

ホイールローダの安全性向上に寄与する 運転支援システム

中型ホイールローダ ZW140-7/ZW160-7

小 鷹 稔 生

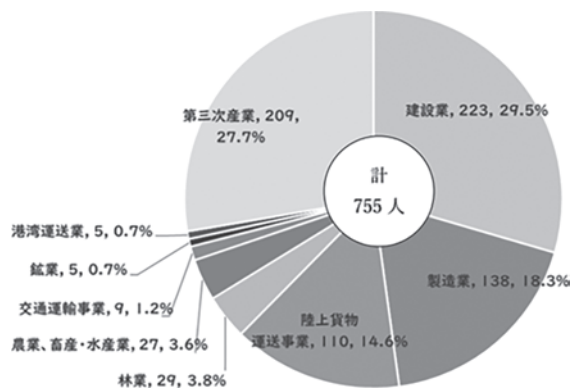
労働災害における建設業が占める割合は高く、災害が多く発生していることが課題である。施工現場における安全対策のほかに、建設機械としても安全性を向上させることが課題解決への貢献となる。中型ホイールローダ ZW140-7/ZW160-7（以下、本機種）に周囲環境の視認性向上と後方衝突リスクの被害軽減に寄与できる運転支援システムを搭載し市場導入した。本稿では、新型ホイールローダに新たに搭載した運転支援システムの概要と特徴について報告する。

キーワード：ホイールローダ、運転支援、周囲視認、衝突被害軽減、自動減速

1. はじめに

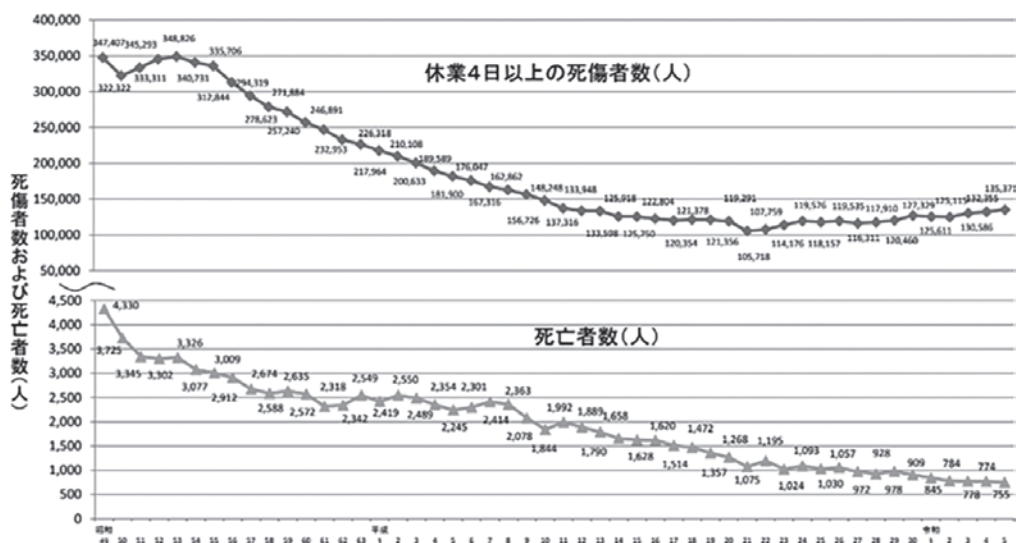
国内の労働災害の発生状況を見ると、労働災害による死者数は減少傾向となっているが、休業4日以上の死傷者数の推移は長期的には年々減少傾向にあったものの、2000年代以降は横ばいとなり、近年においては若干の増加傾向となっている（図－1）。全産業別の内訳で見ると、建設業は全体の3割程度となっており、高い割合を占めている（図－2）。

建設機械に着目すると、車両系建設機械による災害の起因として、「はさまれ・巻込まれ」、「激突され」を合計した割合が5割近くになり（図－3）、車両系



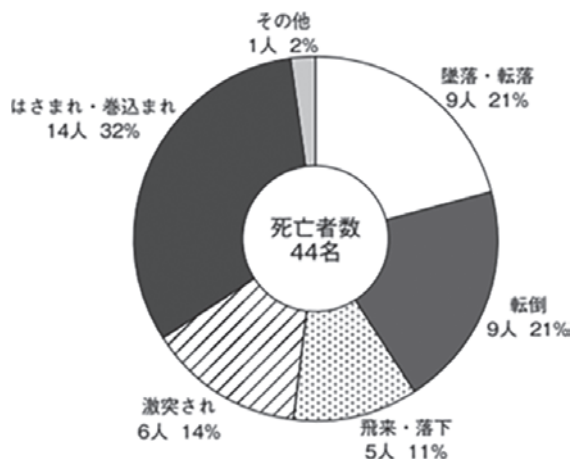
出典：建設業労働災害防止協会
建設業における労働災害の発生状況（令和6年）

図－2 業種別労働災害発生状況



出典：厚生労働省 労働災害発生状況

図－1 労働災害による死亡者数、死傷者数の推移



出典：建設荷役車両安全技術協会 令和5年災害統計

図—3 車両系建設機械等の種類別・事故の型別分類

建設機械による周囲者や障害物との衝突防止が課題となっている。施工現場における安全対策向上への取り組みが必要であるほかに、建設機械としても安全性を向上させることを目指した開発を継続することが重要な取り組みである。

2. 周囲環境視認性向上に寄与する運転支援システム

(1) 「AERIAL ANGLE®」の概要

周囲者や障害物と機械との衝突による事故を未然に防ぐことを目的として、オペレーターの周囲安全確認を支援するシステムである「AERIAL ANGLE®」(以下、本視認システムという)が市場導入されている。本視認システムは車体に複数の広角カメラを搭載し各カメラの画像を変換・合成することで車体を中心に上空から見下ろしたような映像を専用のコントローラで生成することで周囲の俯瞰映像を運転席に設置したモニタ画面に表示するシステムである。オペレーターは、周囲者や障害物との位置関係など、車体の周囲状況をモニタ画面からひと目で把握することが可能となる。本視認システムを装備したダンプトラック、油圧ショベル、タイヤローラがこれまで市場導入されている。

ホイールローダにおいても安全性向上のため車体周囲の視認性を良くしたいという要求は以前からあり、窓ガラスの拡大や車体形状の工夫により直接視界の改良を重ねてきた。さらなる視認性の向上を目的に、ZW-7型シリーズでは本視認システムをホイールローダに適用する開発を行い市場導入している。

また、2025年から日本国内販売を開始した本機種(図—4)においては標準装備とした。ホイールローダ用に開発した本視認システムはカメラを後方1台、



図—4 中型ホイールローダ



図—5 カメラ搭載位置



図—6 運転室内

左右側各1台の計3台で構成したシステムとしている(図—5)。さらに、前方カメラを追加して計4台のカメラによるシステムを構成することで、前方視認性を向上させた「AERIAL ANGLE® (360°)」(以下、本全周囲視認システムという)を開発、オプション装備として設定した。

(2) 本視認システムの特徴

本視認システムは周囲カメラ、運転室内に設置したモニタディスプレイとモニタ画面操作を行うマルチファンクションコントローラで構成されている(図—6)。側方カメラはキャブ上面高さで、側面からオフ

セットした位置に専用ブラケットを介して装着されている。これにより、目視や後写鏡で視認しにくい後タイヤ側面付近を映像から視認することができ、周囲者の巻き込み、衝突リスクの低減に寄与する(図—5, 7)。

各カメラから出力された映像から画像合成コントローラが車体周囲の俯瞰映像を生成している。俯瞰映像は後方映像と側方映像のラップ部分を独自の画像技術で処理することで、各カメラ映像との境界がないシームレスな俯瞰映像表示となっている。俯瞰映像は運転席右前方に設置したモニタディスプレイに表示される(図—7, 8)。視線移動が極力少なくなる位置に設置することで、運転中においてもオペレーターは容易に周囲状況を確認することができる。

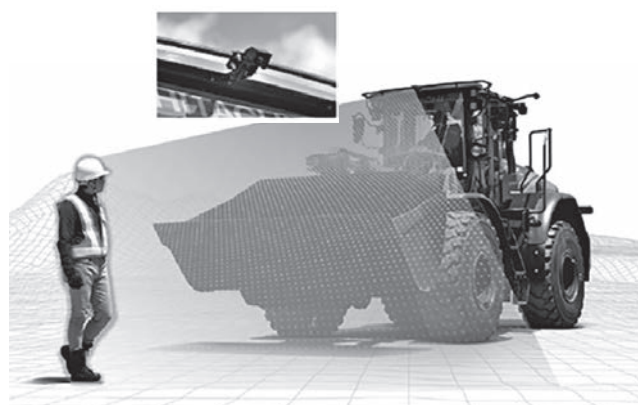
表示される映像は俯瞰映像と後方視界映像を並列表示または、後方視界映像のみの表示を運転席右側アームレストに装備されたマルチファンクションコントローラを操作することで切り替えることができる。運転状況に合わせた適切な表示切り替えを行うことが可能である。また、並列表示時であっても、後進操作に連動して後方視界映像に自動切り替えを行う設定が可能で、掘削・積込み作業などで頻繁に後進する場面において有効である。

(3) 本全周囲視認システムの特徴

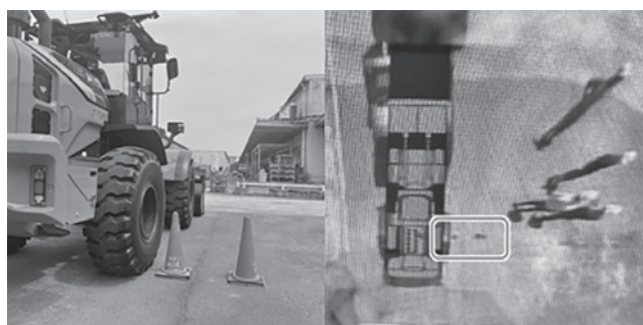
ホイールローダは車体前方に装着されるバケットを様々な種類のアタッチメントに交換することが可能である。アタッチメントの形状によっては前方視界に影響することがあるが、そのようなアタッチメント装着時でも前方視界を確保したいという市場要求があった。この市場要求に対応するため、前方カメラを追加装着し、全周囲の映像表示ができるように機能拡張したのが本全周囲視認システムである。

本全周囲視認システムはオプション装備として市場導入した。前方カメラはキャブ上部に装着している(図—9)。これにより、オペレーター目線より高い位置からの映像が得られることから、目視では視認しにくいバケットエッジ先端部分や、バケット、前タイヤ付近の障害物などの視認性が向上する。

モニタディスプレイの表示映像の切り替えは、前方カメラ映像、拡大俯瞰映像を追加した4種類から選択が可能である(図—10)。表示される映像の種類が追加されることで、運転状況に適した周囲映像を選択することが可能となっている。



図—9 前方カメラと視界イメージ



図—7 側方カメラによる周囲映像



図—8 モニタディスプレイ映像



図—10 映像切り替え

3. 後方衝突被害軽減に寄与する運転支援システム

(1) 後方障害物検知システムの概要

ホイールローダの標準的な作業である掘削作業や、掬った扱い物のダンプやホッパーなどへの積込作業では後進することも多く、後方への注意不足により障害物との衝突事故につながるリスクが高まる。本機種では後方障害物検知システム（以下、本検知システムという）をオプション装備として設定した（図—11）。

後進時の事故軽減に対応することを目的とし、車体後方にある障害物との衝突被害軽減に寄与する運転支援システムである。前項の本視認システムが人による安全確認を補助する装置であるのに対して、本検知システムは機械からオペレーターへ警報通知することにより事故を未然に防ぐことを目的にしている。車体後部に物体検知センサ（ミリ波センサ）を装着し（図—12）、後進中に物体を検知した際に運転室内のブザー鳴動、モニタディスプレイへの画面表示によりオペレーターへ注意喚起とブレーキ操作を促す。



図—11 本検知システム



図—12 物体検知センサ（ミリ波センサ）

さらに、追加オプション装備として衝突リスクが高まったとシステムが判断したときには、後進中の車体を自動的に減速する制御を追加した後方衝突被害軽減装置（自動減速）（以下、本自動減速システムという）を開発、市場導入した。車体が自動減速することにより、オペレーターによるブレーキ操作が促されることになり衝突リスク低減に寄与する。

(2) 本検知システムの特徴

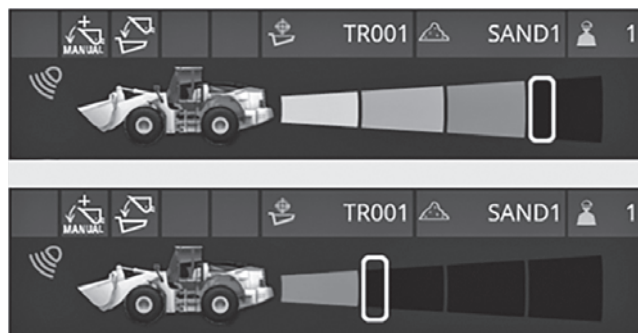
本検知システムはミリ波センサにより車両後方の物体との距離を検知している。ミリ波センサは、検知物体にミリ波の電波を照射して反射してきた電波を検出し、往復に要した時間を計測することで検知物体までの距離を計測する。雨・雪・霧といった天候、建機の稼働現場に多い粉塵などの影響を受けにくいことがミリ波センサの特徴である。

コントローラにより車両速度と検知物体との計測距離から衝突リスクが演算され、運転室内の警報音とモニタディスプレイのインジケータ表示が衝突リスクに応じて段階的に変化する（図—13）。これにより衝突事故の危険度がオペレーターへ注意喚起される。このときの警報音は衝突リスクに応じて断続周期が変化する。モニタディスプレイのインジケータ表示はバーレベルと色が変化して視覚的にオペレーターへの通知を行う。

建屋内など周囲に壁などがある作業環境で稼働する場合、過剰に警報が発報される懸念がある。物体の検知範囲を適切に制限することで狭小な場所を通過する作業現場でも対応できるようにしている（写真—1）。

(3) 本自動減速システムの特徴

本自動減速システムは警報だけでなく自動減速制御を行うことを追加したシステムである。オペレーターが警報通知に従いブレーキ操作ができなかった場合でも衝突の発生確率が低減され、万が一の衝突時でも被害を軽減することにより安全性を向上させる。



図—13 インジケータ表示



写真—1 検知範囲の制限

本機種の動力伝達装置はHST (Hydro-Static-Transmission)である。HSTはアクセルオフやニュートラル時はブレーキ力 (HST ブレーキ) が発生する特徴がある。システムが衝突リスクの最も高くなった段階と判断したらニュートラルとし、HST ブレーキが作動して車体が減速される。同時にモニタディスプレイのアイコンインジケータが点滅して減速制御中であることをオペレーターへ通知する。最終的に車両が停止したときは、前後進レバーを操作すれば減速制御が解除され、運転を再開することができる。

さらなる特徴として、車体が停止しているときにオペレーターが後進操作を行った際に、後方の物体が検知されて衝突リスクが高いとシステムが判断したときは、ニュートラルを保持することにより車両を発進さ

せないことを目的とした後進発進抑止制御が備わっている。

4. おわりに

新型ホイールローダに搭載した安全性向上に寄与する運転支援システムについてまとめた。建設機械の運転支援システム開発の動向をみると、自動車業界などにおいて開発がけん引されているセンサ技術や画像処理による周囲認識技術の急速な進歩によるところがある。この分野では建設機械をターゲットとしているスタートアップ企業も育っている。また、コモディティ化することにより部品のコストも引き下げられている。

先進技術の動向を注視しながらそれらの建設機械への適用を検討していくことが必要と考えている。運転支援システムは、将来的には建設機械の遠隔・自動化システムにおける安全性の担保にも利用できると考えられる。今後も、建設現場の課題に対応できる商品やソリューションを提供していく。

J C M A

【筆者紹介】

小鷹 稔生 (こたか としお)

日立建機㈱

パワー・情報制御プラットフォームビジネスユニット

開発統括部

車体システム開発部 車体システムグループ

