

高精度GPSによる軌陸車の誤進入防止対策の開発



手代木 卓也*1



徳永 亘*2



原田 諭*2



八木 遵*3

Development of road-railer false entry detection system utilizing a high-precision GPS

Takuya TESHIROGI*1, Wataru TOKUNAGA*2, Satoru HARADA*2 and Jun YAGI*3

*1 Assistant chief researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*2 Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*3 Principal chief researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

In order to prevent collision between trains and road-railers, we have been developing a system to detect false entry of road-railer that utilizes high-precision GPS. In our previous study, we achieved accurate position detection a road-railer on a railway track. And we have completed preparation of a prototype device that emits an alarm when necessary by collating detected position data with data of track closure. In this paper, we report on the overview of the system, as well as the results of the performance evaluation in the test use.

●**Key words:** RTK-GPS, Maintenance car, Road-railer, Railway track closure, Detection of false entry

1. はじめに

平成26年2月に京浜東北線 川崎駅構内において発生した列車と工事用重機械(軌陸車)の衝突事故を受け、安全研究所では同種事故へのハード対策として軌陸車の誤進入を検知する『保守用車ロケーションシステム』の開発を行なっている。これまでの開発¹⁾で、高精度GPS (Real Time Kinematic-GPS、以下「RTK-GPS」という。)を使用して軌陸車の位置を正確に検知することを可能とし、さらにその位置情報とATOS[※]の線路閉鎖情報とを照合することで、状況に応じて保守係員に危険を知らせる装置の試作を完了させている。本稿では、本システムの概要とこれまでに実施した営業線における性能確認の結果について概説する。
※東京圏輸送管理システム。列車の運行管理、旅客案内のほか、保守作業の計画管理等の機能を有する。

2. 保守用車ロケーションシステムの概要

2・1 誤進入検知のイメージ

図1に本システムの概念図を示す。軌陸車の位置を常時検知し、その位置情報と線路閉鎖(以下「線閉」という。)の着手状況を照合した上で、軌陸車が線閉を着手していない線路上に在線する場合に警報を出力するものである。この照合に必要な情報は以下の手段で取得する。

① 軌陸車の位置情報

軌陸車に搭載したRTK-GPS受信機の測位情報から取得

② 線閉の着手状況

ATOSから汎用回線経由で取得

図2に軌陸車が線閉を着手していない線路へ誤って進入した際の検知イメージを示す。本システムは、軌陸車の位置と付近の線路の線閉の着手状況を常に照合し続けているため、軌陸車が誤って線路に進入した場合には、即座に警報を出力することが可能である。また、載線後に軌陸車がオンレールで線路上を移動中も、線閉を着手していない作業区間外へ誤って進行しようとした場合には、状況に応じて注意喚起や警報の出力を行うことができる。

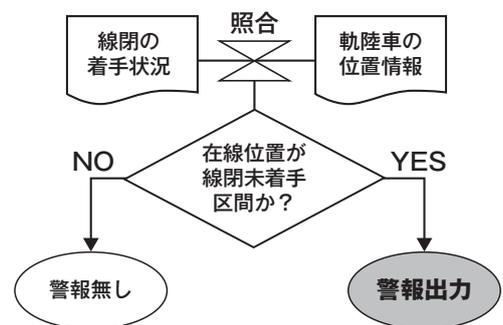


図1 本システムの概念図

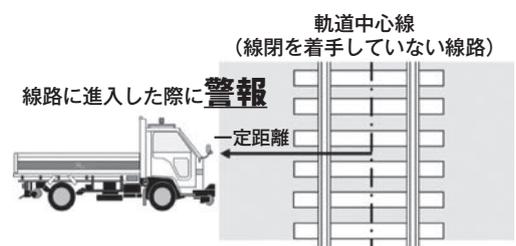


図2 警報出力イメージ

2・2 システム構成

図3に本システムの構成を示す。主な構成機器は以下のとおりである。

(1) 保守用車ロケーションシステムサーバ(保車ロケサーバ)

ATOSから得られる作業計画や線閉の着手状況を車載装置へ送信する。本システムの中央装置である。

(2) 補正情報配信サーバ

RTK-GPSによる測位に必要な補正情報を車載装置へ送信する機能を有する。

(3) 状態監視装置

構成機器の動作状況の監視を行う機能を有する。

(4) 車載装置

車載装置は軌陸車に搭載するものであり、保守係員が操作を行う画面を有する。RTK-GPSおよびジャイロセンサにより軌陸車の位置検知を行うとともに、保車ロケサーバから受信した線閉の着手状況との照合を行い、必要に応じて警報を出力させる機能を有する。図4に試作した車載装置を示す。機能確認を目的とした試作機であるため、既存機器の組み合わせで構成したものであり重量は約14kgである。

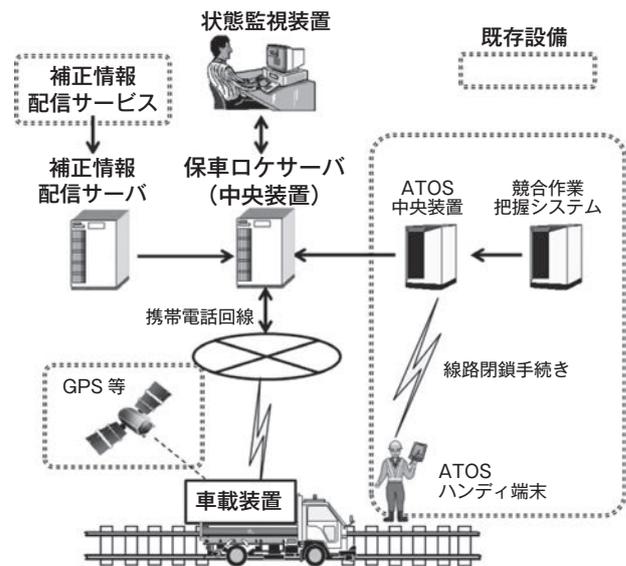


図3 システム構成

2・3 警報の内容

表1に車載装置が出力する警報の一覧を示す。車載装置は軌陸車が未載線の状態であるか、載線した状態であるかを自動的に判断する機能を有しているため、それぞれの状況に応じた内容の警報が出力される。また、必要に応じてパライトの点灯およびブザー鳴動を行う機能を有しており、保守係員が画面を直接確認することなく警報の状態を認識できるようにしている。



図4 試作した車載装置

表1 警報一覧

No.	載線状態	警報種別	内容
1	未載線	誤進入	軌陸車搬入路等で線閉を着手していない線路に接近した場合の警告
2	載線	異線路載線	軌陸車を載線する計画がない線路(隣接線防護線閉として線閉を計画している線路など)に誤って軌陸車を載線した場合の注意喚起
3	載線	接近注意	載線後にオンレールで移動中に、線閉を着手している区間の始端が前方30mまで迫った場合の注意喚起
4	載線	支障設定区間外	載線後にオンレールで移動中に、線閉を着手していない区間へ誤って進出した場合の警告

3. 性能確認

3・1 営業線試験

(1) 概要

営業線において以下の内容で性能確認試験を実施した。図5および図6に試験状況を示す。

- ・期間 平成28年1～3月(計15回実施)
- ・場所 川崎駅付近の京浜東北線、南武線、横須賀線等
- ・内容 実作業想定で軌陸車の離載線を実施し警報出力を確認

(2) 試験結果

本システムは、RTK-GPSによる位置検知の仕様と車載装置の処理能力上、実際の誤進入と警報出力にはわずかながらタイムラグが生じる。今回の試験では、線路内とする範囲を軌道中心から2.5m(建築限界の1.9mに種々の誤差を考慮)に設定し、

誤進入から警報出力までの検知時間を計測することで実用性の検証を行った。

図7に誤進入検知の一例を示す。図中の四角形がRTK-GPSとジャイロセンサから検知した軌陸車の位置であり、この例においては進入後、警報が出力されるまでの時間は0.507秒であった。その他のケースにおいて最も時間がかかったケースでも検知時間は1秒未満であり、線路内に誤進入した直後に警報を出力することが可能であることが確認できた。このことから、本システムは実用上十分な検知性能を有していると判断できる。

3・2 実作業における試使用

(1) 概要

前項の営業線試験において、RTK-GPSの受信環境が整っている箇所では本システムが目標とした機能を実現できることが確認された。そこで、本システムを実際の作業において使用し、稼働状況を確認するとともに、本システムの改良点の洗い出し、要望の整理等を行った。以下に概要を示す。

- ・期間 平成28年10月～12月
- ・場所 東京駅構内、川崎駅付近の南武線、東海道貨物線、品鶴線、横須賀線等
- ・内容 実作業において試作機を使用し、使い勝手の検証や改良点の洗い出しを実施

(2) 試使用の結果

試使用の結果、南武線や新鶴見駅構内等の上空の開けたRTK-GPS受信環境が良好な箇所では、前項の営業線試験同様、本システムに期待される機能はほぼ提供可能であることが分かった。

一方で、東京駅および川崎駅の工事用搬入路は、RTK-GPS受信が困難であり、軌陸車の位置検知がほとんどの箇所できないことが判明した。川崎駅の工事用搬入路に関しては、試使用の約10ヶ月前に実施した営業線試験では問題なくRTK-GPSによる位置検知ができていたが、建設工事の進捗により上空が遮蔽される環境となり本システムの稼働が困難になったと想定される。このことから、当初から上空が遮蔽されている作業現場はもとより、工事の進捗などにより環境が変わる作業現場においても、軌陸車の位置をRTK-GPSのみで実施することは現実的な方策ではないと判断できる。そのため、RTK-GPS以外の位置検知手法を組み合わせたシステム構築が望まれる結果となった。

(3) 得られた意見

試使用後に作業に従事した方々からアンケートを収集するなどして改良点の洗い出しを行ったところ、主な意見として現場の作業の流れに応じた操作性や、車載装置の設置方法の簡略化等が要望としてあげられた。また、車載装置の重量や寸法が大きく、狭小な工事用車両に搭載することに関する懸念も多かった。仕様に対する意見としては、RTK-GPSのみで軌陸車の位置を検知することに対する疑問も多く見受けられた。



図5 試験状況 (高所作業車)



図6 車載装置の搭載状況 (軌陸車助手席)

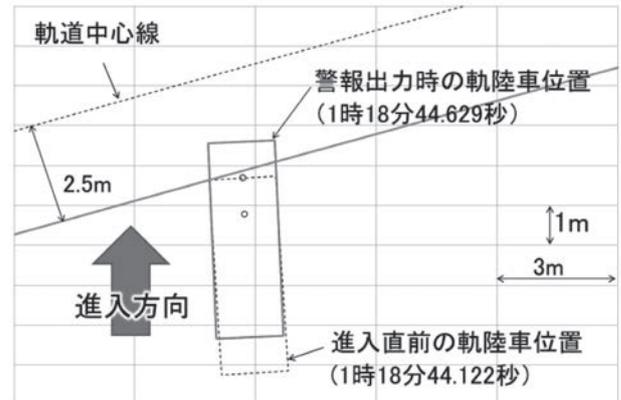


図7 誤進入検知の例



図8 川崎駅工事用搬入路前

4. 今後の予定

性能確認の結果、RTK-GPSが使用できる環境下では機能面の目標を達成することができた。一方で、実用に際してはいくつかの改良が望まれるものであることが分かった。そこで、軌陸車の位置検知方式について以下の開発を引き続き実施して実用化を目指す。

4・1 RTK-GPSを補完する方式の追加

RTK-GPSが受信できない箇所の位置検知手法として「車上レーザー方式」の開発を行っている。図9に本方式のイメージを示す²⁾。この方式はレーザーセンサを車上に設置して周囲の構造物までの距離を計測し、その計測データを予め記録しておいた構造物の状況と照合することで、軌陸車の位置を検知する仕組みである。

本方式はRTK-GPSの受信環境に左右されないため、RTK-GPSを使用した方式と組み合わせて活用することで、個々の軌陸車の位置の常時検知が可能となる。また、本方式を組み込んだ車載装置は、本体の小型軽量化を可能な限り追求し可搬性、設置の容易性の向上を目指しており、今回試作した車載装置では困難だった狭小車両（軌陸バックホウ等）への搭載を可能とする計画である。

4・2 RTK-GPS以外の方式の開発

軌陸車ごとに車載装置を搭載する方式では、軌陸車を数多く使用する大規模工事の搬入路などでは車載装置が多く必要となり対策コストがかさむことが考えられる。そこで、RTK-GPSを使用した方式とは全く別の方式として「地上レーザー方式」の開発を並行して実施している。この方式はレーザーセンサを地上に設置する方式であり、レーザーの遮蔽状況から軌陸車の在線位置を検知する仕組みである。図10に本方式のイメージを示す³⁾。

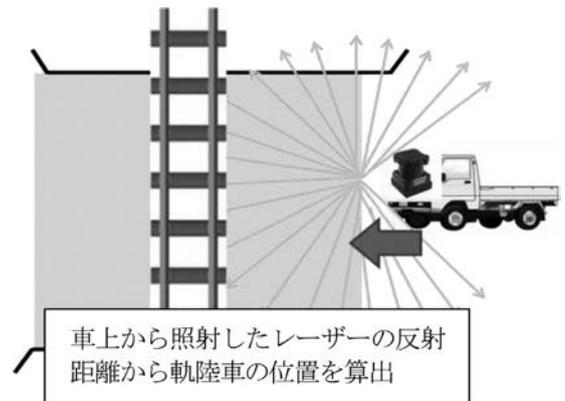


図9 車上レーザー方式

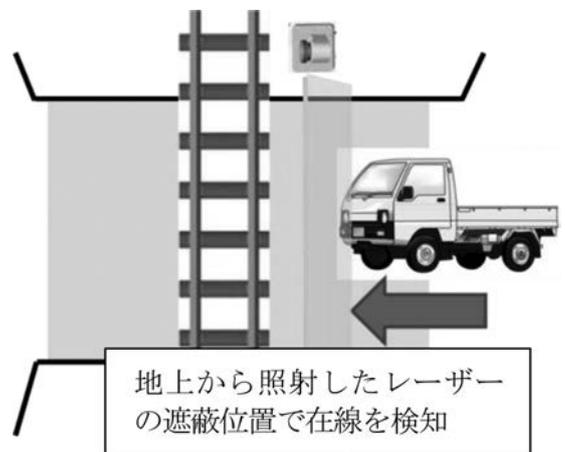


図10 地上レーザー方式

5. おわりに

列車と軌陸車の衝突事故はひとたび起これば重大な結果をもたらすことになる。このような事故を防止し、鉄道を利用するお客さま、保守係員の安全のため実用化へ向けた開発に引き続き取り組んでいきたい。

開発の実施に当たり(株)大林組、鉄建建設(株)、(株)交通建設、日本電設工業(株)、関係各所の皆様に多大なご協力をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 徳永亘、小田勉、鶴丸尚之、八木遵、佐々木敦、初本慎太郎、原田諭：高精度GPSを活用した軌陸車の誤進入検知の基礎試験、第22回鉄道技術連合シンポジウム、3707、2015.12
- 2) 原田諭、黒澤良史、楨修一、初本慎太郎：レーザースキャナを活用した軌陸車の誤進入検知システムの開発、平成29年電気学会全国大会、4-210、2017.3
- 3) 徳永亘、手代木卓也、辻川琢也、住吉亨、増井健志：レーザーバリアを用いた軌陸車の検知について、平成29年電気学会全国大会、4-213、2017.3