

油圧ショベルの衝突軽減システム

接触事故防止を目指した衝突軽減システム K-EYEPRO

樋口 史一・越智 智彦・木下 明

建設現場における災害の多くは挟まれ・轢かれ事故である。これまでも警告装置等の安全装置は存在するが、最終的な危険回避はオペレータ自身に委ねられている。オペレータが警報に気付かない場合や認識が遅れた場合は、結果的に事故に繋がることに変わりがない状況である。本稿では、死角となる油圧ショベル後方での接触事故防止を目指した検知技術、制御技術の設定についての取り組みを紹介する。

キーワード：災害、事故、死角、検知技術、制御技術

1. はじめに

我が国日本では、2030年までの20年間、貴重な労働力である生産年齢人口が毎年1%近く減少していくと見込まれている。この状況に対して、建設機械業界では、生産性の向上がこれからの成長のキーワードとなっている。

このような状況を踏まえ、国土交通省では、建設機械業界に於いて、調査・測量から設計・施工・検査・維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスに於いて抜本的に生産性を向上させる「i-Construction」施策を提唱し、以下の姿を目指している。

- ①一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善する。
- ②建設現場に携わる人の賃金水準の向上を図るなど魅力ある建設現場にする。
- ③死亡事故ゼロを目指し、安全性を飛躍的に向上させる。

これらの目的を達成するために、建設現場のプロセス全体の最適化を行う。具体的には、ICT技術の全面的な活用を行い、規格の標準化、施工時期の平準化が実施されている。例えば、ドローンを用いた3次元測量、同3次元測量データによる設計・施工計画策定、建設現場でのIoT活用による施工、検査の省力化、省人化が提案されている。

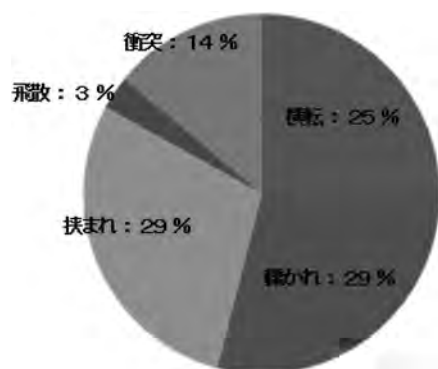
このi-Constructionでは建設現場の死亡事故ゼロ、安全性の飛躍的改善を目指しており、国として建設現場の安全性は重要な課題と認識されている。

実際の建設現場で油圧ショベルの関わる事故の約6割は挟まれ・轢かれ事故で、そのうち旋回、走行時の

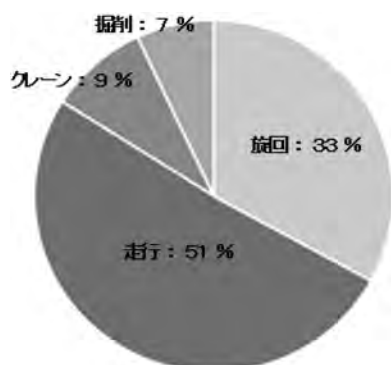
事故が8割以上を占めている。事故のほとんどは機械後方の死角エリアで発生しており、作業者に気付かず操作したことが原因となっている。これまでも、各建機メーカーやレンタル会社等が独自に設定した安全装置が存在したが、多くは警報装置の類であり、最終的な危険回避はオペレータ自身に委ねられていた。そのため、オペレータが警報に気付かない場合や認識が遅れた場合など、結果的に事故に繋がることに変わりがなかった。このような問題に対し、赤外線センサを応用し死角となる油圧ショベル後方での接触事故防止を目指した衝突軽減システム K-EYEPRO（以下「本システム」という）の設定を進めた。

2. 現場での災害と課題

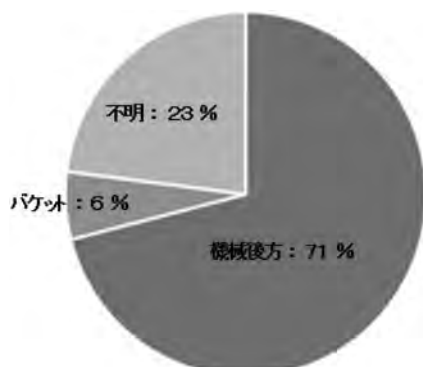
本稿で報告する本システムの設定に当たり、現場の労働災害の内訳について調査を行った。その結果を図1～3に示す。この結果より、現場での災害のうち6割が建設機械による挟まれ・轢かれ事故であり、その内8割は建機の走行中や旋回中に発生している事が明らかとなった。また、それらの事故発生場所の7割以上が機械後方の死角である。そのため、労働災害の低減を実現するには、機械後方の死角領域において、接触を未然に防止するシステム構築が必要であると判断した。これまでもこうした労働災害を低減する為のシステムは存在したが、オペレータに対する警告がメインのシステムであった。例えば、昨今の自動車における自動ブレーキのような機械が自発的に止まるものは殆どなかった。機械が停止するものもあるが、その場合は動作全てが停止してしまい、作業性の



図一 1 事故の内訳



図一 2 事故時の動作

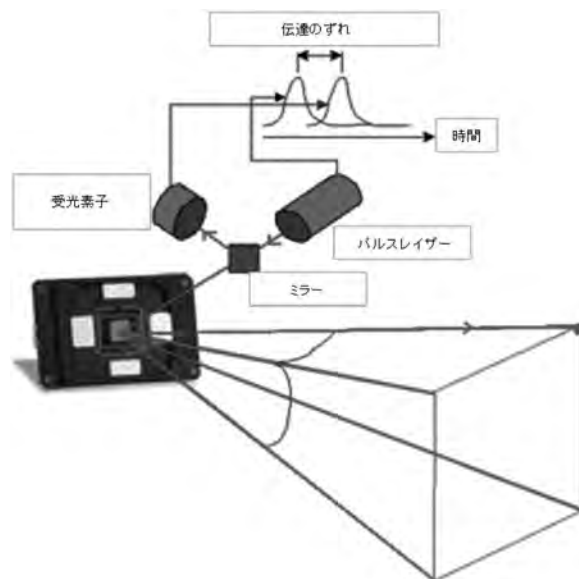


図一 3 接触箇所

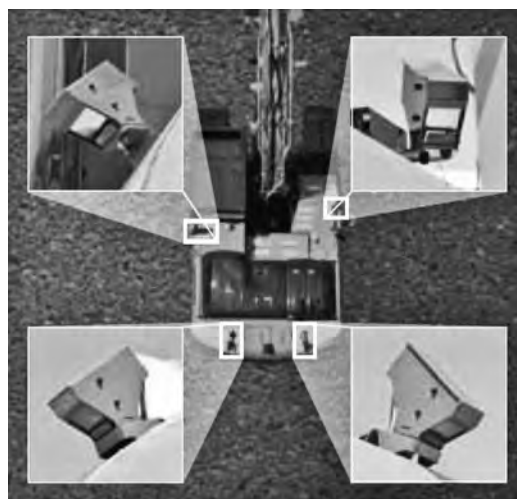
観点から見て使い勝手の良いものでは無かった。今回、本システムのコンセプトとして、安全性に加え、作業性の確保を同時に実現出来るシステムの設定を目指した。

3. 検知技術

現在、世界中で人・対象物検知技術が多岐にわたり開発されているが、それぞれにメリットとデメリットが存在する。本システム検討の初期段階において、あらゆる検知技術の特徴を見極めたうえで、赤外線 TOF センサを採用した。赤外線 TOF センサは、センサ自身が照射した赤外線が対象物に反射し、再度受



図一 4 赤外線 TOF センサの原理



図一 5 赤外線 TOF センサ取付位置

光する時間から対象物との距離を算出するものである(図一 4)。昼夜問わず複雑な形状であっても 3 次元的に高精度に検知出来るメリットがある。

今日まで本方式は、室内・車内等の安定的な環境での使用については実用化が進んでいるが、屋外・車載使用については、外乱による技術的対策が必要なこともあり、一部の採用に留まっている。今回、外的要因である太陽光・雨雪等の外乱に対して、ハードウェア・ソフトウェアによる対策を実施し、その有効性について確認を実施した。本システムでは、図一 5 に示すように、赤外線 TOF センサをショベル 1 台に対し 4 台搭載し、ショベル後方の死角をカバーするレイアウトとした。

通常、赤外線 TOF センサはセンサと対象物の最近距離を出力する。本システムで採用したセンサは、ソフト処理により対象物の位置をショベル座標系に換

算し、その位置をショベル側のコントローラへ送信する。対象物の位置をショベル座標系に換算するにあたり、それぞれの取付位置情報が必要となる。その場合、取付位置に対応した専用のセンサが必要になるのが一般的である。本システムではセンサと建機側コントローラとが連携し、1種類のセンサで全ての取付位置に対応出来るようソフトウェア上の工夫を行った。また、フィールドに出た後にセンサにズレが発生した場合など正確な位置情報が送信できない事態が懸念されるが、万が一取付状態が変化した場合でも、初期取付状態からのズレを検知するソフトウェア処理により、オペレータへの報知が出来るようなシステムを考案した。更に、センサの赤外線照射・受光面が汚れる事により検知不能となった場合においても、上記と同様にソフトウェアの処理により汚れの発生をオペレータに知らせるシステムを設定することで、システム喪失時のフォローも万全となっている。

4. 制御技術

ショベル周辺に人・対象物を検知した場合には、オペレータが走行、あるいは旋回操作を行っていたとしても自動的に機械の動作を減速出来る。更にショベルに近づいた場合には、自動停止させることで挟まれ・轢かれ事故を回避する(図—6, 7)。自動停止後もブー



図—6 旋回時の自動減速／停止



図—7 走行時の自動減速／停止



図—8 自動減速／停止エリア(概略の検知エリア)

ム、アーム、バケットのアタッチメントの操作は可能であり、人・対象物の無い方向への旋回操作も可能である。機械を自動減速・停止させる際の制御は人・対象物との距離が機体から2m以内で行う(図—8)。狭所であっても極力作業に支障をきたすことなく、継続的に作業が可能となるような設定とした。また上下方向の検知範囲も、上部旋回体から上方側の範囲を検知範囲としており、ショベルのクローラ部分を人・対象物として誤検知することは無い。検知高さを十分確保していることから、土面の凹凸などを誤検知すること無く、登坂や積み込み作業にも配慮したエリア設定を行った。

上記の自動減速・自動停止エリアに人・対象物が進入した場合、センサからの位置情報をもとに、運転室のディスプレイに、人・対象物の位置を表示することが出来る(図—9, 10)。その表示作動に加え、警報音によりオペレータに注意喚起することで、オペレータの安全意識の向上にも寄与する。

5. 安全レポートシステム

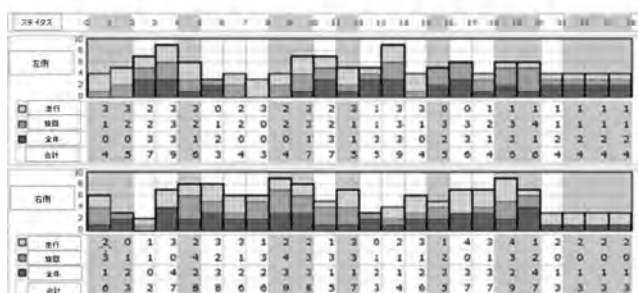
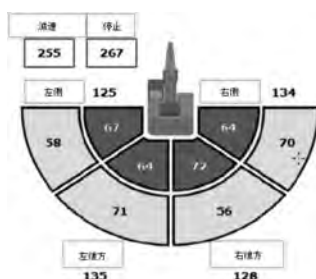
本システム本来の検知・制御技術に付加する形で、作動状態をユーザーにレポートとして発信するシステムを設定した。本システムが作動した際の機体に対する対象物の検知エリアや、時間帯ごとの検知回数のレポートを専用 Web 画面上で確認ができる安全レポートシステムを設けた(図—11)。可視化された現場のヒヤリハット状況を KY 活動に活用することで、建設現場全体で安全意識の向上及び、職場改善に貢献できるシステムである。



図一 9 右側方に人・対象物がある場合



図一 10 右側方の人・対象物がさらに近づいた場合



図一 11 安全レポートシステム

6. おわりに

自動車業界においても運転支援システムが普及してきており、その技術革新は著しい。少子高齢化を背景に、労働人口の減少、熟練オペレータ不足などの課題を抱える建設現場においても建機オペレータに寄り添い、サポートするシステムの進化は必須と考える。今後も継続的に安全性能を向上させ、建設現場のダイバーシティ化に対応した『誰でも働ける現場』の実現に貢献できるソリューションを継続的に提供していく。

J C M A

《参考文献》

- 1) 建設業安全衛生年鑑 2010～2014

【筆者紹介】

樋口 史一（ひぐち ふみかず）

コベルコ建機㈱

グローバルエンジニアリングセンター 開発本部

ショベル開発部 中型ショベル開発グループ

グループ長



越智 智彦（おち ともしこ）

コベルコ建機㈱

グローバルエンジニアリングセンター 開発本部

ショベル開発部 中型ショベル開発グループ

マネージャー



木下 明（きのした あきら）

コベルコ建機㈱

グローバルエンジニアリングセンター 開発本部

要素開発部 電機制御系開発グループ

