

## 架線相互離隔測定装置の開発



岩井中 篤史\* 佐藤 裕樹\*\* 尋田 伸幸\*

従来までの新幹線電気軌道総合試験車（通称ドクターイエロー）の測定項目は、トロリ線摩耗、トロリ線高さ、トロリ線偏位、トロリ線勾配、硬点、パンタ衝撃、離線であったが、オーバーラップ箇所とわたり線箇所については、測定をしていなかった。今回、電気軌道総合試験車が走行しながらオーバーラップ箇所とわたり線箇所のトロリ線位置、ならびにオーバーラップ箇所の碍子位置を自動測定する装置を開発した。なお本装置は、新型電気軌道総合試験車（通称イーストアイ）に搭載されている。

**キーワード：**トロリ線、架線相互離隔測定装置、電気軌道総合試験車、自動測定

### 1 はじめに

従来までの新幹線電気軌道総合試験車（通称ドクターイエロー）は、電車線設備の中で架線構成が複雑なオーバーラップ箇所とわたり線箇所を測定することができなかった。これは電気軌道総合試験車を建造した当時は、まだ画像処理技術が進歩していなかったためであり、オーバーラップ箇所とわたり線箇所の電車線設備の検査は、電力社員の手により夜間帯に停電にて行っていた。

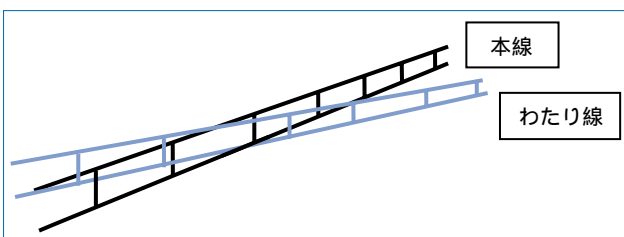


図1：わたり線箇所

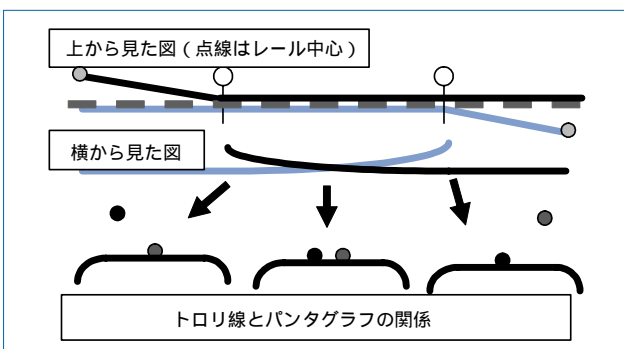


図2：オーバーラップ箇所

今回、レーザー光を利用した距離測定技術と画像処理技術を用いて、走行しながらトロリ線位置とオーバーラップ箇所の碍子位置を非接触にて自動測定する装置を開発したので紹介する。

### 2 測定装置の構成と測定原理

#### 2.1 装置構成

開発した「架線相互離隔測定装置」は、トロリ線及び碍子の検出を行う検出部、検出部からの検出信号をトロリ線の高さと偏位及び碍子の高さに演算処理して出力する信号処理部、検出部のレーザー出力とレーザー波長が変動しないように制御しながら電源を供給する制御部、およびデータ記録部から構成される。（図3参照）

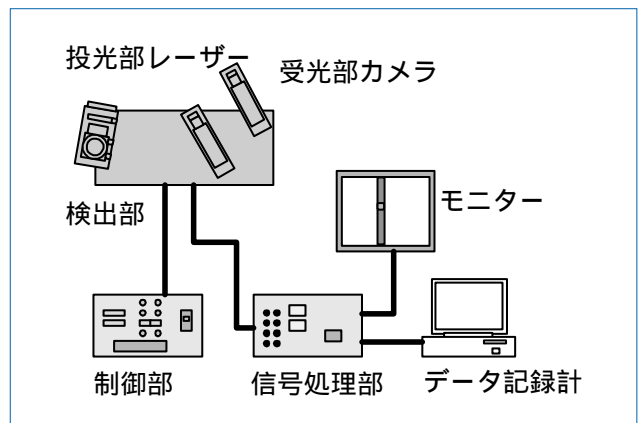


図3：架線離隔測定装置構成

## 2.2 装置の測定原理

検出部は、投光部と受光部に分かれ、投光部は、光源に半導体レーザーを使い、仮想対象物をレール面上の高さ4,780mmに位置に設定して角度82°でレーザーの帯状光を照射する。任意の高さにあるトロリ線は、レーザーの照射が当たった箇所だけが光って見える。ここで、レーザーがあたっている部分を含んだトロリ線を受光部のCCDカメラで撮影すると、モニター画面上には、レーザーが当たって光っている部分を含んだトロリ線部分と雲を含めたそのときの天空の状態が、そのまま映像として映し出される。

撮影された画像に対し二値化処理を行い、トロリ線のうち、レーザーが当たって光っている部分のみが抽出される。ただし、ここでは、この抽出された部分は、トロリ線、ちょう架線及びハンガ、曲線引金具などの金具類も依然として含まれている。

次に、このデータに対しパターン処理などの画像信号処理を行うことで、トロリ線信号を抽出し、トロリ線及び碍子の位置を測定する。(図4参照)

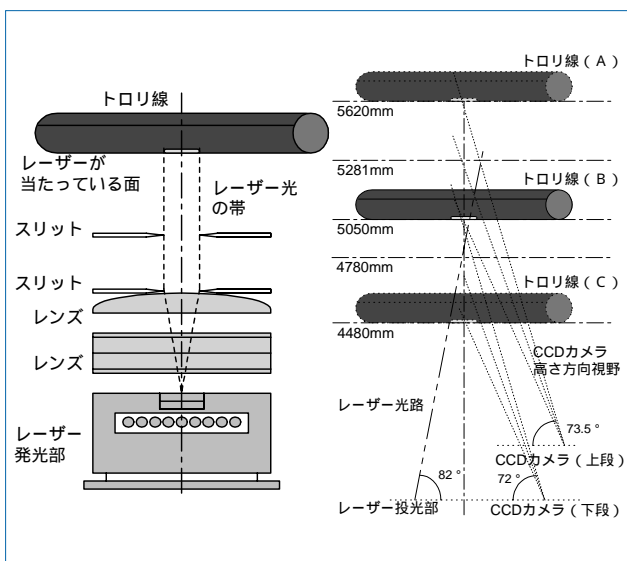


図4：レーザー投光部・光路およびカメラ視野

## 3 装置の目標

装置の目標レベルは、現行の人手による測定精度並みということで、次のとおりとした。

- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| (1) 高さ方向測定範囲    | 4800～5600mm |
| (2) トロリ線高低差測定精度 | ±10mm以内     |
| (3) トロリ線偏位量測定精度 | ±20mm以内     |
| (4) 測定可能速度      | 275km/h以下   |

## 4 在来線用測定装置での高速走行試験

新幹線用架線測定装置の開発に先立ち、先に開発した  
在来線用測定装置で高速で移動するトロリ線をどの程度  
検出できるか確認のための走行試験を実施した。図5に  
車上に装置を仮設した状況を示す。

### 4.1 走行試験行程

- ・1999年6月25日～29日  
仙台総合車両所構内で装置仮設及び調整
- ・1999年6月30日、7月1日  
東北新幹線仙台～北上間で走行試験

### 4.2 試験車両と速度

- ・試験車両 925系電車(電気軌道総合試験車)
- ・試験速度 210km/h



図5：装置仮設状況

## 5 走行試験結果

### 5.1 トロリ線の検出信号強度

トロリ線の検出信号を摺面がある部分とない部分とに分けて調べた結果は、表1の示すとおりである。

表1：検出信号強度

種別	信号強度(V)
摺面あり	1.3
摺面なし	0.9～1.3

### 5.2 オーバーラップ箇所のトロリ線検出

速度210km/hにおいて、オーバーラップ箇所のトロリ線検出信号強度は、表1でも示したように十分な値であった。このことから、トロリ線の検出は、速度275km/hにおいても可能であることが推定された。問題点としては、摺面がある部分と摺面がない部分とで検出信号強度の差が大きすぎることであった。このことは、後で、受光部CCDカメラの絞りを決定する際に重要となった。

### 5.3 わたり線箇所のトリ線検出

わたり線箇所におけるトリ線検出は、200～210km/hの速度において、検出することができなかった。これは、わたり線を構成する側線側トリ線の偏位の移動量が、本線側トリ線と比べ非常に大きいことから、高速で走行すると検出画像が横方向に流れてしまい、検出信号も横長となってしまうのでトリ線と判断できずにノイズと判断されてしまうためであった。画像処理での対策を考えたが、処理に使用している条件等を変更してしまうと本来除去しなくてはならない金具類等のノイズまで拾う可能性があるため、他の方法を検討する必要があった。(図6)

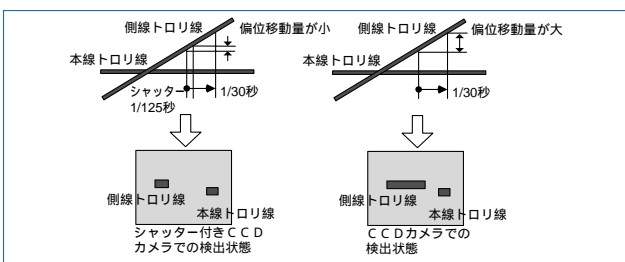


図6：わたり線箇所トリ線検出

### 5.4 オーバーラップ箇所の碍子検出

碍子は、200～210km/hの速度では検出することができなかった。これは、碍子部分の受光量が少なすぎるため、二値化処理後においても、除去されるべき天空の雲が残っているためと考えられた。

この対策として、カメラの絞りをあけることで受光量を大きくすることは可能であるが、逆にトリ線照射面の輝点が大きくなりトリ線検出が難しくなるので検討が必要であった。

## 6 新幹線用架線相互離隔測定装置の開発

在来線用架線相互離隔測定装置での走行試験結果をもとに、次のような対策を施し、新幹線用架線離隔測定装置を開発した。

### 6.1 新幹線対応装置への対策

- (1) わたり線箇所の側線側トリ線検出のため、電子シャッター機能付きCCDカメラを使用することとした。
- (2) オーバーラップ箇所の碍子検出のため、レーザー照射を約1.5倍にした。

### 6.2 仕様

- (1) 投光部
  - ・種類 半導体レーザー (InGaAs)

- ・波長940nm

### (2) 受光部

上段側CCDカメラ

- ・撮像部 CCDカメラ
- ・走査面積 6.5 (H) × 4.85 (V) mm
- ・最低被写体照度 0.8ルクス

下段側CCDカメラ

- ・撮像部 インターライン方式CCDカメラ
- ・走査面積 6.45 (H) × 4.84 (V) mm
- ・最低被写体照度 0.5ルクス
- ・電子シャッター機能付き

## 7 走行試験

新幹線速度は、在来線速度の約2倍であるため、CCDカメラの感応時間は約半分となり、検出信号も半分となるので、解決策として投光量を2倍にした装置を試作した。試作した測定装置は、工場内において調整と基礎試験を実施した後に、仙台支社仙台総合車両所所属のE2系新幹線電車を試験車両として走行試験を行った。

新幹線最高速度での走行試験となるが、E2系新幹線電車には電気軌道総合試験車のように測定装置を仮設する場所が屋根上にないため、パンタグラフカバー内に仮設することとした。E2系新幹線電車は8両編成でパンタグラフが4号車と6号車の2箇所に存在するが、この場所以外には、屋根上にパンタグラフカバーがないため、盛岡方進行方向先頭の6号車パンタグラフを走行中折りたたみ、パンタグラフカバー内のパンタグラフ近くに測定装置を仮設した。(図7)

### 7.1 走行試験行程

- ・1999年9月30日～10月5日  
仙台総合車両所構内で装置仮設と調整
- ・1999年10月6～7日  
東北新幹線仙台～北上間で走行試験

### 7.2 試験車両と速度

- ・試験車両 E2系新幹線電車 (J12編成)
- ・試験速度 275km/h



図7：装置仮設状況

## 8 測定データ解析

### 8.1 極小データの消去

極小データの消去とは、画面に映り込んだデータの中で画面のX軸方向の画素サイズを判定し、明らかにトロリ線より小さいデータを消去する処理である。この処理は、トロリ線のエッジが太陽光によって光る場合にこの部分を消したり、摺面があるトロリ線にレーザーが当たると尾を引く場合にこれを消去するものである。

### 8.2 CCDカメラの絞り値と閾値

絞りは、天空照度を抑えるために必要であるが、同時に信号強度も下がるので、絞りすぎるわけにはいかない。10月6日走行でのカメラの絞り値は8であったが、信号強度に余裕がありトロリ線信号は常に十分な値であった。10月7日走行では、カメラの絞り値を11.3まで絞り、カメラのシャッター時間を1/250秒としたが、十分検出することができた。

## 9 測定データの評価

測定データを電気軌道総合試験車の検測値、及び手測定による管理票の値と比較した。(図8～図9)

### 9.1 オーバーラップ箇所のデータ

トロリ線高さの誤差は、下り線で1箇所18mmという値を出したが、他の箇所は0～10mmにおさまっていた。偏位の誤差も、1箇所大きな誤差が出た箇所があるが、他は10～18mmであった。曲線区間で車体動揺があると、高さ、偏位とも誤差が大きく出ている。

碍子検出誤差は、手測定値より大きく違う箇所もあったが、同一箇所の走行毎のデータをみると10mm以内であった。手測定値との差が大きくでた箇所は、検査時の気温等の環境、測定方法によるものと考えられる。

### 9.2 わたり線箇所のトロリ線データ

高さの誤差は、7～13mmであった。偏位の誤差は、4～21mmであった。

### 9.3 車両速度の影響

走行試験車両の最高速度は、274km/hであった。274km/h走行時のトロリ線信号強度は、カメラの絞り値を11.3、カメラのシャッター時間を1/250秒にした時においても十分な値であった。

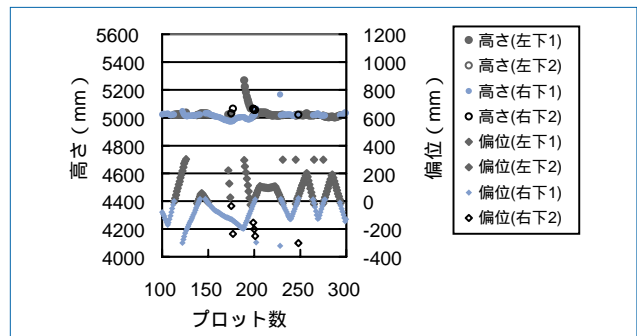


図8：わたり線箇所データプロット

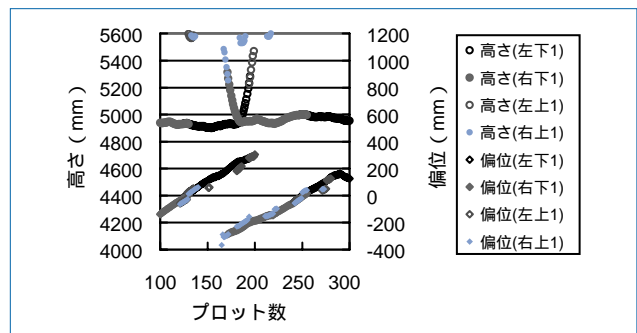


図9：オーバーラップ箇所データプロット

### 9.4 その他

今回走行試験において、レーザー光の強い光により受光部レンズ内でゴーストが発生したこと、また受光部保護ガラス面においてレーザーの反射が発生したが、閾値とテンプレートを適切に組み合わせることで解決できるものである。

## 10 おわりに

275km/hの速度において、わたり線箇所及びオーバーラップ箇所のトロリ線検出は、問題ないことが確認できた。また、精度についても車体動揺の影響を受けたため目標を超える値がいくつか出たが、ほぼ満足できるものであった。

碍子検出については、オーバーラップ箇所の碍子の位置により検出が難しい箇所がいくつかあったが、精度についてはほぼ満足できる範囲内であった。

今回開発した本測定装置は、上記に挙げた問題点を解決し、現在は新型電気軌道総合検測車に搭載され稼働している。

### 参考文献

- 1) 佐藤裕樹；架線相互離隔測定装置の開発，鉄道と電気技術，Vol.11, No9, pp.29～33, 2000.9