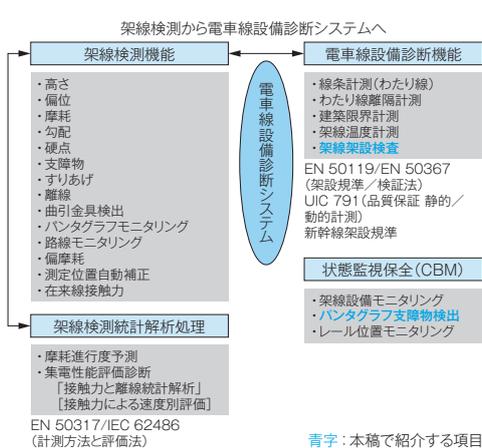


電車線設備診断装置

田林精二 Seiji Tabayashi

キーワード 架設基準、離線、パンタグラフ支障物、三角測量

概要



電車線設備診断概要図

電気鉄道は、利便性向上を目的に大きな技術進歩をしてきており、大量輸送を担う重要なインフラ設備である。電気を安定して供給するための架線設備は、長寿命化はもとより良好な集電品質も求められている。そのため、架線設備は速度別の架設基準を基に設置されているが、車両速度の向上や運行数の増加に伴い、架線の架設状態は変化することが想定される。架線の架設状態の変化を診断するための非接触方式で高精度の架線架設検査装置を開発し、鉄道事業者へ納入してきた。また、パンタグラフの衝突事故が度々発生し、その原因が特定できないケースが多いと言われている。パンタグラフ支障物検出装置は、パンタグラフ舟体に他の物体が異常接近している状態をリアルタイムに検出し、衝突を未然に防止する。

1 まえがき

電気を供給するための架線設備は、電気鉄道の重要な設備の一つであり、鉄道の安定運用のため長寿命化はもとより良好な集電品質も求められている。集電品質は、パンタグラフと架線間の電気的な離線（アーク離線率）とパンタグラフの接触力から評価される。パンタグラフが離線する要因の一つとして架線の架設状態の異常があり、車両の高速化によって離線率が大きく上昇することが判明している。架設基準は、車両の最高速度に準じて制定され、実路線での架設状態を定期的に診断する装置が必要となる。

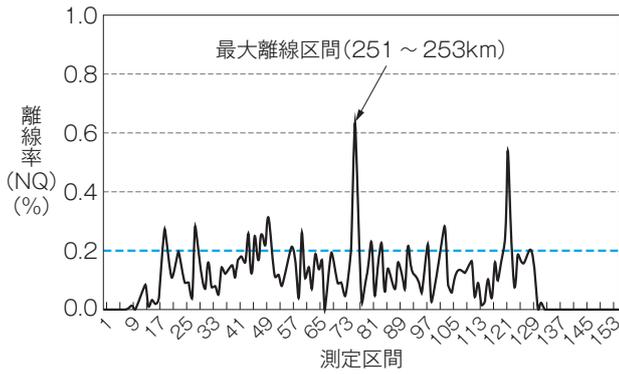
一方、パンタグラフ周辺設備の脱落や飛来物が架線に付着して車両運行に支障を来すことがある。車両走行中にパンタグラフ周辺の支障物を検出するパンタグラフ支障物検出装置は、事故を未然に防止す

るため、営業車に搭載して常時モニタリングを行う。本稿では、電車線設備の診断装置の架線架設検査装置とパンタグラフ支障物検出装置を紹介する。

2 架線架設検査装置

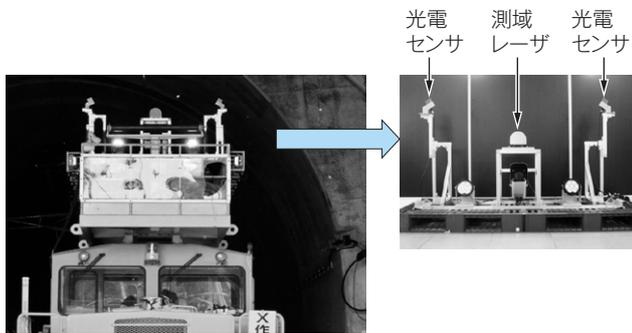
2.1 背景

集電品質を評価する基準は国際規格 IEC 62486 で定められ、電気的な離線率（アーク離線）又はパンタグラフの接触力計測による機械的な離線（最小接触力が0以下）のいずれかを適用することが規定されている。一般的には、離線率を適用する方法が計測装置を小形化できることから採用されることが多い。第1図に離線率集計グラフを示す。アーク離線率0.2%以上（アークの発生時間と走行時間の比率）の区間が集電状態として良好ではない箇所、架線の架設状態を検査する必要がある。



第1図 離線率集計グラフ

270km/h走行での離線率を集計したグラフを示す。離線率が0.2%以上の箇所(青い点線)は、集電状態が良好でないことを示している。



第2図 架設検査装置

架設検査装置を新幹線用保守車両に搭載している。(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構車両)

2.2 架設検査装置仕様

2.2.1 装置概要

(1) 保守用車両に搭載 搭載方式は、保守用車の作業台に搭載し作業台の手すりを使い固定する。作業用架台は他の作業にも使用するため、測定終了後に取り外しできる移動形装置とした。第2図に架設検査装置の外観を示す。

(2) 静的計測 測域レーザで架線の高さや偏位を高精度かつ静的に計測する。

(3) 支持物の検出(支持点検出・ハンガ位置検出) 架設基準を計測するために、架線を支持している箇所(曲引き金具)とハンガ位置を光電センサで検出し、その個所の架線高さ・偏位を正確に把握する。

(4) オーバラップ箇所の高低差測定 本線と切り替え線の高低差を計測し、基準値内であることを確認する。

第1表 架設検査装置仕様

装置の各センサと計測項目を示す。

装置名	台数	計測項目
測域センサ	1台	測定周波数: 25Hz, 角度分解能: 0.166° 架線高さ・偏位計測
光電センサ	2台	曲振り金具・ハンガの位置検出 検出速度: 500μs
照明	1式	丸形照明 架線モニタリング用
車上PC	1台	PC・画像ボード・保存用SSD (Solid State Drive)・MS-Windows関連ソフト・撮像用S/W・解析S/W
速度センサ	1台	車軸センサ又はレーザドップラ形 精度0.2%以内 測定位置計測
UPS	1台	1kVA (AC100V)
調整用治具	1式	キャリブレーションほか

第2表 架設基準 (IEC規格)

IEC規格で制定されている架設基準を示す。

項目	車両最高速度 250km/h以上
径間内の第1ハンガと最終ハンガ位置の架線高さの差	± 30mm
支持点隣接ハンガ位置の架線高さの差	± 10mm
1径間の支持点箇所の架線高さの差	20mm
ハンガ間の架線高さの差	10mm
オーバラップ箇所の架線高さ	± 10mm
曲引きの偏位	± 30mm
径間勾配	0.6%

(5) 測定位置捕捉 測定位置の計測は、高精度のレーザドップラ装置の使用を定位とするが、設置上の制約がある場合には、車軸センサによる速度信号を使用する。

2.2.2 装置詳細仕様

第1表に架設検査装置の仕様を示す。

2.2.3 架設基準

架線構造の設置状況を診断する基準の事例を紹介する。第2表に架設基準 (IEC規格) の例を、第3表に架設基準 (新幹線指針) の例を示す。いずれも架線敷設に関する設置基準で、異常個所の架線構造を診断する項目である。

2.2.4 測定精度及び測定結果例

本装置での測定精度は、前述の架設基準に適合す

る精度が必要で、測定用レーザセンサ固有の距離別性能を向上するため、特殊なキャリブレーションによる補完処理を行い、高い精度を達成している。また、工場内での精度検証を基に、実車で精度評価を行った。第4表に測定精度検証結果を示す。検証試験は実路線で行い、電柱位置の架線高さを直接計測した測定値と本装置で計測した測定値を比較し、平均誤差0.36mmの結果を得た。

第3図に測定結果事例を示す。新幹線の架線敷設後に計測したチャート図で、オーバーラップ箇所の本線と切り替え線の高低差と偏位及び支持点位置で

第3表 架設基準 (新幹線指針)

日本国内の新幹線を対象とした320km/hでの架設基準を示す。

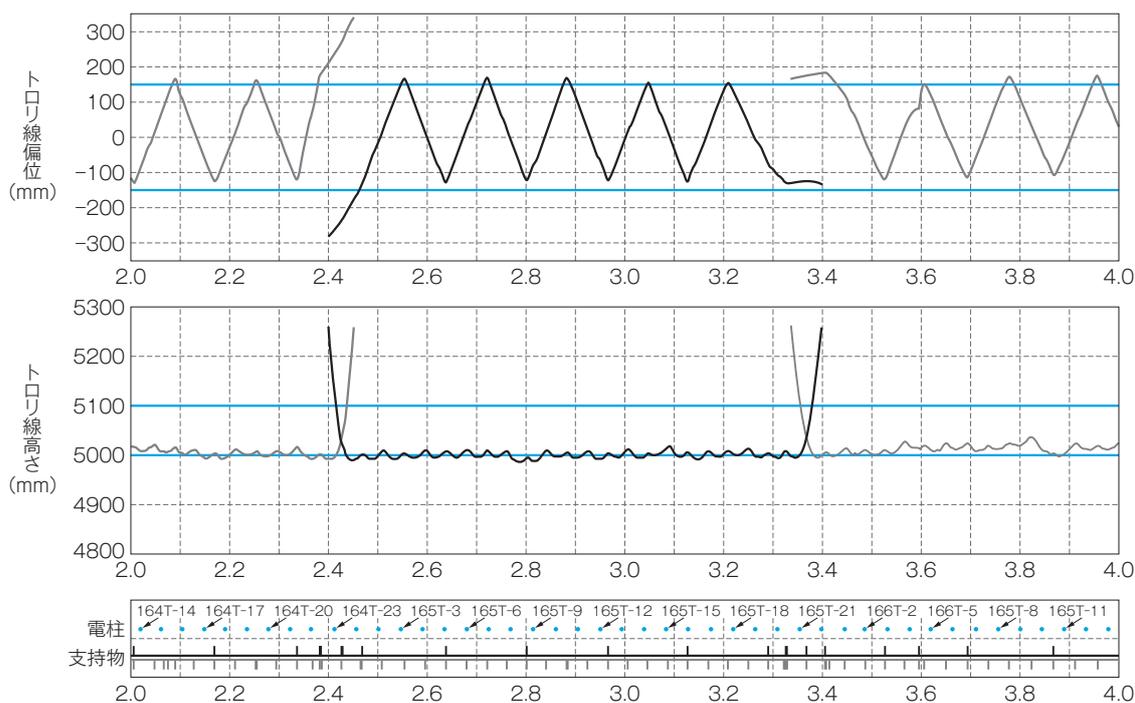
項目	車両最高速度 320km/h	記事 (50m径間)
支持点基線勾配	± 1.0%	支持点隣接ハンガ点高さの差 5mm
支持点曲率 (支持点 基線高さの差)	± 4mm	支持点基線からの高さの差
サグ量	20mm	
径間勾配差	± 1.0%	隣接する径間勾配の差
径間勾配	± 0.5%	隣接する支持点高さの差 ± 25mm

の架線高さの変動が分かる。架設基準との評価は、本チャートに記録されている高さ・偏位・支持点箇所の高さ・ハンガ箇所の高さデータを基に実施される。

第4表 測定精度検証結果

検査装置の測定精度検証を実施した結果を示す。

電柱番号	お客様	測定結果		差分 (A-B) (mm)
	距離 (m)	高さ (A) (mm)	高さ (B) (mm)	
170-21	10.25	5058.21	5060	-1.79
170-23	59	5055.89	5057	-1.11
170-25	107.65	5055.73	5055	0.73
170-27	155.55	5056.38	5057	-0.62
170-29	205.85	5057.12	5059	-1.88
170-31	254.6	5056.91	5057	-0.09
170-35	353.25	5056.94	5057	-0.06
170-37	402.95	5055.83	5055	0.83
171-1	451.9	5055.05	5058	-2.95
171-3	496.5	5055.75	5054	1.75
171-5	541.65	5058.03	5058	0.03
171-7	591.7	5055.37	5057	-1.63
171-9	641.7	5058.31	5059	-0.69
171-11	695.75	5055.38	5053	2.38
			平均差分	-0.36



第3図 測定結果事例

架設検査装置で測定したチャート図を示す。オーバーラップ箇所の高低差、支持点位置での高さが分かる。

3 パンタグラフ支障物検出装置

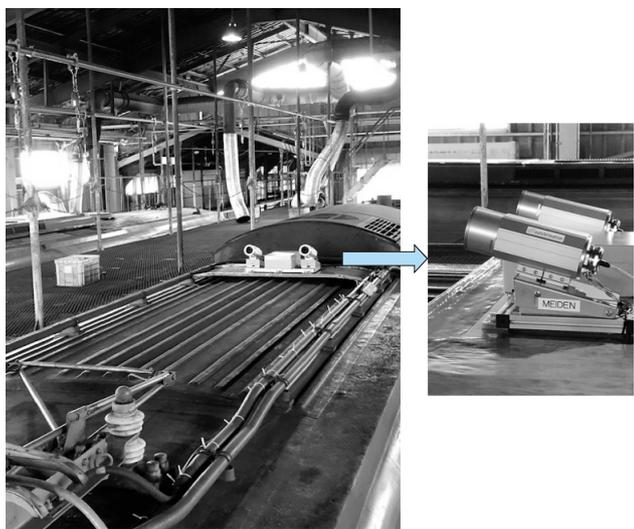
3.1 背景

電気鉄道の動力源である架線とパンタグラフは、常時安定した接触状態を維持することが求められるが、パンタグラフ周辺の設備の異常や架線に付着する飛来物・氷などの異物と衝突する危険がある。本装置は、パンタグラフ周辺の異物を常時監視し、リアルタイムに異常を検出・通報する。また、支障物をより早く検出できるように、走行回数が多い営業車に搭載することを推奨している。

3.2 仕様

3.2.1 装置概要

- (1) 営業車への搭載 カメラ2台と照明2台で構成する設備を営業車のパンタグラフ周辺に設置する。運転中は、ドライブレコーダのように常時監視を行う。また、架線検出装置 カテナリーアイ CATENARY EYE と連携して使用でき、車両位置などのデータを共有化することで効率的に運用できる。
- (2) 異常検出方式 パンタグラフの上部に異常検出用のゲージを仮想的に用意し、その中に混入している異物を検出する。検出方式は、2台のカメラによる三角測量方式を採用した。第5図にパンタグラフ支障物検出用ゲージを示す。



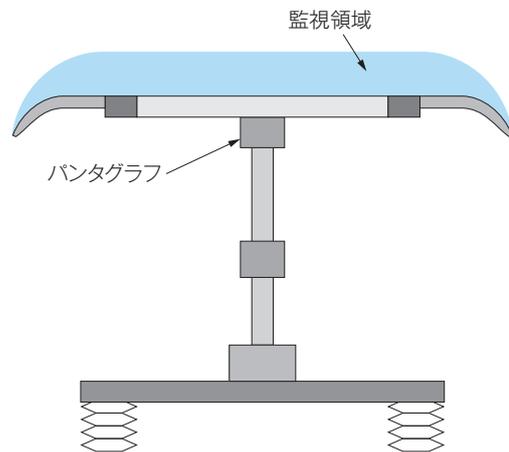
第4図 パンタグラフ支障物検出装置 搭載事例

営業車に搭載した屋根上装置の事例を示す。(四国旅客鉄道(株)営業車)

- (3) 検出範囲 車両速度120km/hまでリアルタイムの検出ができ、パンタグラフ位置からカメラまでの空間上の範囲をフレームレート10Hzで計測する。
- (4) 異常検出時の通報 異常検出した画像（パンタグラフ周辺画像）に車両情報（搭載営業車）と検出時間をインポーズし、4G回線などの通信手段を用いて保守基地に通報する。

3.2.2 装置構成仕様

第5表に本装置の仕様を示す。主要な設備は、屋根上のカメラ2台と照明、車両内装置はパソコン(PC) 1台、無停電電源装置 (UPS) である。



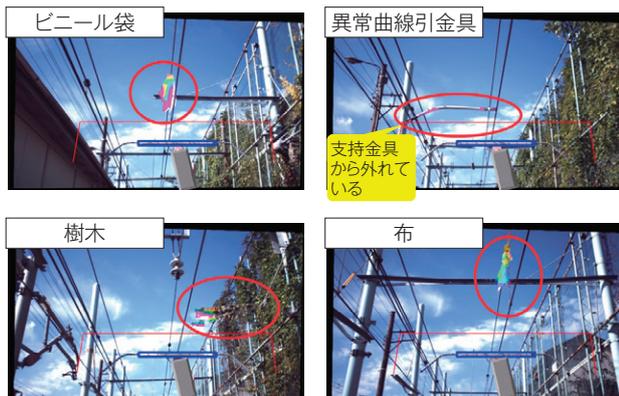
第5図 パンタグラフ支障物検出用ゲージ

パンタグラフ上部の支障物検査用ゲージは、パンタグラフの上下動に追従する。

第5表 パンタグラフ支障物検出装置仕様

パンタグラフ支障物検査装置の装置仕様を示す。

装置名	数量	計測項目
エリアカメラ	2台	測定周波数：10Hz ピクセル数：1936×1216
カメラカバー	2セット	IP67
照明	一式	丸形照明
車上PC	1台	PC・画像ボード・保存用SSD・MS-Windows関連ソフト・撮像用S/W・解析S/W
速度センサ GPSセンサ	1台	速度発電機I/F又はレーザドップラ形センサ・GPSセンサ（本項目は、お客様要求仕様によって選択）
UPS	1台	1kVA (AC100V)
4Gルータ	1台	通報用



第6図 パンタグラフ支障物検出事例

パンタグラフ支障物の実物を架線に設置して異常検出の検証を行った。
 (公財)鉄道総合技術研究所共同研究実施中 実験線による検証)

3.2.3 試験結果例

第6図にパンタグラフ支障物検出の事例を示す。試験車両の走行中に試験用に用意した異常物を検出した画像である。曲線引金具の事例は、支持金具が外れた異常を模擬したものである。

4 むすび

電車線設備診断技術の中から、架設検査装置とパンタグラフ支障物検出装置を紹介した。架設検査装置は(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構に納入し、北陸新幹線の架線敷設後の検査に使用した。また、パンタグラフ支障物検出の技術開発に際し、(公財)鉄道総合技術研究所で異常検出の試験走行を実施し、更に四国旅客鉄道(株)の営業車に搭載して実路線での走行試験を行った。

最後に、多大なるご協力及びご指導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。

- ・MS, Windowsは、米国Microsoft Corp.の登録商標である。
- ・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》



田林 精二
Seiji Tabayashi

電鉄システム事業部技術部
 架線検測装置に関するエンジニアリング業務及び研究開発
 推進に従事