

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# 高速走行時の集電性能を測定する

電車線とパンタグラフの性能を評価するために、パンタグラフとトロリー線の機械的な離れやアーク放電の発生確率が測定されています。その測定方法は3種類ありますが、その中でもアーク光を検出する測定は、多様な場面で使用可能な方法です。しかし、これまでは可視光線領域の光を検出していたため、昼間の測定に不向きでした。そこで、鉄道総研ではアーク光に含まれる紫外線を可視光線に変換することで、これまで使用してきた可視光線用の光検出装置でも昼間の測定を可能とし、さらにそれをういた評価方法を提案しました。



**早坂 高雅**  
Takamasa Hayasaka  
電力技術研究部  
電車線構造研究室  
主任研究員  
【専門分野】アーク放電現象、電車線構造



**清水 政利**  
Masatoshi Shimizu  
電力技術研究部  
電車線構造研究室  
上席研究員  
【専門分野】電車線・パンタグラフの相互作用

## はじめに

電車への電力は、レールから約5mの高さに架設されているトロリー線やちよう架線などの電車線路を用いて送電され、電車の屋根上に取り付けられているパンタグラフで受電されています(図1)。そのため、電車はパンタグラフをトロリー線に接触させ、電力を得ながら走行します。このとき、トロリー線はパンタグラフから受ける力で上方へ押し上げられますが、その押し上がり量が場所によって異なります。

これは、パンタグラフが振動する一つの要因となります。

このような振動を受けても電車に対して安定的な電力を供給すべく、研究開発が続けられています。しかし、電車の速度が上昇すると、パンタグラフとトロリー線の接触を維持することが難しくなります。このような状況になるとトロリー線とパンタグラフは機械的に離れ(離線)、その際にすり板(パンタグラフ上に取り付けられており、トロリー線と直接接触する部材)とト

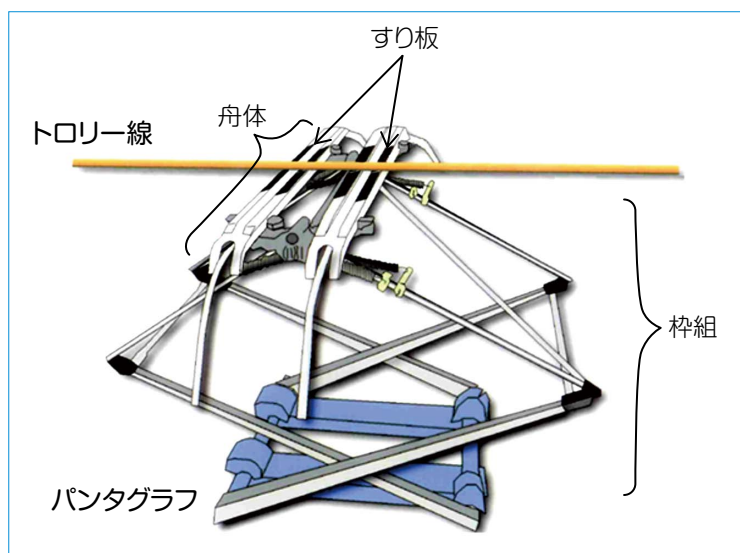


図1 パンタグラフとトロリー線の例

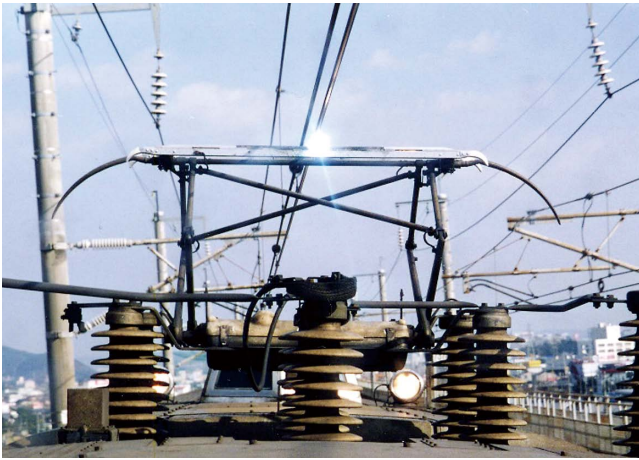


図2 離線時のアーク放電の例

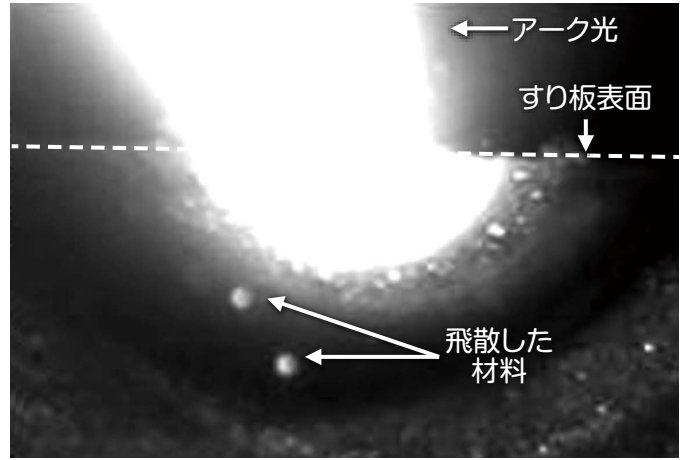


図3 アーク放電にともなう材料飛散の例

ロリー線間でアーク放電が発生します。図2にアーク放電が発生している例を示します。

ある区間での離線もしくはアーク放電の発生確率を離線率と呼び、ある区間における総離線（総アーク放電）時間を、その区間の走行に要した時間で除して算出します。これは、電車線とパンタグラフの性能（集電性能）を評価する際の一つの重要な指標となっています。

その指標を測定する方法には3つあります。その中でも光学式離線測定は、多様な条件下で使用が可能です。しかし、課題もあります。近年の新幹線の開業試験や専用車を用いた電車線設備に対する検査が、昼間に行われつつあるのに対して、光学式離線測定は可視光線領域の光を検出しているため、昼間の測定ができませんでした。

そこで、同測定を昼間でも可能とするために、離線測定装置の受光部でアーク光に含まれている紫外線を可視光線に変換可能なユニット（波長変換ユニット）を開発しました<sup>1)</sup>。

ここでは、離線の特徴や測定方法、課題とその解決方法を概説するとともに、新たな評価方法を紹介します。

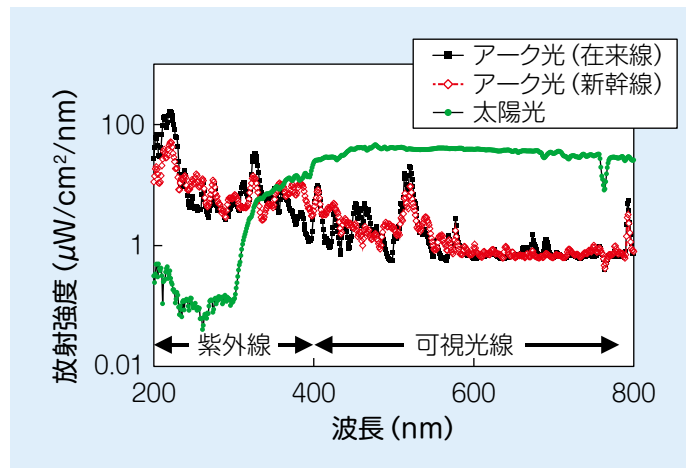


図4 アーク光と太陽光に含まれる光の波長成分

### 離線発生時のアーク光の特徴

離線によるアーク放電は、トロリー線やすり板の摩耗を増大させます。

図3にアーク放電が発生した際のすり板材の飛散の様子を示します。

離線発生にともない生じるアーク光に含まれる波長には特徴があります。

図4に在来線や新幹線のすり板を用いた際のアーク光ならびに太陽光に含まれる光の波長分布と各波長の強さ（放射強度）の関係を示します。アーク光は紫外線領域において太陽光よりも強い強度を有することがわかります。一方で、可視光線領域では太陽光の方が強くなります。そのため、可視光線領域でアーク光の検出を試みると、太陽

光の影響を受けてしまい、測定ができなくなります。

### 離線測定方法

離線の測定方法には、電流式離線測定、分圧式離線測定、光学式離線測定があります。表1に各測定方法が適用可能な条件を示します。測定する箇所や電気方式や測定の目的に応じて測定方法を選択しますが、光学式離線測定は電気方式を選ばない方法となっています。

図5に光学式離線測定方法の例を示します。パンタグラフの近傍に光ファイバーの先端（受光部）を設置し、車内の検出器で光を検知します。ただし、

表1 離線測定方法

電気方式	車両タイプ	電流式	分圧式	光学式
新幹線 (交流)	母線あり	○	—	○
	母線なし	—	—	○
在来線 (直流)	母線あり	○	—	○
	母線なし	—	○ (無集電時)	○
在来線 (交流)	母線あり	○	—	○
	母線なし	—	—	○

○：適用可能

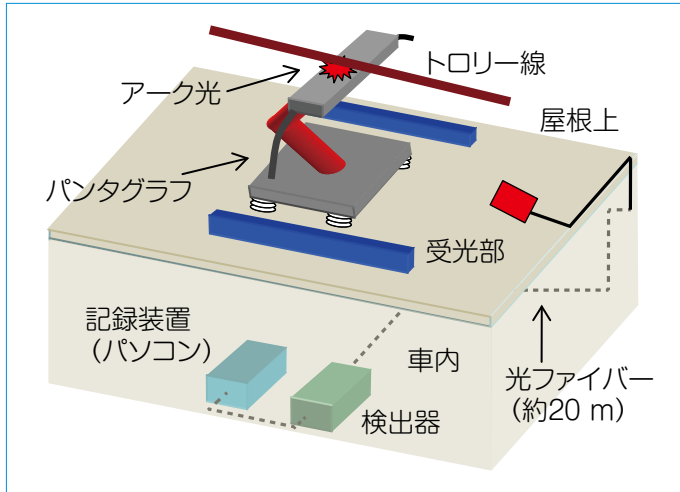


図5 光学式離線測定の例

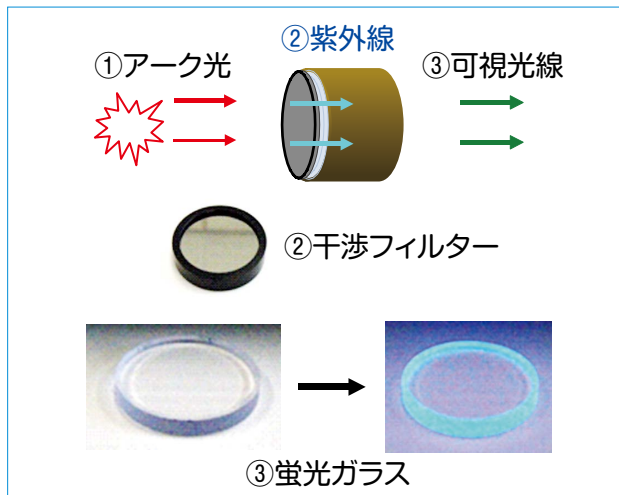


図6 波長変換ユニットの役割

### 波長変換ユニットの開発

図6に受光部へ取り付けける波長変換ユニットとその役割を模式的に示します。また下記①～③に波長変換の流れを示します。

- ①アーク光の発生
- ②干渉フィルターでアーク光に含まれる紫外線成分のみを分離取得
- ③蛍光ガラスで紫外線を可視光線に変換

これにより、従来から用いられてきた可視光線を検出する測定装置を用いて紫外線を検出することが可能となり、昼間の光学式離線測定が可能となりました。

この波長変換ユニットを装着した離線測定装置は現在、国内外の鉄道事業者の検測車や高速走行試験で用いられています。

### 評価方法の提案

離線率の評価には、すり板の摩耗を考慮した目安値が用いられています。その値は、直流区間と交流区間で異なる値が用いられています。表2に離線率の目安値を示します<sup>2)</sup>。直流と交流で異なる値を用いている理由は、それぞれで流れる電流の大きさが異なるためです。

一方で、近年の新幹線では騒音低減を目的にパンタグラフの数が削減されつつあります。そのため、一つのパンタグラフに流れる電流値も大きくなる傾向にあります。

これまでの離線測定装置では可視光線領域の光を検出していたため、昼間の測定において太陽光の影響を受けてしまい、測定ができませんでした。そこで、この測定装置の受光部でアーク光

に含まれている紫外線を、可視光線に変換することにより、可視光線用の光検出装置である離線測定装置でも紫外線を検出可能とする検討を行いました。

表2 離線率の目安値

電気方式	良好な集電	通常許容される集電	やむを得ぬときの集電
直流	1%	3%	5%
交流	10%	20%	30%

そこで、異なる電流値でも集電性能の評価が可能な手法として、通過電流量を用いた評価方法を提案しています。通過電流量は、アーク放電時にすり板とトロリー線間で流れる電流値とその継続時間を乗ずることで算出されます(図7)。なお、これまでの研究から、波長変換ユニットを装着した離線測定装置から出力される電圧波形を積分することで、通過電流量を推定することができるがわかっています<sup>3)</sup>。

図8に、ある条件下で算出したすり板期待寿命と通過電流量の関係を示します。たとえば、すり板を10000km使用するためには、1km当たり30C程度に抑える必要があります。この評価方法を用いることで、パンタグラフに流れる電流の大きさが異なる車両間で集電性能の比較が可能となります。

### まとめ

新幹線の開業試験や電車線設備の検査は、専用車両を用い、かつ昼間に行われるようになりつつあります。また、高速走行時の騒音低減を目的に、パンタグラフの数も減りつつあり、一つのパンタグラフに流れる電流値も大きくなる傾向にあります。

集電性能を測定するために光学式離線測定が行われていますが、可視光線領域の光を検出しているため、昼間の測定に不向きでした。

加えて、離線の評価を行うための目安値は、すり板の摩耗量に基づいて決

まっています。そのため、現在の目安値は直流と交流で使い分けを行っています。一方で、既述したように最近では、一つのパンタグラフ当たりの電流値が大きくなる傾向にあります。

そこで、鉄道総研ではアーク光に含まれる紫外線を可視光線に変換することで、上記した離線測定装置でも昼間の離線測定を可能としました。さらに、電流値を加味した集電性能の評価方法も提案しました。[RRR]

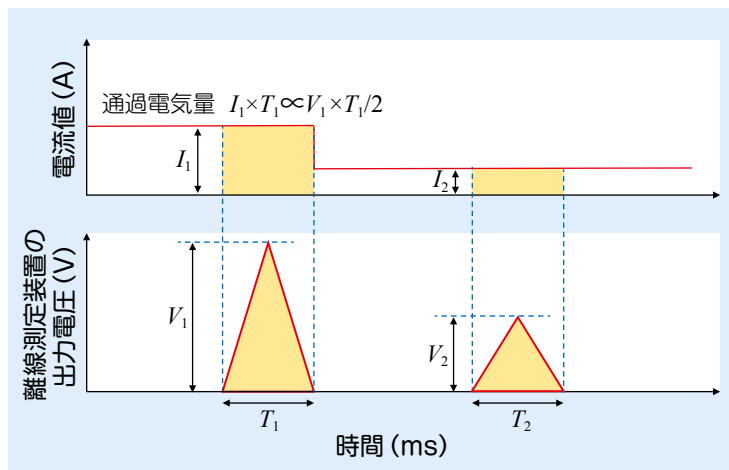


図7 通過電流量と電圧波形の積分のイメージ

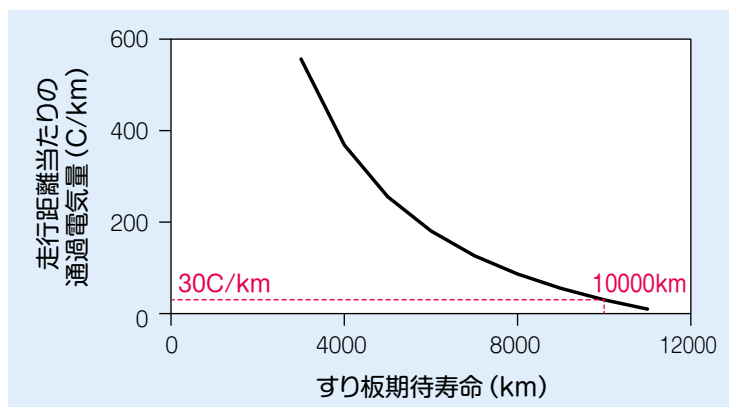


図8 すり板期待寿命と通過電流量

### 文献

- 1) 早坂高雅, 清水政利, 赤木泰文: 離線アーク光の検出を目的とした波長変換ユニットの開発, 電気学会論文誌D(産業応用部門誌), Vol.134, No.6, pp.618-624, 2014
- 2) 鉄道総合技術研究所編: 電車線とパンタグラフの特性, 研友社, p.92, 1993
- 3) Takamasa Hayasaka, Masatoshi Shimizu, Hirofumi Akagi: An arc-light-based method for estimation of contact strip wear, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F, Journal of Rail and Rapid Transit, Vol.230, pp.1227-1233, 2016