

磁界センサを活用した作業員検知警報・停止システム

－3K（きつい・汚い・危険）からの脱却－

株式会社 アクティオ ○ 今関 政美
株式会社 アクティオ 稲葉 誠一
株式会社 アクティオ 安田 勇介

1. はじめに

従前より建設業は3K（きつい・汚い・危険）と言われており、現在では新3K（給与・休暇・希望）の実現を目指して、国土交通省がi-Constructionの施策を打ち出し、ICTの全面的な活用による生産性の向上に取り組んでいる。

ひとたび事故が発生すれば、被災者及びその家族の生活は一変し、現場は事故原因の追究と対策に追われ、一定期間施工を止めざるを得ず、生産性は落ちることとなる。事故を未然に防ぐことが生産性向上への第一歩であると考えます。

本稿では、過去の重機災害事例から見えた課題に対して、レンタルという切口で重機に後付けできる安全補助装置について紹介する。

2. 重機災害発生状況

平成29年度における建設業の死亡者数は、全産業978人のうち323人で、約33%を占めておりワースト1となっている。（図-1）

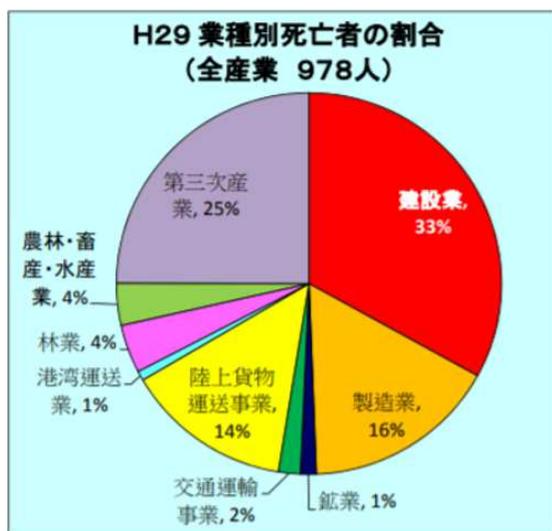


図-1 業種別死亡者の割合
※資料：厚生労働省 労働災害統計より

建設工事では作業員と重機との近接作業が多いため、バックホウ等の重機と作業員との接触が56.5%と最も多い状況である。災害形態で見ると、轢かれ・挟まれで6割を占め、その際の重機の動きは走行と旋回で8割を占めている。作業員が無意識に重機の死角に入ってしまうケースが考えられ、死角を体験させるなどの安全教育を実施しているが、平行して、作業員を検知し警報を発する装置による対策が取られてきた。

3. センサの変遷

3.1 みはり組

みはり組は、重機後方に設置された赤外線センサ本体と作業員が装着するヘルメットセンサが、一定距離において反応し、オペレータには音で、作業員には音と振動で注意を促す警報装置である。みはり組の検知範囲を図-2に示す。

検知距離は約5mと10mの2段階で切替えが可能で、幅約2.8m、高さ約2.5mの範囲に作業員が入ると発報する。重機は停止しない。本商品は重機の後方のみ検知する警報装置あり、左右の検知と、作業員を検知した際に重機の動作を停止させられないか？との現場の声があった。

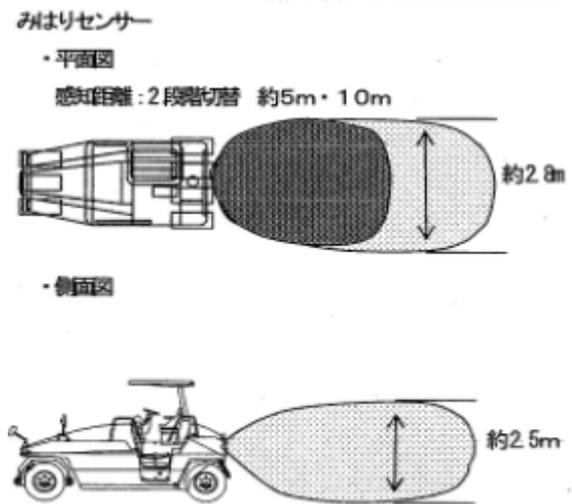


図-2 みはり組 検知範囲

3.2 スリーエスバックホウ

みはり組の課題を解決すべく、バックホウの左右及び後方に計8個の赤外線発行器を装着し、ヘルメットセンサを付けた作業員を検知すると、走行・旋回・掘削作業の全ての動作を停止するシステムとした。みはり組同様に、オペレータには音で、作業員には音と振動で知らせるようにした。設定距離内に作業員が滞在している間は停止を続け、設定距離より離れると5秒後に動作を開始する。

スリーエスとは、Safety・Sensor・Stopの3つのSから命名した。システムの概要を写真-1に示す。



写真-1 赤外線発光器と受光器

更に、重機災害における作業員の状況別の分析(図-3)から、重機の『後方』で『重機に背を向けての作業』が26.1%で、重機の『前方』で『重機の方方向に向けて作業』している場合が33.0%と多いことがわかった。



図-3 被災者と重機の位置関係

そこで磁界センサを活用し、前方を含めた全方位360度を検知するシステムを検討することとした。

4. 磁界センサを活用したフォーエスバックホウ

フォーエスとは、スリーエスにSignalを追加し4つのSから命名し、当事者のみならず、外部の人にも気づいてもらえるよう見える化した。機器の構成を以下に示す。

4.1 検知器本体 (写真-2)



検知器本体は最大検知距離12m版とミニバックホウ用の最大8m版の2種類。仕様は以下の通り。

検知方式	磁界式
設定範囲外側	3m/4m/6m/8m/10m/12m 3m/4m/6m/8m (8m版)
設定範囲内側	外側に対し 1/3・1/2・2/3・3/3
保護等級	IP65 相当
電源	DC12V/24V
電波周波数	315MHZ (受信)
磁界送信周波数	125KHZ
動作温度	-20℃~75℃

4.2 タグ (写真-3)



振動警報タグ

ヘルメット用タグ

4.3 積層灯 (写真-4)



キャブ内

キャブ外

4.4 非検知エリア設定装置 (写真-5)



4.5 システムの特長

写真-2 の検知器本体をバックホウのキャブに設置し、12m版は6段階、8m版は4段階で外側エリアを設定し、内側エリアは外側にエリア対し4段階で設定する。例えば外側を8mに設定し、内側を1/2に設定すると、外側8mで警報を発してオペレータ及びタグを所持した作業員に危険を知らせ、更に内側4m内に入ると停止する。

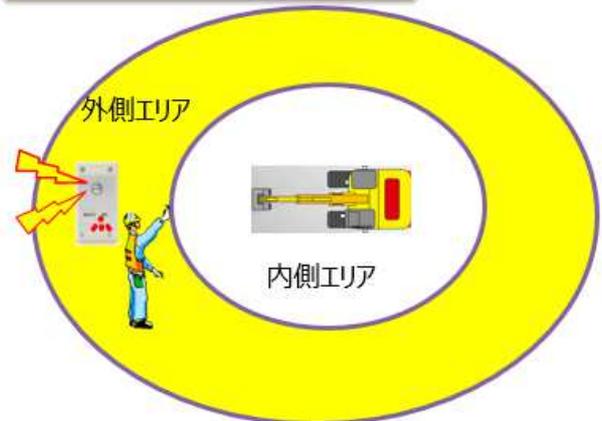
スリーエスでは設定距離内に入った作業員を検知すると即停止するのに対し、フォーエスでは設定距離を外側・内側の2段階の設定を可能にし、警報から停止となることで安全性を確保した。

作業員が所持するタグ(写真-3)は、振動警報タグとヘルメット用タグの2種類があり、ヘルメット用は振動しない。振動警報タグはポケット等に入れていても検知するが、外部から所持していることが見えないため、腕章タイプの専用ホルダも用意している。

キャブ外の積層灯は正常時の緑色から、外側エリアに入ると黄色、内側エリアに入ると赤色が点灯し、外部の人にも機械の状況が見える。また、キャブ内の積層灯は正常時の青色から外側エリアで黄色、内側エリアで赤色となり、音と色でオペレータに注意喚起をする。

また、スリーエスでは複数のバックホウが近距離で作業をする場合、オペレータがヘルメットセンサを装着していると、そのセンサを検知した別の重機が停止するという事象が発生したため、フォーエスでは運転席の空間を非検知エリアに設定できるようにした。このようにすることでタグを所持しているオペレータを検知せず重機が停止しなくなり生産性を下げることなく作業ができる。以上の特長を図-4に示す。

1. 外側エリアに作業員侵入



2. 内側エリアに作業員が侵入

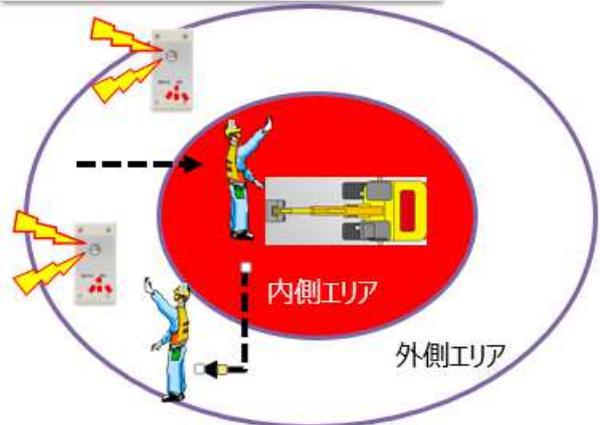


図-4 イメージ図

作業員が内側エリアから離脱した約5秒後にバックホウの動作は開始されるが、外側エリア内では警報は鳴り続け、外側エリアから離脱すると正常の状態に戻るというシステムである。

4.6 検証結果

12m版は外側6段階に対し内側4段階で設定できるので24パターンを検証したが、その一部を紹介する。バックホウ0.7m³(20t級)の中央部でH約2mのエンジンルーム上部に検知器本体を設置し、タグに反応し外側で警報、内側で停止した距離を前後左右で測定した。(図-5・6・7・8)

(1) 外側 12mの内側 1/3 (4m) に設定

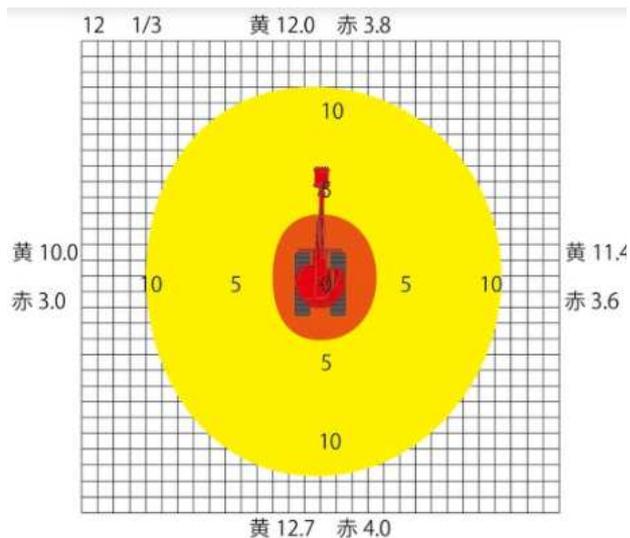


図-5 内側 4m

(4) 外側 12mの内側 3/3 (12m)

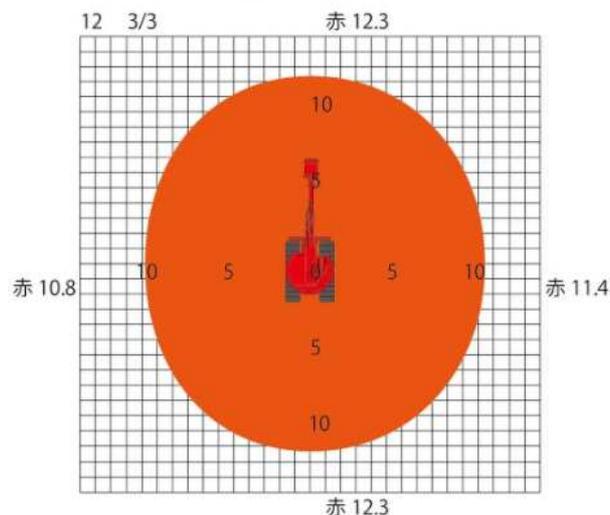


図-8 内側 12m

(2) 外側 12mの内側 1/2 (6m) に設定

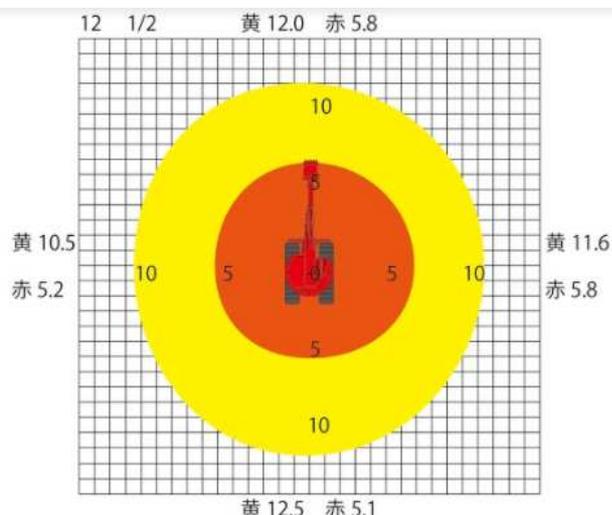


図-6 内側 6m

(3) 外側 12mの内側 2/3 (8m) に設定

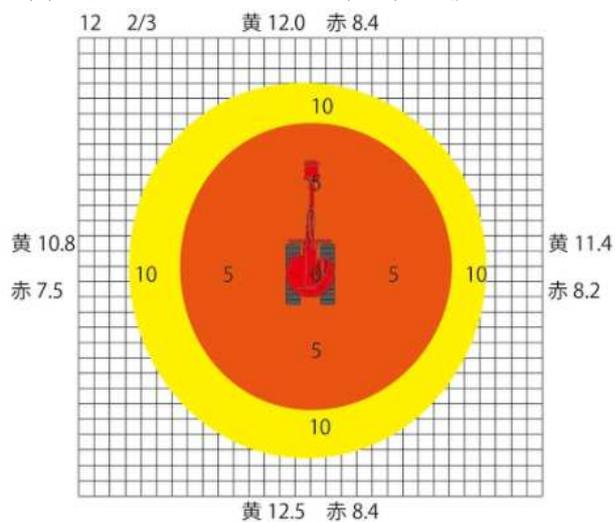


図-7 内側 8m

検証結果を以下の表-1 に示す。(単位：m)

	外 12m	内 4m	外 12m	内 6m
前	0	-0.2	0	-0.2
後	+0.7	0	+0.5	-0.9
右	-0.6	-0.4	-0.4	-0.2
左	-2.0	-1.0	-1.5	-0.8

	外 12m	内 8m		内 12m
前	0	+0.4		+0.3
後	+0.5	+0.4		+0.3
右	-0.6	+0.2		-0.6
左	-1.2	-0.5		-1.2

左側の検知距離が短くなる傾向があるが、その他は概ね良好な結果となった。使用前点検にて検知範囲を確認した後、使用することをお勧めする。

5. おわりに

今回紹介したセンサは後付けが可能なレンタル品であり、現場にとって利便性が高い商品であると自負しているが、あくまで補助装置である。従来通り、立入禁止措置をするなどシステムを過信せず、安全対策を講じていただきたい。

今後も現場の声を形にし、重機災害の撲滅により、建設現場の生産性向上に微力ながら貢献していきたいと思う。