

在来線営業車向け架線検測装置

坂田宗久 Munehisa Sakata

キーワード 在来線, 営業車, 画像解析技術, CATENARY EYE, 手計測機能

概要



CATENARY EYE

架線（以下、電車線）検測装置 カタナリーアイ CATENARY EYEは、当社が電車線の検測用に開発した画像処理技術を使って、カメラで撮影した電車線の画像から電車線を検測するユニークな装置である。軽量で小形の装置のため、在来線の営業車両に搭載でき、新たに専用車両を準備する必要がなく、非検測時は営業車として運用できる。営業速度による短時間での検測が行えるほか、夜間だけでなく営業時間中の検測もできるため、検測のスケジュールが組みやすくなっている。このように営業車に検測装置を搭載することで様々なメリットがあり、営業車向け検測装置の需要が高まってきている。CATENARY EYEはこの要求を見事に捉え、当社は新たに山陽電気鉄道(株)、京成電鉄(株)及び北総鉄道(株)に営業車向けの検測装置を納入した。

1 まえがき

大都市圏を中心に発達してきた電気鉄道は、安全性を確保しつつ大量輸送を行うため短間隔で列車を運行し、都市交通としての社会的役割を果たしている。また、地球温暖化が危惧される近年、排気ガスを出さず、クリーンな電気エネルギーで運用される電気鉄道は、環境に優しい交通機関として注目され、都市交通としてその重要性がますます高まっている。電気鉄道の電車線設備の保守点検は、安定した列車運行に必要不可欠であり、特に電車線は列車が走行する度にパンタグラフで摺動され摩耗する設備である。走行する列車が多いと、電車線の摩耗の進行が速くなるため、電車線は最も注意が払われる保守点検箇所となっている。

本稿では、電車線を効率的に、さらに低コストで運用できる検測装置の需要が高まりつつある中、

山陽電気鉄道(株)、京成電鉄(株)及び北総鉄道(株)に納入した営業車向け架線検測装置 カタナリーアイ CATENARY EYEについて紹介する。

2 装置の特長

CATENARY EYEは、カメラと画像解析技術を使って電車線の検測を非接触で行うユニークな方式を採用している。装置は小形軽量で、従来の検測装置では難しかった営業車両への搭載ができる。このため、検測専用車両を新たに準備する必要がなく、既に所有している営業車両の改造だけですむため、導入コストを抑えることができる。通常時は営業車両として運用でき、車両を無駄なく効率的に活用できる。

夜間だけでなく昼間の検測もできるので、検測時間の確保が容易となる。検測は車両を回送運転に

して行うが、営業ダイヤ中に営業速度で検出できるので、営業運転中の他車両の運行を乱すことなく、かつ長距離の検出を短時間で行うことができる。

検出中にカメラで撮影した映像は、解析結果として動画や静止画で確認することができる。管理値を逸脱した箇所や気になる箇所は、現場に行かなくても事務所などで電車線を映像で目視検査でき、電車線の状態を詳細に把握することができる。電車線を数値だけの診断ではなく、人間の目で総合的に診断できるため、信頼性の高い検出業務が行える。

3 装置構成

CATENARY EYEは、車両の屋根上に常設となっている屋根上装置、検出の都度、車両内に設置する車両内装置、事務所内に設置する地上装置で構成される。

屋根上装置には、電車線の高さを測定するラインセンサカメラと、偏位・摩耗を測定するラインセンサカメラの2種類が取り付けられている。高さ測定用のラインセンサカメラは、パンタグラフに向けて据え付けられ、パンタグラフ舟体部に張り付けたマーカを垂直方向にセンシングする。一方、偏位・摩耗測定用のラインセンサカメラは、垂直上向きで2台据え付けられ、1台は低い位置の電車線用で、もう1台は高い位置の電車線用となっており、2台とも枕木方向に電車線をセンシングする。また、パンタグラフとその周辺を撮影するエリアカメラ、曲線引金具を検出するセンサや各カメラ用の照明がある。非検出時は難燃性素材でできた軽量のFRP製カバーで覆い、機器を保護する。

車両内装置は、屋根上装置からのデータを車両速度とともに収集し、持ち運びの移動が可能な外付けディスク（以下、移動ディスク）に保存する。また、画面に車両の速度・走行距離・通過した電柱の番号・パンタモニタの映像をリアルタイムで表示する。

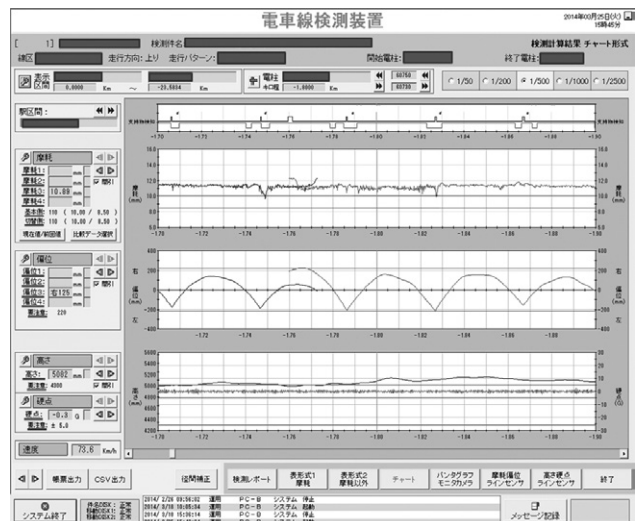
地上装置は、移動ディスクに保存されたラインセンサカメラのデータを画像処理技術で解析する。

ここで、高さ測定用ラインセンサカメラの映像からパンタグラフ舟体に貼り付けたマーカを識別し、マーカの画像上での位置から電車線の高さを求める。また、2台ある偏位・摩耗測定用ラインセンサカメラの映像から、電車線の高さに応じて使用する映像を選択する。選択した映像上で電車線摺動面を抽出し、摺動面の幅から偏位・摩耗を求める。これらの結果をキロ程をベースにして、他データとリンクさせて高さ・偏位・摩耗の検出結果を帳票画面（第1図）やチャート画面（第2図）で表示する。さらにラインセンサカメラの映像画面



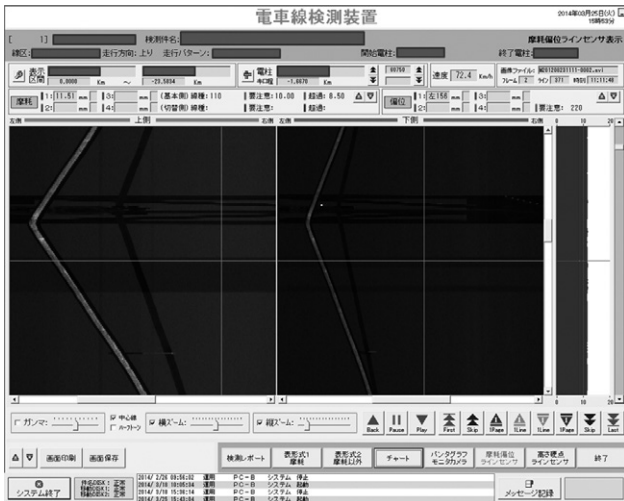
第1図 帳票画面（摩耗表示時）

高さ・偏位・摩耗・勾配の検出結果を径間ごとに集計し、また要注意となった測定値やその位置を、帳票形式で表示した画面を示す。



第2図 チャート画面

高さ・偏位・摩耗の検出結果を、走行距離をベースにして波形表示した画面を示す。



第3図 ラインセンサカメラの映像画面

偏位・摩耗測定用ラインセンサカメラで撮影した映像を示す。左側が高い位置用で、右側が低い位置用で撮影した映像である。「く」の字の白い線が電車線の摺動面である。

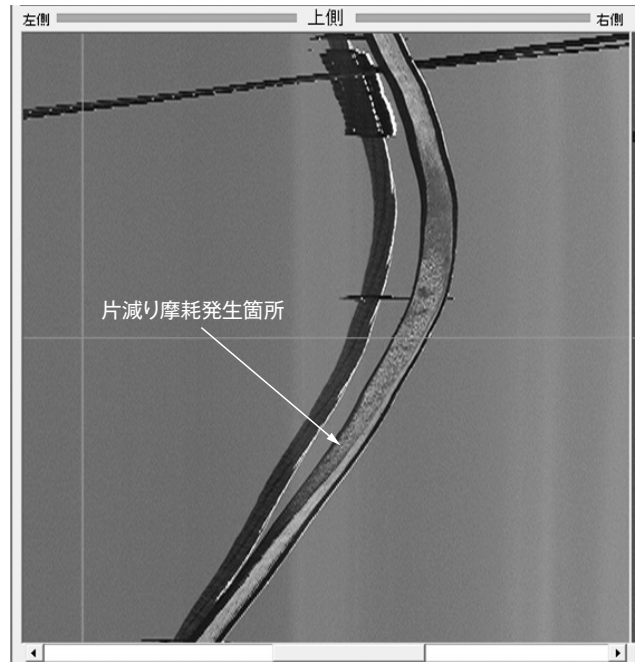
.....



第4図 パンタモニタ画面

検測中にエリアカメラで撮影したパンタグラフ及びその周辺を表示する画面を示す。

(第3図) や、パンタモニタの映像画面 (第4図) を表示し、映像の再生・停止操作ができる。これらの映像から、電車線の状態を詳細に目視検査することができ、第5図に示す偏位・摩耗測定用ラインセンサカメラの映像では、電車線の摺動面に生じた偏摩耗が捉えられている。帳票画面・チャート画面・ラインセンサカメラの映像画面・パンタモニタの映像画面は、それぞれキロ程をベースにしてリンクしているため、他の画面にジャンプするときは、元の画面と同じキロ程箇所



第5図 摺動面に生じた偏摩耗

偏位・摩耗測定用ラインセンサカメラで撮影した偏摩耗 (片減り摩耗) の映像を示す。傾斜部分がやや黒ずんで見える。

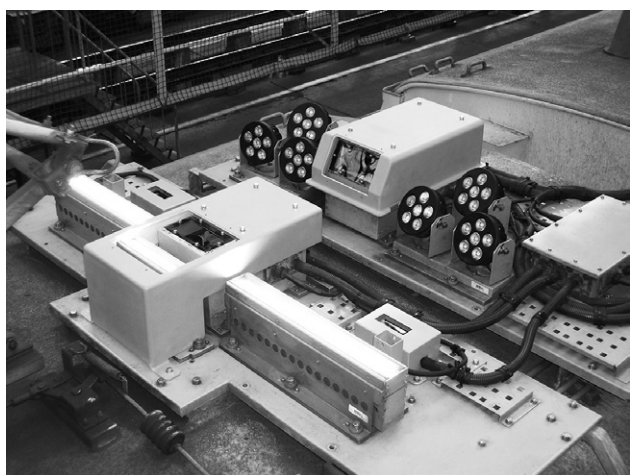
が表示される。さらに操作員が手計測機能を使い、ラインセンサカメラの映像画面上で電車線摺動面の端から端へマウスをドラッグすることで、偏位・摩耗を手計測することができる。

4 各社における CATENARY EYE

山陽電鉄(株)では、3000系3両編成の3009号車に第6図に示す屋根上装置を常設し、検測の都度、車両内装置を設置する。地上装置ではPC類が車両内装置と兼用となっており、コストの低減を図っている。第1表に検測項目を示す。検測区間は、以下のとおりである。

- (1) 本線：西代駅～山陽姫路駅 (54.7km)
- (2) 網干線：飾磨駅～山陽網干駅 (8.5km)

京成電鉄(株)では、3000形6両編成に第7図に示す屋根上装置を常設し、検測の都度、車両内装置を設置する。地上装置を2か所の電力所に配置し、保守の効率性を向上させている。第2表に検測項目を示す。また、地上装置に京成電鉄(株)独自の電車線管理システムを導入し、CATENARY EYEからの検測結果を取り込み、電車線の張り替え計



第 6 図 屋根上装置 (山陽電鉄株)

3009号車に常設している屋根上装置で、検測時の状態を示す。非検測時はFRPカバーで覆い保護する。

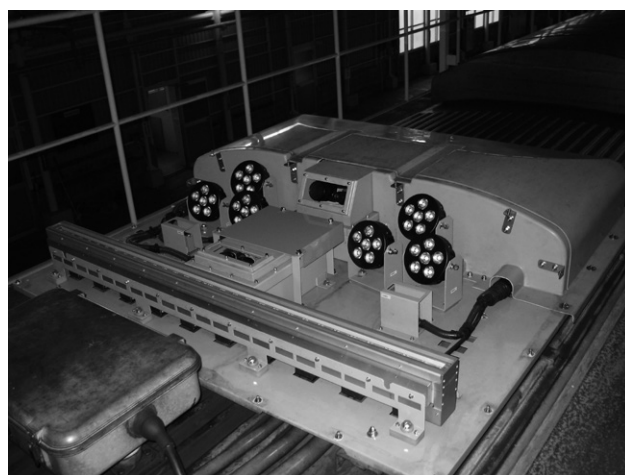
第 1 表 検測項目 (山陽電鉄株)

営業車搭載であるが、検査項目と測定精度は検測車搭載と同等となっている。

検測項目	適用センサ	出力	静的測定精度
トロリ線高さ	ラインセンサカメラ1	電車線高さ (mm) CH数: 1	± 5mm 電車線高さ範囲: 4400~5300mm基準
トロリ線偏位	ラインセンサカメラ2	電車線偏位 (mm) 最大CH数: 4	± 5mm 電車線偏位範囲: ± 250mm
トロリ線摩耗	ラインセンサカメラ2	電車線残存直径 (mm) 最大CH数: 4	0.1mm基準 サンプリング周期: 100km/hで3cm以内のピッチ
トロリ線勾配	ラインセンサカメラ1	電柱間の電車線勾配 (%)	電柱位置は走行検出器精度による
トロリ硬点	ラインセンサカメラ1	パンタグラフ鉛直方向加速度 (G)	± 0.5G 測定範囲: 30Gまで
位置情報	走行検出器	車両位置	走行検出器精度による
	支持物検知センサ	振止金具・曲線引金具位置 (キロ程)	応答時間: 500μS以下
パンタグラフ周辺モニタ	エリアカメラ	パンタグラフ周辺画像	30fps

画などの作成に役立っている。検測区間は、以下のとおりである。

- (1) 本線: 京成上野駅~成田空港駅 (69.3km)
- (2) 東成田線: 京成成田駅~東成田駅 (7.1km)
- (3) 押上線: 押上駅~青砥駅 (5.7km)



第 7 図 屋根上装置 (京成電鉄株)

3000形に常設している屋根上装置で、検測時の状態を示す。非検測時はFRPカバーで覆い保護する。

第 2 表 検測項目 (京成電鉄株)

営業車搭載であるが、検査項目と測定精度は検測車搭載と同等となっている。

検測項目	適用センサ	出力	静的測定精度
トロリ線高さ	ラインセンサカメラ1	電車線高さ (mm) CH数: 1	± 5mm 電車線高さ範囲: 1000mm基準
トロリ線偏位	ラインセンサカメラ2	電車線偏位 (mm) 最大CH数: 4	± 5mm 電車線偏位範囲: ± 300mm
トロリ線摩耗	ラインセンサカメラ2	電車線残存直径 (mm) 最大CH数: 4	0.1mm基準 サンプリング周期: 110km/hで3cm以内のピッチ
トロリ線勾配	ラインセンサカメラ1	電柱間の電車線勾配 (%)	電柱位置は走行検出器精度による
トロリ硬点	ラインセンサカメラ1	パンタグラフ鉛直方向加速度 (G)	± 0.5G 測定範囲: 30Gまで
位置情報	走行検出器	車両位置	走行検出器精度による
	支持物検知センサ	振止金具・曲線引金具位置 (キロ程)	応答時間: 500μS以下
パンタグラフ周辺モニタ	エリアカメラ	パンタグラフ周辺画像	30fps

- (4) 金町線: 京成高砂駅~京成金町駅 (2.5km)
- (5) 千葉線: 京成津田沼駅~千葉中央駅 (12.9km)
- (6) 千原線: 千葉中央駅~ちはら台駅 (10.9km)
- (7) 成田空港線: 印旛日本医大駅~空港第2ビル駅 (17.8km)

北総鉄道(株)では、CATENARY EYEを搭載した京成電鉄(株)の営業車を共同で運行して検測するため、地上装置のみの構成となっている。検測区間は、北総線の京成高砂駅～印旛日本医大駅の32.3kmである。

5 むすび

CATENARY EYEは、検測結果を数値で把握するだけでなく、撮像したカメラ映像での目視検査ができるため、お客様から高く評価をいただいている。特に電車線の摺動面でしか確認できない波状摩耗、偏摩耗、黒化現象などの電車線特有の問題を、現場に行かず事務所内で映像から見つけることができる。そのような箇所を保守点検の要注意箇所として管理でき、効率的で信頼性の高い

保守業務が行える。

今後の課題として、切り替え箇所、交差箇所における偏摩耗の測定方法の改善や、お客様からのご指摘事項について改善を進めており、継続した機能向上を図る所存である。

最後に、本装置の開発にあたり、多くのご指導とご協力をいただいた関係者の皆様に感謝の意を表する次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



坂田 宗久
Munehisa Sakata

電鉄システム事業部技術部
架線検測装置の製品開発及び技術業務に従事