

衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置

FVM2+

泉川 岳哉

当社では安全な建設現場実現の為、2011年に3台の車載カメラの画像を俯瞰画像として合成し後方270度がひと目で確認できる「FVM」を、2017年には、それらの画像を解析して機械周辺の人の形を認識して、人が居ると判断した場合にモニター画面への表示とお知らせアラームでオペレータに注意を促す「FVM2」を市場に投入し、オペレータの安全確認のサポートにいち早く取り組んできた。今回さらに、作業員と機械が接近した場合に、機械を自動で減速・停止することで油圧ショベルの接触事故リスクのさらなる低減に貢献する「FVM2+（フィールドビューモニター2プラス）」（以下「本システム」という）を開発した。本稿では、この本システムについて報告する。

キーワード：油圧ショベル、周囲監視装置、衝突軽減システム、安全性

1. はじめに

建設業の死亡事故は全産業の中でも依然として多く、その中でも建設機械に起因する事故が多く発生している。国土交通省が進めているi-Constructionにより機械周囲の作業員が減少し、安全性が向上していると推定されるが、ICT建設機械のオペレータを対象にしたアンケートではICT施工特有のリスクも挙げられている。マシンガイダンスのモニターを注視しすぎたことによるヒヤリハットや、機械周囲の作業員がいなくなったことから安全確認が不十分になったヒヤリハットなどが挙げられている。このことからICT施工の推進と合わせて、機械自体の安全性の向上を図ることが必要と考えられる。当社ではこの課題を解決するために、衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付き周囲監視装置（以下「本システム」という）を開発した。

2. 本システムの概要

本システムは、3Dセンサーを活用した反射物検知方式により、危険エリアにいる安全ベストを着用した人を検知し、走行および旋回を自動で減速・停止させることで、衝突被害の軽減を図る装置である。安全ベストを着た人を反射物検知方式で高精度に検知し、また盛土などでは作動しないことから、安全性と作業効率を両立した。作動範囲は機械の後方周囲270度のワイドエリアに対応し、作動状況はモニターで確認出来

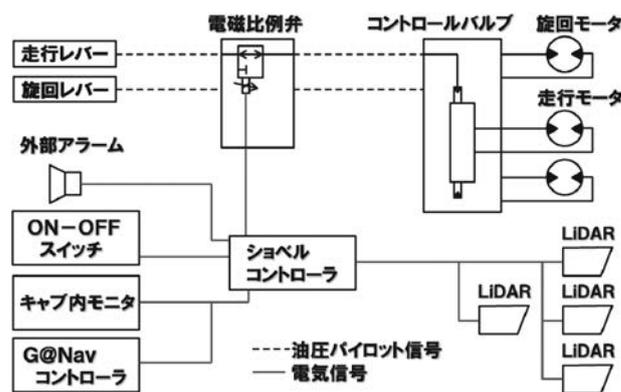


図-1 本システム構成図

るだけでなく外部アラームで周囲の作業員にも警報することが可能である。

図-1に本システムのシステム構成図を示す。LiDAR（以下「本センサー」という）からの反射物検知情報をショベルコントローラで処理し、走行・旋回パイロット圧力を制御することで、走行・旋回動作を減速・停止させる。同時にモニター及び外部アラームを制御し、警報を発する。検知情報はG@Navコントローラ（以下「本コントローラ」という）により稼働管理システムに送られ、遠隔地よりウェブ画面上で作動状況を確認可能となる。

3. 本システムの特徴

(1) 人検知機能

本システムでは本センサーによる反射物検知方式で

安全ベストを着た人を高精度に検知している。LiDARは一般的に埃があるとそれを物体として検知してしまう。埃の多い建設現場では埃を検知して機械が止まってしまうと、作業効率が著しく低下してしまう。本システムでは本センサーが検出した位置情報と合わせて反射強度情報を用いることで反射物のみを検知しているので、反射強度の低い埃を検知することはない。同様に建設現場に存在する盛土についても検知して停止することがなく、安全ベストを着た周囲の作業員を高精度に検知することで、作業効率と安全性を両立した。安全ベストを装着していれば作業員の姿勢に関係なく検知が可能で、屈んでいる作業員も検知可能である(図-2)。ただし、反射板付きのカラーコーンなどに反応して停止することが無い様、高さ60cm未満の反射物は検知しない。従って倒れている作業員は検知できない。同様に大きな荷物を持っていたり姿勢により安全ベストがセンサーから見えない状態であったり、安全ベストの種類や劣化により反射率が低下している物では検知できない場合がある。安全ベストは一般に販売されている物で検知可能であるが、丈が長く全体に反射ラベルがついており、また反射強度が強い物を推奨している。

本センサーは変調赤外線照射方式で外乱光に強く、夏の直射日光の下でも、冬の西日が差し込む状況でも、また暗がりの下でも反射物を検知可能である。



図-2 人検知機能

人の検知範囲は機械の後方周囲270度としており、オペレータがモニターのFVM画面上で視認可能なエリアと同一としている。これによりオペレータはシステムの作動範囲を容易に判断することが可能である。またショベルが後進している時のみでなく、下部走行体に対し上部旋回体を90度回転させて横方向に走行している時も想定した検知範囲としている。

(2) 衝突軽減機能

安全ベストを着た人を検知すると、走行および旋回を自動で減速・停止させ衝突被害の軽減を図る(図-3)。機械が停止した状態で検知した場合は、機械の走行・旋回の起動を停止させる。機械が走行・旋回中であれば、減速した後に停止させ、急停止によるオペレータへの負担を軽減すると同時に、急停止による危険性も低減する。一度減速・停止制御が作動すると、人がいなくなっても制御を継続させる。人がいなくなった後、オペレータが操作レバーを中立にし、安全性確認が行われて初めて制御は解除される。これにより人がいなくなった後、機械が急に動き出す危険性を防ぐと同時に、操作レバーから手を放すことなく操作が再開でき、安全性と作業効率を両立させた。旋回の減速・停止制御は衝突する方向のみ減速・停止制御が行われ、回避する方向には操作が可能である。走行と左右旋回の減速・停止範囲は個別に設定されており、走行で衝突するリスクがあっても旋回で衝突するリスクが無い場合は、走行のみ減速・停止制御が行われる。走行、旋回以外のアタッチメントについては制御が行われないので、アタッチメントが急停止するようなリスクは生じない。人の検知及び制御は十分高速に行われており、検知遅れによる制御のバラつきを最小限に抑えている。

(3) 警報機能

人を検知し衝突軽減機能が作動すると、モニターで

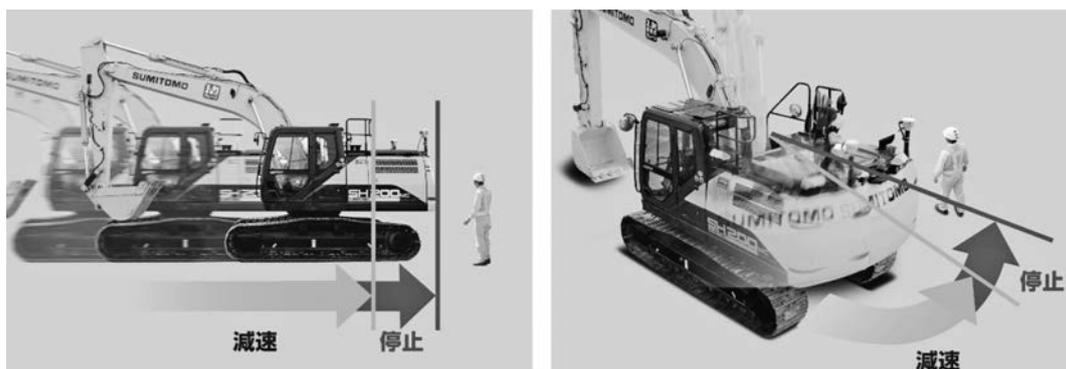


図-3 走行・旋回時の減速・停止制御のイメージ



図-4 外部アラーム

オペレータに警報すると同時に、外部アラームで周囲の作業者にも警報を行う（図-4）。これにより周囲の作業者が衝突のリスクに気づき、その場から退避するなどの行動を起こすことができる。外部アラームは夜間工事など騒音に配慮する必要がある場合は、モニターの設定画面でキャブ内のアラームのみに切り替えることができる。モニターには実際のカメラ画像上に検知した人の方向が矢印で表示されており、周囲の状態を一目で確認できるようになっている（図-5）。矢印表示は検知した人との距離に応じ2段階に、遠方の減速エリアでは黄色で、より近くの停止エリアでは

赤色で表示される。これらの警報や停止制御はゲートロックの状態や操作レバーの操作状態に関係なく常に行われる。作業開始前から周囲の人の検知状態をオペレータと周囲の作業者に警報することが可能となり、安全性が向上する。

衝突軽減システムの作動状況はリアルタイムで本コントローラから稼働管理システムに送信され、事務所などの遠隔地からウェブ画面上で本システムの作動状況を確認することが可能である。作動した場所を地図上に表示可能であり、現場の危険の発生リスクを見える化することで、安全対策に活用することが出来る（図-6）。

4. おわりに

安全性のみでなく作業効率も考慮し、現場責任者だけでなくオペレータも使いたがる安全装置を目指し、本システムの開発を進めてきた。しかしながら現場の安全は、本システムのみでは実現されず、現場全体の安全管理、オペレータの安全操作が前提となり、さらに万が一の時に安全をサポートする機械の機能により、より安全な現場が実現できる。先を行く自動車業

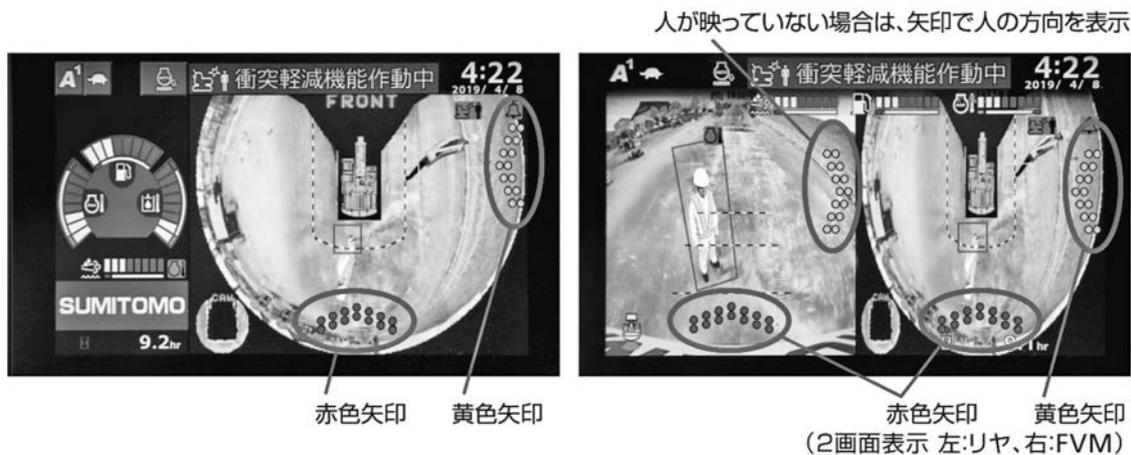


図-5 モニター表示例



図-6 稼働管理システム表示例

界ではより高度な安全技術が開発されており、建設機械においても機械や現場の特性にあった安全装置の開発が求められる。今後もさらなる安全性の向上をめざして新しい技術開発を進めていきたい。

※ FVM は、住友重機械工業(株)の登録商標です。

※ G@Nav は、住友建機(株)の登録商標です。

J C M A



[筆者紹介]

泉川 岳哉 (いずみかわ たけや)

住友建機(株)

技術本部 先端技術部 ICT 建機開発グループ
グループリーダー

