

## 在来線区間におけるレール破断検知装置の開発



黒岩 篤<sup>\*1</sup>



真貝 忠明<sup>\*1</sup>



橋本 直樹<sup>\*2</sup>



村上 徹<sup>\*1</sup>

### Development of the broken rail detection system for the conventional lines

Atsushi KUROWIA<sup>\*1</sup>, Tadaaki SHINKAI<sup>\*1</sup>, Naoki HASHIMOTO<sup>\*2</sup>, and Tooru MURAKAMI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Advanced Railway System Development Center, Research and Development Center of JR EAST Group

<sup>\*2</sup> Tokyo Electrical Construction and System Integration Office

#### Abstract

A radio based train control system ATACS(Advanced Train Administration and Communications system) has been introduced on the Saikyo Line and Senseki Line. ATACS is the system which calculates the train position by on board equipment and send them to ground controller and control the train intervals. Therefore, the track circuit becomes unnecessary, and ground equipment can be slimmed down. However, the track circuit can detect the broken rail. If the track circuit is removed, the broken rail cannot be detected, so the track circuit cannot be removed. So we developed a simple and low cost broken rail detection system.

●**Keywords:** Radio based train control system, ATACS, Broken rail, Return current, Unbalanced

<sup>\*1</sup>JR東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター

<sup>\*2</sup>東京電気システム開発工事事務所

## 1. はじめに

現在、無線式列車制御システム(以下 ATACS: Advanced Train Administration and Communications System)が仙石線および埼京線に導入されている。ATACSは、車上装置で演算した位置情報を無線通信で地上に伝送し、後続列車に対して停止点を送りブレーキ制御を行うことで列車間隔の制御を行うシステムである。そのため、既存の列車制御システムで列車の位置検知装置として使用されている軌道回路設備が不要となり、地上設備のスリム化を図ることが期待されている。

しかし、これまで軌道回路装置は、列車検知だけでなくレールの破断を検知することができることから、軌道回路を撤去してしまうと、これまで軌道回路で可能であったレールの破断を検知することができなくなってしまう。そのため、既にATACSが導入されている仙石線と埼京線ではATACS導入前から使用していた軌道回路装置を残してレール破断検知を行っている。しかし、これは実質的に二重設備になってしまっていることから、設備の維持に関わるコストなど負担が大きくなっている。そのため、レールの破断の検知に特化した低コストで保守が容易なレール破断検知装置が求められている。

## 2. 開発の経緯

当社において、これまでレールの破断を検知する仕組みとして、テクニカルセンター(以降、TC)において、電車の走行に伴って生じる帰線電流を、左右のレールで測定し、その差を比較することでレールの破断を検知する仕組みの開発を行ってきた<sup>1)</sup>。しかしこの方式では、電車が走行し帰線電流が流れないと測定(検知)することができないという課題を有していたことから、導入が見送られてきたという経緯がある。

今回、ATACSの首都圏展開に向けたレール破断検知システムへのニーズの高まりを受け、不平衡電流検知方式の課題を解消し低コストに導入可能なシステムの早期実現を目指し、開発を実施した。

その結果、シンプルな構成かつ、低コストで導入可能なレール破断検知装置の開発を行い、フィールド試験を実施し良好な結果を得ることができたことから、その結果について紹介する。

### 3. 装置構成・動作原理

#### 3・1 装置の概要

本システムは、列車検知のための軌道回路装置をなくし、レールの破断検知機能に特化したより簡素な設備とすることを目的としている。その一つの方式として、電車の走行によってレールに生じる帰線電流に着目し、左右のレール間の不平衡を検知することでレール破断の検知を行う、在来線に適した「不平衡電流検知方式」のレール破断検知装置の開発を進めている。

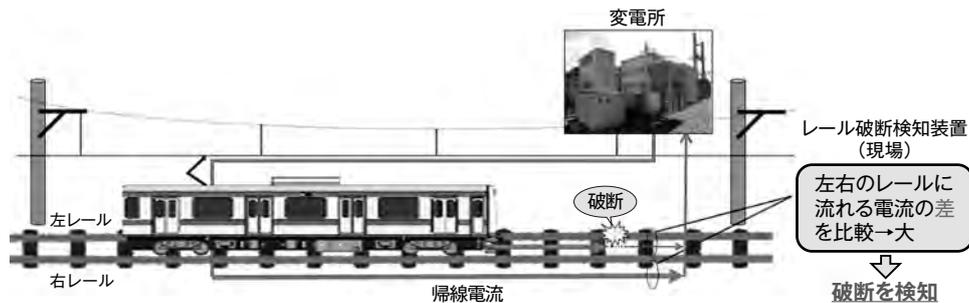


図1 動作原理

#### 3・2 動作原理

不平衡電流検知方式は、電化区間において電車が架線から取り入れた電気を、左右のレールを通じて変電所に帰す際に流れる帰線電流を測定し比較することでレールの破断を検知する方式である。

図1に不平衡電流検知方式の原理を示す。通常、帰線電流は左右のレールにはほぼ均等に流れ、平衡と呼ばれる状態となっている。対して、左右のレールのどちらかでレールが破断した場合、破断した側のレールに電流が流ることができなくなるため正常なレールに流れる電流が増加する。そのため、左右のレールに流れる電流の釣り合いが崩れ不平衡と呼ばれる状態となる。不平衡電流検知方式は、左右のレールに流れる電流を監視し、不平衡状態となった場合にレール破断を検知する。

不平衡電流検知方式は、検知用の信号や列車在線との比較が不要で検知装置のみでレール破断を検知できるため、システム構成がシンプルで低コストに導入できるメリットがある。

### 4. 実用化に向けた検討

#### 4・1 課題と課題の解消に向けた調査

レール破断検知装置には、レールに破断が発生した場合には、破断箇所を列車が通過する前に検知できる性能が求められるため、破断が生じた場合には、始発列車が走行する前に検知する必要がある。しかし、これまでの仕組みでは、列車の走行に伴う帰線電流が流れる前には破断の検知ができなかった。そのため、不平衡電流検知方式では、レールに常時電流を流すための電源装置を付加する必要があった。しかし、帰線電流と重量することになるため電源装置が大型になり、検知用電流を流すケーブル等も必要になりコストが高くなると想定され、不平衡電流検知方式のメリットが相殺されてしまうことから、検知装置のみで必要な性能を実現することが求められていた。

そこで、試作機の開発に先立ち、導入を予定する埼京線で帰線電流が少ないと想定される武蔵浦和～中浦和間において帰線電流を実測し不平衡電流検知方式の検知性能である検知可能時間帯について検証を行った。

測定結果の一例を図2に示す。終電から初電の間は殆ど電流が流れていないが、初電前から徐々に流れ始め、日中時間帯は最大で片レール当たり±800A程度の帰線電流が観測された。

また、図3に示す初電が走行する前の時間帯を拡大したグラフを示す。これによると、初電の走行前から数十Aの帰線電流が流れていることが確認できた。これは、直流電化区間では、数km毎に設置されている変電所同士が並列に接続されていることから、遠方であっても負荷を分担するため帰線電流が流れるためであると考えられる。なお、3:40頃から電流が流れ始めているが、これは池袋運輸区内において初電が出区点検のためパンタグラフを上昇させる時刻と概ね一致していることが確認できた。

#### 4・2 課題の解消に向けた検討

実際に検証を行った帰線電流の大きさに基づき、検知可能時間帯について検知しきい値との比較により検証した。検知しきい値とは、帰線電流がしきい値未満の場合、判定処理を行わないようにするために設けているしきい値であり、ノイズ等による誤検知を防止するため左右レールに流れる電流値の合計により判定している。その検知しきい値を10Aとした場合と150Aとした場合の検知可能時間帯の検証を行った。10Aは装置自体に起因するノイズによる誤検知が発生しないと想定する下限値であり、150Aは過去の開発時に想定していた検知しきい値である。検知しきい値が150Aの場合は列車が検知装置の近傍に存在しないとレール破断は検知できないが、10Aの場合は初電前から終電後（概ね4:00～25:20）まで検知できることが確認できた。初電前から終電後まで検知可能であれば、列車が走行しない夜間の間合いにおいてレールが破断した場合でも初電前に検知できることから、常時監視ではないものの運用によりカバー可能であるため、必要な性能を満たすことができる。

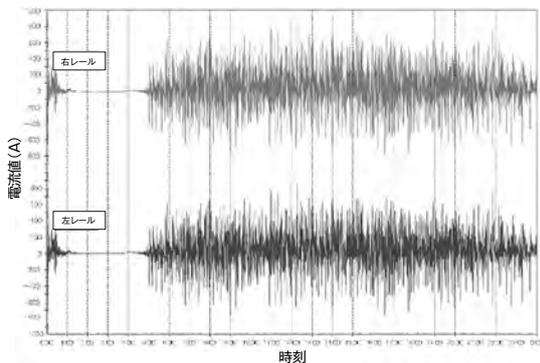


図2 帰線電流測定結果（一日分）

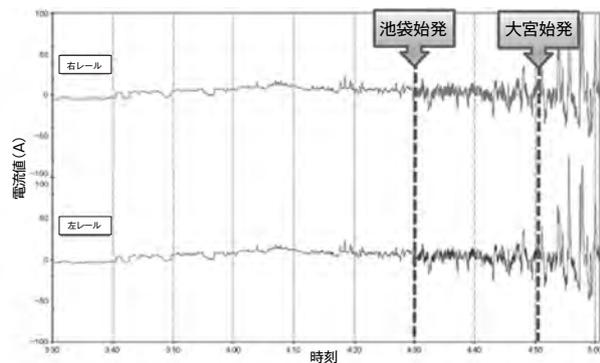


図3 帰線電流測定結果（初電前抜粋）

## 5. 試作機の開発と実用化に向けたフィールド試験

### 5・1 試作機の開発

基礎データ測定の実験結果を受け、検知しきい値を10Aとした試作機を開発した。開発した試作機の外観を図4に示す。レール破断検知のほか、ウォッチドックタイマーによる装置異常、判定時の不平衡度が設定値以下の場合にレール正常を出力する機能を有している。



図4 試作機の外観

### 5・2 フィールド試験

試作機の機能を確認するため、仙石線あおば通駅とあおば通～宮城野原駅間において2種類のフィールド試験を実施した。仙石線はATACSが導入されており、事前にレールの健全性を確認した上で、試験期間中はレール破断検知用に残置している商用軌道回路を一時的に停止させて試験を実施した。

(1) あおば通駅(レール末端部の破断検知機能の確認)

仙石線はあおば通駅が始端駅であり、末端部ではレールが途切れているためレールの末端部では帰線電流が流れていない可能性が考えられた。そのため、レール端部の破断を検知することができるかについて、レールの末端で上下線を結んでいるジャンパー線にクランプ電流計を挿入して末端部での帰線電流の値を確認した。

その結果、あおば通駅の初電となる列車の進来時に、末端部でも帰線電流を確認できたことからレールの末端においても初電の走行前にレール破断を検知できることを確認できた。

(2) あおば通～宮城野原間(検知性能の確認)

榴ヶ岡駅のホーム近辺の線路脇に試験用の器具箱を仮設し、破断試験等を実施した。夜間帯に検知用の電流を流すための電源装置を接続して軌道回路境界の絶縁を活用した模擬的な破断試験を実施し、10A未満でも破断検知ができることを確認した。また、日中帯も検知装置を稼働させ、誤検知等の不具合が発生しないことも併せて確認を行い、いずれも問題がないことが確認できた。

## 6. おわりに

本開発では、不平衡電流検知方式の試作機を製作し、仙石線におけるフィールド試験において検知性能および安定動作の確認等を実施した。また、本稿では紹介していないが、導入を想定している埼京線の十条駅において長期の動作確認と検知論理の設定値検討のためのデータを取得し、実用機の検証を実施した。

現在は実用化に向け、伝送装置、中央装置及び表示端末により検知装置の検知情報を指令に伝達するレール破断検知システムとして構築するため、各々の機器の仕様検討を実施している。

今後は本検討の結果に基づき、埼京線への導入を目指し、検知装置の量産機試作、伝送装置、中央装置および表示端末の試作機を製作し、実使用環境に沿ったシステムの導入に向けて取り組んでいく予定である。

### 参考文献

- 1) 第48回鉄道サイバネ・シンポジウム2011年11月「レール破断検知システムの開発」香川卓也、和田貴志、山崎広達、本間健一
- 2) 第58回鉄道サイバネ・シンポジウム2021年11月「先端型レール損傷検知システムの開発」橋本直樹、真貝忠明、黒岩篤、村上徹、菌部正和、金子貴志