

センサー技術を活用した 道路用機械の安全対策技術の開発

宮本多佳・相田 尚・梶原 覚

重機による重大災害撲滅のために最新のセンサー技術を活用した新しい安全対策技術を開発した。コンセプトとしては、従来の「知らせる」技術から「止める」技術に切り替え、大幅な改造を必要としないレンタルあるいはリース機に容易に取り付けが可能なことである。本文では、重機の自動停止システムの紹介や安全対策装置の将来の展望について述べる。

キーワード：ホイールローダ、タイヤローラ、道路工事、合材工場、自動停止装置、RFID、ステレオカメラ

1. はじめに

建設労働者の死傷者数や死亡者数は長期的に減少してきているが、全労働災害死亡者数の中で最も多いのが建設業である。その中でも重機災害による死亡者数は、転落・墜落に次いで多い状況にある^{*1}。

舗装工事においては、限られたエリア内で多くの重機が前後進作業を行う場面も多く、転圧用ローラの死角に入った作業員が轢かれるといった事故も少なくない。また舗装用合材を製造する合材工場のホイールローダの後進時に轢かれるといった事故も多く、その場合重大事故となる可能性は非常に高い。

ある統計によれば、こうした事故の殆どがヒューマンエラーによるものであり、最近の自動車業界にみる障害物検知や衝突軽減ブレーキ等の技術が道路建設機械に搭載されることが一部から期待されていた。

これらを背景として、本文では、重機による重大災害撲滅のために最新のセンサー技術を活用した新しい安全対策を紹介する。

2. 従来の安全装置の課題の整理

多くの建設機械は過去の事故の経験から教訓を得て、様々な安全装置が装着されており、その殆どが音による警報装置である。

それらの装置について、まず現場で使用経験のある人を対象にヒアリングを行った。その結果、以下の3つの課題が浮かび上がった。

①警報が鳴る頻度が多いと慣れによって認知度が低

下する。

②振動体で知らせるなどの警告装置もあるが頻繁な充電がわずらわしい。

③警報音等に気づいてから重機を停止させる動作をおこなうまでのタイムラグがあり、ブレーキを踏んでも間に合わない。

3. 開発コンセプト

前項で挙げた課題から、以下の3つを開発のコンセプトとして取り組んだ。

①知らせる装置から止める装置へ

②頻繁な充電は必要としない

③レンタル機にも簡単に取り付けられる

対象とする機械についても、社内ヒアリングとアンケートから最も重大災害が起りやすい合材工場で使用する2~3m³クラスのホイールローダ、および舗設現場で使用する比較的速度の速い15t級タイヤローラの2機種に絞った。

4. アスファルト合材工場におけるホイールローダの安全対策

アスファルトプラント内で材料の供給や路盤材の積み込み等で稼働するホイールローダ(写真-1)は、狭い敷地内で頻繁に動き回るため事故が多い機械の一つである。

そうしたことから、従来より反射式赤外線センサ又は反射式超音波センサ、バックアラーム、バックカメ



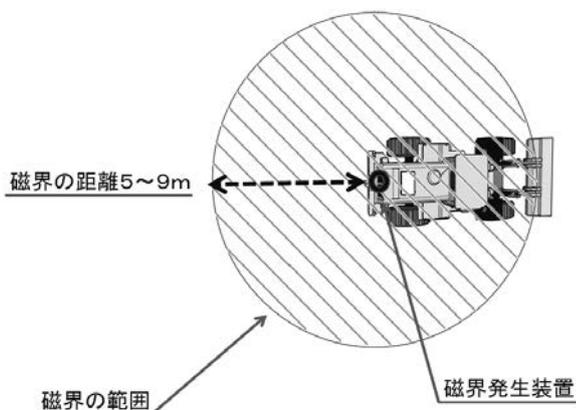
写真一 ホイールローダ稼働状況

ラを通常使用している。しかし、ホイールローダは、速度を上げて後進する場合もあり、警報が鳴ってから停止までの空走距離と制動距離が大きいために、間に合わないケースやバックカメラの確認不足で接触するケースもある。そこで、ホイールローダが後進時のみ、後方にいる人あるいは障害物を検知して、自動的に停止させる方式とすることとした。

(1) 人物の検知方法

(a) RFID 方式

人物の検知方法の1つとしてRFID (Radio Frequency Identifier) を採用した。RFID とは磁界を利用した固体識別方式である。磁界内で信号を返すICタグは、セミアクティブ型ICタグを採用した。この方式は特定の磁界にICタグが侵入したときのみ送受信できるため、電池の寿命が数年単位と長く、ヘルメットなどに装着して使用する。図一はホイールローダにおける磁界の大きさを示す。



図一 ホイールローダの磁界範囲

(b) ステレオカメラ方式

ホイールローダに取り付けたカメラや赤外線装置等から発するノイズにより、ICタグからの信号が正常



写真二 ステレオカメラ裏画面

に作動しない機種もある。その場合、ホイールローダと車両の接触事故対策にも活用可能なステレオカメラによる車両や人物を検知するセンサも選択可能とした(写真二)。

ステレオカメラは2台のカメラから同一の対象物を撮像し、その投影位置の違いから複数の立体物の大きさ、位置を瞬時に検知することができる。さらには画像処理を利用することによって人物の検出も可能なセンサである。

その方式を採用することによって人物検出のほか、障害物の検知も可能であることから後進時のダンプトラック等の接近時でも自動で停止する設定やオペレータに対して警告を発することが可能となる。

(2) ホイールローダの自動停止方法

バケットに材料を積載した状態で走行するホイールローダは、急制動すると車体の反動やオペレータへの衝撃が加わる。そのため、通常の油圧制動装置を瞬間的に遮断することは避け、フットブレーキをアクチュエータで引っ張る方式とした。

通常、大型のホイールローダの場合、フットブレーキは左右2つ装備されており、この内、左側のフットブレーキ側にパワーシリンダを増設し、チェーンにて引っ張る(写真三)。

パワーシリンダの場合、ある程度ゆっくりとした速



写真三 ブレーキアシスト装置

度が得られ、急制動にならない利点がある。また、チェーンで引っ張る構造なため、通常の足で踏むブレーキ操作は全く影響を受けない。この方式を開発することによってブレーキ回路等の複雑な改造を伴わない。また、パワーシリンダの速度を変化させることで制動距離を短縮することも可能である。

(3) ホイールローダ自動停止システムの検証

人物の検知方法はRFID方式とステレオカメラ方式が工場での運用方法によって選択可能となった。システムの検証はマネキンを人物と見立て、速度を変えて後進し、制動距離の確認を行った(写真-4)。



写真-4 自動停止システムの検証

概ね、15 km/hであれば直前で停止し、遅い速度であれば3 m程度手前で停止することが確認出来た。また、装置の取り付けには機材が全て整っていれば、約4時間程度で完了する事ができる。

5. タイヤローラの安全対策

(1) 人物の検知方法

タイヤローラの人物方法はRFID方式とした。舗設現場においては、敷きならし端部の整形作業や、温度計測のためにローラ側面での作業を行う人もいる。そこで、通常球体で発生する磁界をローラの後方だけに発生させる必要がある。そこで、タイヤローラに取り付けた2台の磁界発生装置により、合成された立体的な磁界エリアを形成する方式をとった(図-2)。2種類の磁界が交わったところのみICタグが反応する仕組みとなっている。それによってローラの後進方向以外にいる作業には反応することがない(図-3)。

(2) ローラの停止方法

現在主流となっている油圧式動力伝達装置(HST)を搭載したローラでは、幾つかの停止方法がある。転

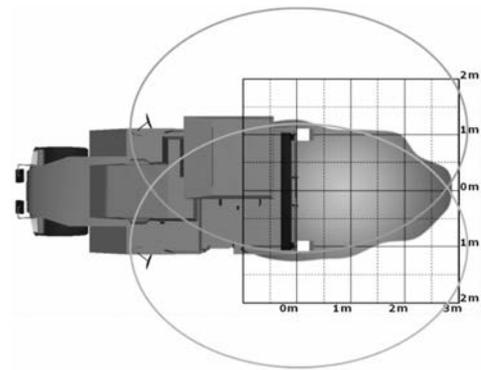


図-2 磁界の合成エリア

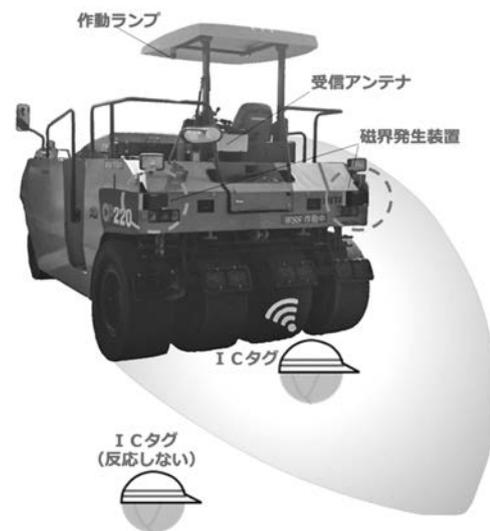


図-3 ローラ自動停止システムの概要

圧作業速度と制動距離を試験した結果、エンジンが停止すると作動するネガティブブレーキを利用した方法をとった。エンジンの停止方法はスタータキーを強制的に回転させる装置(写真-5)を使用する。タイヤローラはレンタルやリースがほとんどであり、この装置であればキーシリンダ部分に取り付けるだけで良いので、油圧回路の改造が不要となり、ローラメーカーや機種を問わず簡単に取り外しが可能である。



写真-5 キー回転装置

(3) タイヤローラ自動停止システムの検証

ホイールローダと同様に、マネキンを人物と見立て、IC タグをヘルメット内に装着して検証を行った。概ね、8 km/h であればマネキンを轢くことなく、スムーズにとまることを確認した(写真—6)。

現在まで、15現場以上で導入されており、安全の一助となっている。



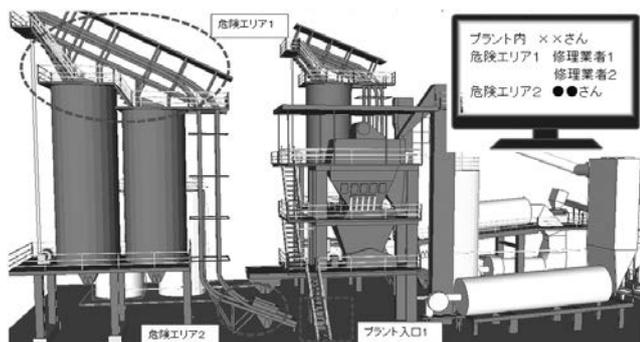
写真—6 ローラ自動停止システムの検証

6. 今後の展望

今回、安全対策装置として導入したステレオカメラは、障害物との距離、人物のみの検知等が可能となったため、今後色々な建設機械での応用が可能となる。

一方、RFID方式は個別のIDと関連付けができるため、下記のように様々な安全対策での可能性がある。

- ①個別にIDを持っているため、空港工事やトンネル工事等の入退場管理。
- ②作業者の能力レベル、作業内容に合わせた個別の機械制御をおこなうことも可能。
- ③合材工場内の従事者の位置情報監視システム(図—4)との連携が可能である。危険エリアやアスファルトプラントの各出入口に磁界発生装置を設置することにより作業者等がどこにいるかが操作室内の専用画面から確認でき(写真—7)、また作業者が危険エリアに侵入した場合に注意喚起す



図—4 工場の位置情報監視システム概要



写真—7 位置情報システムの確認画面

ることも可能。

7. おわりに

重大事故は基本的なルールを守ることが重要なのは昔も今も変わらない。しかし、人間は必ずミスを犯すということも忘れてはいけない事実であり、そうしたヒューマンエラーがあっても機械側のアシストが事故を防ぐ、あるいは被害を軽減するという考え方は、人とロボットの共存が現実化しようとしている現在においては必然となってくるであろう。こうした直接的な安全対策技術の普及が1件でも多くの重大災害の削減に寄与できれば幸いである。

JICMA

《参考文献》

- ※1. 厚生労働省 HP：平成27年労働災害発生状況

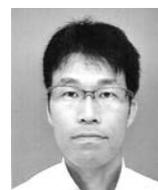
【筆者紹介】



宮本 多佳 (みやもと たか)
 (株)NIPPO
 総合技術部 生産機械センター
 係長



相田 尚 (あいた ひさし)
 (株)NIPPO
 総合技術部 生産機械センター
 課長



梶原 覚 (かじわら さとる)
 (株)NIPPO
 総合技術部 生産機械センター
 係長