

油圧ショベル用エリア限定型自動停止システム

鹿島道路株式会社 技術開発本部 機械部 ○ 大竹 元志
齋藤 光陽

1. はじめに

油圧ショベルを使用する現場では、架空線など上空障害物との接触事故が後を絶たない。その対策として、危険箇所への注意喚起を目的としたのぼりの設置や監視者の配置、また接触事故の防止を目的とした安全装置や自動停止機能を備えた油圧ショベルを現場条件に合わせて使用している。

しかし、接触事故を完全に排除するには至っていない。その主な要因はヒューマンエラーである。作業に集中するあまり上空障害物の存在を失念する、周囲の変化に気を取られてしまい判断が遅れる、安全装置やシステムの電源入れ忘れなど、事故につながる懸念があった。

そこで当社では、こうした状況に対応するため、現場内の限定されたエリア内において、あらかじめ設定したブーム角度に達すると警報を発する「エリア限定型警報システム」を開発した。

本稿では、この安全システムに新たに自動停止機能を追加したことによる成果を紹介する。

OFF となり、設定角度に達しても警報は発せられない。このように、このシステムは必要な場所で、必要な条件に達した時のみ警報を発し、従来システムが抱えていたヒューマンエラーに起因する課題を解決することが可能となる。

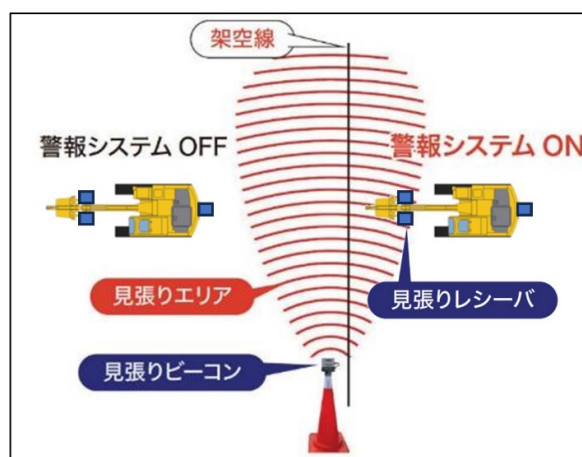


図-1 エリア限定型警報システム作動イメージ

2. 概要

油圧ショベルに採用されている既存の安全装置は、上空障害物の有無に関わらず、事前に設定したブーム角度に達すると作動してしまう。そのため接触の危険性がない場所でも警報が鳴り作業の妨げとなるため、オペレータが電源を切ってしまうことがある。その結果、本来警報が必要な場所で電源を入れ忘れ、システムが機能しないまま作業を行うという事態が生じてしまう。

また、警報型の安全システムでは、オペレータが警報を聞いてから反応するまでにタイムラグが生じ、衝突を避けきれない課題も残されている。

3. エリア限定型警報システム

今回紹介するエリア限定型警報システムは、現場内に設置したビーコンによって設定されたエリア（図-1にある「見張りエリア」）内に油圧ショベルが侵入すると、システムの電源が自動でONとなり、傾斜センサの角度が事前に設定した角度に達すると警報を発せられる仕組みである。一方、油圧ショベルがエリア外に出るとシステムは自動で

3.1 機器構成

本システムは、現場で実績のあるブーム角度を監視する傾斜センサを基に開発した。これにより、見張りビーコンと見張りレシーバ、無線受信機を追加する形で構成される。機器構成を図-2に示す。

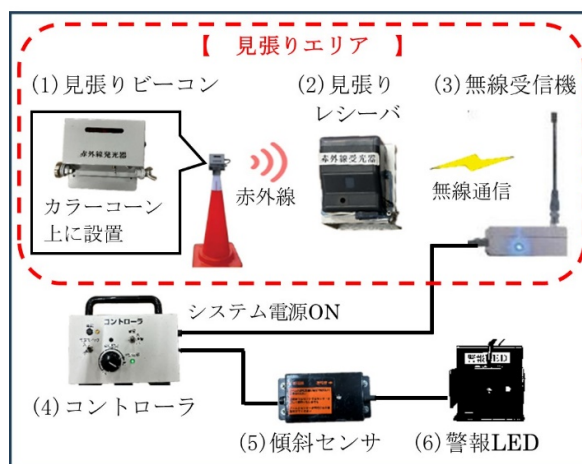


図-2 機器構成

(1) 見張りビーコン

赤外線発光器とバッテリーで構成されており、重機に取り付けられた見張りレシーバと組み合わせて使用することで、安全システムの見張りエリアを構成することが可能となる。

また、見張りビーコンはカラーコーンの上部や単管パイプなど、現場内の任意の場所に設置できる。障害物が点在する現場では、見張りビーコンを追加することで、より広範囲をカバーすることが可能である。さらに、雨や砂塵の影響も受けにくく、悪条件下でも使用できる。

(2) 見張りレシーバ

見張りビーコンが発する赤外線を受光する受光器であり、無線送信機とバッテリーで構成されており、強力磁石で重機に取り付けて使用する。

(3) 無線受信機

コントローラと接続し、見張りレシーバからの信号を受信することで、システムの電源を自動でON/OFFする役割を担う。

(4) コントローラ

傾斜センサの角度設定ボリューム、警報器、バッテリーで構成される。ボリュームを操作することで、警報を発する角度を指定することができる。

(5) 傾斜センサ

ブームに設置され、傾斜角度を監視する。

(6) 警報 LED

オペレータから見やすい位置に取付けし、ブームがコントローラで設定した角度に達すると、赤色 LED が点灯し、オペレータに危険を知らせる。

3.2 検知エリア

見張りビーコンが構成する見張りエリアを図-3に示す。このエリアには長距離モード(最大 幅 16m × 長さ 19m)と短距離モード(最大 幅 9m × 長さ 12m)の2種類があり、現場状況に応じて使い分けることが可能である。エリアの構築に赤外線を用いているため、周囲の建物などの構造物に反射しやすいという特徴がある。したがって、広い場所では長距離モード、狭い場所では短距離モードを選択することで、赤外線の反射によるシステムの誤作動を抑制できる。

見張りレシーバの検知範囲を写真-1に、重機への取付け状況を写真-2に示す。見張りレシーバは4つの赤外線受光センサを備えており、これにより正面 270° の広範囲を検知することが可能である。また、見張りビーコンが発する赤外線が見張りレ

シーバに受光死角を生じさせないように、見張りレシーバをアームの左右両側と車体後方の計3箇所に取り付ける。

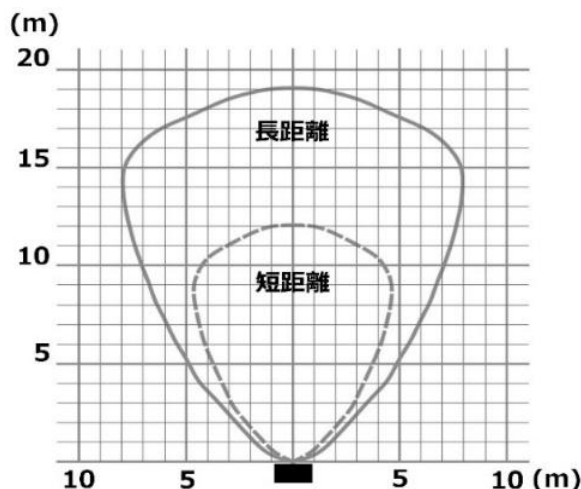


図-3 見張りビーコン構成する作動エリア

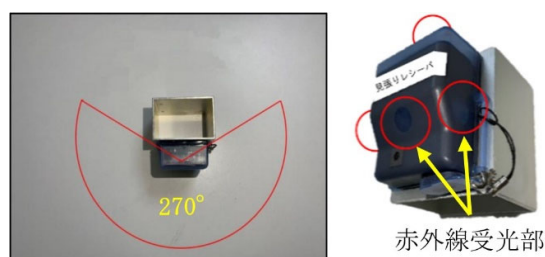


写真-1 見張りレシーバ検知範囲

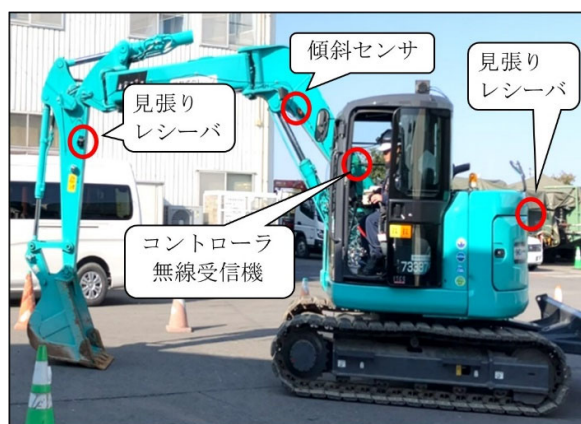


写真-2 油圧ショベルへの機器取付け状況

4. エリア限定型自動停止システム

前述のエリア限定型警報システムに、新たに自動停止機能を追加した。見張りエリア内でシステムの電源がONの状態、傾斜センサの角度が事前に設定した角度に達すると、警報が鳴ると同時に作業装置と走行を自動的に停止する。これにより、

機械的に上空障害物との接触を確実に防ぐことが可能となる。

4.1 機器構成

機器構成を図-4に示す。

(1) 外部出力ユニット

コントローラからの出力信号を制御ボックスに伝える役割を持つ。

(2) 制御ボックス

運転席に搭載され、コントローラからの信号を受け取ると、油圧ショベルを自動停止させる。信号受信中はLEDライトが点灯し、自動停止状態であることをオペレータに知らせる。

また、一時解除用スイッチが備え付けられており、このスイッチを押すと予め設定された数秒間は自動停止が解除され、重機の操作が可能となる。この一時解除機能により、自動停止状態からスムーズに作業を再開できる。

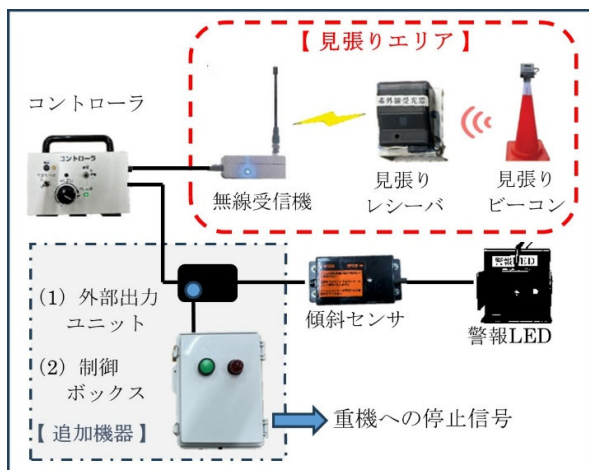


図-4 機器構成

4.2 自動停止機能の流れ

自動停止機能は、油圧ショベルのセーフティレバーの電気回路を介して作動する仕組みである。

作動イメージを図-5に、システム取付け状況を写真-3に示す。

見張りエリア内で傾斜センサの角度が設定値に達すると、コントローラから停止信号が出力される。この信号により、油圧ショベルのセーフティレバーが電氣的に解除され、作業装置および走行装置の操作を受け付けなくなり、重機が自動で停止する。自動停止状態を解除するため、制御ボックスにある一時解除用スイッチを押すことで、一時的に数秒間だけ危険信号を無効化される。その間にブームを安全な位置まで操作し、緊急状態から安全かつ迅速に離脱して作業を再開できる。

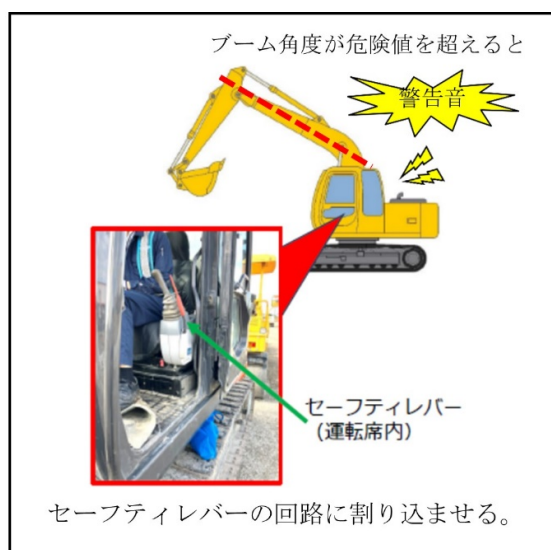


図-5 自動停止割り込みイメージ



写真-3 自動停止システム取り付け状況

5. 実機検証試験

油圧ショベルにエリア限定型自動停止システムを取り付け、検証試験を実施した。

5.1 検証試験1「見張りエリア侵入検証」

写真-4のように、油圧ショベルのブームを設定角度以上に上げた状態で、見張りエリアの外側から内側へ侵入し、走行装置の自動停止について検証した。エリア内に侵入した瞬間に走行装置が自動停止することを確認した。

5.2 検証試験2「バケット上げ検証」

写真-5のように、空荷状態のバケットを地面から勢よく上げて、作動装置の自動停止状況を検証した。慣性により傾斜センサが検知した位置から約150mm上で停止した。このような極端な検証条件でも安定して自動停止させられることを確認できた。

5.3 検証試験3「旋回検証」

写真-6のように、ブームを設定角度以上に上げた状態で勢いよく旋回させ、作動装置の自動停止を検証した。視覚的に確認できるように、見張りエリアの境界はカラーコーンの位置となるように調整して行った。結果は見張りレシーバが検知した位置からバケット1つ分だけ惰性で旋回し停止した。こちらも極端な条件下でも旋回動作を確実に停止させられることが確認できた。



写真-4 検証試験1「見張りエリア侵入検証」



写真-5 検証試験2「バケット上げ検証」



写真-6 検証試験3「旋回検証」

6. エリア限定型自動停止システム想定現場

本システムの活用現場を紹介する。写真-7は交差点での道路修繕工事において、エリア限定型警報システムを活用した際の現場状況である。この工事では交差点の一部を誘導員とカラーコーンで規制し、油圧ショベルで既設アスファルトの剥ぎ取り作業を実施した。作業場所の上空には地上から約5mの高さに多数の架空線が通っており、オペレータは規制内で架空線に接触しないように注意を払いながら作業を進める必要があった。

現場での使用感としては、上空に障害物が存在しない場所では警報を発しない点が、オペレータから好評価を受けた。これまでのシステムのように

に電源をON/OFFする手間や、不要な警報による作業の妨げが減り、オペレータは集中して効率的かつ安全に作業を行うことができた。

そのほか今回紹介した架空線だけでなく、橋梁や複数の信号機、建物の突出部（庇、看板など）にも対応が可能である。複数の見張りビーコンを設置することにより、広い現場をカバーすることもできる。写真-8に橋梁下の作業にシステムを導入した際の状況を示す。

本システムは既にレンタルで運用されている機器をベースとしており、機材を追加導入することにより、本稿で紹介したような仕様へバージョンアップできることも特長の一つである。



写真-7 交差点アスファルト剥ぎ取り



写真-8 橋梁下の作業

7. おわりに

本稿では、新たに開発したエリア限定型自動停止システムと、現場での実証結果について紹介した。本システムにより、これまで接触事故の多かった油圧ショベルと上空障害物との接触を防ぐことができると期待している。いかに優れた機械を現場に導入しても、それを人が扱っている以上、今後もヒューマンエラーによる労働災害はどの現場でも起こりうる。そのような状況を改善する一つの手段として活用していきたいと考えている。

今後さらに現場での運用を展開し、機能の改善・追加を進め、より良いシステムへと発展させていく所存であり、油圧ショベルだけではなく、それ以外の重機の応用も進めていきたいと考えている。