

資材運搬車両（バッテリーロコ）への人体検知システム適用 ～シールド工事における人体検知技術による安全性向上の取組～

大成建設(株) 技術センター 正会員 青木浩章, フェロー会員 森田泰司, ○正会員 伊東稔明
大成建設(株) 外環大泉作業所 栗生敏樹, 小室貫太, 正会員 安藤哲人
パナソニックアドバンステクノロジー(株) 田村 創, 清水 堅

1. はじめに

近年、自動車やファクトリーオートメーション、サービス関連等の各業界で安全性の向上や、品質の向上を目的として人工知能（以下、AI）が多く適用され始めている。大成建設(株)とパナソニックアドバンステクノロジー(株)は AI による画像処理技術を活用して建設現場における安全性向上に取り組んでいる。その取り組みの中で開発した技術の一つにカメラ画像を利用した「人体検知システム」(図-1)がある。人体検知システムは、AI により、建機等に搭載したカメラの画像から人体を検知、距離を認識し、距離に応じて建機等に「減速」や「緊急停止」等の制御を行うための信号を発して自動ブレーキ制御等を可能とする安全システムである。これまでに油圧ショベル等の明かり工事向けの建設機械で本システムの試験運用を重ねてきており、明かり環境下においては安全運転支援に資することを確認している¹⁾。

本稿では、シールド工事という地下空間環境において本システムを安全向上の取り組みの一環として試行した内の、同工種にて常用される資材運搬機械「バッテリーロコ」における試行実験の結果について記す。

2. バッテリーロコへの人体検知システム搭載

本システムは、様々な建設機械等に搭載できるよう電源部・演算機・通信部・記録部等を防水・防塵筐体にパッケージング(図-2)している。電源アダプタ、内蔵バッテリー等のオプションを備えており、様々な電源や通信インターフェイスに対応できるため、建機側の制御システムを大きく変更することなく後付けできる仕組みとした。今回のバッテリーロコとの結合は、車両側からの DC24V 電源供給と無電圧接点による通信のみである。

図-3 にバッテリーロコ(坑口側)に搭載した状況を示す。(切羽側はセグメント用平台車:図-6) カメラは有線(魚眼)と無線(狭角)の2種類のカメラを搭載した。無線カメラは、施工中の頻繁な編成替えによる通信線の取回しの手間を減らしたいという現場の声を反映している。無線カメラは Wi-Fi 通信による無線伝送を行い、駆動用の小型バッテリー電源搭載のため $\square$ 300mm 程度の試作筐体にパッケージングし、端部に設置した。

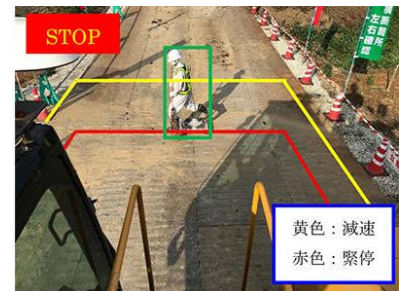


図-1 人体検知システム



図-2 小型制御盤

該寸:W400, D200, H300 (mm)

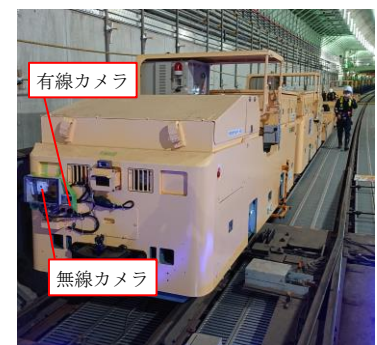


図-3 カメラ搭載位置

キーワード AI, 安全性向上, 人体検知システム, シールド工事, バッテリーロコ

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 TEL045-814-7247

3. シールド工事現場における人体検知システムの試行実験

図-4 の検知エリア設定にて、図-5 の要領でバッテリーロコによる人体検知システムの試行実験を行った。図-6 に実験状況を示す。実験ではトンネル坑内の各歩行者通路上にダミー人形を設置して 15m 程度離れた位置からバッテリーロコをダミー人形へ向かって、坑口/切羽方向へ各 3 回、3～4km/h で走行させ、減速、緊急停止制御が発動するかを検証した。実験場所は①大型の機械付近、②通常の軌道、③H鋼に囲まれた暗い天井下といった環境の異なる場所 3 箇所を選定した。

表-1：実験結果

	緊急停止の平均停止距離(m) / 成功率(%)	
	有線(魚眼)カメラ	無線(狭角)カメラ
①大型の機械付近	5.3 / 100	6.3 / 100
②通常の軌道	3.7 / 83	6.3 / 100
③H鋼に囲まれた暗い天井下	4.7 / 83	5.2 / 100

上記結果の通り、概ね安定した緊急停止が発動することを確認した。一方で逆光や暗い天井下の出口と言ったカメラが苦手なシーンで、緊急停止が発動しないリスクがある事が分かった。また、本実験エリア外において、軌道上の段差を乗り越える振動の際に有線カメラ画像にノイズが入るケースを確認している。システム構成部品が電子部品を含んでいるため、振動による有線ケーブル由来のノイズや、車両より供給される電源の変動により、カメラ画像に「外乱要素」が付加されてしまい、AI 検知性能に悪影響が出る現象は明かり工事でも確認している。カメラの無線化は、ケーブルノイズを減じ、車両より供給される電源の変動を受けなくなるため、AI 検知性能を安定化させる効果がある事が分かった。

人体検知システムの成功率は、照明による明るさ、無線通信の安定性等、適用環境に依存するため、事前にある程度の対策を講じることが出来ても 100%にすることは出来ない。使用者にはシステムの能力や特徴を理解してもらい、システムに依存することなく運転することが安全性向上に繋がるという事を説明しなくてはならない。

4. まとめ

実験結果より、シールド工事における安全向上の取り組みの一環としてバッテリーロコへ AI による画像処理技術を活用した人体検知システムの適用が可能であり、緊急停止機能が簡便に実装可能なことを確認した。また、今回の実験において使用した AI 学習モデルは他現場で収集したデータのみを使用し、事前に本シールド現場の画像をもとにモデル学習を行わずに実験を行った事を付け加える。未学習の現場においても正常に機能するという結果から、筆者らが収集・開発してきた学習モデルは高いレベルの汎化性能を持つことを確認できた。したがって、他の現場にも同様に人体検知システムが簡便に適用可能であることがいえるとともに、より高い人体検知性能を要求する際にはその現場の画像データをもとに追加学習を施すことで人体検知性能の更なる向上が望める。

人と機械の接触事故災害撲滅のため、現場での運用を増やし本システム適用例の知見を収集することで、更なる安全性向上と利便性向上に資するシステムを提案できるよう本技術を深耕して行きたい。

参考文献

1) 遠藤亮雄, 青木浩章, 稲葉誠一, 安田勇介 : AI 人体検知搭載の後付け可能なバックホウ自動停止システムの開発
土木学会第 75 回年次学術講演会, VI-1131, 2020

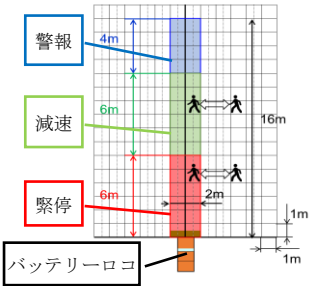


図-4 検知エリア設定

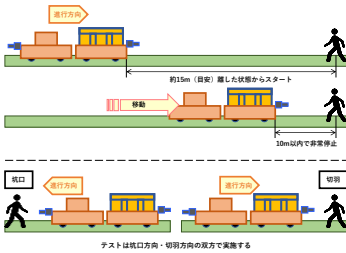


図-5 実験イメージ



図-6 人体検知状況

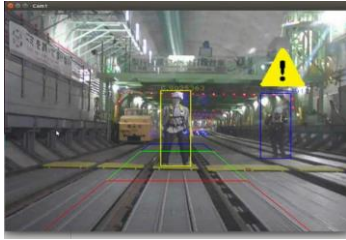


図-7 人体検知状況