

建設現場内の作業進捗を映像から評価するマネジメントシステムの活用

安藤ハザマ 正会員 ○早川健太郎

安藤ハザマ 正会員 黒台 昌弘

宮城大学 正会員 蒔苗 耕司

1. はじめに

建設現場のマネジメントを担う現場技術者の業務は多岐に及ぶが、現場巡回により作業状況を目視観察し、その進捗の良否を判断することは欠くことのできない業務である。観察により問題点が見つかった場合は作業が効率よく進むように改善指示を出す。巡回を伴う観察には多くの時間を要し、進捗良否の判断には積み上げてきた経験やノウハウが必要となる。そこで、筆者らは現場技術者の業務、特に「観察」と「進捗良否の判断」に要する時間を削減するため、映像解析技術と業績評価の指標である KPI（Key Performance Indicator）の導入により建設現場の状況を評価する工程管理システムを作成した。これにより、システムが現場技術者の眼を代替して現場の問題点を提示するため、現場技術者は改善指示などの業務に集中することができる。

2. KPI の考え方をを用いた現場の評価

KPI とは製造業の生産管理等で用いられる業績評価の重要指標であり、本研究では KPI を作業の計画値と実績値の対比により、現場の作業状況の良否を評価できる数値と定義する。例えば、土砂運搬作業の計画値が 100m<sup>3</sup>、実績値が 150m<sup>3</sup>である場合には KPI は 150%であり、作業が前倒しで進捗している良好な状態と評価できる。工程管理システムは、このような KPI の考え方を適用して作業進捗良否の判断を代替する。

3. 観察すべき KPI の調査

現場の作業進捗の良否を判断するためには、工種に応じて適切な KPI を設定する必要がある。現場技術者が日常的に注目して観察しているサイクルタイムや出来高が建設現場の KPI の対象であると考え、複数の現場技術者に対して施工管理の中で注目しているポイントについてヒアリング調査を実施した<sup>1)</sup>。その結果の一例を表-1 に示す。土砂運搬作業では、注目ポイントは工程、安全、品質に大別され、工程に関してはダンプの運搬間隔やバックホウの無駄な待機時間に注目していることが明らかになった。本研究では、これらのヒアリング結果を参考に工程管理システムの KPI を設定している。

表-1 土砂運搬作業における注目ポイント

| 作業   | 区分 | 施工管理項目    | 注目ポイント                                                           |
|------|----|-----------|------------------------------------------------------------------|
| 土砂運搬 | 工程 | 運搬の進捗状況   | 1回の運搬時間はどれくらいか<br>ダンプの渋滞が起きていないか<br>搬出間隔にムラがないか<br>バックホウのムダな待機時間 |
|      | 安全 | 機械と人の接触防止 | 作業員と稼働中の重機の距離<br>車両の走行ルートへの立入<br>立入禁止エリアの明示                      |
|      | 品質 | 土砂の性状     | 土砂の含水比は適切か<br>粒形は基準値以内か<br>受入れ先の基準に沿った性状か                        |

4. 工程管理システム概要と対象現場

本研究では、ダム現場の掘削作業を対象に、工程管理に関連する KPI を 2 つ（建機の稼働率、各種作業時間）を設定し、工程管理システムを適用することで現場の進捗を評価した。映像より得た情報から KPI を求める手順を以下に示す。

①映像を数値化するため、物体検出 AI を用いて映像中の建機を検出<sup>2)</sup>する。AI モデルは Microsoft Azure Custom Vision で作成しており、学習データには当社の現場で収集した画像を利用している。検出対象は掘削作業で用いられるバックホウ、ブルドーザ、ダンプの 3 種類で、図-1 は物体検出 AI が未知の映像から建機を検出した様子である。



図-1 物体検出 AI による検出結果

②物体検出 AI から出力される数値は建機の種類、矩形キーワード 映像解析, KPI, 物体検出 AI, 施工管理

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 フロンティア研究部 Tel.029-858-8815

検出領域の座標、時刻であり、これを図-2 に示すロジックで実績値に変換する。例えば掘削量の実績値を求める場合、ダンプの存在と検出時刻をダンプの入退場時刻に変換し、ダンプの累計運搬台数をカウントすることで掘削量に変換している。

- ③工程管理システムに事前に入力しておいた計画値と実績値を対比し、KPI の推移をグラフで表現する。それぞれの KPI 応じて問題点を把握しやすいグラフを採用している。

## 5. 現場適用の結果

各種 KPI の計測結果と現場状況の評価について示す。

### (1) 建機の稼働率 KPI

AI によって検出された建機をトラッキングすることで建機の稼働/停止状態を判定し、各建機の稼働状態を時間軸上に表示する(図-3)。稼働すべき建機が停止していると進捗が滞っていると判断できることから、ここでの KPI を各建機の稼働率(稼働時間/(稼働時間+停止時間))とする。稼働率の実績が事前に入力した計画稼働率を下回る建機は、停止時間が多く進捗に問題がある建機としてシステム上で警告表示される。図-3 では停止時間が占める割合が多いバックホウ 01 と 02 が赤い警告表示になっており、計画稼働率を下回っていることを表している。これらが土砂積込用のバックホウだった場合、現場技術者はダンプを増やす指示を出すことでムダな待ち時間を解消できる。

### (2) 各種作業時間 KPI

建機の稼働状況から作業内容を判定し、図-4 のように掘削、押土、積込、運搬の作業が実施された時間帯を表示する。空白部分は作業が実施されなかった時間帯を表しており、運搬作業は一定時間毎に作業が途切れることがわかる。計画した作業が実施されていない、もしくは計画外の作業が実施されている場合には問題があると判断できることから、KPI は各作業の計画時間に対する実施時間との比により求める。その他にグラフから読み取れることとして、例えば掘削作業が続いているにもかかわらず押土作業が停止しがちな場合、ブルドーザの押土量がバックホウの掘削能力を上回っているため、バックホウを増員する改善対応が考えられる。

## 5. おわりに

映像と KPI を用いた工程管理システムによって、掘削作業に関する 2 種の KPI を評価し、問題点を提示した。これが現場技術者の「観察」と「進捗良否の判断」を代替するため、原因究明や改善指示に集中できる。今後は単独の作業から問題点を提示するだけでなく、作業のシーケンスを追った問題の分析をしたい。

## 謝辞

本システムの開発・検証にあたり、富士ソフト株式会社様には映像分析分野で多大なご協力を頂いた。この場を借りて深く感謝申し上げる。

## 参考文献

- 1) 早川健太郎, 蒔苗耕司, 黒台昌弘: 映像処理と KPI を用いた建設マネジメント手法, 土木建設技術発表会 2022 講演概要集, pp. II-8, 2022.
- 2) 早川健太郎, 黒台昌弘, 増田裕正, 蒔苗耕司: AI による建設機械検出システムの開発と検出精度を向上する試み, 第 1 回 AI・データサイエンスシンポジウム論文集, pp. 313-319, 2020.

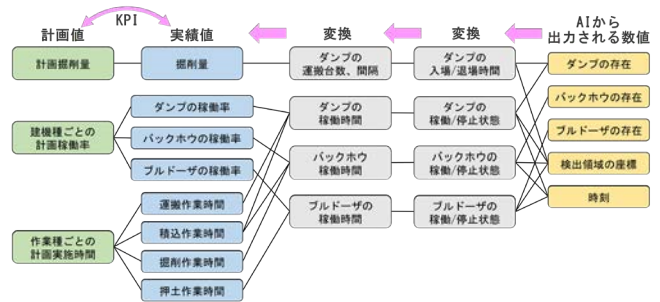


図-2 AI から出力された数値を KPI に変換するロジック

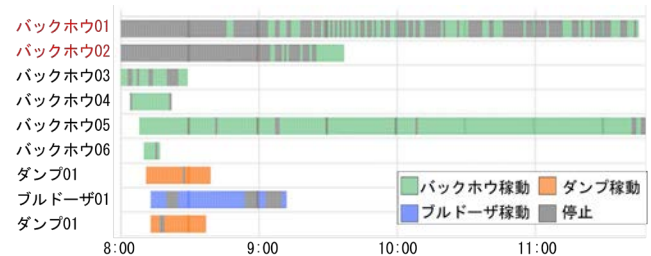


図-3 各建機の稼働率

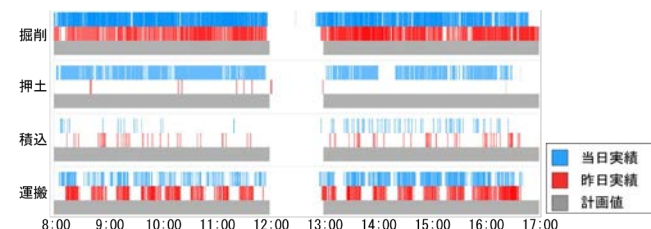


図-4 各種作業の実施時間帯