

世の中でパンタグラフと架線の接触（接して離れず）ほど微妙な関係はない。パンタグラフは、架線と一体となつての振動系の技術、そしてさらに高速で走行しながら安定して大電流をトロリー線から集電するための摩擦の技術を克服する必要がある。それこそ、鉄道は振動の技術はもちろん、転がり摩擦と滑り摩擦の両者の技術のかたまりである。

## 21. パンタグラフの歴史、トロリーポール、ビューゲル、ひし型のパンタグラフからシングルアームへ

パンタグラフは、皆さんおなじみのひし形から最近のシングルアーム形に落ち着くまで、長い歴史があります。随筆6で少し説明しました様に、はじめは市電がトロリーポールを使い、その後ビューゲル、そしてひし形のパンタグラフに発展してきました。

### 1) パンタグラフの形の推移

パンタグラフの形として、一番なじみのある形がいわゆるひし形です。このひし形のパンタグラフの時代が大変長く続きましたが、その後鉄道の高速化や新幹線用車両の開発をきっかけに、小型化、軽量化が進み、ひし形から下枠交差形、そしてシングルアーム形に形が変化してきました。

#### ・ひし形

その名の通りひし形が特徴で、みなさん子供のころから良く見慣れた形で、電車の絵を描く際には、電車の屋根の上に必ずこのひし形を描いたと思います。それでもよく見ると、JRと私鉄、あるいは車両によって碍子の形が縦や横に向きが異なっていたりしてとても気になっていました。

標準的なひし形パンタグラフは、多数のパイプ（合計18本）とトロリー線と接触する部分の舟体（しゅう体、すり板、2枚が多い）から構成されています。非常に多くの部品で構成されるため重く（100kg近く）、空気抵抗も大きい欠点があります

が、トロリー線の高さの変化が大きかったことや、パイプの強度が十分でなかったためと思われます。

#### ・下枠交差形パンタグラフ

新幹線では、在来線にくらべて2倍以上の速度で走る必要があります。高さの変化に追従性のよいパンタグラフが必要です。下枠交差形はその過程で開発された形式で、1970年代の国鉄時代からJR初期の新幹線で広く採用されました。小型軽量のため、ひし型にくらべて空気抵抗が少なく、新幹線以外でも関西圏を中心としたJR、私鉄に多く導入されました。空調設備は車体上部にかなりのスペースを取りますが、下枠交差形はひし形にくらべてスペースを取らないことも一つの理由です。JR西日本は下枠交差形を好む様で、高松駅に停車中のマリンライナーの屋根に下枠交差形がよく見られます。一方、JR四国の普通電車は、現在でもひし形が多いので、駅で見上げてみてください。琴電はもちろん今でも全て昔ながらのひし形です。

#### ・シングルアーム形パンタグラフ

シングルアーム形は、1950年代にフランスで開発され、「くの字」型が特徴です。シングルアーム形はすべての面で性能が優れていますが、フランスの特許の関係で普及が遅れていました。そのため日本では、1990年代にようやくシングルアーム形が採用され始め、現在はパンタグラフの主流となっています。ひし形や下枠交差形にくらべて、シングルアーム形は1本のため太く力強い形に見えます。初期のタイプには、スプリングの作用をする細いパイプ（平衡リンク）がついていて2本のように見えていましたが、新幹線に採用されたタイプでは、中空のパイプの中に平衡リンクが入っていて1本になっています。これにより空気抵抗と風切り音が大幅に低減されています。

シングルアームの「くの字」形は、どちらが前かわかりにくいのですが、関節が向いている方向をなびき方向といいます。その場合、走行方向によって支障が出ないかなど、素朴な疑問が生じて

きます。実際には、電気機関車や小田急の旧ロマンスカー（VSE、50000形）のダブルパンタの車両の場合は、前後でなびき方向を逆にしていますが、電車の場合は編成全体で同じ方向にそろえています。不思議なことは電気機関の場合、なびき方向を向かい合わせにするか逆にするかがなぜか一定していない様です。

#### ・500系のぞみのT型パンタグラフ

あの流線形で超有名な500系のぞみは、1997年に東海道・山陽新幹線「のぞみ」として営業運転を開始しました。当時JR西日本は、自社の線形のよい山陽新幹線内（最小曲線半径4,000m）でさらなる高速運転の実現を目指していました。ただし東海道新幹線内は線路のカーブがきつく（最小曲線半径2,500m）、時速300kmでの走行は困難だったため高速化にはあまり積極的ではありませんでした。そこでJR西日本は頑張ってお金に糸目をつけずに？）単独で500系を開発した経緯があります。その後、JR東海も車体傾斜制御装置付きの新幹線車両（N700系）を開発して、ようやく東海道新幹線の高速化が実現したことはご存じと思います（随筆1）。当時500系のぞみの方がN700系より断然人気が高かったと思います。私も東京出張ではわざわざ500系のぞみを選んだ記憶があります。

その様な経緯もあり、JR西日本はパンタグラフに関しても、全く新しい考えを取り入れてT型パンタグラフを開発しました。空気抵抗が少なくなる様に表面にふくろうの足の皮膚の様な独特の模様がかったことは有名です。ゴルフボールの表面のでこぼこや、最近船の底が鮫肌になっているのは全く同じ理由です。その後700系の増備により、500系はのぞみからこだまの運用に変更され、T型パンタグラフはすべてシングルアームに置き換えられたことはとても残念です。

#### 2) パンタグラフの可動範囲

パンタグラフは、トロリー線の高さに沿って上下にスムーズに追従する必要があります。トロリー線の高さに関して見ると、なぜか在来線、新幹線とも全く同じで、レールの上面から5.1mが標準になっています。一方、高さの幅に関しては、在来線の場合最低4.4mから最高5.4mで許容範囲は1m、新幹線では最低4.8mから5.3mで、許容範囲は在来線の半

分の50cmです。さらに詳しくみると、在来線では標準の5.1mから上に30cm、下にはかなり広く70cmの可動範囲があり、新幹線では、5.1mから上に20cm、下に30cmとかなり狭い範囲となっています。在来線のパンタグラフは上下に1m近くを追従する必要があり、必然的に大型になってしまいます。

・車両の屋根の高さとパンタグラフ自身の折りたたみ時の高さ

そこで車両の高さがそのもの問題になります。在来線の車両の屋根の高さは、3m63cm～3m67cm、新幹線車両でもほぼ同じ高さで3m65cmとなっています。ただしマリナーの2階建て車両の高さは4m7cm、2階建て寝台特急サンライズ瀬戸の高さは4m9cmとなっています。在来線のトロリー線の高さは4.4mなので、パンタグラフ自身の折りたたみ時の高さは20cm以下の必要があります。

・大正時代の古いトンネルではトロリー線の高さの下限がさらに低くなっている。

日本国内には、電化計画のない時代の古い規格のトンネルがあり、中央線の笹子トンネルや、四国では予讃線の香川県と愛媛県の県境にある鳥越トンネルがよく知られています。電化工事の際に今更トンネルの高さを変えられないので、やむなくトロリー線の高さを基準より特別に低くして、笹子トンネルでは4.2m、鳥越トンネルでは4.25m（15cm低い）となっています。

・昔は中央線用の電車はパンタグラフを設置する屋根の部分の低くして対応していた。

最近パンタグラフが改良されて通常の車両の高さでも通過可能となっています。予讃線では、普通電車はもちろん、特急しおかぜ、いしづち用の旧型の8000系、新型の8600系はもちろん、貨物用電気機関車のEF65形、EF210形も通過可能となっています。特筆すべきは2階建て寝台特急サンライズ瀬戸もぎりぎり通過可能で、過去に臨時特急として東京発松山行きが走った実績があります。残念ながらマリナーは通過出来ません。

・笹子トンネルと鳥越トンネルではトロリー線が平行に2本になっている。

トロリー線の高さが低くなると、トロリー線が1本ではパンタグラフ（舟体、すり板）に過大な圧力がかかるので、トロリー線をツイン（2本）

にしています。同じ2本でも東京近郊のツインシ  
ンプルカテナリは大電流を流すため、筐子トン  
ネルや鳥越トンネルではパンタグラフにかかる力  
を減らすためとても興味深いです。

- ・トロリー線の高さを標準の5.1mより高くする  
場合がある。

新居浜市内の踏切では、トロリー線の高さが標  
準の5.1mより高い5.4mの所があります。大型の  
「ちょうさ、太鼓台」(5mを越す高さ)が通れる  
様にするため、さすが「ちょうさ」で有名な新  
居浜です。この踏切付近を走る電車を見ると、パ  
ンタグラフが本来のひし形ではなく縦長になり、  
なぜか少し間延びしている様に見えます。

高松-松山間では同じ電車、電気機関車が、ト  
ロリー線の最も高い所(5.4m)と最も低い所  
(4.25m)を通るわけで、パンタグラフは高くなっ  
たり低くなったりで大変です。

- ・さらによく観察すると古い跨線橋でトロリー線  
が3本のところがある。

トンネルではありませんが、予讃線の讃岐塩屋  
駅や土讃線の琴平駅付近では、高さの低い古い跨  
線橋があるため、トロリー線が2本よりさらに多い  
3本になっています。ここも2階建て寝台特急サン  
ライズ瀬戸がぎりぎり通過可能となっており、多  
客期に臨時列車の形で東京発琴平行きの特急サン  
ライズ瀬戸が走ります。讃岐塩屋駅は複線区間な  
ので、電車に乗る機会がありましたら、是非とも3  
本になっているところを見上げてみてください。

### 3) 電車1編成のパンタグラフの数は時代とともに に減少した。

直流電気機関車は大電流を必要とするので、パ  
ンタグラフは前後の2基が原則です。交流の場合  
には電流が少なくて済むのでパンタグラフ1基  
(後方)が原則で、その状態は「片パン」と呼ば  
れます。電車に関しては、昔は電動車には1両に  
1基(2両で1組の電動車は2両に1基)が原則  
でした。そのため、東海道新幹線の初代の0系電  
車では、16両編成になんと8基もついていた時代  
がありました。その後、離線や風切音の問題でパ  
ンタグラフを減らす方向となり、車両間に高圧の  
引通し線を引くことにより解決し、300系や500系  
の頃から2基にまで減っています。

- ・JR四国にもダブルパンタの電車がある。

電気機関車でなくても、強力なモーターを付け  
た電車ではダブルパンタの車両がありましたが、  
最近では減っています。ただし最近では山手線などで  
故障時に備えて予備のパンタグラフ(通常はたた  
んでいる)を付けて1両に2基を付けている車両  
(E235系等)がでてきました。また豪雪地や寒冷  
地では、2基にして前のパンタグラフを雪や霜取  
りに使うことがあります。JR四国には豪雪地帯  
でもないのに、ダブルパンタの電車(6000系)が  
普通電車や快速サンポートに使われています。3  
両編成のうち先頭車がダブルパンタになってい  
て、この3両にさらにもう1両(付随車)を連結  
して4両として運用しているため、加速が遅いこ  
とが有名です。先日偶然TVで見た寅さんの映画  
のシーンに江ノ電のダブルパンタの車両が一瞬出  
てきたことにはびっくりしました。

- ・パンタグラフの位置「前パン」と「後ろパン」

以前は、特に京浜急行では編成の先頭に重心の  
低い電動車を連結して、しかもパンタグラフも先  
頭に設置する「前パン」が多かったのですが、最  
近では電動車を先頭にしても、パンタグラフは後ろ  
「後ろパン」にしています。JRでは元々先頭車は  
電動車でなく付随車が多いです。空気力学的に見  
ると「前パン」では乱流が生じやすいため、やは  
り「後ろパン」が良い様です。撮り鉄の立場から  
みると、「前パン」の方が見栄えがいいという意  
見と、「前パン」だとパンタグラフ全体を入れた  
構図を撮影しにくいので「後ろパン」が好きとい  
うファンもいます。皆さんはどちらでしょうか。

パンタグラフの位置は、カーブでも車体が左右に  
ずれない台車の真上が原則ですが、よく見ると琴電  
志度線では、パンタグラフがかなりずれて連結面側  
についています。志度線の車両は元名古屋地下鉄の  
車両のため第三軌条から集電していた経緯もありま  
すが、屋根に空調装置の設置場所を確保するため、  
やむなくパンタグラフを連結面に設置したものと思  
われます。そういう目で見ると、他社の車両でもず  
れているケースがあり、上述の小田急のVSE50000  
形では連接台車(台車を車体間に設置する)のため、  
車両の端に設置されていることがわかります。  
(次回も思いつくまま鉄道のテーマに関して書き  
たいと思いますのでご期待ください。)