

21. 能動型RFIDを用いた建設機械施工の安全対策補助システムの開発

国土交通省中国地方整備局 中国技術事務所 機械課 和田 慎司

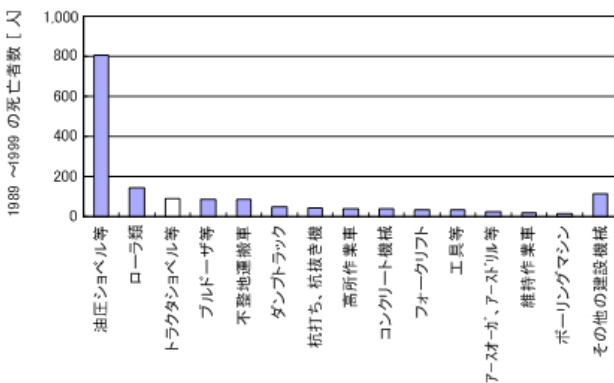
1. 概要

本件は、建設現場における建設機械と作業員との接触事故防止のための安全対策システム（以下、安全対策補助装置と記す）の開発を目的とするものである。

開発した安全対策補助装置の試作機（以下、試験装置と記す）は、接触事故の発生頻度が高く、建設現場への普及台数が最も多い0.8m³級以下のバックホウ（図1、図2参照）を対象としたものである。また、作業員個別の進入したエリアや属性を識別できる能動型RFID（300MHz帯、受信感度感応型）を用いて、目視確認に基づく操作判断を支援し、図3に示すような安全確認時のヒューマンエラー防止に寄与するものである。

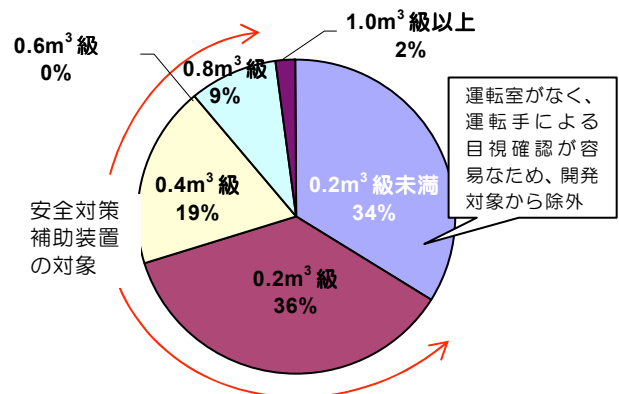
試験装置の特徴を以下に示すが、作業員を識別する（①協調作業員・誘導員、②工事関係者を区分）点で、既存の超音波反射式警報装置やトランスポンダ式警報装置とは一線を画す。

- ① 運転手の死角を含むバックホウ全周の危険範囲に対して、個別に識別した作業員の立入、退出を常時監視し、この監視結果を運転手に提供する。
- ② 監視結果に基づき、運転手に対して、予め設定した作業員区分や、バックホウ操作状態に応じて、音と光により適宜警告する。
- ③ 作業員の配置や現場条件に応じた安全措置の見直し、安全教育などを行う安全管理者に、監視結果を事後提供できる。



建設業安全衛生年鑑【平成元年～H11年度版】より引用

図1 建設機械別の死亡災害



データは建設工事事務データベース(SAS)より入手

図2 バックホウ規格別の事故発生割合

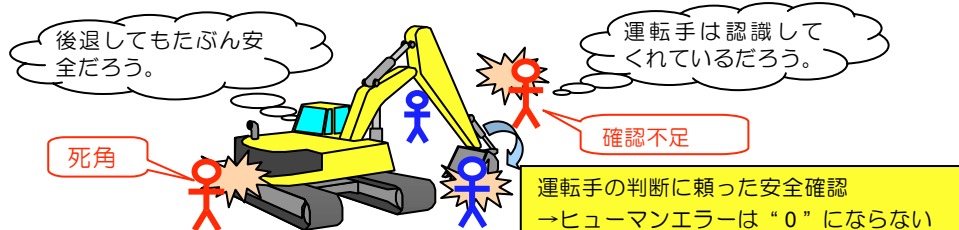


図3 建設機械操作における安全確認時のヒューマンエラー

なお、RFID（Radio Frequency Identification）は、誘導電磁界又は電波によって、非接触で半導体メモリのデータを読み出し等のために近距離通信を行うものの総称であり、送信機であるRFタグに固有の属性情報を予め与えておくことで、受信機であるリーダーで読み出した際に、個体識別が可能となる。

このRFIDは、現在、物流分野で活用が広がりつつあり、技術的な進歩が著しい。

また、能動型RFIDは、電池を内蔵して数十m程度の通信が可能なものであり、受信感度感応型は、データ取得と同時に受信強度を取得するものである（図4参照）。

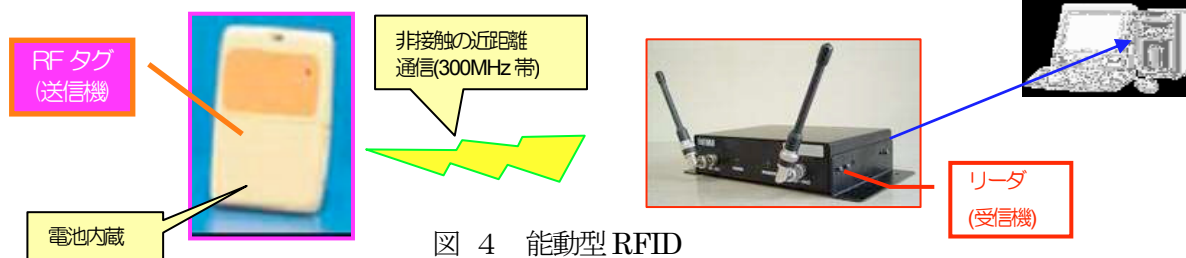


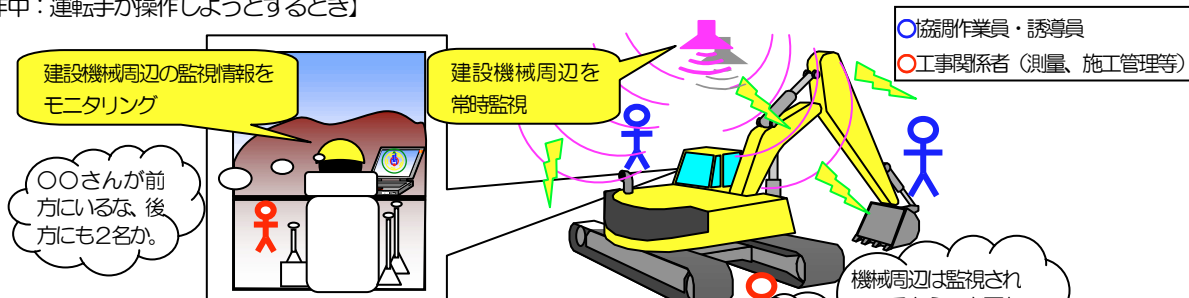
図4 能動型RFID

2. 要件仕様の検討、開発範囲

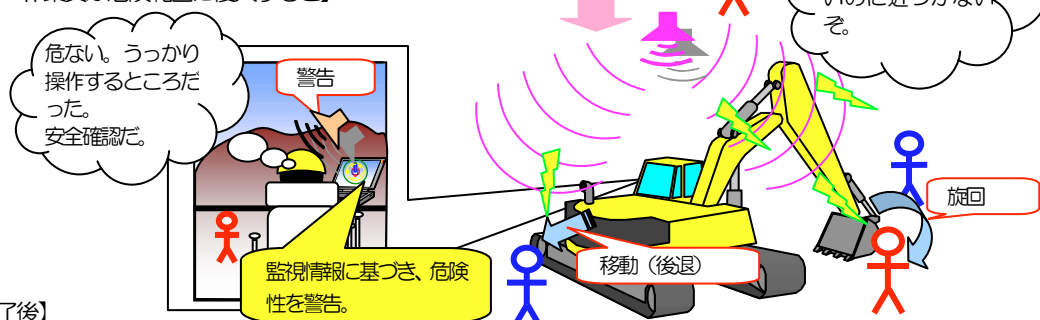
本検討における安全対策補助装置は、継続的に取得した建設機械周辺の監視情報を効率的に利用し、運転手が目視確認に基づき行う操作判断等を支援す

ることで、図5に示すように、安全確認不足等のヒューマンエラーに起因する、建設機械と作業員との接触事故発生を未然に防ぐことを目指す。

【操作中：運転手が操作しようとするとき】



【操作中：作業員が危険範囲に侵入すると】



【作業終了後】



図5 安全対策補助装置の開発による想定される効果イメージ

この安全対策補助装置の開発範囲は概要で述べたが、要点を以下にまとめる。

① 目視確認の支援：運転手に対し、死角を含めた機械周辺の監視情報を常時提供

② 接触事故回避支援：接触事故の危険性があれば、運転手に適切な警告を与え、安全確認不足や判断ミスを少なくし、安全性向上

③ 監視結果の事後提供：監視結果の情報を事後提

することで、安全教育や安全措置の見直しが可能

3. 試験装置の概要

要件仕様を満足させるため、平成17年度に設計・製作を行った試験装置により要素試験、運転手へのアンケート調査を実施し、それらに基づく仕様見直し、

試験装置の改良を平成18年度に行った。また、現場適用性を確認するため中国技術事務所の構内整備工事を対象に試験装置の導入を行った。試験装置の機器構成を図6に示し、仕様を表1に示す。

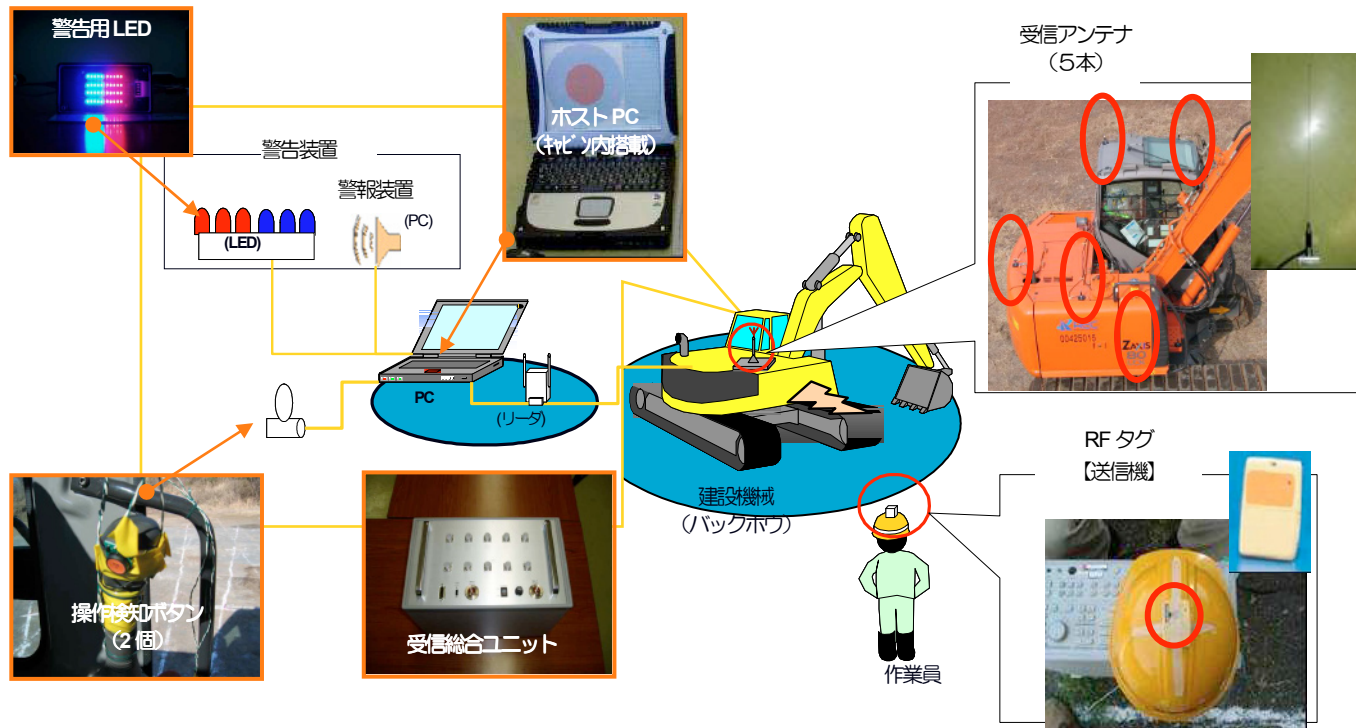


図 6 試験装置の機器構成

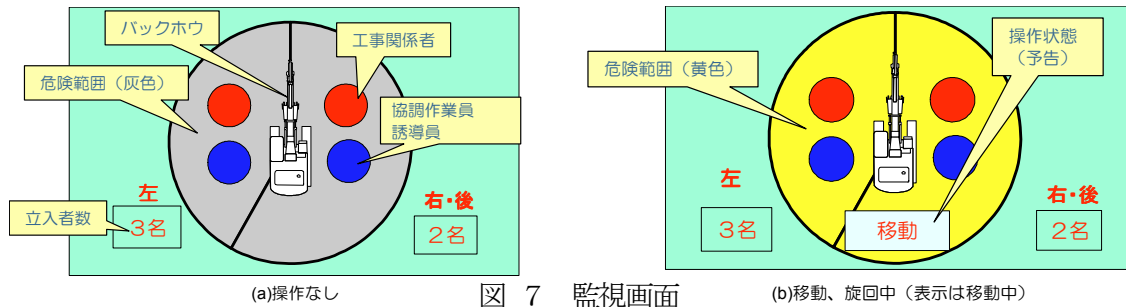
表 1 試験装置の仕様

区分	項目	仕様
RF タグ 【送信機】	送信周波数	314.5473MHz
	送信電力	500μV/m (3m法)
	通信方式	単向方式
	送信間隔	0.2秒~24時間
	電源	DC3V (リチウム電池 CR2032 1個)
	動作温度	-10~+50℃
	防水 (防滴) 機能	JIS 保護等級 5 (防噴流形) を想定
受信アンテナ	使用周波数	314.5473±5.0MHz
	アンテナ方式	λ/2 (ノリゾナル) ホップ型
	入力インピーダンス	公称 50Ω
	指向性	垂直偏波水平面内無指向性
	使用環境条件	-20~60℃ (95%RH)
受信総合ユニット	受信周波数	314.5473MHz
	受信帯域幅	150kHz
	受信方式	シングルスーパーヘテロダイン方式
	ダイバシティ	検波後ダイバシティ
	最大認識数	50個 (1秒周期)
	電界強度出力	128段階系統出力 (ダイミットリガ 50dB)

区分	項目	仕様
操作検知 ボタン	形式	押付 丸形 (タテハ11mm)
	ボタン寸法	直径 2cm (丸形)
	検出	移動及び旋回各 1個
	操作力	3±0.8N
警告用 LED	形式	発光ダイオード
	表示色	赤・青 2色
	消費電力	2.5W 以下 (全灯)
	寸法	10cm×5cm

4. 検査結果のとりまとめ

試験装置の詳細仕様について、とりまとめを行った。監視画面を図 7に示す。



試験装置の開発に伴い検討した、安全対策補助装置の要求仕様についてとりまとめを行った。主要仕様を表 2に示す。

表 2 安全対策補助装置の主要仕様 (設定)

要件	仕様 (設定)
検知範囲の大きさ	後端旋回半径+4.0m以上
危険範囲の大きさ	後端旋回半径+4.0m(余裕あり)
監視情報の同時取得員数	10名
情報の取得所要時間	1sec以内
監視画面の更新間隔	1sec間に1回以上
エリア特定	危険範囲の内外(危険性判定) 建機周辺を2分割(方向判定)：右+後、左
警報・警光	警報：作業員区分、操作状態識別 警光：作業員区分、操作状態識別
作業員区分	①協同作業員、誘導員、②工事関係者

5. まとめ、試験装置の課題

試験装置は、要素試験、現場適用性試験等を行い、その評価から現場導入可能なレベルまで進んだと判断できる。今後普及を目指した安全対策補助装置を開発する際の課題を以下に示す。

- ① 作業員の向きや姿勢により受信電界強度は変化するため、さらなる信頼性を確保する為には、RF タグ (送信機) メーカーの技術開発による性能向上が望まれる。
- ② 操作検知ボタンの有効性は認められるものの、運転手の「使い易さ」の面からは評価されにくいと判断する。建設機械から提供可能な操作信号の利用・併用等、建設機械メーカーとの連携も視野に、運転時の「操作性の向上」を目指す。
- ③ 試験装置は、運転手に対する注意喚起を行う装置であるが、接触事故対策としては、一般作業員向けに警告を提供することは有効と考えられる。

- ④ 試験装置は試作機として製作されており、今後、普及版を民間開発する過程においては、経済性が重要となる。建設現場への導入を図りやすい、廉価な価格設定を目指す必要がある。