

跡確認補助システムの開発と試行



加藤 武*



武山 祐也**



佐々木 敦*

作業現場の跡確認は、京浜東北線で発生した列車とバックホウバケットとの衝撃事故を受けてルールを厳密に定めたが、その方法は工事管理者等による目視確認のみであり、依然として人間の注意力に依存しているのが実態である。ルール化以降も置忘れに起因する輸送障害は発生しており、まず列車運行に影響が大きい大型器具に限定したハード面でのバックアップシステムを開発することとした。

本研究では、現状の作業形態・跡確認実施状況をもとに現場第一線に適した線路内忘れを防止する方法を、汎用技術を用いて大型器具の線路内忘れを防止するという視点からシステム開発を行い、跡確認補助システムを試作した。試作したシステムを実際の作業時において試行し、今後の導入をめざす量産機の仕様策定に向けた現地試験の実施状況について報告する。

●キーワード：跡確認、置忘れ、ヒューマンエラー、RFID、シートアンテナ

1. はじめに

保守作業終了時の跡確認については、2003年10月6日に発生した京浜東北線大井町～大森間の「列車とバックホウバケット衝撃」を受けて、同種事故の再発防止対策として跡確認マニュアルなどルールを整理した。しかし2008年6月に大船渡線で列車とトローリーが衝突するなど、依然として跡確認に関わる事象が発生している。それを受けて、2008年10月からまず衝突したときに列車の安全な運行を支障する大型器具の線路内忘れを対象とした「跡確認補助システム」の開発に取り組むこととした。

システムを使用した跡確認を行う際に新たな負担の発生をできるだけ少なくするために、通常行う作業の流れを阻害しないような確認方法を検討した結果、事務所から作業現場に行く前には、必要な器具を運搬車両に積載し、作業現場から戻る前にも使用した器具を運搬車両に積載することから、運搬車両に搭載した器具の個数をチェックすることとした。この基本的な流れの中に、簡単な操作で積載した器具を検知し管理する仕組みを組入れ、器具の確認をシステム化することとした（図1）。

2. 跡確認補助システムの機器構成

器具を検知する方法として、RFID技術を採用することとした。RFIDの検知方式として、300MHz帯アクティブタグ方式を選定し、フレキシブルな形状のトリガーコイルと受信アンテナをトラックシートに内蔵させたシートタイプのアンテナを開発することとした。また実際の作業で行われることがある建築限界外への「仮置き」に対応するため、ハンディターミナルで器具に取付けたパッシブタグを読取る方法についても開発した。

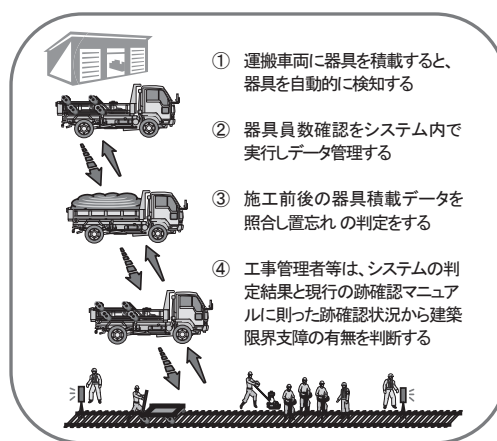


図1 積載器具自動検知のイメージ

図2に跡確認補助システムの機器構成を示す。機器の構成は以下のとおりである。

- ・器具の積載をチェックするシートアンテナ
- ・シートアンテナに信号を発信する車載用送受信装置
- ・仮置き器具の読取りのほかに各装置の操作を行うハンディターミナル
- ・対象となる器具に取付けるICタグ（アクティブ、パッシブ）
- ・登録器具や軌道工事管理者などを登録する管理端末

2.1 シートアンテナ

(1) トリガーコイルおよび受信アンテナの配置

運搬車両に積載した器具の読取りの流れは、以下のとおりである。

- ①シートアンテナ内蔵のトリガーコイルから磁界を発生させる。
- ②器具に取付けたアクティブタグが応答する。
- ③受信アンテナにより応答信号を読取る。

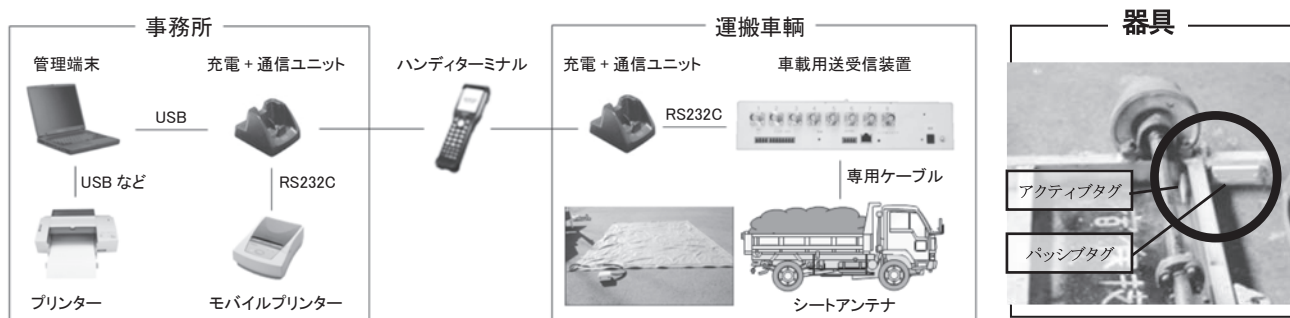


図2 跡確認補助システムの機器構成

開発の第一段階として、トラックシートに内蔵するトリガーコイルと受信アンテナの最適な配置パターンの検討と検知性能を検証するための基礎試験を実施した。

基礎試験で試作したシートアンテナはトリガー磁界の弱い領域があったため、器具により遮蔽されたアクティブタグが応答しないおそれがあった。そこでトリガーコイルを図3のように1つのシートに4つのループを構成するように配置し、それぞれが独立してトリガー磁界を発生させることによって、トリガー磁界が弱い領域をカバーするようにした。

また、器具など金属物による反射や遮断によってアクティブタグの読取りが阻害されないように、シートアンテナに配置する受信アンテナを8本として受信感度を向上した（図3）。

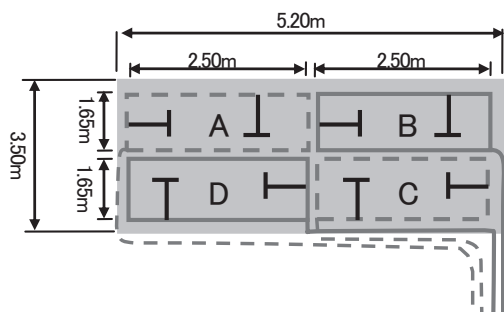


図3 トリガーコイル構成と受信アンテナの配置

2.2 車載用送受信装置

車載用送受信装置は、後述するハンディターミナルからのコマンド入力により、シートアンテナに対してトリガー磁界の発生や受信アンテナの切替え、受信したアクティブタグの応答信号を処理する装置である。

2.3 アクティブタグ

アクティブタグの検知を安定させる対策として、以下の理由により2軸アクティブタグを採用することとした。

2軸アクティブタグは、内部に2つのトリガー磁界受信アンテナを持ち、このアンテナは直角に配置されている。これにより、シートアンテナ面とアクティブタグの向きを考慮せずに安定して検知することが可能である。

2.4 仮置き器具の取扱いに関する検討

実際の作業では、同一箇所でも連続して作業を行う場合に、器具などを線路閉鎖工事終了時に作業区間の建築限界外に「仮置き」をすることがある。本システムではこの仮置きについても対応する機能を持つことにした。方法については、「仮置き場所まで移動して仮置き状況（集積・固定・保護など）を確認させる」ようにするため、ハンディターミナルで器具に取付けたパッシブタグを読取ることとした。

2.5 ハンディターミナルとパッシブタグの選定

ハンディターミナルは、仮置き器具の確認作業だけではなく、施工前後の器具員数確認作業においても、車載用送受信装置と接続して入力操作、制御処理に用いる。

本システムが求めるICタグの読取り機能、車載用送受信装置などと接続するためのインターフェース、携帯性などを考慮して、ハンディターミナルにはデンソーウェーブ社製の「BHT-604QUWB」を選定した。

表1 ハンディターミナルとパッシブタグの選定

装置名	ハンディターミナル	パッシブタグ
外観		
形式	BHT-604QUWB	Omni (MAX)

パッシブタグは、ハンディターミナルからの信号を受信することによって、ハンディターミナルにタグIDを応答する処理を行う。読取り範囲および性能、耐環境性や耐衝撃性を考慮して「Omni (MAX)」を選定した（表1）。

3. システム運用に関する検討

3.1 器具名称登録（器具とタグとの紐付け）

器具の検出は、器具に取り付けたICタグを読み取ることに
より行うが、何の器具を読取ったのか分かるようにするため、
タグIDと取付けた器具名称に関連性を持たせることとした。
これにより、ICタグを読み取った際に器具名称を表示すること
ができるようにした。

3.2 システムの設置方法に関する検討

本システムの運用にあたり、運搬車両に設置する車載用送
受信装置およびシートアンテナの取付け方法の検討を行った。
その結果以下の要件から、車載用送受信装置、充電+通信
ユニット、ハンディターミナル、モバイルプリンターを専用のアタ
ッシュケースに収納し、モバイルユニット化することとした。

- ①車載用送受信装置とシートアンテナとの接続は運搬車両
の車種の違いにかかわらず様であること
- ②以下の場合を想定し、車載用送受信装置の取付け、
取外しが容易であること
 - ・1つの車載用送受信装置で複数の運搬車両の器具読
取りを行う場合
 - ・故障などの発生により、メーカーへ送付する場合
- ③水、油、金属粉、薬品などの付着や振動、高温、低
温などの外部影響を受けない耐久性を保有すること

3.3 専用ケースの試作

試作した専用ケースと収納した機器類について図4に示
す。なお、シートアンテナとの接続方法は、アタッシュケース
側面から取出したケーブルと、シートアンテナの防水ボックス
を開けて取出したケーブルを接続する。

アタッシュケース内の機器およびシートアンテナの電源は車
両から供給されるため、シガーライターソケットに車載用送受
信装置の電源ケーブルを接続する。

3.4 作業の流れ

図5に跡確認補助システム使用時の作業の流れを示す。

本システムは、事務所、作業現場に資機材を運搬する車
両、作業現場にて使用する。主な処理はハンディターミナル
を用いて、それぞれにデータ通信を行う。

また作業現場以外で、事務所内の管理端末にて行う作業
としては以下の項目がある。

- ①追加、変更の都度行うもの
 - ・器具登録（器具とICタグの関連付け）
 - ・路線名、軌道工事管理者のデータ登録
- ②作業ごとに行うもの
 - ・作業履歴（器具使用履歴）の登録
 - ・各帳票表示、印刷

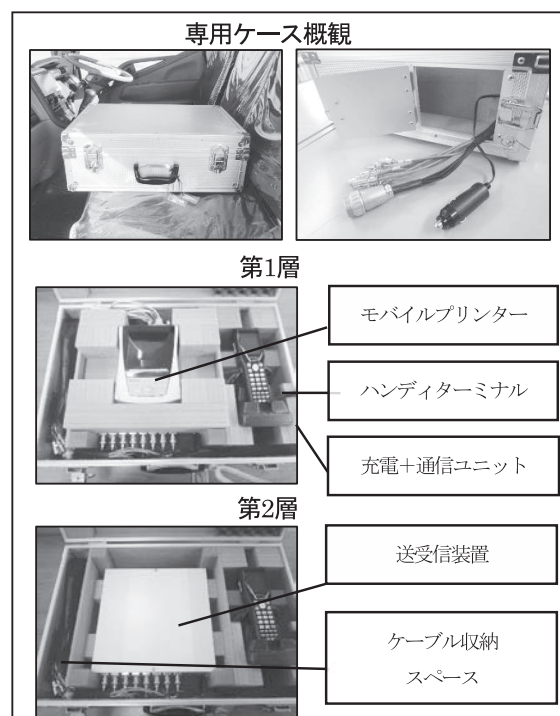


図4 アタッシュケース概要

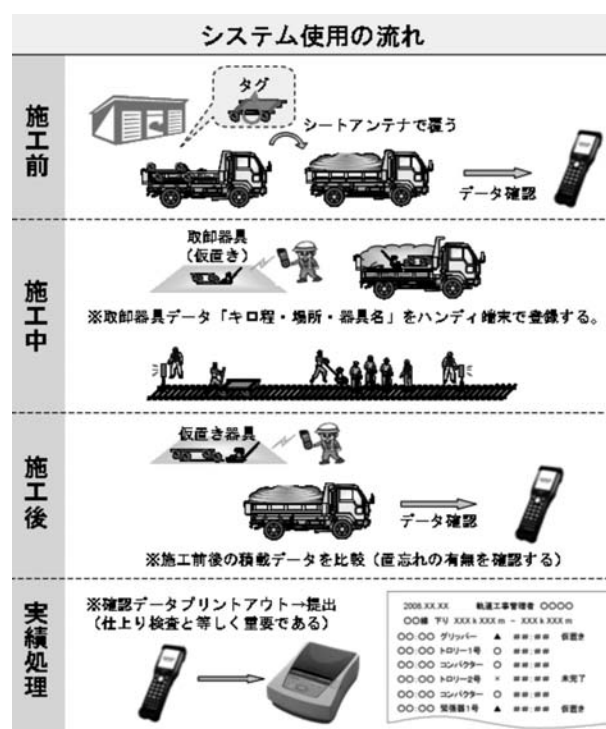


図5 跡確認補助システム使用時の作業の流れ

3.5 性能評価試験

試作した本システムを使用し、性能評価試験を実施した
(図6)。評価は、運搬車両に対象となる大型器具を無作為
に積み込み、シートアンテナにてアクティブタグを正常に検知
できるかどうかの試験を行った。試験結果は表2に示すとおり、
良好な結果が得られた。



図6 性能評価試験

表2 現地試験結果

実施試験項目	結果まとめ
通常積載	すべての試験項目において、読み落としなく安定してアクティブタグを検知することができた。
半スリ・ウェス（含水）影響	
水・油・金属粉・塵埃影響	
温度影響	
全面遮蔽（発電機追試）	漏洩磁界の影響については、運搬車両の周囲 2.5m 程度以上離れたアクティブタグは検知しない。
磁界均一性（検知空間） 検知範囲の指向性	

4. 跡確認補助システムの改良と試行

4.1 試作機の課題

良好な性能が確認された跡確認補助システムであるが、今後の実導入に向けて以下の課題があると考えられた。

(1) 専用ケースの小型化

運搬車両の車内は狭く、試作した専用ケースでは助手席や後部座席1名分を占拠してしまう。

(2) 車載用送受信装置とシートアンテナの接続時間の短縮

車載用送受信装置とシートアンテナの接続は9本のケーブルを接続するため、煩雑で時間を要するため作業性が悪い。

(3) 車載用送受信装置の耐環境性

本試作の車載用送受信装置は、サンプル1台の温度試験において-20℃～+60℃で動作に問題が無かったが、実作業時での使用についての実証試験が必要である。

4.2 試作機の試行と改良

上記課題を改良するべく、改良試作機の製作に取り組んでいる。また今回完成した試作機について、耐環境性や操作性での評価を行うため、2010年夏季より現場第一線の軌道会社にて試行を行っている。

(1) 試作機の試行

2010年7月から首都圏、2011年2月より東北地区の軌道会社で試用を開始している（図7）。2011年2月現在、特に機能的な不具合は発生していない。また使用状況について聞き取り調査を行い、操作性を中心に表3のような意見があった。



図7 実作業時におけるシステム使用状況

表3 試行中に出された意見

機器等	出された意見
車載用送受信機 シートアンテナ	・コネクタの数が多。 ・専用ケースを後部座席に積んだことにより、作業員1名分のスペースが占有された ・シートアンテナによるアクティブタグは全て読取れた。
ハンディターミナル	・ハンディターミナルの操作が、現在の段階まで行っているのか確認できる機能があればよい。 ・パッシブタグの読取はかなりハンディターミナルを近づけて行っている。
その他機器	・跡確認用プリンターによる結果の出力は通常事務所で行っている。

(2) 改良試作機の製作

4.1項の課題と試行中に出された意見を基に、改良試作機を製作した。改良点は以下のとおりである。

①車載用送受信装置とシートアンテナの接続コネクタ一本化

従来は車載用送受信装置とシートアンテナの接続は電源を含めて9本のケーブルを接続する必要があり、作業性が良くなかった。改良試作機は図8のとおり、8本のアンテナ線と1本の電源を含めてコネクタを1本化することができ、作業性が改善された。

②専用ケースの小型化

車載用送受信装置の小型化に伴い専用ケースを小型化することができた。



図8 接続コネクタの改良（左：改良機、右：従来機）

5. おわりに

本研究では、人間の注意力のみに依存している保守作業後の跡確認作業を補助する方法として、大型器具に限定した器具員数確認のシステム化を提案し、試作機を製作した。また改良版として改良試作機を製作し、両者の試作機について、現在、操作性の検証と耐環境性の確認を行っている。この結果を踏まえ、量産機の仕様を提案していく。

参考文献

- 1) 武山祐也，田淵潤，佐々木敦：跡確認補助システムの基礎開発，新線路，第64巻 第3号，pp.6～8，2010.3.