

# 現場の協調安全を目指す新型油圧ショベルと 連動ソリューション

小林 敬弘・上野 善継

建設業の労働災害における死亡者数は全産業の3割を占め、その中でも建設機械における災害は2割を超える。人による安全対策だけではなく、機械による安全の確保や、事故を未然に防ぐ一助として新型油圧ショベル ZAXIS-7 シリーズ（以下新型油圧ショベル）及び新型 ICT 油圧ショベル ZAXIS X-7 シリーズ（以下、新型 ICT 油圧ショベル）にて、機械の接触被害低減システム、施工映像共有ソリューション、設定範囲外への逸脱防止機能を開発した。本稿では、建設機械における安全性の向上に寄与する特性や効果など現場の安全管理に活用できる機能について報告する。

キーワード：接触被害低減，安全管理，施工映像，運転支援機能，逸脱防止

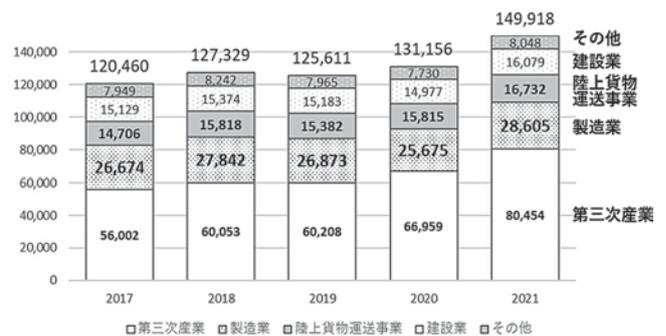
## 1. はじめに

日本における産業別労働災害による休業4日以上の死傷者数は、1978年に348,826人をピークに減少傾向となり、2009年には105,718人まで減少するも、10万人を下回ることなく、近年においては増加傾向である（図-1）。全業種別労働災害発生状況の内訳では、第三次産業が全体約5割を占め、次いで製造業、陸上貨物輸送事業、建設業、その他の順で労働災害が発生している（図-2）。

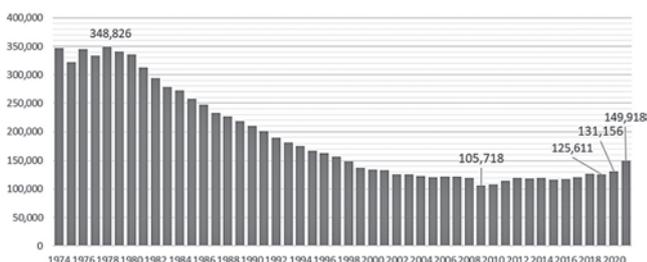
一方、死亡者数においては、年々減少傾向にあるが（図-3）、業種別死亡者数では、休業4日以上の死傷者数で半数を占めていた第三次産業を超え、建設業が全体の3割を占めている（図-4）。

特に建設機械に起因する死亡災害「はさまれ、巻き込まれ」、「激突され」が23%を占めている。近年、建設施工技術の進歩によりあらゆる工事が機械化施工によって実施されている状況を踏まえると、その安全性を向上させ、建設機械などによる労働災害を減少さ

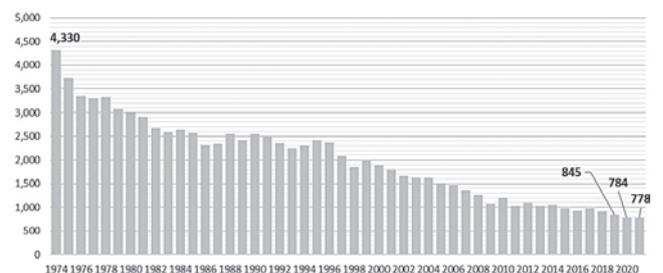
せていくことは引き続き取り組まなければならない重要課題である。



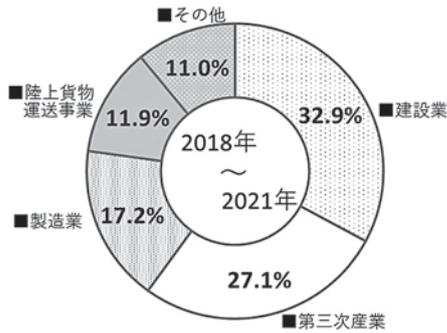
出典：厚生労働省 労働災害発生状況  
図-2 業種別労働災害発生状況 休業4日以上の死傷者数（人）



出典：厚生労働省 労働災害発生状況  
図-1 休業4日以上の死傷者数（人）



出典：厚生労働省 労働災害発生状況  
図-3 労働災害による死亡者数（人）



出典：厚生労働省 労働災害発生状況

図一4 労働災害による業種別労働災害発生状況 死者割合（直近5年）

## 2. 接触被害低減に寄与する運転支援システム

### (1) 「AERIAL ANGLE STEP IV」の概要

日立建機株式会社は、新型油圧ショベルのオプションとして、油圧ショベルの機体と障害物との接触被害低減に寄与する運転支援システムとして、「AERIAL ANGLE STEP IV(エアリアルアングル ステップフォー)」(以下、本運転支援システムという)を市場導入した(図一5)。人による安全対策だけではなく、機械による安全確保で、事故を未然に防ぐことを目的としている。

油圧ショベルの機体に物体を検知するカメラ付き物体検知センサ(赤外線深度センサ)を装着し、検知範囲内で物体を検知した際、オペレータに対しては運転室にあるモニターにカメラ映像および、検知した情報を表示し、ブザーで知らせる。周囲の作業員に対しては外部ブザーと回転灯で検知されたことを知らせる。機体が待機中に検知範囲内で物体を検知すると、機体への接近度合いに応じて走行時の動力低減や旋回・走行操作ができないように制御する。走行や旋回中に検知範囲内で物体を検知し、接触の危険性があるとシステムが判断すると、自動的に減速を開始し、最終的には機体を停止させる。

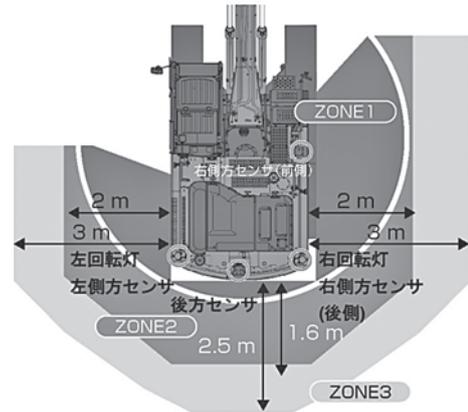


図一5 本運転支援システム

### (2) 本運転支援システムの特徴

建設機械による労働災害事例のなかでも、機体の動きはじめや稼働時の接触事故が多くなっている。本運転支援システムは、機体周辺で検知した物体の位置や機体の動作状況に応じて、警報を発報、エンジン回転数を下げて動力を低減し、走行・旋回動作を制御する。機体周辺に搭載したカメラ付き物体検知センサにより、機体側面・後方の物体を検知する。物体の検知範囲は、物体と機体との位置関係により3つのZONEに分けている(図一6)。

機体の動作状況に応じて、注意喚起のための警報、始動抑制、動力低減による機体の減速、最終的には停止する。停止、動作制限を行うことで接触事故の低減に寄与する。「見せる、知らせる、動かさない、止める」の4つのアクションによりオペレータへ注意喚起をし、安全な操作をアシストするシステムである。

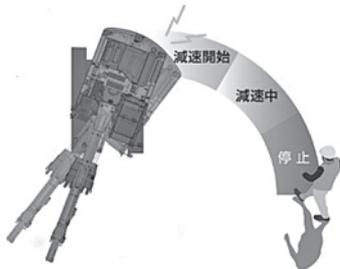


図一6 検知範囲のイメージ(上面)

- ① ZONE3では、機体に接近したことを周囲に知らせる警報を発信する。オペレータに対しては、機械周辺映像を運転席内モニタに表示させる。また、オペレータと周囲作業員に対して、物体検知情報を外部ブザー及び回転灯で警報し退避を促す。動作制限は、操作をしていない状態から走行にレバーを入れた際、動力を低減する。
- ② ZONE2では、ZONE3での注意喚起だけでなく、始動抑止がかかる。走行では、走行接触危険エリアとして走行操作に制御がはたらく。走行操作をしていない状態で物体を検知した場合、始動抑止制御がはたらく。走行中に物体を検知した際は減速・停止制御を行う(図一7)。
- ③ ZONE1では走行に加えて旋回接触危険エリアとなる。走行の旋回操作をしていない状態で物体を検知した場合、始動抑止制御がはたらく。また走行・旋回中に物体を検知した際は減速・停止制御を行う。



図一七 走行中の検知イメージ



図一八 旋回中イメージ

停止した機体は、ZONE1の範囲内に物体が存在せず、パイロットシャットオフレバーを操作すれば機械の運転を再開することができる（図一八）。

### 3. 安全管理に寄与する施工映像共有ソリューション「Solution Linkage Alert Viewer」

#### (1) 「Solution Linkage Alert Viewer」の概要

本運転支援システム搭載機専用のオプションとして、Solution Linkage Alert Viewer（ソリューションリンケージアラートビューワー（以下、本ソリューションという））を設定することができる。

本ソリューションは本運転支援システムの接触被害低減に寄与する運転支援システムに連動して、動力低減が検知されたことをトリガー情報にし、インターネットを介して検知場所、動画をクラウドにアップロード、管理者等に向けて通知をする。管理者等は、事務所にいながらリアルタイムに安全管理ができるソリューションである。

機体には、前方及び機体周囲にカメラが設置されており、機体の前方及び周辺を撮影録画している。録画データは、機体とスマートフォンを無線LANで接続することで、40時間分振り返ることができ、オペレータの操作状況や、もしものトラブルが発生した際、原因を確認するために振り返ることができる。次に、クラウドにアップロードされた動画は、15倍速のタイムラプス映像で確認することができ、1日8時間の現場であれば、約30分で、1日の作業を振り返ることが可能である。動画は30日間クラウドで保管され、30日を超えたものは自動削除されるものの、保存機能を活用することで録画データを残すことができる。

#### (2) 本ソリューションの特徴

本運転支援システムにて検知されたトリガー情報は、検知された前後30秒（合計1分間）の動画および、検知された位置の情報をクラウドへ自動送信し、登録された管理者のPCやタブレットに通知を送る。管理者は検知時の状況を確認でき、検知時の動画を活用し、作業員などに動画を見せながら、不安全行動など、その時の状況を振り返ることが容易なため、具体的な危険予知活動を行うことができる（図一九）。



図一九 検知時動画画面

本ソリューションは、地図情報に施工図面を重ね合わせる事が可能であり、併せて地図内（現場内）で検知された情報が、どの位置で多く発生しているかデータで確認可能となる「ヒートマップ機能」を備えている。管理者は、機械・日ごとのデータが確認でき、どの場所で、何の作業をしていた際に検知数が多いか確認することが容易にできる。したがって、これら検知が多い箇所について、現場内の注意箇所をオペレータ・作業員に簡単に周知することができ、朝礼などで注意箇所を周知することで、短時間で現場内の安全意識を高めることが可能となる（図一〇）。

さらに、管理者向けに現場ごとの検出情報をまとめたレポート情報を確認することができる。機械ごとに検知情報を自動で集計しており、機械のどの位置で検知が多いか「機械周囲検知位置」情報、どの時間帯で検知が多いか「24時間検出傾向」情報、日別・週別・月別に建設機械がどのような作業、どの日に検知が多



図一〇 ヒートマップ

いか確認することが可能となる。これは、以前に比べ現場の安全順守に時間を割くことが多くなった現場監督などに役立つレポートであり、レポート情報を元に、検知が多い時間帯や場所に安全巡回を実施することで効率的に安全対策を講じることが可能となる（図-11）。その他、安全性以外に生産性向上に寄与する機能も多く備わっている。詳細は、日立建機のホームページをご参照いただければ幸いです。

このように、本運転支援システム及び本ソリューションを活用することで、機械稼働周辺のヒヤリハットを低減させるだけでなく、管理者に通知・レポート機能を活用して、作業員に周知することで、安全意識も高め、安全性向上に寄与することができる。



図-11 レポート機能

#### 4. 運転支援機能を活用した安全性の向上に寄与する「エリアコントロール」

##### (1) エリアコントロールの概要

新型 ICT 油圧ショベルより、安全性の向上に寄与する運転支援装置「エリアコントロール」を搭載した。エリアコントロールは、油圧ショベルのフロントの上下動作および車体の旋回動作時における設定領域外への逸脱抑制機能である。機械フロント上下・車体旋回時の障害物への接触など、施工箇所の損傷などを抑制することで安全性の向上が図れる。

新型 ICT 油圧ショベルでは、操作系に電気レバーを新たに採用したことで、従来の油圧レバーに比べマシンコントロールの制御を向上させている。油圧ショベルのブーム、アーム、バケット（フロント）をコントロールするためのセンサ（IMU センサ）で位置を検出し、機体の旋回角度はセンタージョイントに内蔵された「旋回角度センサ」で検出することで上下動作および旋回動作時の設定領域外への逸脱抑止制御ができるようになった。

制限領域の設定方法は、「高さ・深さ」、「左右旋回角・旋回半径」、「面」の6種類をモニタ上で設定すること

ができる。具体的には①フロントを設定したい境界まで移動し、車体に記憶させる方法、②高さ、深さ、左右の旋回角度、前面の距離などの設定、③左右、前方・後方の任意面の設定をする（図-12）。

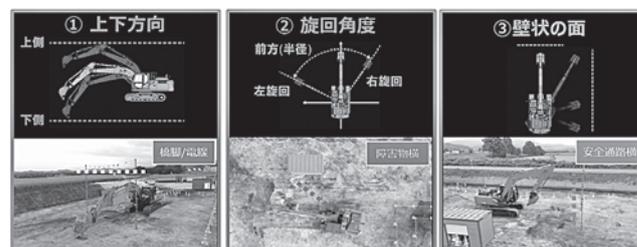


図-12 エリアコントロール

##### (2) エリアコントロールの特徴

油圧ショベルの稼働現場は多岐にわたり、見通しの良い現場だけではなく、建物と接する狭い箇所や、人や物と接触する危険性のあるエリアなどさまざまである。周囲との接触が懸念される場所や制限領域以上にフロントを動かしたくない場合、エリアコントロールで事前設定に領域を設定することができる。

##### (a) 高さ・深さ方向の設定について

油圧ショベルのシュー底面の高さを0mとして任意の高さを指定し、その高さもしくは深さをフロントが超えないように設定することができる。これはフロントの位置をIMUセンサによって検出し、目標高さに近づくとマシンコントロールが機能してフロント動作を制限する。また、任意の高さにフロント設置してその高さを領域として設定することができる。これにより、橋脚や電線など油圧ショベルの上空に接触が懸念される場合に設定、深さではガスや水道管その他の埋設物がある場合に、設定することで、設備の損傷などを抑制することが可能と考えられる。

##### (b) 旋回角度・旋回半径の設定について

旋回角度は「旋回角度センサ」で車体の角度を検出し、目標角度に近づくとマシンコントロールが機能して旋回動作を制限する。旋回半径についてはフロントのIMUセンサによってフロントの位置を検出、制御する。掘削後の積み込みなど旋回を伴う作業において、施工範囲周辺に人が往来する安全通路や道路、建物の脇など、人や物がオペレータの意思と関係なく移動している環境などで大いに役立つと考えている。

##### (c) 面の設定について

左右および前方・後方に任意の面を設定することができ、目標面に近づくとマシンコントロールが機能してフロントおよび旋回の動作を制限する。面の設定については、前後左右の面に壁・物などがある場合それ

以上先に進まないように設定することで事故を未然に防ぐことができる。

これらエリアコントロールの6種類の機能は有効／無効が容易に切り替えできるため、作業の段階で上手に活用することで、危険を未然に防ぐとともに生産性向上にも寄与する。

## 5. おわりに

新型油圧ショベル及び新型 ICT 油圧ショベルにおける、安全性の向上に寄与する機能をまとめた。日立建機グループは、人と機械、機械と機械、機械と施工現場環境とが早期情報をやり取りし、施工現場全体の安全性の向上、生産性の向上を図る「協調安全」の現場の実現をめざしている。建機に実装する安全方策だけではなく、作業員やプロセスの管理、建機とは別の安全の仕組みなどを組み合わせて、全体のリスク低減を図ることが必要と考える。

今後も、単に事故を防ぐだけではなく、情報交換・共有によって人を安全側に導き、協調安全に対応した商品やソリューションを、お客様の声に耳を傾けながら、提供していく所存である。

JCMA

### 【筆者紹介】



小林 敬弘 (こばやし たかひろ)  
日立建機㈱  
コンストラクションビジネスユニット 開発設計統括部  
コンストラクション製品開発部  
担当部長



上野 善継 (うえの よしつぐ)  
日立建機㈱  
新事業創生ユニット 顧客ソリューション事業部  
商品企画部 戦略企画グループ  
主任

