

東京急行電鉄(株)納入架線検測装置

カテナリー アイ CATENARY EYE

🔊 電気鉄道, 架線検測装置, カメラ, 画像処理, 効率化

* 小柴信行 Nobuyuki Koshiba

概要

電気鉄道の安定運行に欠かせない架線の検測装置として、当社はカメラと画像解析処理技術を応用した非接触方式で高精度の架線検測装置 カテナリー アイ CATENARY EYEを製品化し、鉄道事業者へ納入を続けている。

東京急行電鉄(株) (以下、東急電鉄) は、電車線設備の状態を高速運転で昼間時間帯に測定作業を行う電気検測車を所有しているが、既設装置の老朽化に伴い更なる保守作業の効率化を目指している。当社は東急電鉄と共に従来のCATENARY EYEに改良を加え、高速運転での昼間検測を可能にする検測技術を確認し、現行電気検測車の既設装置を更新した。



当社架線検測装置を取り付けた電気検測車

1. ま え が き

東京急行電鉄(株) (以下、東急電鉄) は、電気検測車により電車線設備状態の測定作業を高速運転で昼間時間帯に行っているが、既設装置の老朽化に伴う更新計画と併せて更なる保守作業の効率化を目指している。

当社の架線検測装置 カテナリー アイ CATENARY EYEは、カメラと画像解析処理技術を応用した非接触式で高精度の検測装置であり、要注意箇所の設備状況を現地出動前に画像で視認できることでの保守業務の効率化と、汎用機器で構成するコンパクトな装置構造が特長であり、現行電気検測車の既設装置を更新し、更に新造電気検測車への移設を可能とした。

本稿では、夜間測定用であった従来のCATENARY EYEに東急電鉄と共に改良を加え、

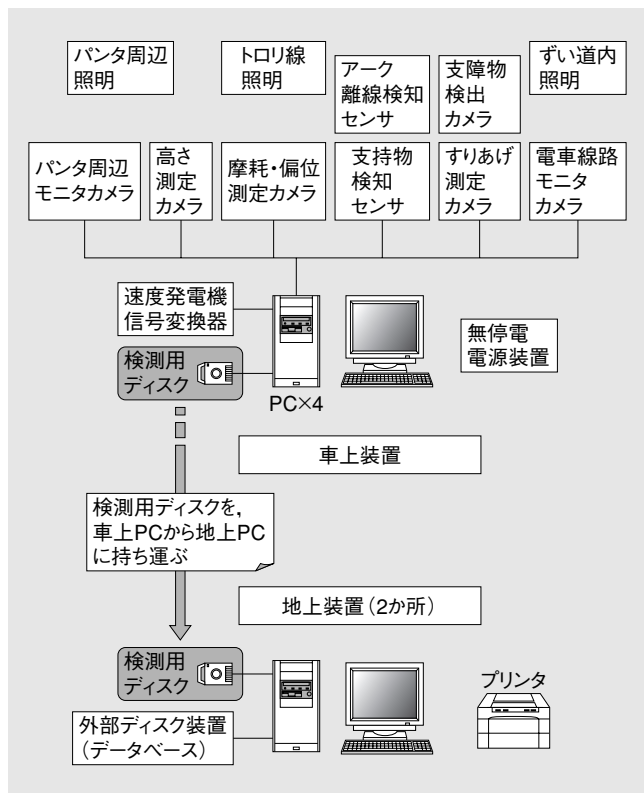
*電鉄技術部

高速運転での昼間検測を可能にした架線検測装置を東急電鉄に納入したので紹介する。

2. 装置構成

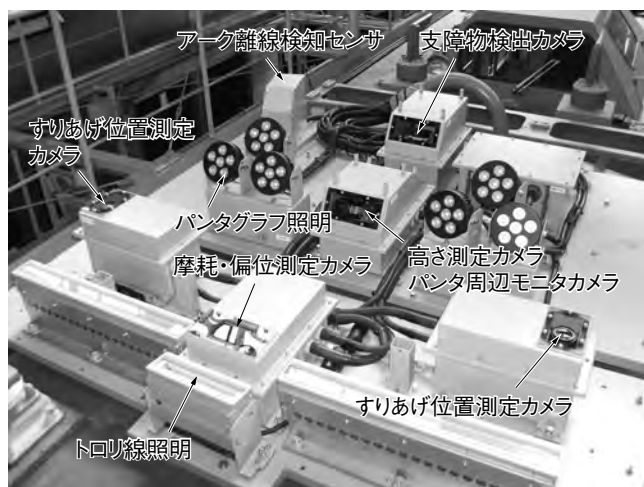
第1図に装置構成を示す。本装置は車上装置と地上装置で構成され、車上装置で収集したデータを地上装置で解析処理し、検測結果として帳票・チャート形式での画面表示・印字出力及びデータ管理を行う。

第2図に屋根上機器を、第3図に車両内機器として操作卓を示す。車両屋根上にはラインセンサカメラ (以下、LSカメラ)・CCDカメラ・照明・レーザーセンサ・紫外線センサを配置し、画像信号及び各種センサ信号を車両内の操作卓に配置する車上PCの検測用ディスクに格納する。解析は検測用ディスクを車上PCから取り出し、地上装置のPCに移動して行う。



第1図 装置概略

架線検測装置は、画像取得を行う車上装置と解析処理を行う地上装置で構成する。



第2図 屋根上機器

屋根上には、検測項目に合わせて各種カメラ・センサ及び照明を最適に配置する。

夏季の熱対策として屋根上機器はFRP製カバーで覆う。なお、検測時の省力化と取り外したカバーの置き忘れ防止として、カバーは脱着式でなくスライド開閉式とした。第4図に屋根上機器カバーを示す。

3. 装置仕様

第1表にシステム容量・機器仕様を示す。本装



第3図 車両内機器

操作卓では、諸元設定や検測実行管理及び検測中のパンタグラフ周辺や電車線路をモニターする。



第4図 屋根上機器カバー

屋根上機器をカバーで覆うが、検測時には機器部ふさがぎ板をスライドさせ開口する。

置は、カメラ及びセンサを使用し、専用の測定用パンタグラフを使用しない非接触式の架線検測装置である。

3.1 車上装置

車上装置は、以下の通りである。

- (1) 高さ測定用LSカメラ 屋根上からパンタグラフ方向に設置して、パンタグラフに取り付けたパンタグラフマーカを鉛直方向に走査し撮像する。
- (2) 摩耗・偏位測定用LSカメラ 屋根上から鉛直方向に設置してトロリ線を枕木方向に走査し撮像する。

- (3) 照明 保守が容易で省電力なLED照明を採用した。パンタグラフ用照明はパンタグラフの舟体全体を照らし、トロリ線用照明は鉛直方向にトロリ線の摺動面を照らす。ずい道内照明は、電車



第1表 システム容量・機器仕様

検測条件及び検測設備・項目に合わせて、最適なシステム容量・機器仕様を決定する。

(1) システム容量

項目	内容
年間の検測行程数	6行程
検測件名データ保存期間	3年
1線区あたりの電柱最大本数	10,000本
1検測あたりの最大距離	40km
移動用ディスク内の撮像可能件数	100件

(2) 機器仕様

項目	内容	項目	内容
高さ測定用カメラ	LSカメラ	車上PC-A1	高さ測定、摩耗・偏位測定 位置情報
台数	1	メモリ容量	2.0GB
1台の画素数	7450×1	OSディスク容量	20.0GB
入力周期	1000Hz	アプリケーションディスク容量	100.0MB以上
摩耗・偏位測定用カメラ	LSカメラ	移動用ディスク1容量	1.0TB以上
台数	2	車上PC-A2	すりあげ測定、支障物検知
1台の画素数	7450×1	メモリ容量	2.0GB
入力周期	1000Hz	OSディスク容量	20.0GB
すりあげ測定用カメラ	LSカメラ	アプリケーションディスク容量	100.0MB以上
カメラ台数	2	移動用ディスク2容量	1.0TB以上
1台の画素数	7450×1	車上PC-A3	アーク離線検知 パンタグラフ周辺モニタ
入力周期	1000Hz	メモリ容量	2.0GB
支障物検出用カメラ	CCDカメラ	OSディスク容量	20.0GB
台数	2	アプリケーションディスク容量	100.0MB以上
1台の画素数	640×480	移動用ディスク3容量	120.0GB以上
入力周期	トリガ	車上PC-A4	電車線路モニタ
パンタグラフ周辺モニタ用カメラ	CCDカメラ	メモリ容量	2.0GB
台数	1	OSディスク容量	20.0GB
1台の画素数	640×480	アプリケーションディスク容量	100.0MB以上
入力周期	30fps	移動用ディスク4容量	120.0GB以上
電車線路モニタ用カメラ	CCDカメラ	地上PC-B	画像解析処理、解析結果管理
台数	1	メモリ容量	3.0GB
1台の画素数	640×480	OS&システムディスク容量	20.0GB
入力周期	30fps	アプリケーションディスク容量	3.0GB以上
アーク離線検知用センサ	紫外線可視光、変換式センサ	データベースディスク容量	1.5TB以上
台数	2		
干渉フィルタ	200~240nm		
入力周期	2000Hz		

線路モニタ用にずい道内天井部を照らす。

(4) 支持物検知センサ 振止金具及び曲線引金具検出を目的としてパンタグラフ下の左右に設置し、屋根上からの一定高さ範囲の構造物に反応して検出信号を出力する。検出信号は、支障物検出用カメラのシャッターを切ると共に車上PCに通知し、地上PCでの解析時の位置補正に使用する。

(5) 速度発電機信号変換器 走行中の車軸回転をパルス数で入力して車両走行位置情報に変換する。

(6) アーク離線検知センサ 離線時のアーク光を検出する。

(7) すりあげ位置測定用LSカメラ 屋根上両端から鉛直方向に設置して枕木方向に走査し、わたり線を撮像する。地上PCで、パンタグラフ高さの軌跡からすりあげ位置を求める。

(8) 支障物検出用CCDカメラ 支持物センサの検出トリガ信号でパンタグラフ全体を撮像する。地上PCで、パンタグラフの特定範囲に抵触する支



持金具を支障物として検出する。

(9) パンタグラフ周辺モニタ用CCDカメラ パンタグラフ方向に設置し、パンタグラフ全体を連続撮像する。

(10) 電車線路モニタ用CCDカメラ 運転席上に設置し、電車線路を連続撮像する。

(11) 車上PC 上記の画像信号及び各種センサ信号を検測用ディスクへ時系列に格納する。測定完了後、車上PCから検測用ディスクを取り外し、地上PCに移動して解析を行う。

3.2 地上装置

地上装置は線区を管轄する2か所の電力区事務所に配置され、架線検測データを管理する。

車上PCから取り出した検測用ディスクを地上PCに取り付け、画像解析処理を実行する。解析結果は外部ディスク装置に保存され、チャート・帳票などで出力する。また解析結果は、事後処理用にCSV形式での出力やUSBメモリへの保存ができる。

第2表 検測項目

専用の測定用パンタグラフを必要とせず、各種カメラ・センサにより非接触で検測する。

検測項目	適用センサ	出力	静的測定精度
トロリ線高さ	LSカメラ	トロリ線高さ CH数：1	±5mm@4400 ~5400mm
トロリ線偏位	LSカメラ	トロリ線偏位 CH数：4	±5mm @±250mm
トロリ線摩耗	LSカメラ	トロリ線摩耗 CH数：4	0.1mm基準 30mm間隔 @110km/h
トロリ線勾配	LSカメラ	電柱間のトロリ線勾配(%)	
トロリ硬点	LSカメラ	パンタグラフ鉛直方向 加速度	~30G
位置情報	車軸パルス カウンタ	車両位置、走行速度	車軸パルス発生器による
	レーザセンサ	振止・曲線引金具位置	
アーク離線	紫外線 センサ	アーク発生位置・時間	1ms以上継続 のアーク
すりあげ位置	LSカメラ	トロリ線のパンタグラフ ホーン接触位置・高さ	
支障物	CCDカメラ	パンタグラフホーン特定 範囲内の支持金具有無	
パンタグラフ周辺モニタ	CCDカメラ	車両走行時のパンタグラフ 周辺連続画像表示及び記録	30Hz
電車線路モニタ	CCDカメラ	車両走行時の路線の連続 画像表示及び記録 撮像データから装柱画像 切り出し	30Hz

注. 専用の測定用パンタグラフは不要

4. 検測項目

検測線区は東急・みなとみらい線（世田谷線を除く）とし、明かり／トンネル区間のカテナリ／剛体ちょう架式トロリ線（GT110/GT150/GTM170）を検測対象とする。第2表に検測項目を示す。なお、電車線設備への照明光の反射防止対策などは不要である。

電柱番号・径間値・径間情報・トロリ線種などの線路条件は、設備データとして事前定義しておく。

5. 解析結果表示画面

第3表に各解析結果画面及び概要を示す。各画面は集計内容に特化した構成とし、更に相互遷移可能とすることで操作性を高めた。表形式集計画面

第3表 検測結果出力画面

各画面は相互遷移が可能で、任意の地点のデータを表形式／チャート形式／画像で確認できる。

名称	概要
検測レポート画面	検測時の状況や条件を記録した諸元、検測結果データの要注意箇所数／不良箇所数を表示及び帳票印刷する。
撮像時メッセージ記録画面	検測用車両での撮像時に記録したメッセージを一覧表示及び帳票印刷する。
表形式集計画面(摩耗)	摩耗残存直径の結果データを表形式に編集して一覧表示及び帳票印刷する。
要注意箇所一覧画面(摩耗)	電柱間隔／ハンガ間隔で集計する。
不良箇所一覧画面(摩耗)	
表形式集計画面(摩耗以外)	摩耗残存直径以外の検測計算項目の結果データを表形式に編集して一覧表示及び帳票印刷する。
要注意箇所一覧画面(摩耗以外)	電柱間隔で集計する。
	再測定項目(摩耗以外)の編集と帳票印刷を行う。
チャート形式画面	各検測結果データを、横軸をキロ程としたチャート形式に編集して表示及び帳票印刷する。
	モード切り替えにより、過去の摩耗残存直径の結果データを重ね合わせ表示する。
	再測定項目(摩耗)の編集と帳票印刷を行う。
	検測時の車輪空転・滑走による径間距離のズレ補正を行う。
パンタグラフ周辺モニタ画面	パンタグラフ周辺モニタ画像を表示・再生すると共に、各検測結果データを画像とリンクして表示する。支障物有無の登録・解除を行う。すりあげ位置異常の登録・解除を行う。
摩耗偏位ラインセンサ画面	摩耗偏位ラインセンサ画像を表示・再生する。
	モード切り替えにより解析結果を重ね合わせ表示する。
高さ硬点ラインセンサ画面	高さ硬点ラインセンサ画像を表示・再生する。
	モード切り替えにより解析結果を重ね合わせ表示する。

注. 上記画面は相互遷移可能



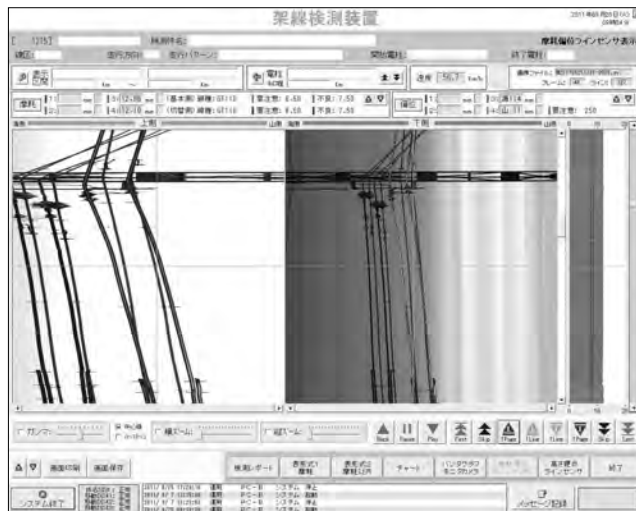
第5図 表形式集計画面 (例：摩耗)
各検測項目に特化した集計方法で検測結果を表形式に集計して表示する。



第7図 パンタグラフ周辺モニタ画像
パンタグラフ周辺モニタ画像を検測結果と共に表示・再生する。



第6図 チャート形式集計画面
検測結果をチャート形式に集計して表示すると共に指定箇所の測定結果を数値で表示する。



第8図 トロリ線摩耗画像
トロリ線の摺動面画像を検測結果と共に表示・再生する。

面(第5図)及びチャート形式集計画面(第6図)は画像データとリンクしているため、指定箇所からその場所のパンタグラフ周辺モニタ画像(第7図)やトロリ線摩耗画像(第8図)などを直接見ることができ、数値と併せて実画像による設備状況の確認ができる。

また、画像表示画面では実画像をより分かりやすくするために、画像の縦横ズーム・画像全体の明るさを調整するレベル補正機能を備えており、トロリ線のみではなくちょう架線・がいし・支持金具などの設備も画像で見ることができる。

要注意箇所一覧及び不良箇所一覧は、事前に定義した管理値を超えた箇所のみを抽出して一覧表

に編集する。
検測結果について現地での再測定(手測定)が必要な場合には、表形式集計画面又はチャート形式集計画面で指示した箇所を再測定用紙に編集して、プリンタに印字出力する。

6. 電車線路モニタ装置

電車線路モニタ装置は架線検測装置と並び、電車線検測システムの一部として、画像データによる装柱設備台帳管理を目的とする。

電気検測車に配置した電車線路モニタ装置により、検測走行中に電車線路を自動撮影し、架線検測装置の地上PCで装柱画像の切り出し及び画像



第9図 装柱画像表示画面

電車線路モニタ画像の再生・装柱画像の切り出し及び装柱画像を表示する。

データの保存を行う。

6.1 電車線路撮像

電車線路モニタ装置は、架線検測装置の検測走行パターンと連動して電車線路を自動撮影し、検測用ディスクに保存する。

6.2 装柱画像表示

第9図に装柱画像表示画面を示す。架線検測装置と同じく、撮像データは検測用ディスクから電力区事務所に設置される架線検測装置の地上PCで、撮像データの再生、JPG形式での装柱画像切り出し、及び保存を行う。

7. む す び

本稿で紹介した架線検測装置は、現行電気検測車の既設検測装置を更新し、定期的な検測走行を確実にこなしており、来年に予定する新造電気検測車への載せ替え計画も着実に進んでいる。

また昼間の撮像データは、トロリ線摺動面だけでなく架線金具などの状態を確認でき、今後の保守作業の効率化を期待されている。

最後に、本装置の実用化にあたって多くのご指導・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》



小柴信行 Nobuyuki Koshiba

電気鉄道システムのIT製品及びシステムのエンジニアリング業務に従事