

## 列車と保守用車等の衝突防止システムの開発

Development of a system to prevent the collision of trains and maintenance car etc.



鶴丸 尚之\*



小田 勉\*



八木 遵\*



佐々木 敦\*

Up to now, We have developed a warning apparatus which is able to determine that maintenance car etc. would be placed by mistake with other lines and that they have gone out accidentally out of the movable range by acquiring the information of work plan and work start and work end from ATOS as well as deriving from the positioning using D-GPS and the railway GIS. Last fiscal year, as a result of the unit testing of the in-vehicle equipment for maintenance car and roadtrailer, we have confirmed that the required functionality is sufficient.

Following the Last fiscal year, we have a comprehensive exam, including a prototype server that connects to ATOS Maintenance work registration server currently.

●キーワード：D-GPS、鉄道 GIS、ATOS

### 1. はじめに

JR東日本では、線路上の保守作業において、軌陸車や軌道モーターカー、マルチプルタイタンパーなどの保守用車（以下、保守用車等）を使用している。保守用車等を使用する作業では、保守用車使用手続又は線路閉鎖工事手続により、作業区間に列車を進入させない措置を施しているが、責任者の失念や勘違い等により、保守用車等を作業区間外へ誤って進出させた場合には、列車と保守用車等が衝突する恐れがあるものの、責任者や運転者等に危険を知らせる手段が無く、人の注意力に頼って安全を確保しているのが現状である。

列車との衝突を防止する有効的な手段としては、短絡走行が知られているが、踏切における無しゃ断等の誤動作が懸念されたため、従来短絡走行は原則禁止であった。

しかし、検査の自動化や作業の機械化の進捗により大型保守用車が増加してきたことから、列車との衝突事故が危惧され始めた。そこで、踏切に影響を与えずに短絡走行することを目的に、1998年度からレール探傷車（RFD）及び軌道中心間隔測定車（TDM）に限定した複線及び複々線の駅間（構内を含む）における順線での短絡走行が使用開始となった。

その後、踏切制御子を短絡せずに軌道回路のみを短絡することで、より一層列車との衝突防止を強化する方向へと進んだことから、2003年度から踏切の無い区間での保守用車の短絡走行が使用開始となり、続いて踏切制御子を短絡しない保守用車用軌道短絡器（LPF）を開発したことにより、2006年度から踏切の存在する一部の区間においても、LPFを搭載した保守用車による短絡走行が可能となった。

その後も、保守用車短絡走行区間の拡大に向けた取り組みを進めてきているものの、以下に示すような課題も浮上してきている（図1）。

- (1) 踏切警報条件を軌道回路から踏切制御子へ変更することで、警報時間が従来より長くなってしまふなど踏切制御子化が困難な箇所が散在するため、このような区間ではLPFでの短絡走行ができない。
- (2) D-ATCや無絶縁軌道回路などの高周波軌道回路では、踏切制御子に近い周波数を使用しているため、LPFでは踏切制御子と高周波軌道回路を明確に区別できず、これらの区間でもLPFでの短絡走行ができない。

さらには、軌陸車では、スペースや重量の制約から軌道短絡器を搭載することができず、短絡走行による衝突防止を図ることができない。

そこで、これらの保守用車の短絡走行が不可能な区間や短絡走行ができない軌陸車を対象に、短絡走行によらずに列車との衝突を防止することを目的として、GPSを活用した警報システムの開発を進めている。

本稿では、本システムの現在までの開発状況と試験の経過について述べる。

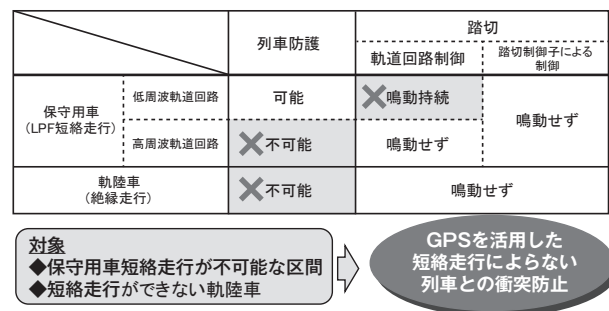


図1 現状の課題と開発の目的

表1 本システムにおける衝突防止の考え方（事例）

凡例 ◎：列車抑止可能、○：警報可能、×：衝突防止不可

事故事例	ATOSHT端末による支障設定	短絡走行	本システム	
			保守用車	軌陸車
支障設定区間に在線中に列車が進入	◎	◎	◎	◎
支障未設定の区間に保守用車・軌陸車が進入	×	◎※	◎※	○
作業着手前に保守用車が保守基地線から進入	×	◎※	◎※	
線路(上下線)を誤って軌陸車を載線	×			○
作業着手前に軌陸車を載線	×			○
支障設定区間に在線のまま、誤って支障を解除	×	◎	◎	○

※既に列車が接近している場合は、衝突を防止できない可能性有り

## 2. 本システムの位置付けと対象区間

本開発における衝突防止の考え方を表1に示す。

本システムでは、短絡走行に近い効果が得られるものの、従来通りに保守用車使用手続又は線路閉鎖工事手続を行った上での補助手段の位置付けである。

また、ATOS保守作業計画を活用するため、ATOS導入区間を対象としている。但し、保守用車については、従来短絡走行している区間は短絡走行を継続することを前提とし、保守用車の短絡走行が不可能な区間について本システムを適用する。

## 3. 本システムの全体概要

本システム全体の概要図を図2に示す。

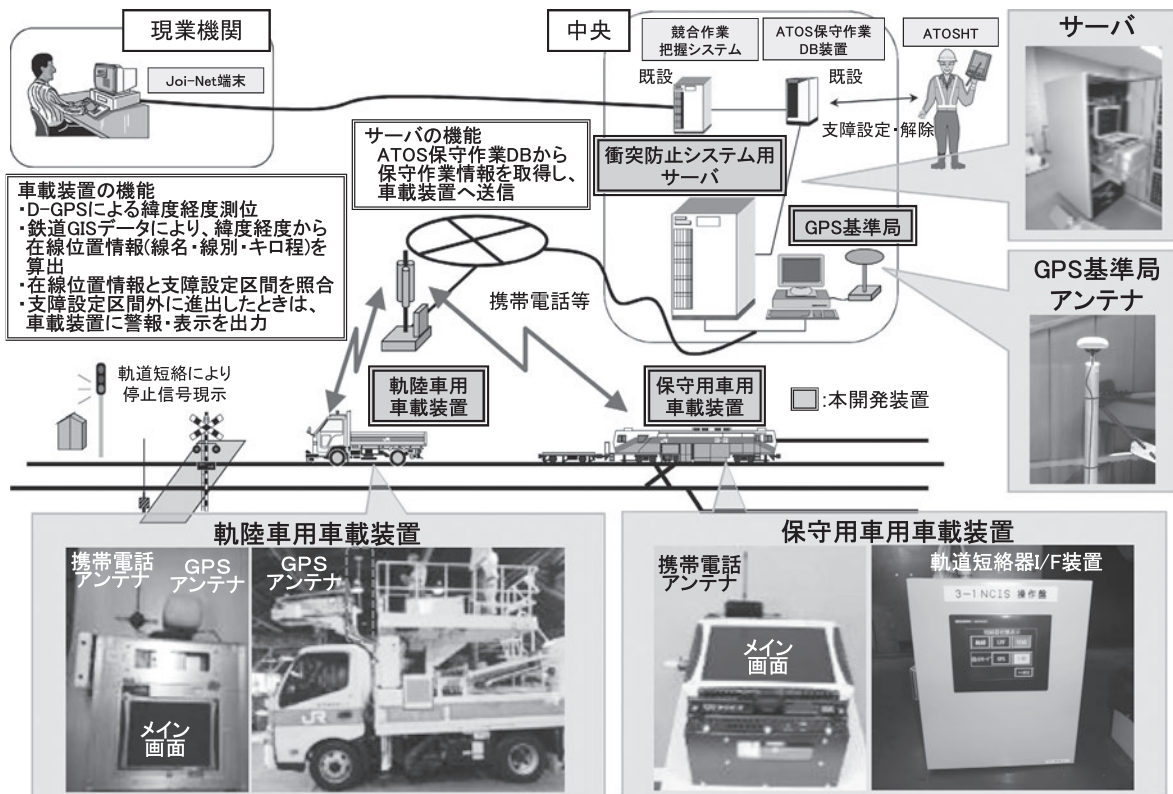


図2 システム全体の概要図

## 4. 機能の概要

D-GPS<sup>注)</sup>を活用して保守用車等の在線位置を算出し、保守用車等が支障設定区間の境界に接近した時や、支障設定区間外へ進出した際に警報・表示を行うものである。

保守用車では、警報・表示に加えて、短絡走行が不可能な区間で支障設定区間外へ進出した際には、軌道短絡器も動作させる。

また、軌陸車では、搬入口や踏切等から線路に進入する際に、誤った線路に載線した場合でも警報・表示を行う。

以下では、上記の機能について、保守用車と軌陸車に共通した機能、保守用車と軌陸車のそれぞれに特化した機能の3つに分けて記述する。

#### 4.1 保守用車、軌陸車の共通機能

##### 4.1.1 移動可能範囲算出機能

システム用サーバにおいて、軌道回路の設置箇所を格納しているデータベースから、ATOS保守作業DB装置より受信した保守作業計画内の支障軌道回路に該当する軌道回路の境界のキロ程を抽出して、当該作業番号とリンクさせたデータ（以下、保守作業情報）を作成する。

車載装置においては、当該の保守作業計画の作業番号と一致する保守作業情報をシステム用サーバから取得し、支障毎に軌道回路の隣接関係を割り出して、保守用車等が移動可能な範囲（以下、移動可能範囲）を算出する(図3)。

その後は、支障毎の設定・解除の情報をシステム用サーバから一定周期で取得して、移動可能範囲を最新の状態で更新する。

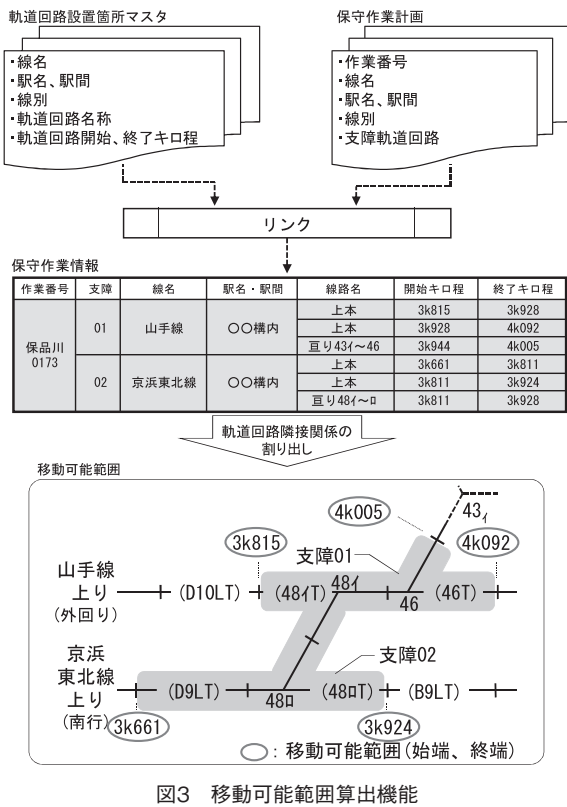


図3 移動可能範囲算出機能

##### 4.1.2 在線位置算出機能

保守用車等の現在の位置から最も近いGPS基準局を決定し、そこからGPS補正情報を公衆回線を使用して一定周期で受信する。

この補正情報を用いて誤差を差し引いたGPS緯度経度情報と鉄道GISから、在線している線名、線別、キロ程（以下、在線位置情報）を算出する(図4)。

また、測位のばらつき影響による誤判定を避けるために、統計処理を施すことで誤差の大きい測位データを排除して、前回の在線位置情報を継続使用する。

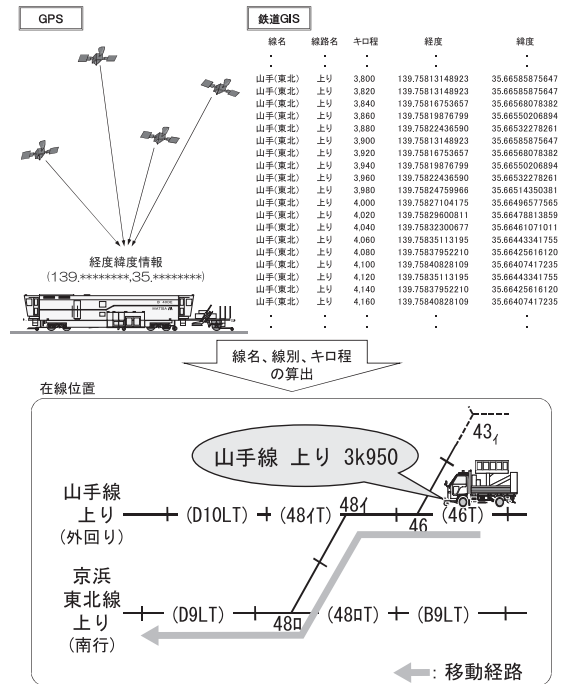


図4 在線位置算出機能

##### 4.1.3 危険通知機能

保守用車等の在線位置が移動可能範囲内にあるかの照合を行い、移動可能範囲の境界に接近した時や、移動可能範囲から進出したと判定した場合には、車載装置から表示や音声により警報を出力する(図5)。

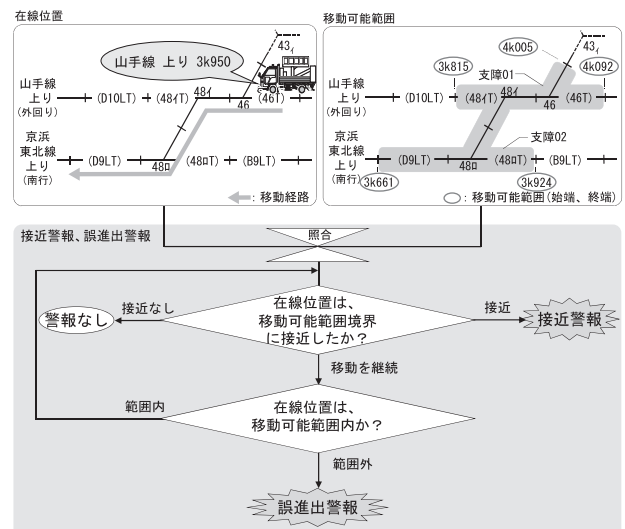


図5 危険通知機能

#### 4.2 保守用車に特化した機能

##### 4.2.1 走行モード自動切換機能

在線位置情報と、走行区間（絶縁、LPF短絡、短絡）を識別できるデータベースとの照合を行い、その結果を車載装置から軌道短絡器側へ出力する。



## 4.2.2 軌道短絡器動作機能

絶縁走行区間の走行時には、在線位置情報が移動可能範囲内にあるかの照合を行い、その結果を基に車載装置から警報出力と合わせて以下のモードを軌道短絡器側へ出力する。

- ①移動可能範囲内に在線中には、「絶縁」モードを出力する。
- ②移動可能範囲外へ進出した時には、「短絡」モードを出力する。

## 4.3 軌陸車に特化した機能（誤載線判定機能）

移動可能範囲内に軌陸車を載線した場合でも、本来載線すべき移動可能範囲かどうかの照合を行い、載線すべき移動可能範囲でないと判定した場合に、車載装置から表示や音声により警報を出力する（図6）。

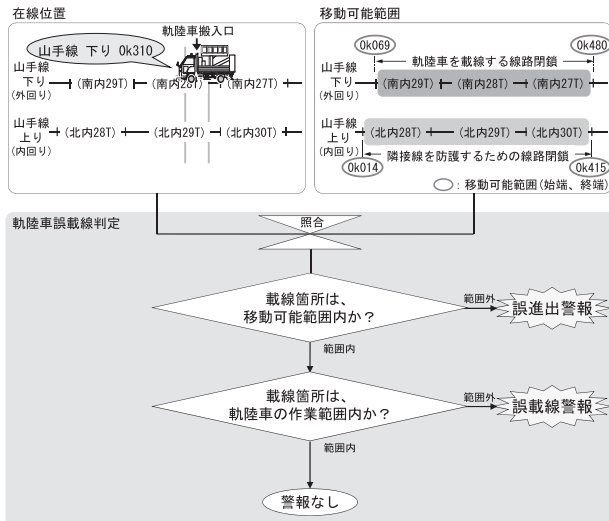


図6 軌陸車の誤載線判定

## 5. 現地試験

2013年度上期に車載装置の試作が完了し、また、2013年度末までに本システム用サーバ及びGPS基準局の試作・仮設置も完了している。

これを受けて、2013年7月から2014年1月に掛けて、軌陸車では山手線、保守用車では南武線において、試作した車載装置単体での実走行による試験を実施してきており、2014年2月からはシステム全体の総合的な機能試験を開始して、現在継続実施中である。

その中で、4項に示した移動可能範囲算出機能、危険通知機能、走行モード自動切換機能、軌道短絡器動作機能、誤載線判定機能の5つについては、良好な試験結果を得ている。

在線位置算出機能についても概ね良好な結果が得られているものの、一部在線している線路を誤って判定する事例があったので、その事例について説明する。

## 5.1 在線位置算出における判定を誤った事例

- (1) 分岐箇所の上空が駅舎で遮蔽されている箇所から抜けた直後に、GPS測位が大きくばらついたために、在線している線路を誤って判定した事例である（図7）。

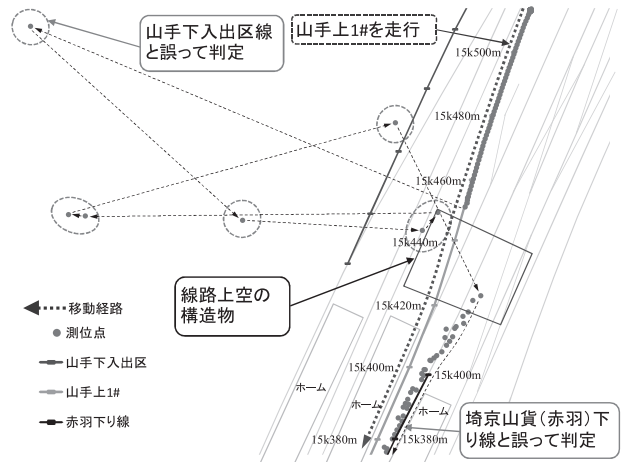


図7 線路の判定を誤った事例①

- (2) 上空が遮蔽されている箇所から抜けた付近に分岐箇所がある場合で、GPS測位が走行方向と逆方向へ移動したため、在線している線路を誤って判定した事例である（図8）。

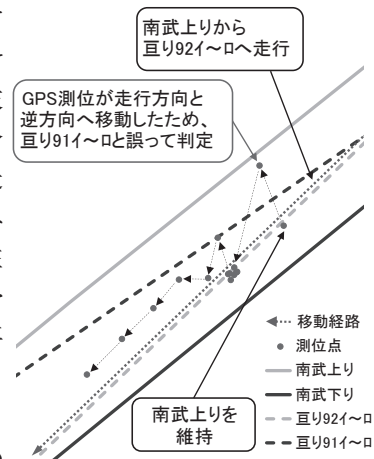


図8 線路の判定を誤った事例②

これらの課題については、HDOP（水平精

度低下率）や捕捉衛星数等のパラメータを変更することで改善を図ることも可能と考えるが、同時に受信精度が低下してしまうことも予想されるため、測位データの解析やシミュレーション等により、適正なパラメータを決めていく必要がある。

## 6. まとめと今後の進め方

現在のところ、在線位置算出機能を除く5つの機能について、良好な結果を得ている。

5.1項に示すような線路の誤判定については、さらに詳しく解析を進め、適正なパラメータ設定や必要に応じてプログラム改修等の対策を講じていく。

また、今後も引き続き現地総合試験を進めて、その結果を踏まえて、試験運用を開始していく予定である。

注) D-GPS (Differential GPS)

真の緯度経度が分かっている基準局に生じるGPS測位の誤差を用いて、移動局で測位した緯度経度を補正することで、GPS単独での測位よりも精度を向上させる方式のこと。