

鉄道一般

車両

軌道

構造物

防災

電力

信号通信  
情報

材料

環境

人間科学

浮上式鉄道

# 高速運転に適した電車線を探る

電気鉄道では、走行する車両に安定して電力を供給することが求められます。車両への電力供給は、線路上に張られた電車線と車両のパンタグラフが接触することにより行われます。営業速度の向上に対応して、電車線もさまざまな改良が行われてきました。ここでは、高速用の電車線に求められる条件や、トロリー線の高さ不整に関する研究など、電車線の高速運転への対応について紹介します。

## はじめに

電気鉄道では、走行する車両に安定して電力を供給することが求められます。車両への電力供給は、線路上に張られた電車線と車両のパンタグラフが接触することにより行われます。これを、「集電」と呼びます。新幹線の営業速度は、東海道新幹線開業時は最高210km/hでしたが、現在では最高300km/hとなり、今後さらなる高速運転が予定されています。営業速度の向上に対応して、電車線もさまざまな改良が行われてきました。

ここでは、高速用の電車線に求められる条件や、トロリー線の高さ不整に関する研究など、電車線の高速運転への対応について紹介します。

定となるように、曲線引金具やハンガーで支持されています。また、補助ちょう架線は、ドロPPERや曲線引金具で支持されています。さらに、ちょう架線は電柱に取り付けられた可動ブラケットで支持されています。電柱位置でちょう架線が支持されているところを「支持点」と呼び、支持点と支持点の間を「径間」と呼びます。

トロリー線とパンタグラフは、パンタグラフのばねの力や走行時に受ける風による揚力(押し上げる力)により接触しています。トロリー線とパンタグラフが接触する力が何らかの理由で変動して、過小となると離線が発生して電力供給の妨げとなり、過大となると電車線に機械的なダメージを与えます。

## 電車線の構造

図1に、新幹線用のコンパウンド架線の構造を示します。コンパウンド架線は3本の線条で構成されていて、パンタグラフと直接接触する線がトロリー線、一番上にある線をちょう架線、トロリー線とちょう架線の間にある線を補助ちょう架線と呼びます。トロリー線は、レール面からの高さが一

## 高速運転に適した電車線とは

高速運転に適した電車線とは、どのような電車線なのかを考えます。前に述べましたように、電車線は、走行する車両に安定して電力を供給することが求められます。ですから、高速運転に適した電車線とは、「高速運転時においても、パンタグラフとの接触変動が小さい電車線」です。



常本 瑞樹  
Mizuki Tsunemoto  
電力技術研究部  
電車線構造研究室  
副主任研究員  
【専門分野】電車線・パンタグラフの相互作用



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

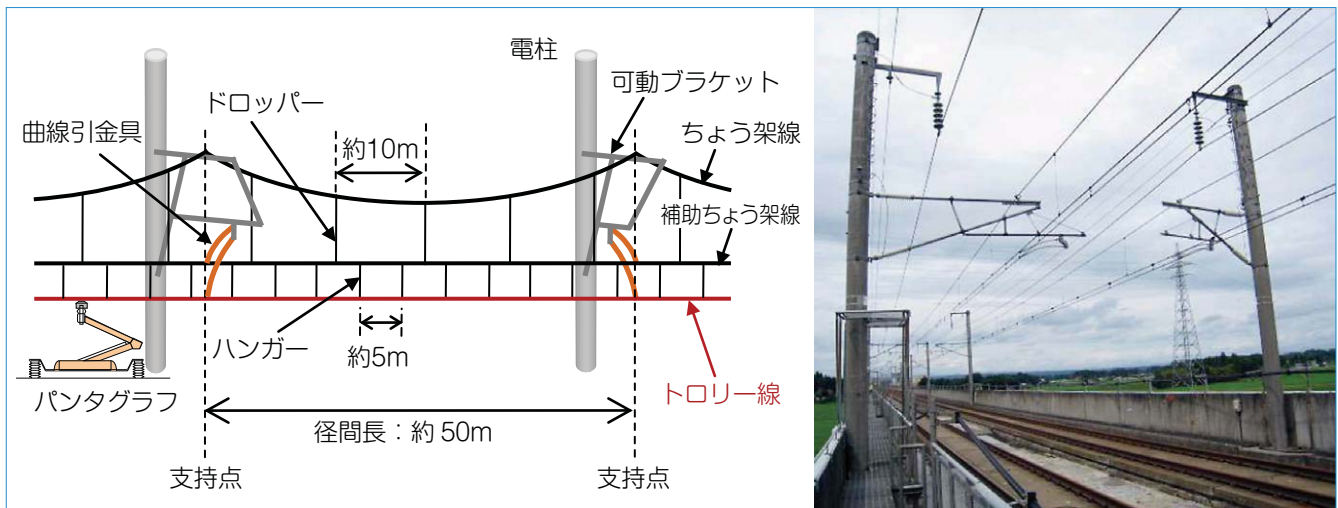


図1 電車線の構造例

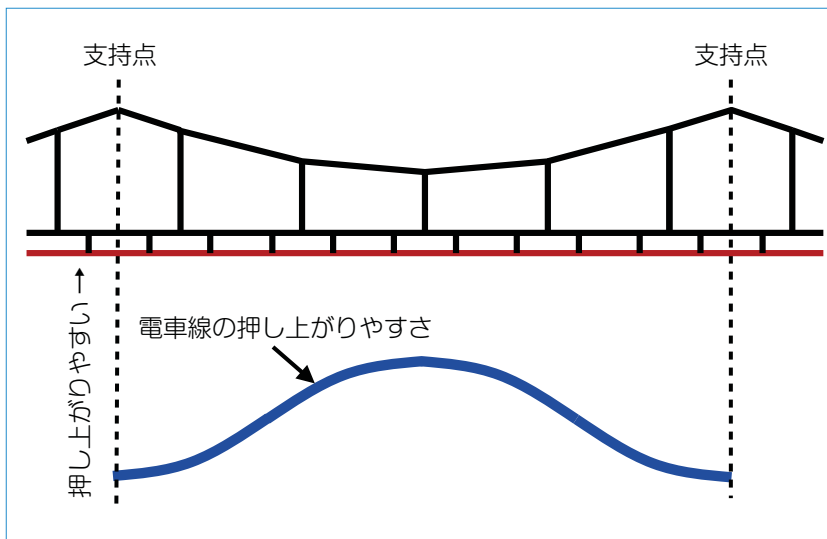


図2 電車線の押し上がりやすさ

### 波動伝播速度を高くする

波動伝播速度とは、線条を伝わる波の速さです。線条の質量が小さいほど、また、その張力が高いほど、波動伝播速度は高くなります。

パンタグラフがトロリー線を押し上げて発生した波は、まず、トロリー線を伝わっていきます。そして、ハンガーの取付点で、波の一部が反射して、パンタグラフとの接触に影響することになります(図3参照)。走行速度が波動伝播速度の約7割を超えると、特にその影響が大きくなります。そのため、波動伝播速度を高くすることにより、安定した集電を実現できます。このことから、より軽く、より張力を高くできるトロリー線が開発されてきました。

### 硬点の影響を小さくする

トロリー線には、ハンガーや曲線引金具などが取り付けられています。このような箇所は、見かけ上トロリー線が重くなります。パンタグラフからは、通過するときに、硬いものにぶつかったように見えます。そのため、このような箇所を「硬点」と呼びます。

硬点では、トロリー線とパンタグラフの接触状態に影響を与えるため、この影響をできるだけ小さくする必要があります。

そのような電車線にするためには、

- ①電車線の合計張力を高くする
- ②トロリー線の波動伝播速度を高くする
- ③硬点の影響を小さくする
- ④トロリー線の高さ不整を小さくすることが必要です。

### 合計張力を高くする

電車線の押し上がりやすさは、一定となっていることが理想ですが、実際には、径間の中央が最も押し上がりやすくなります(図2参照)。このように押し上がりやすさが一定ではないため、パンタグラフは径間ごとに上下に運動

をすることになります。電車線の合計張力が高いほど、径間中央の押し上がりやすさが小さくなります。つまり、合計張力を高くすればパンタグラフの上下の運動が小さくなるため、安定した集電状態となるのです。

速度向上する場合には、同じ張力のままではパンタグラフの上下の運動が大きくなってしまいます。そのため、電車線の合計張力を高くして、パンタグラフの上下の運動を抑える必要があります。このことから、新幹線開業時と比べると、現在の合計張力は2倍ほど高くなっています。

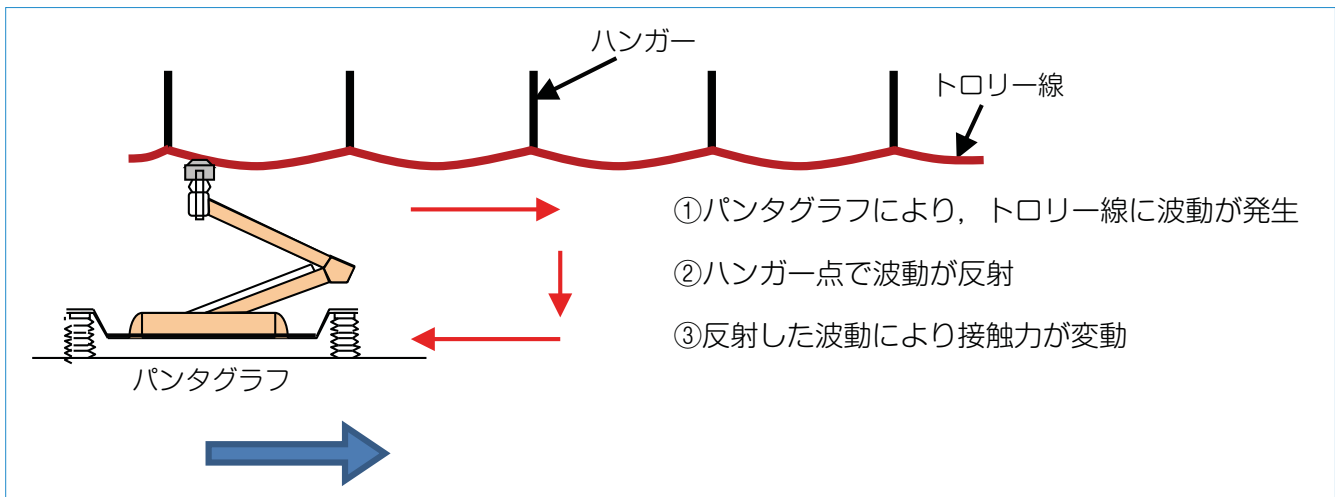


図3 ハンガー点で反射した波動の影響

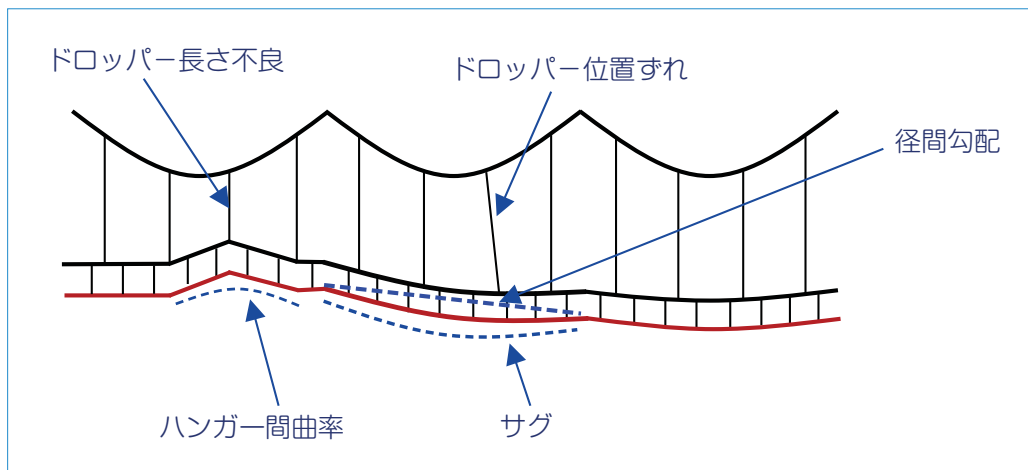


図4 トロリー線の高さ不整の例

あります。具体的には、トロリー線に取り付ける金具などをできるだけ少なく、また、その質量をできるだけ小さくすることになります。

### 高さ不整を小さくする

トロリー線の高さは、水平に張られていることが理想です。性能的には優れた電車線とパンタグラフでも、トロリー線の高さの不整が大きい場合には、トロリー線とパンタグラフの接触状況は悪くなります。レールと車両で考えても同じで、レールの高さ不整が大きければ、車両の振動が大きくなって乗り心地が悪くなることが想像できます。トロリー線の高さ不整をできるだけ小さくすることにより、トロリー

線とパンタグラフの接触状態が安定するため、安定した集電が可能となります。

### さらなる高速運転へ向けて

高速運転に適した電車線とするための方法のうち、「①電車線の合計張力を高くする」、「②トロリー線の波動伝播速度を高くする」、「③硬点の影響を小さくする」ことについては、これまで多くの研究がされていて、新幹線の高速走行に対応した指標が示されています。

「④トロリー線の高さ不整を小さくする」ことについては、新幹線開業の頃から、支持点間のトロリー線高さの傾きである「径間勾配」は規定されているのですが、径間勾配が規定値以内であっても、パンタグラフの異常離線

やトロリー線の局部摩耗などの障害が発生することがありました。工事や保全をする方にしてみれば、できるだけ高さ不整を小さくするように言われても、「何を、どの程度にすれば良いの?」ということで、困ってしまいます。ですから、高さ不整を小さくするためには、具体的に、何をどの程度まで許容するかを定めることが必要になります。そこで、さらなる高速運転に対応するため、トロリー線の高さ不整についての指針として、新しい「電車線の架設指針」が提案されました<sup>1)</sup>。

### 新しい電車線の架設指針

トロリー線の高さ不整は、径間勾配の他にも、サグ(径間内でのトロリー

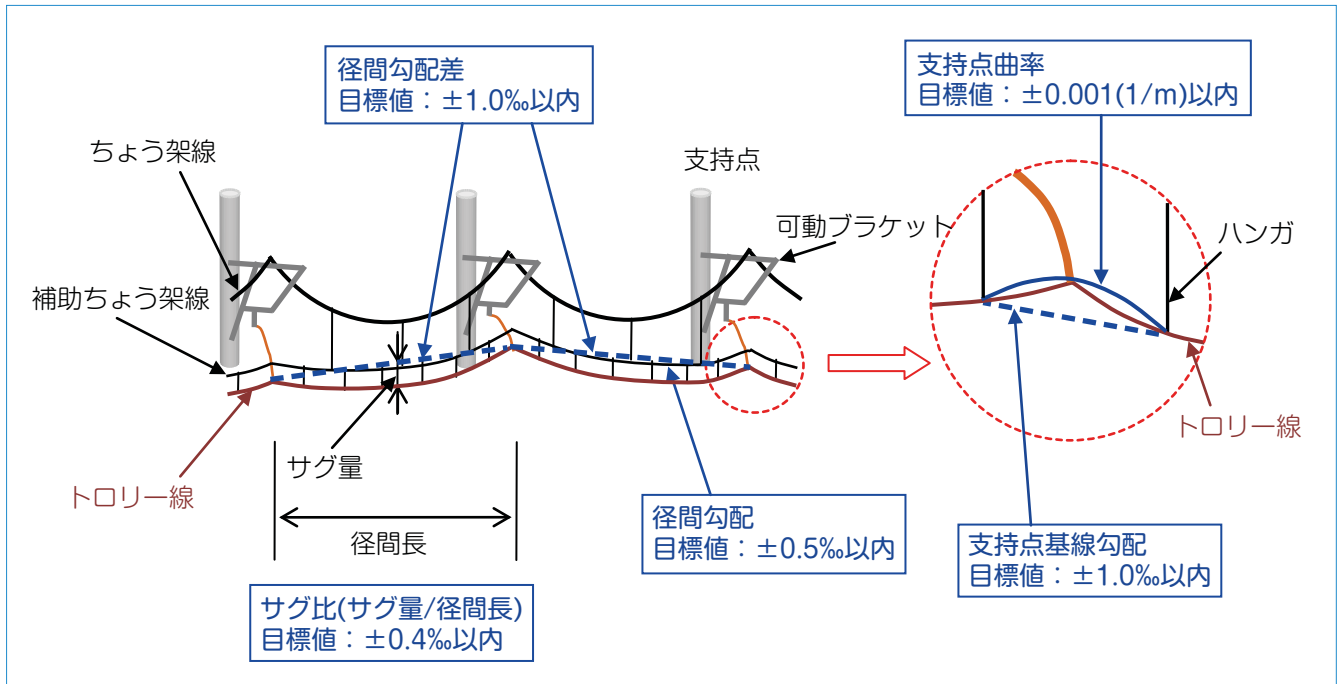


図5 架設誤差の指標とその目標値

線の垂れ下がり)やハンガー間の曲率など、さまざまな項目が考えられます(図4参照)。

図5に、新しい電車線の架設指針の指標を示します。架設指針の指標は、これまでの径間勾配に、

- ・径間勾配差
- ・サグ比
- ・支持点基線勾配
- ・支持点曲率

を加えた5つとなります。集電性能と相間が強いだけでなく、工事や保全作業において使いやすく、かつ測定できるものを指標として選びました。また図5には、参考として、営業速度320km/hまで対応する架設指針の目標値も示しています。径間勾配については、現在±3%以内と規定されていますが、300km/hを超えるような速度では十分ではないこともわかります。この指標を目標値以内に管理することにより、集電性能の向上だけではなく、

設備の長寿命化などにもつながります。今後の課題としては、架設指針の指標が目標値以内となっているか否かを検査するための効率的なデータ収集方法を考える必要があります。

### 架設指針を導出する方法

架設指針を導出する方法について、簡単に紹介します。前に述べましたように、トロリー線の高さ不整はさまざまな項目があり、それらが組み合わさっています。そのため、その中から何をどの程度にすれば良いか、という架設指針を、理論的に導出することは困難です。そこで、現在営業運転している新幹線の高さ不整を精密に測定し、これをもとに電車線とパンタグラフの走行運動シミュレーションを実施して、詳細な検討を行いました。さらに、この膨大なデータを統計的に分析し、高さ不整の指標とその目標値を決めて、架設指針を導出しました。

この手順により、今後の新幹線の速度向上や在来線についても対応した架設指針を導出することが可能です。

### おわりに

今回は、高速運転に適した電車線について紹介しました。今後も、利便性向上のため、さらなる高速運転が求められると思います。高速化だけでなく、長寿命化や低コスト化など、さまざまなニーズに対応し、安定した電力供給を行える電車線とパンタグラフの研究に取り組んでいきます。RRR

### 文献

- 1) 網干光雄, 常本瑞樹: 新幹線高速運転に対応した電車線架設指針, 電気学会論文集D, Vol.131, No.6, 2011.6