，ダンプの滞留など通常時とは異なる傾向を早期に発見し，原因を分析することができる。

(5) オルソ画像の作成

防潮堤を囲うように両端の水門上部に設置した4台のカメラ映像を写真測量の原理により変換・結合させて，現場上空から俯瞰した画像（オルソ画像）を作成できる。これにより，現場状況の進捗確認や施工計画の立案に活用することができる。作成したオルソ画像を**図-13**に示す。図中にはUAV空撮によるオルソ画像も示しており，映像より作成したオルソ画像は，現場の特徴を概ね再現できていることがわかる。

5. 本システムの試行結果

本システムを2020年1月から2月までの約2ヶ月間，現場で試行し，以下の効果が確認できた。

- ①映像に3Dデータを重畳することで，工事の完成形に対する進捗状況を直観的に理解できるため，現場職員や現場作業員等での進捗把握の共有につながった。
- ②事務所のパソコンから現場の状況や工事の進捗をリアルタイムに把握できるため，現場職員が現場に向く回数や滞在時間が削減された。また，パソコン



図-11 ダンプと重なった状態のブルドーザ

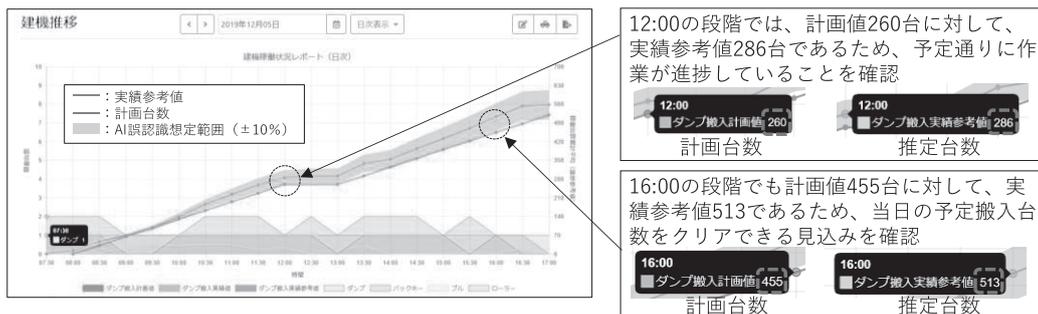


図-12 進捗レポート

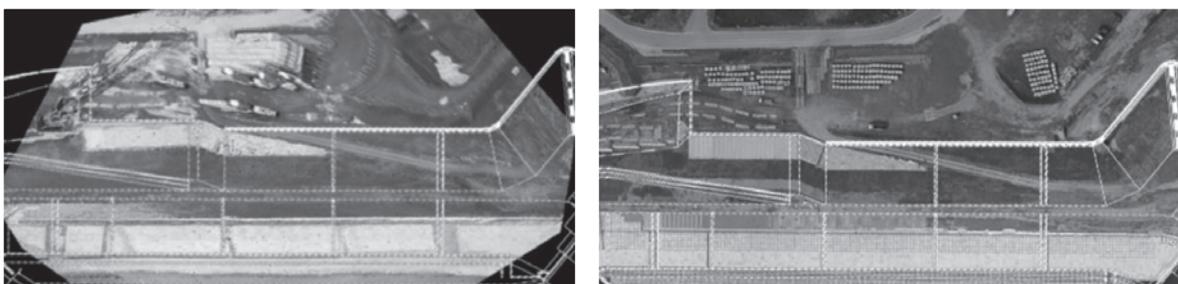


図-13 オルソ画像（設計データを重畳表示 左：カメラ映像より作成 右：UAV空撮より作成）

画面を見ながら現場に作業指示が出せるようになった。

- ③ダンプ運搬の時系列グラフおよび定量的な施工情報により、施工途中や半日毎の出来高を正確かつスピーディに把握できるため、効率的な進捗管理が行えるようになった。また、ダンプの滞留状況などの傾向を把握し、その原因を分析できるようになった。
- ④パソコン画面上で現場の距離や面積が算出できるため、簡易測定の代替となり、現場職員が行っていた測定の作業時間が大幅に削減できるようになった。上記の効果を積み重ねることにより、現場職員のアイドルタイムが減少し、他の業務に注力できる時間が増え、建設現場の生産性が向上することが確認された。

6. おわりに

本システムを防潮堤の盛土工事で試行し、映像を用いて建設現場の進捗管理を効率的に行うことができることが確認された。特に、現場技術者が現場に出向く回数および現場での滞在時間の削減、また、資材搬入計画立案における現場での測量作業の削減等で生産性の向上効果が高いといえる。今後は、AIによる稼働台数計測精度や面積算出精度を向上させるとともに、

映像管理機能を向上させ、より実用的なシステム開発を進めていく必要がある。

なお、本システムの開発および試行は、国土交通省の2019年度「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)の業務であり、安藤ハザマを代表者とする映像進捗管理システム開発コンソーシアム(構成員:日本マルチメディア・イクイップメント、富士ソフト、計測ネットサービス、宮城大学)で実施したものである。

JICMA

【筆者紹介】



木付 拓磨 (きづき たくま)
安藤ハザマ
営業本部 営業第一部 首都圏営業グループ
主任



早川 健太郎 (はやかわ けんたろう)
安藤ハザマ
建設本部 技術研究所 先端・環境研究部先端グループ
研究員