

建設現場内の危険性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 ○黒台 昌弘
安藤ハザマ 正会員 早川健太郎
宮城大学 正会員 蒔苗 耕司

1. はじめに

建設現場の施工管理業務は QCDSE（Quality, Cost, Delivery, Safety, Environment）の 5 要素に分類でき、とりわけ安全管理業務は、全ての現場で毎日の確認が要求される。近年は現場技術者に代わり AI 等の画像解析技術がカメラの映像から危険な状態を検出し、アラートを出す取り組みが盛んに行われている。筆者らは重機土工の工程管理を対象に、映像解析技術と施工管理基準指標（KPI：Key Performance Indicator）に基づいて現場状況を観察・評価する工程管理システムを作成しているが²⁾、安全管理に対しても同様のシステムが有効であると考え、人間が立入禁止範囲へ進入した回数から労働災害が発生する危険性を KPI として指標化する安全管理システムを進めている。本稿ではシステム概要を示すとともに、適用結果と導入効果について考察する。

2. 労働災害が発生する危険性の指標化（KPI の設定）

危険性の指標化には、表-1³⁾のように、労働災害の重篤度と災害が発生する可能性を組み合わせるリスクを評価する手法を参考にした。建設現場での作業計画書や KY 活動に日常的に活用されている。本安全管理システムでは、立入禁止エリアに対して危険度を 1～3 で設定し、危険度と該当エリアへの進入回数を乗算した値を危険性、すなわち安全管理での KPI として設定する（表-2）。立入禁止エリアへの進入回数が増すごとに KPI が大きくなり、そのエリアにおける労働災害発生の可能性が高まっていると評価する。これは、重大な労働災害の背景には多数のヒヤリハットが存在するというハインリッヒの法則に倣った考え方である。

表-1 リスクアセスメントの考え方³⁾

重篤度	致命的・重大 (×)	中程度 (△)	軽度 (○)
可能性が高い (×)	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ
可能性がある (△)	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
可能性がほとんどない (○)	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ

Ⅲ：直ちにリスク低減措置を講ずる必要がある。措置を講ずるまで作業停止する必要がある。
Ⅱ：速やかにリスク低減措置を講ずる必要がある。措置を講ずるまで使用しないことが望ましい。
Ⅰ：必要に応じてリスク低減措置を実施する。

表-2 安全管理システムで KPI を計算した例

立入禁止 エリア	危険度	進入回数	KPI
A	1	5	5
B	2	2	4
C	3	4	12

3. システムの概要

安全管理システムにおいて KPI を求めるまでのフローを図-1 に示す。現場に設置した定点カメラによって撮影された映像をもとに、3 段階の映像解析によって映像中の人間を検出し（後述）、事前に設定した立入禁止エリアへの進入があると判断された場合、それをカウントする。その後、立入禁止エリアの危険度と進入回数から KPI を計算し出力する。図-2 は立入禁止エリアに進入した人間がシステム上で検出された様子である。システムは現場技術者が使いやすい簡便なものにするため、立入禁止エリアは画面上をクリックして多角形

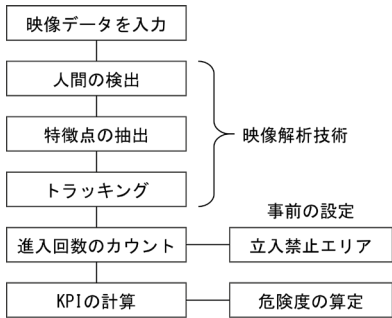


図-1 安全管理システムの解析フロー



図-2 システムが人間を検出した状況

キーワード 映像分析, KPI, 安全管理, リスクアセスメント

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

を描くことにより設定できる機能や人間を検出した時刻のスクリーンショットを自動で記録する機能を実装している。

立入禁止エリアへの進入をカウントするため、3つの映像解析技術を利用した(図-3)。まず、映像中の人間を検出する手法として、Haar-Like 特徴量を用いた。映像を構成する画素の明暗の差が事前に学習した人間の明暗差の特徴と似ている場合、その画素群を人間と判定する。誤検出を低減するため、検出範囲を画面全体ではなく立入禁止エリアのみに限定している。次に、検出された人間に特徴点を付与する。特徴点は物体の境界や角に付与されるため、映像中の建機や資材に対しても付与されるが、対象を検出された人間に限ることで不要な特徴点の取得を防いでいる。最後に抽出した特徴点をオプティカルフローによりトラッキングする。複数のフレームから構成される映像において、画素の移動ベクトルを求める手法であり、これを連続して行い特徴点の移動を追跡することで、人間が立入禁止エリアに進入して退去するまでを1回の進入としてカウントする。

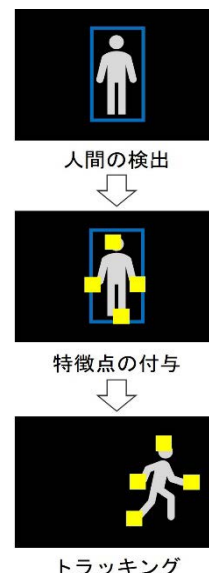


図-3 映像解析のフロー

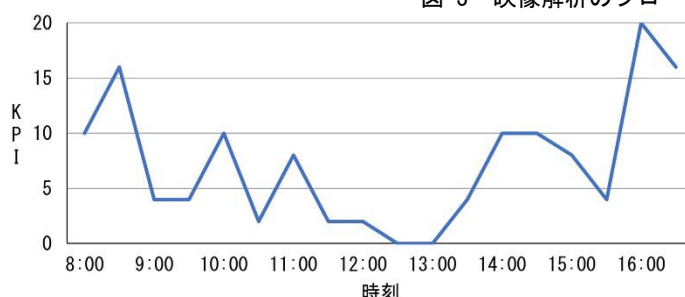


図-4 時間帯による KPI の変動

4. 現場適用の結果と効果

安全管理システムをダム現場の仮設備工事に対して適用した。図-2に示すようにクレーンのアウトリガー周辺と吊荷が往来する範囲を立入禁止エリアとし、危険度は2に設定している。図-4は2022年12月8日の8時～17時における30分間毎のKPIを示したものである。1日を通してクレーンによる組立作業を実施していたが、KPIは時間帯によって変動していることがわかる。8時30分ごろはKPIが16と高い状態であり、これは作業開始時の資材移動に伴って立入禁止エリアの一部を横切った人が多かったことが影響している。昼休憩が終わった13時以降にKPIは増加し、16時過ぎに急増し20を示しているが、この時間帯には既にクレーン作業が終了しており、立入禁止エリアの周縁を通行する人が検出されたためである。

以上のことから、危険性を変動する指標(KPI)として捉えることで、不安全行動への即時的なアラート発報とは異なった視点での安全管理を実現できると考える。例えば、KPIが高くなる時間帯を把握しパトロールを実施することで、不安全行動の抑制につながり労働災害の軽減効果が期待できる。また、KPIが高い作業に対して安全教育等の対策を行った後、KPIが低下すれば対策が妥当であったことを定量的に評価できる。

以上のことから、危険性を変動する指標(KPI)として捉えることで、不安全行動への即時的なアラート発報とは異なった視点での安全管理を実現できると考える。例えば、KPIが高くなる時間帯を把握しパトロールを実施することで、不安全行動の抑制につながり労働災害の軽減効果が期待できる。また、KPIが高い作業に対して安全教育等の対策を行った後、KPIが低下すれば対策が妥当であったことを定量的に評価できる。

5. おわりに

映像から作業員の立入禁止エリアへの進入を検出することで、作業時間帯によるKPIの変動を定量的に評価するという、より効果的な安全管理の手法を示した。今後は、立入禁止エリアに滞在した時間に重みを付けるなど、より現場の安全管理の実態に沿ったシステムとしていく。

謝辞

本システムの開発・検証にあたり、株式会社エム・ソフト様には映像解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) Mostafa, K. and Hegazy, T. : Review of image-based analysis and applications in construction, Automation in Construction, Vol. 122, 103516, 2021.
- 2) 早川健太郎, 黒台昌弘, 蒔苗耕司: 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, 土木学会全国大会第78回年次学術講演会(投稿中), 2023.
- 3) 厚生労働省, 都道府県労働局, 労働基準監督署: 荷役作業時における墜落・転落災害防止のための安全マニュアル, pp. 22, 2009.