

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 ～明かり環境とトンネル環境における検証～

大成建設(株) 技術センター ○正会員 遠藤 亮雄, 正会員 青木 浩章
(株)アクティオ 道路機械事業部 稲葉 誠一, 安田 勇介

1. はじめに

建設現場において、「重機との接触」災害は「墜落・転落」災害に次いで多く、重機の稼働エリアの明示と立入禁止の徹底を行っているが、災害はいまだに発生しているのが現状であり、今以上の接触防止対策が必要である。現行対策の一つとして、(株)アクティオの「スリーエスバックホウ」のように、磁界や電波等を発する主装置を重機に取り付け、IC タグ等のセンサーを取付けた作業員が主装置の有効範囲に入ると反応する後付けのシステムが挙げられる。IC タグを持たない作業員には対応できないが、建機に簡易に外付けできて警報・瞬停できる点が優れている。

近年、人工知能(AI)・機械学習が急速に発展している。学習次第では高速・高精度に画像から「人」を認識できるため、重機に取り付けたカメラの映像から人体を検知する AI を用いて、人体の近接判定を自動で行うことが可能となった。識別される人体に「何か」を持たせる必要が無いため運用面や安全面で優れている。

そこで、スリーエスバックホウのコントローラーと人体検知 AI カメラを主装置とし、人が重機に近づいた場合に自動停止させるシステムの開発を行った。本稿はそのシステムをバックホウに搭載し、明かり環境とトンネル環境にて検証を行った報告である。

2. 実証場所およびシステム構成

明かり工事とトンネル工事での実証実験として、千葉県八街市にある駐機場(明かり)および施工中のトンネル現場の坑内(トンネル)の2箇所で行った。図-1 にシステム概略を示す。バックホウの背面に設置したカメラの映像を制御 PC に入力し、映像内に人が居るかどうかの監視を AI で行う。AI が人を認識するとスリーエスバックホウのコントローラーに信号が送られ、油圧ロックが作動することで重機が止まる仕組みとなっている。表-1 に使用機械および設置位置を示す。明かりでは、0.25m³ バックホウの背面の高さ 1.2 m の位置で、カメラの向きを水平線方向から 20°下向きに設置した。トンネルでは、0.8m³ バックホウの背面の高さ 2.5 m の位置で、カメラの向きを水平線方向から 60°下向きに設置した。

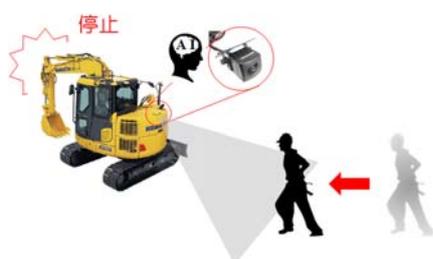


図-1 安全停止システム概略図

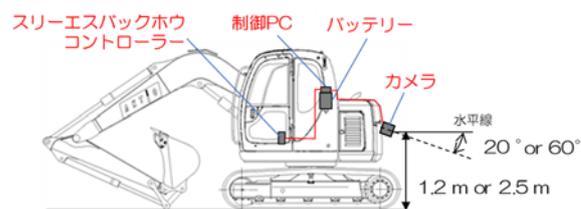


図-2 システム構成

表-1 使用機械および設置位置

	明かり	トンネル
バックホウ機種	SK70SR	PC228US
カメラ機種	CY-RC100KD	CY-RC100KD
カメラ高さ [m]	1.2	2.5
カメラ傾き [°]	20	60



図-3 使用機械

キーワード 災害防止, 人体検知, AI, 油圧ショベル, スリーエスバックホウ

連絡先 〒245-0051 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 TEL: 045-814-7247

〒136-0075 東京都江東区新砂 3-6-41 (株)アクティオ レンサルティング本部 TEL: 03-6666-2262

3. 実験概要

実験は、「検知範囲測定実験」および「安全停止システムの実証実験」の2種類を行った。図-4に検知範囲測定実験の概略を示す。カメラのセンターから横7m、奥行10mの範囲の1m角グリッド上にカメラから背面を向いてモデルを立たせ、検知具合を測定した。検知した場合を○(10点)、しなかった場合を×(0点)、検知はするが安定しない場合は△(5点)として、3回測定を行った。図-5に安全停止システムの実証実験の概略を示す。バックホウが(a)キャタ、(b)旋回、(c)ブームの動作中に人を検知して動作が停止し、人が検知エリアから居なくなると再稼働するかの確認を行った。また、(d)稼働前に人を検知していた場合に動かないかの確認も行った。

4. 実験結果

図-6に明かりおよびトンネルにおける検知範囲測定実験の結果の平均を示す。赤いハッチングをしている範囲が平均値7点以上で、検知可能な範囲とした。グレーのハッチング範囲はカメラの視野外である。明かりはトンネルに比べて横方向の検知範囲が広く、トンネルは明かりに比べて奥行き方向の検知範囲が広い傾向がみられた。また、青い枠で囲っている範囲はブラクスケールの検知範囲である。これに比べて、明かり・トンネル共に広い範囲で人を検知できていることがわかった。

表2に安全停止システム実証実験の結果を示す。明かり・トンネル共に、人が検知範囲に入ると、全ての動きに対してバックホウの動作を停止し、人が検知範囲からいなくなると再稼働することが確認できた。また、検知してからバックホウの動作が停止するまでのタイムラグが約1秒生じることも確認した。これはキャタでの走行やブームの動作時には、人が遠くにいる時点で検知できるため、運用するのに影響がでないと感じた。しかし、トンネルで高速で旋回させた場合は、回りすぎや停止しないといった事象が見られた。現場で運用するには改善しなければならないという課題が見つかった。

5. まとめ

外付け可能な建機搭載安全システム「スリーエスバックホウ」に人体検知AIを組み合わせた安全停止システムの検知範囲確認および検証実験を行い、その有効性を確認した。しかし、AI側のタイムラグや停止命令後の建機油圧機器の制動（特に旋回）に時間を要するため、今回のバックホウの背面に取付けた1台のカメラだけでは、旋回の動作を安全に停止することが難しいことがわかった。今後は図-7に示すように、カメラの台数を増やすことで、旋回前に人を検知し、旋回自体をさせないシステム構成が有効であると考えている。

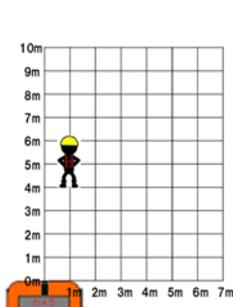


図-4 検知範囲測定実験概略図

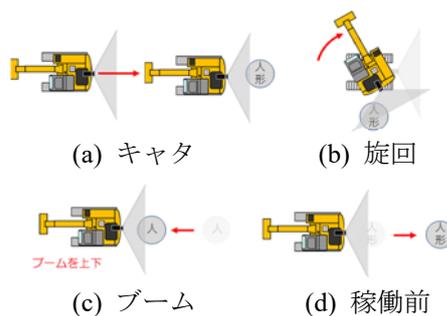


図-5 安全停止システム実証実験概略図

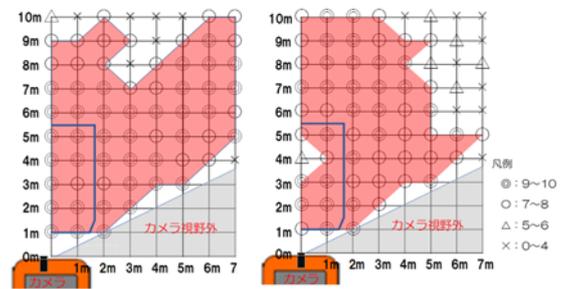


図-6 検知範囲測定実験結果

表-2 安全停止システム実証実験結果

	明かり		トンネル	
	停止	再稼働	停止	再稼働
キャタ	○	○	○	○
旋回	○	○	○	○
ブーム	○	○	△	○
稼働前	○	○	○	○

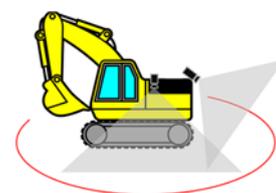


図-7 カメラ設置イメージ