

# 無線式重機接近警報装置の開発

吉 田 貴

建設工事において、建設機械による接触事故は後を絶たない。これらを防止する方法として、これまでセンサー式、テレビモニタ式、無線式の安全装置が開発・導入されてきた。西松建設では、昨年度からアクティブ型 IC タグを利用した無線式重機接近警報装置の開発に着手し、自社の山岳トンネル現場等で実証試験を重ね、従来の無線式安全装置の問題点を解決した。

本報告は、実証試験を行った結果および今後の改良点を述べるものである。

キーワード：山岳トンネル、安全管理、IC タグ、無線 LAN、IT 技術

## 1. はじめに

建設工事において、建設機械による接触事故は後を絶たない。これらを防止する方法として、これまでセンサー式、テレビモニタ式、無線式の安全装置が開発・導入されてきた。この安全装置の中で最も普及しているのが、無線を利用したものである。しかし、この装置は、作業員の保護を主目的としており、運転手や重機の保護を併せて行うことは困難である。例えば、装置（受信機側）が搭載された重機に、運転手が発信機を携帯して搭乗した場合には、常に警報が鳴らされる状態となり、装置としては成り立たなくなる。したがって、山岳トンネル現場のように複数の作業員が、複数の重機を運転する場合、作業状況に応じて、作業員が、運転手になったり、作業員に戻ったりと状況が頻繁に変化すると、従来の装置では、これらの対応できない。そこで、無線式重機接近警報装置（以下：本装置）は、これらに対応するため、通信手法に無線 LAN を採用し、併せて発信機個々を ID 認識することで問題の解決を図った。

ここで、この装置の特徴的なロジックの一つである重機と運転手の関連付けについて述べる。まず、本装置にある重機に対して関連付ける運転手 ID を数人分設定しておく。これは、いわゆる運転手登録である。その重機が起動し、それに応じて、本装置が起動する。装置起動後に、その重機に対して設定された ID のうち、最初に感知した坑夫 ID を運転手とする。また、それ以降に近づいた坑夫 ID は、すべて作業員と認識して警報を発する。例えば、その後、その運転手が重

機のエンジンを切り、重機から降りて、他の運転手と交代して切羽の作業を行えば、他の運転手を運転手として関連付けるため、最初の運転手は作業員として認識する。

本装置は、重機は 2 台分、ダンプは 3 台分、作業員については 50 名の登録が可能である。それぞれ「他重機」「ダンプ」「作業員」が装置の表示ランプ色で識別される（図-1）。

## 2. 本装置の概要

### (1) 装置の概要

本装置は、作業員や他重機、ダンプの接近情報を重機運転手に知らせるものである。接近情報の伝達には無線（微弱無線）を使用する。本システムの特徴および装置概要を下記に示す。

- ①発信器（IC タグ）それぞれが ID 番号をもっており、受信機側のプログラムを変更することで警報の表示

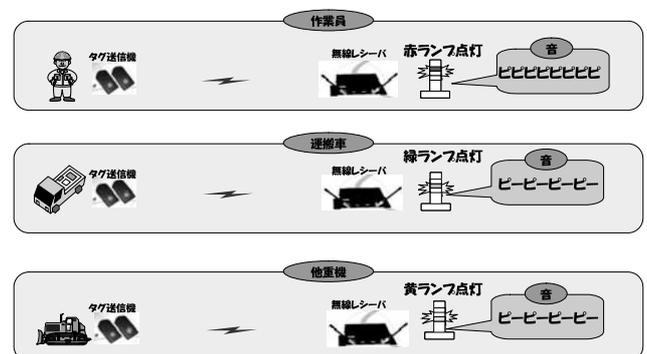


図-1 警報表示

方法による種別分けが可能（運転手の保護も可能）である。

- ②検知範囲が10 m 以内で調整が可能である。
- ③1 台の無線レシーバ（受信機）で多数のタグ送信機に対応可能である。
- ④警報は音声付パトライトにより，種別ごとにランプおよび音声で表示することが可能である。
- ⑤タグ送信機は，軽量（20 g）かつ簡易防水ケース付
- ⑥装置は安価で，ユニット化されており取付け・取外しが可能（可搬型）

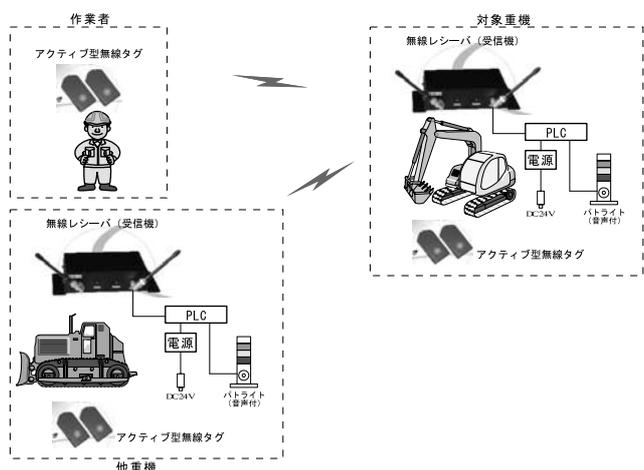


図-2 装置構成図

表-1 無線機仕様

一般仕様

項目	仕様
周波数	315.000 MHz ± 200 kHz
通信距離	受信機から半径 10 m 内
使用環境	温度 (0 ~ 40 ℃), 湿度 (20 ~ 80 %)
ID 符号	7 桁

無線タグ

項目	仕様
送信電力	微弱無線機適合品
送信アンテナ	パターンアンテナ
送信間隔	1 秒
電源	リチウムボタン電池 (DC3V)
重量	20 g (簡易防水)
寸法	60 mm (W) × 31 mm (D) × 11 mm (H)

受信機

項目	仕様
受信アンテナ	ヘリカルアンテナ
読取能力	Max 60 ID/秒
インタフェース	RS-232C
電源	DC24V (搭載する重機から供給)
寸法	380 mm (W) × 400 mm (D) × 125 mm (H)



警報表示装置

受信機本体



受信機アンテナ

写真-1 装置外観写真

(2) 装置の構成

本装置構成を図-2，写真-1，図-3 に，仕様を表-1 に示す。

3. 予備実験

(1) 試験内容

現場での実証試験を行う前に，本装置の特性を知るために当社工場にて予備試験を行った。

IC タグの携帯方法としては，「ヘルメット」「反射チョッキ」「ポケット」「ひもで首から掛ける」等が考えられるが，微弱電波を利用しているため，露出させた状態で携帯するのが望ましい。したがって，ヘルメットに取り付ける方法で，以下の事項を確認すべく予備試験を行った。

- ①検知範囲の受信機からの分布状況の確認。
- ②IC タグの携帯方法で違いがあるか。最適な携帯方



タグ取付 (下向き)

タグ取付 (横向き)

写真-2 タグ取付状況

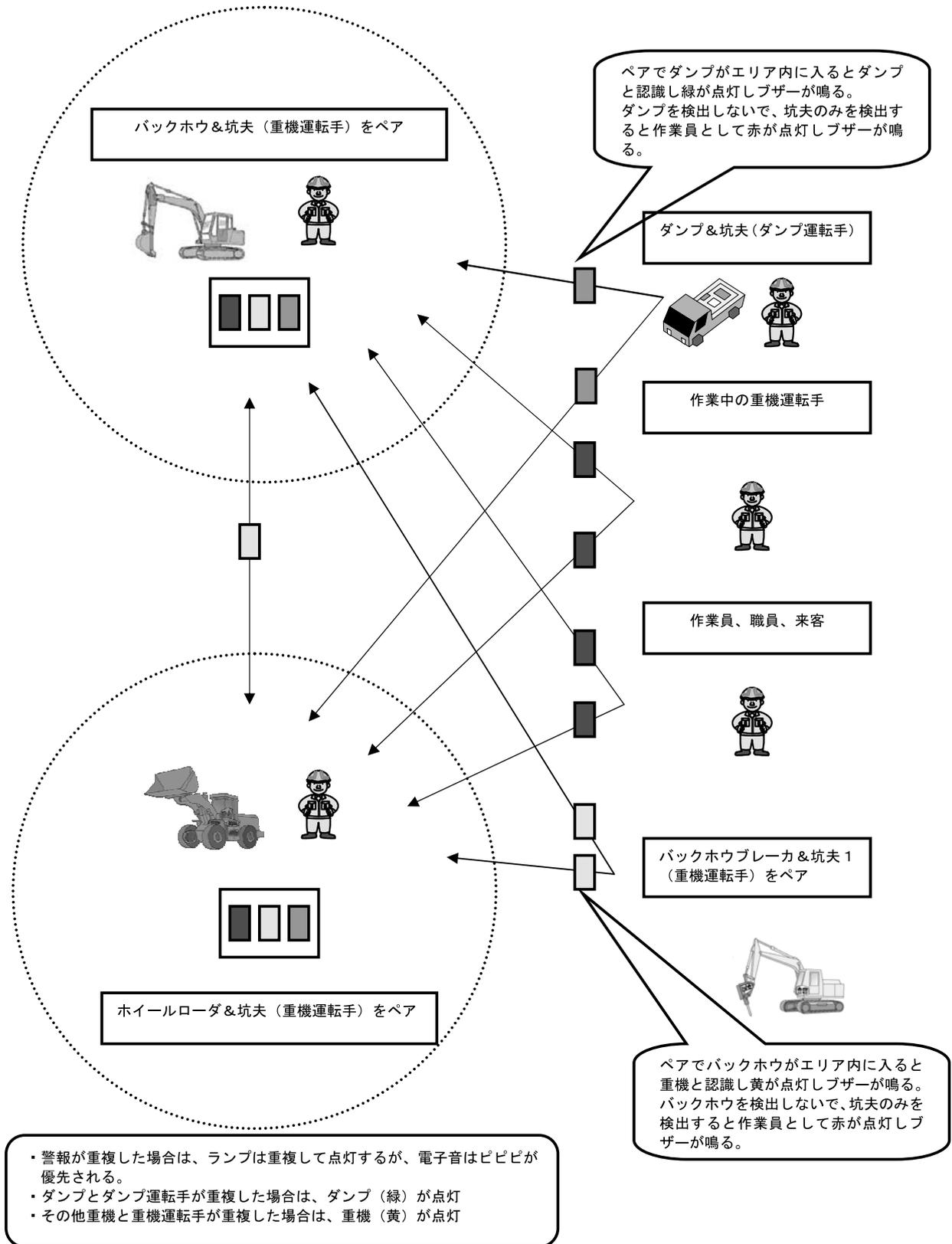


図-3 警報表示組合せ

法はどのような方法か。

※検知距離は 10 m (メーカー初期値) に設定

実験の結果、ヘルメットの外側脇に設置した場合に最も安定した結果が得られた (写真-2)。

#### 4. 現場での実証試験

当社工場での予備実験を踏まえ、現場にて実証実験を行うこととした。下記に実証実験の結果を示す。

(1) A 現場での実証実験

(a) 試験内容

バックホウおよびホイールローダについて試験を行った(表-2, 図-4)。

実証試験の目的を下記に示す。

- ① トンネル坑内における作動状況および検知距離  
(トンネル壁面による電波反射の影響)
- ② 耐久性
- ③ 現場適用にあたっての改良点他

表-2 試験条件

機 械 名	検知範囲	アンテナ取付位置
バックホウ (0.8 m <sup>3</sup> )	5.0 m	カウンターウエイト上 (高さ: 2.2 m)
ホイールローダ (2.3 m <sup>3</sup> )	10.0 m	後部ガード上 (高さ: 2.3 m)

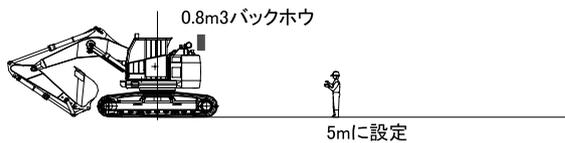


図-4 アンテナ取付位置および検知距離

(b) 試験結果

バックホウの測定結果を図-5に、ホイールローダの測定結果を図-6に示す。

バックホウにおいては、ほぼ6.0 m付近で収束しており、良好な結果である。

ホイールローダにおいては、真後ろの値を見ると、初期の検知距離は10~12 mであったが後半に検知範囲が若干広がり12~14 mとなった。この傾向は斜めからの測定時には更に顕著に見られる。返却後の

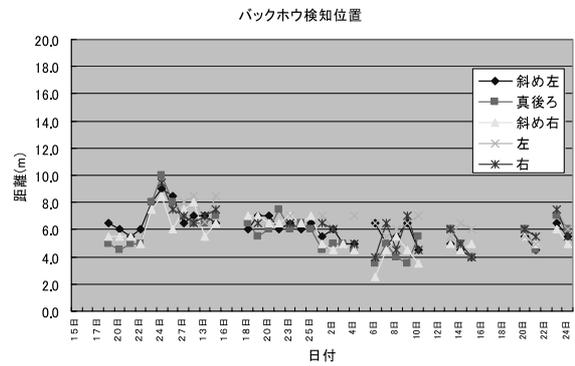


図-5 バックホウにおける測定結果

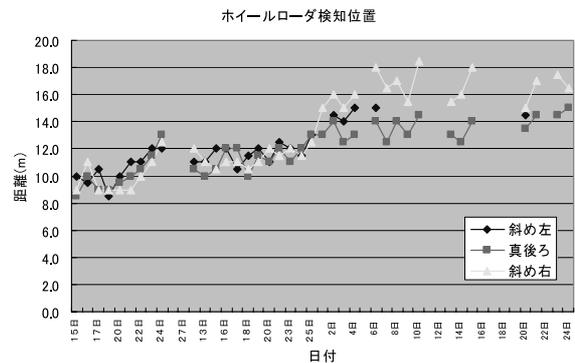


図-6 ホイールローダにおける測定結果

装置に異常は見られなかったことから、発信器の電波がトンネル壁面の影響を受けたことが原因と思われる。なお、本実験における重機の運転時間は共に約250 hであったが、装置に関する故障はなかった。

(c) 予備試験(明かり部)との相違

当社工場で行った明かり部での予備試験とA現場で行ったトンネル坑内での実証試験での相違について、以下に述べる。

- ・ 明かりの場合は正面のデータが極端に悪かったが、トンネル坑内では極端に悪いデータは無くなり、測定方向におけるバラツキが少なくなったことが分かる。周囲の建物やノイズが減り、反射を含めて電波の状態が安定したことが考えられる。
- ・ 検知範囲の最大値は、壁面の影響が少ない真後ろの値では、約16 mと明かりの場合とほぼ同値であるが、壁面の影響を受ける斜め方向では18 mと大きな値となった。本装置の発信装置の限界距離としては16 m程度であるが、電波が反射するような環境では若干延びる可能性がある。

(d) 実証試験後の意見交換会結果

実証試験終了後、現場職員、下請け職長、坑夫を交え意見交換会を開催した。現場からの意見および対策を表-3に示す。

表—3 現場での意見交換会の結果

No	現場の意見	対 策
1	検知範囲が広すぎる。	検知範囲を縮めることは、現在の装置で可能である。
2	重機接近(黄色)、ダンプ接近(緑)の表示は、利用せず、人の接近(赤)のみに限定した方が重機接触災害対策としては良いのでは。	重機接近(黄色)、ダンプ接近(緑)の表示はオプションとし、希望がある場合に設定することは、現在の装置で可能である。
3	パトライトの設置位置が視界に入り、かえって後方が確認しにくい。	取付位置を変更する。
4	警報音に慣れてしまい、注意喚起となりにくい。	人(赤)の時のみに警報を鳴らすようにすることは、現在の装置で可能である。
5	IC タグの電池切れを知る方法は。	入坑ゲートと組合せ、電波発信状態の確認を可能とする。

## (2) B 現場での実証試験

B 現場の実証試験は、0.7 m<sup>3</sup> の油圧ブレーカおよび 2.6 m<sup>3</sup> のローディングショベルに装置を取り付けて試験を行った。実験内容は、A 現場とほぼ同様であるが、下記について測定を変更した。

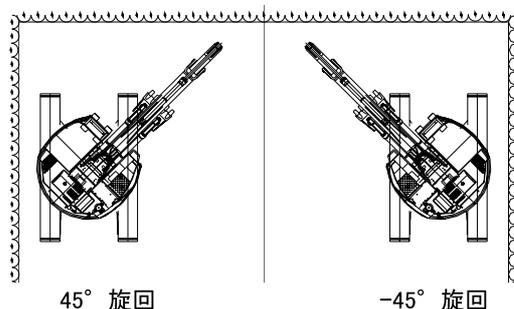
### ①測定方法について

A 現場では、重機が待避しているときに測定を行ったが、今回は安全を確認のうえ重機稼動時に測定を行いより現実に近い形での計測とした。

### ②測定位置について

A 現場では、待避時に測定しており重機と壁面の位置関係については考慮していなかったが、今回は重機が左側、中央、右側にいる時や、旋回時の測定を行っており、壁面の影響についても検討することとする。

図—7に旋回させた状態での測定方法を示す。



図—7 B 現場での測定方法

## 5. 今後の改良点

今後、本装置を展開するにあたり、供給方法を含め、いくつかの課題が挙げられたが、それぞれ、下記の対

処をすることとした。

### ①重機への取付方法

本装置を重機にビス止めし、電源を重機から供給する必要がある。ビス止め用の穴あけ作業および重機から 24 V 電源を供給するための配線工事等の現場での取付方法については、マニュアルを作成し対処することとする。

### ② IC タグの割付番号の変更

現在のシステムにおいては、IC タグの割付番号を設定した状態で出荷し、割付番号の変更および追加が現場で容易にできない。この対策としては、設定変更プログラムを作成し、現場職員が簡単に変更できるようにした。

### ③ IC タグの電池切れの確認方法

現在 IC タグの電源はボタン電池を使用しており、その寿命は 1 年程度である。電池切れの場合、正常に作動しないのは、もちろんのこと、これが事故を誘発してしまう可能性がある。よって、出荷の際、IC タグに電池の有効期限を表記し、1 年ごとに強制的に交換をしてもらうこととした。

### ④警報内容の表示方法

当初、装置の警報表示装置は、運転席のみの設置であり、警報内容および運転者の認識について、接近した作業員本人には分からなかった。接近した作業員本人にも、運転席の警報内容が確認できるようにするため、警報表示装置を 1 台追加し、作業員にも分かるようにした。

## 6. おわりに

本システムは、昨年度から開発に着手し、建設機械の接触事故防止における当社の独自技術にすべく、改良を重ね、課題点の解決も含め、ほぼ完成したと考えている。実証現場において、使用者からの評価についても、おおむね良好である。今後は、安全管理に有効な技術として、展開を図っていく予定である。

最後になりますが、関係各位の多大なる協力に感謝申し上げます。

JCMA

### [筆者紹介]

吉田 貴(よしだ たかし)  
西松建設株式会社  
施工本部  
機材部  
機電課  
係長

