

(技術資料)

SK200-10衝突軽減システム「K-EYEPRO」

SK200-10 Collision Reduction System [K-EYEPRO]



藤後 博*¹
Hiroshi TOGO



木下 明*¹
Akira KINOSHITA



小見山昌之*²
Masayuki KOMIYAMA



越智智彦*³
Tomohiko OCHI



稗方孝之*⁴ (博士(工学))
Dr. Takashi HIEKATA

Safety at construction sites is recognized as an important issue, as described in "i-Construction" proposed by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. At actual construction sites, approximately 60 percent of accidents involving hydraulic excavators are those of getting caught or run-over, and accidents during swing and travel operations account for more than 80 percent of them. To solve these problems, a collision reduction system has been developed using infrared sensors to prevent contact accidents behind a hydraulic excavator in its blind spot, and is included in the options. This has enabled the simultaneous realization of safety and continuity of the machine operation, which has been difficult to realize so far.

ま え が き = 我が国日本では、2030年までの間、貴重な労働力である生産年齢人口は毎年1%近く減少していくと見込まれている。したがって、建設機械業界において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おいて、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の生産性を抜本的に向上させる「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が実施されている。具体的には、ICT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行われている。たとえば、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・施工計画策定や、建設現場でのIoT活用による施工、検査の省力化、省人化などが提案されている。

また、上記③で示したように、建設現場の安全性は国として重要な課題と位置づけられている。建設現場で油圧ショベルに関わる事故の約6割は挟まれ/轢(ひ)かれ事故であり、そのうち旋回または走行時の事故が8割以上を占めている¹⁾。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、作業者に気づかず操作したことが原因となっている。

これまでに各建機メーカーやレンタル会社等が独自に

設定した安全装置は存在した。しかし、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。このため、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は、結果的に事故につながった。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」を開発した。本稿では、その内容を報告する。

1. 現場での災害と課題

K-EYEPROの開発にあたり、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～図3に示す。この結果より、現場での災害のうち約6割が建設機械による挟まれおよび轢かれ事故であり、その8割以上は建機の走行中や旋回中に発生していることが明らかとなった。また、それらの事故の発生場所は機械後方の死角が7割以上に上っていることが明らかとなった¹⁾。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、接触を低減する機能が有効であると判断し

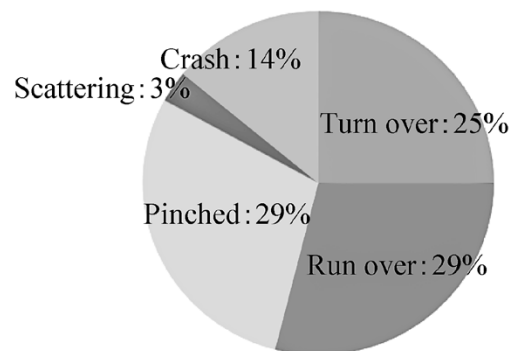


図1 建設現場における事故の内訳
Fig. 1 Accidents on construction sites

*¹コベルコ建機(株) 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 *²コベルコ建機(株) マーケティング事業本部 ショベル営業本部 営業促進部
*³コベルコ建機(株) 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 *⁴(株)神戸製鋼所 技術開発本部 開発業務部

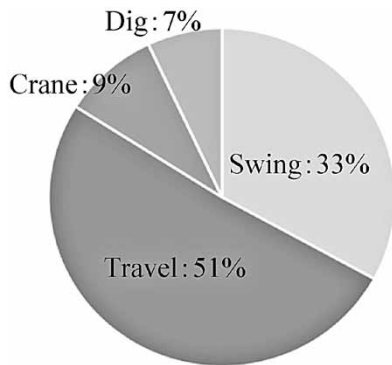


図2 事故の原因となった動作
Fig. 2 Motions causing accidents

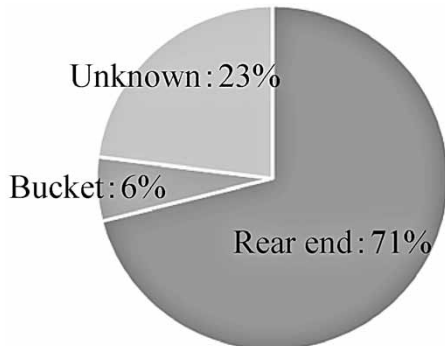


図3 機械との接触箇所
Fig. 3 Points of the machine at contact accidents

た。これまでもこうした労働災害を低減するための機能は世の中には存在した。しかし、それらはオペレータに対する警告が主な機能であり、たと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ほとんどなかった。機械が停止するものもあるが、その場合には動作全てが停止してしまうため、作業性の観点から使い勝手の良いものではなかった。今回、K-EYEPROの開発コンセプトは、安全性に加えて同時に作業性を確保できるシステムとした。

2. 検知技術

現在、世の中には人や障害物の検知技術が多岐にわたり開発されており、それぞれにメリットとデメリットがある。K-EYEPRO検討の初期段階において、それぞれの検知技術の特徴を見極め、検知手段として赤外線TOF (Time Of Flight) 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、再度受光する時間から対象物との距離を画素ごとに算出するものである(図4)。複雑な形状であっても3次元的に高精度に昼夜を問わず計測できるメリットがある。

現在、室内や車内等の比較的安定な環境では、本方式の実用化が進んでいる。しかし、屋外や車載での使用については、外乱による技術的対策が必要なこともあり、本方式は一部の採用にとどまっている。

コベルコ建機では、鉄道等のインフラ用途で実績があり耐外乱光性能に優れた日本信号(株)製の赤外線TOFセンサを、検知手段として採用した。また、日本信号

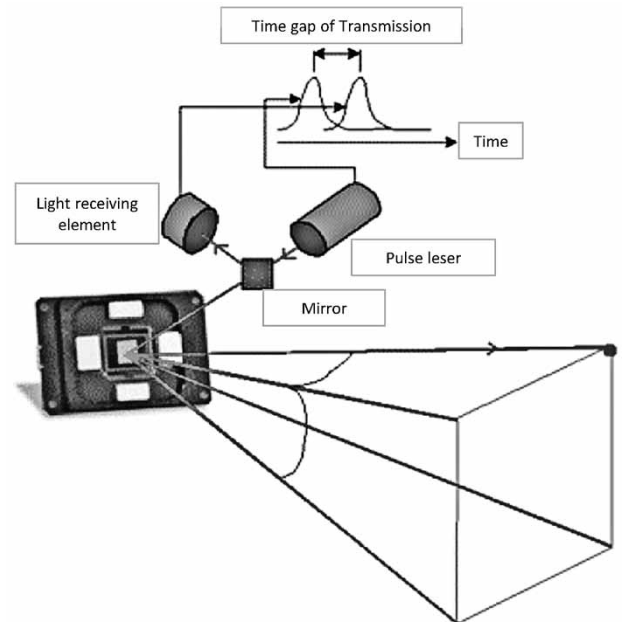


図4 赤外線TOFセンサの原理
Fig. 4 Principle of infrared TOF sensor

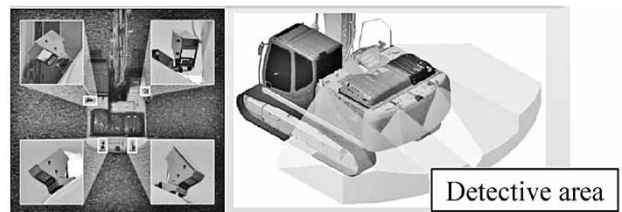


図5 赤外線TOFセンサ取付位置と検知エリア
Fig. 5 Mounting location of sensors and detectable area

(株)と(株)日立ハイテクノロジーズとの共同でセンシング処理の開発を新たに行い、太陽光や雨雪等の外乱に対して、ハードウェアとソフトウェアによる対策を実施し、その有効性を確認している。

赤外線TOFセンサ取付位置と検知エリアを図5に示す。図5に示すように、K-EYEPROではこの赤外線TOFセンサをショベル1台に対して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。

通常の赤外線TOFセンサは、センサと障害物の最接近距離を出力する。しかし、K-EYEPROで採用したセンサはソフトウェアにより障害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。障害物の位置をショベル座標系に換算するには、それぞれのセンサ取付位置情報が必要となるため、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。しかし、K-EYEPROではセンサとショベル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できるようソフトウェア上の工夫をしている。

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把握できない事態が懸念される。しかし、K-EYEPROには初期取付状態からのズレを検知するソフトウェアを組み込んでおり、万が一取付状態が変化した場合でも、オペレータへの報知ができるようなシステムとなっている。

さらに、センサの赤外線照射・受光面が汚れることにより検知不能となった場合においても、上記と同様ソフトウェアにより汚れの発生をオペレータに知らせることができるため、機能喪失時の対策も万全となっている。

3. 制御技術

ショベル周辺に人や障害物を検知した場合には、オペレータが走行もしくは旋回操作を行っていたとしても自動的にショベルの動作を減速させる。ショベルに人や障害物がより近づいた場合には自動停止し、挟まれ／轢かれによる接触事故を低減する（図6、図7）。自動停止後もブーム、アーム、バケットのアタッチメントの操作は可能である。また、人や障害物のない方向への旋回操作は可能としている。人や障害物とショベルの距離が2mになれば自動減速を開始し、0.5mになれば自動停止させる（図8）。このように、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ている。

高さ方向には、地上から約0.7m以上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・障害物として誤検知することはない。また、検知高さを十分確保していることから、土面の凹凸などを障害物として誤検知することなく、登坂や積み込み作業にも配慮したエリア設定となっている。

自動減速、自動停止エリアに人・障害物が進入した場合、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・障害物の位置を表示する（図9、図10）。同時に、警報音によりオペレータに注意喚起すること



図6 旋回時の自動減速／停止
Fig. 6 Automatic deceleration / stopping at turning

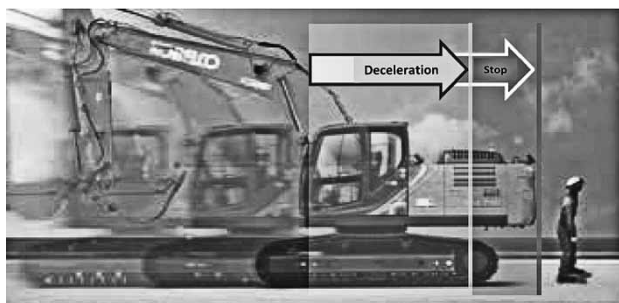


図7 走行時の自動減速／停止
Fig. 7 Automatic deceleration and stopping for travelling

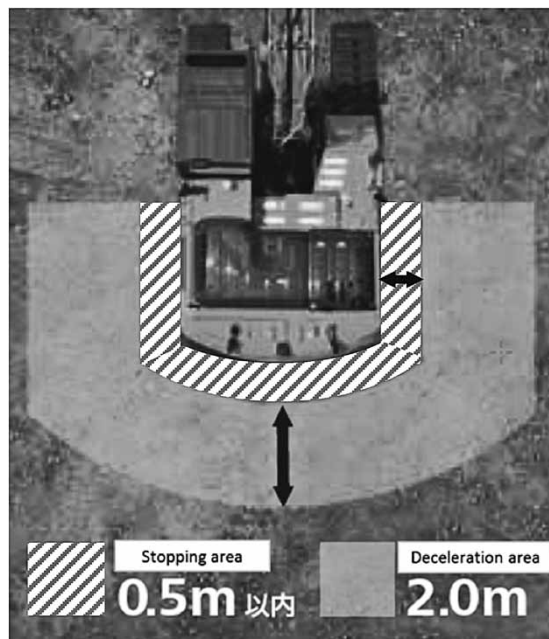


図8 自動減速／停止エリア
Fig. 8 Automatic deceleration and stopping area



図9 右側方に人・障害物がある場合の表示
Fig. 9 Display in case of being person or obstacle inside deceleration area on the right side of the machine

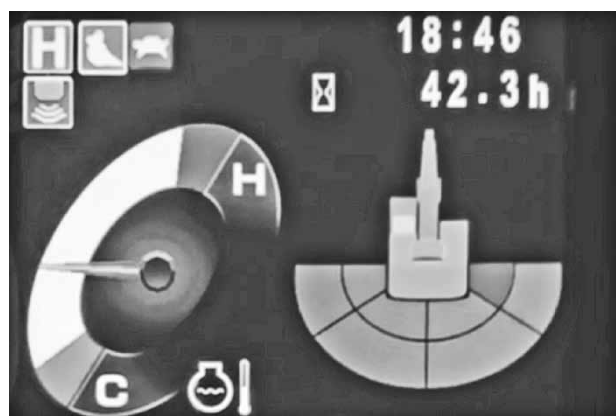


図10 右側方の人・障害物がさらに近づいた場合の表示
Fig. 10 Display in case of being person or obstacle inside stopping area on the right side of the machine

で、オペレータの安全意識の向上にも寄与する。

4. 安全レポート機能

システムの作動状態をユーザーにレポートとして発信する機能を開発し、K-EYEPROの検知・制御技術に付加した。

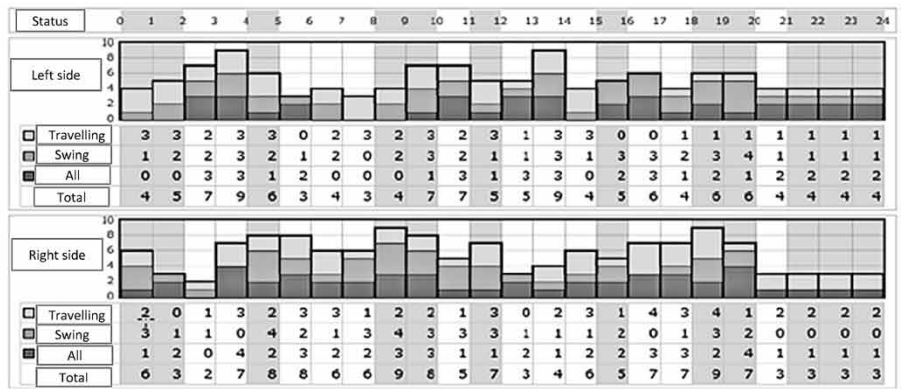
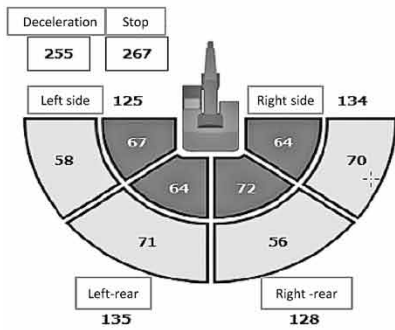


図11 安全レポート機能
Fig.11 Image of safety report function

本機能が作動した際の機体に対する検知エリアや、時間帯ごとの検知回数の集計結果を専用Web画面上で確認ができる安全レポート機能を設けた(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、職場改善に貢献できる機能である。

むすび=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、労働人口の減少や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、建機オペレータに寄り添い、サポートする機能の進化は必須と考える。コベルコ建機では今後も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。

参 考 文 献

- 1) 建設業安全衛生年鑑 2010~2014.