

# 初級講座

鉄道車両講習会(基礎コース)に参加された方から、「講習会は大変参考になるので、対象範囲を広げて欲しい」という声を耳にします。そこで今回号から、鉄道車両に関係する製品や技術について分かりやすくご紹介する、新しいシリーズを始めることにしました。

今回は、その第一回として、東洋電機製造(株)殿にお願いし、パンタグラフについてのご紹介をしていただきます。是非、参考にしていただければと思います。(鉄車工 広報担当)

## パンタグラフの仕組みについて

### 1. はじめに

当社は、国内で初めてパンタグラフの国産化を行って以来、路面電車用から新交通システム用や新幹線電車用まで、様々な用途のパンタグラフを開発・製造してきました。

電気を外部から取り入れて走る電車にとって、パンタグラフは必要不可欠の機器ですが、単に架線から電気を車内へ取り込むだけではなく、安全かつ安定した集電をするための様々な仕組みや工夫・アイデアといったものが盛り込まれています。

今回はパンタグラフの仕組みについて、ご紹介をしたいと思います。

### 2. パンタグラフの仕組みについて

#### 2.1 枠組構造

現在、パンタグラフの枠組構造について、大きくは菱形、下枠交差形、シングルアーム形の3種類に分けることができます。

パンタグラフというと菱形パンタグラフ(図1)を思い浮かべる人が多いと思いますが、これはプラットホームなどからパンタグラフを見上げると、

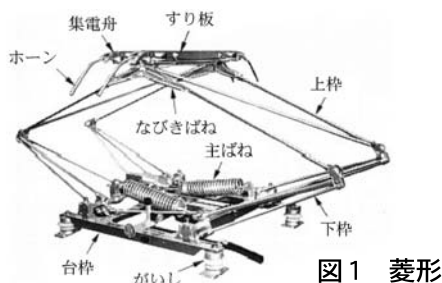


図2 下枠交差形 図3 シングルアーム形

まさに菱形の形をしている(実際には、下枠の下端が台枠部の端部に各々つながっているため、五角形のリンク構成です)ため、日本で古くから使用されてきたパンタグラフです。

次に登場したのが下枠交差形パンタグラフ(図2)です。これは、菱形パンタグラフの下枠部分を交差させた構成で、折り畳んだ時に線路方向の枠組みの長さが菱形と比べて短いため、屋根上の占有面積が小さくできるという特長があります。分散式冷房器搭載の電気車や、屋根上機器が多い交流・交直流の電気車に多く用いられてきました。

そして、現在の主流になっているのがシングルアーム形パンタグラフ(図3)です。一見、菱形パンタの半分を切り落としたように見え、頼りない感じもしますが、4節のリンク構成であり、上下の枠組みそのものは太く、菱形パンタグラフ以上の強度、剛性を持っています。折り畳み時の屋根上占有面積が更に小さくできること、構成部品が少なく調整やメンテナンスが容易であること、軽量化が可能なことなどの特長があります。

#### 2.2 パンタグラフの上昇・下降動作

日本の多くのパンタグラフは、ばねの力で上昇(着線)し、空気の圧力で下降(折り畳み)します。これを、ばね上昇空気下降式と言います。

パンタグラフは一定の力で架線を押上げていますが、静的な力としては49~64N(5.0kgf~6.5kgf)程度のもので、この力は、台枠と下枠の主軸との間に張られたばねの圧縮力により得ています。(図4参照)

逆にパンタグラフを下降(折り畳み)させる時は、下降用空気シリンダに給気することで主軸をばねの力と逆方向に回転させます。降下してきたパンタグラフは、やがて、台枠部にあるかぎに天井管が掛かることで保持され、折り畳みとなります。

パンタグラフを上昇させる時は、かぎ側の空気シリンダ(または電磁石を使った電磁かぎ外し装

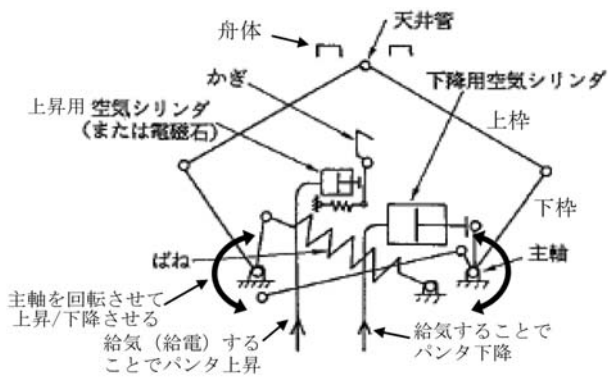


図4 パンタグラフの動作機構

置)に給気(または給電)することばかぎを開放し、ばねの力でパンタグラフが上昇します。

この方式は、ばね上昇式のパンタグラフであれば、下枠交差形もシングルアーム形も同様です。

### 2.3 架線から離線をさせない仕組み

パンタグラフは、絶えず安定した力で架線と接している必要がありますが、走行速度が上がるに従って、車体や架線からの振動や他の要因により、どうしても離線が生じます。そこで、離線の頻度を最小に抑えるため、または離線している時間を最小に抑えるための様々な工夫がされています。

下に示す図と写真は舟支え装置の一例であり、舟体を水平に保持し、かつ舟体が受ける衝撃をサスペンションのごとく吸収して離線を抑える役目を請け負います。

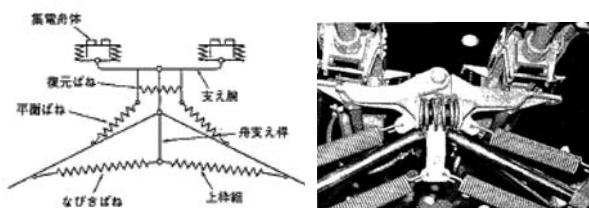


図5 舟支え構造(PS21方式)

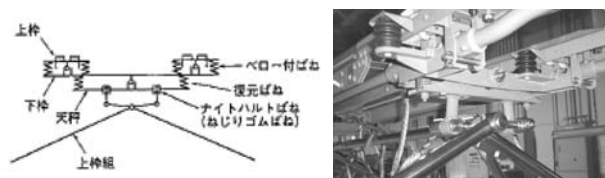


図6 舟支え構造(ナイトハルトばね方式)

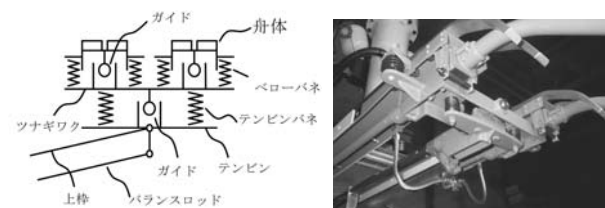


図7 舟支え構造(テンビンばね方式)

舟支えのばね機構は、パンタグラフの架線の追従性能に大きく影響するため、使用条件に見合った舟支えを構成することが重要になります。

そのほかに、CFRP板やチタン板のような可撓性に優れた素材で舟体を構築することで、舟体自体を1つのばね系を持つ構成にしてしまう方策なども実施されています。

### 2.4 舟体について

枠組みの上部に舟支え装置があり、さらにその上部に舟体(集電舟、すり板体、舟とも言われます)があります。舟体は、正に架線から電気を取り込む部分であり、言わばパンタグラフの主演です。

舟体は、その構造で3種類に分けられ、集電電流の大小や運転速度、その他の条件によって使い分けられます。

その3種類のうち、1つ目が独立舟(図8)で、2本の別々の舟体が独立して上下動するように構成されています。二体舟とも言われます。

2つ目が一体舟(図9)で、2本の舟体をつなぐ部材があり一体化されています。

最後が一本舟です(図10)。これは文字通り1本の舟のみで構成しているもので、最近の新幹線や路面電車で採用されています。ただし、採用の理由は全く異なっていて、新幹線では低騒音化のためであり、一方、路面電車では低速で集電電流も小さいことから採用されています。



図8 独立舟(二体舟)

図9 一体舟



図10 一本舟(新幹線)

### 2.5 すり板とホーンについて

舟体上面中央の水平部分には主すり板が取り付けられ、この主すり板が架線と直接しゅう動して集電します。この主すり板は、架線としゅう動することで自身は摩耗していきますが、架線を摩耗させてはいけません。だからといって、主すり板自身も簡単に摩耗するような、やわな材質だと交

換周期が短くなるなどの問題が生じるので、耐摩耗性、耐アーク性に優れた材質でなくてはなりません。いかにバランス良くするか、苦心するところ です。ちなみに、現在、主すり板は銅系焼結合金、鉄系焼結合金、そしてカーボン系のものが使われています。

なお、「主すり板と架線は、しゅう動させるより 転動させた方が摩耗も少なく合理的であるのではないか？」とよく質問されます。転動させるためには、すり板は筒状である必要がありますが、摩耗によって真円が崩れると急激に追従性能が悪くなります(タイヤが丸くない自動車のようなもの)。さらに、主すり板は電気を通す部品ですから、舟支えとは常に密着していないと電蝕(食)などの不具合を起こすため、転動が可能な固定方法がとれないなどの理由から、しゅう動方式となっています。

舟体の両端には、大きく垂れ下がった R 形状の ホーンがあります。ホーンの役目は、架線の分岐箇所 で、側線から接近してくる架線を舟体で引っ掛けて事故を起こさないように、確実に主すり板上 面へ架線を渡せるようにするものです。

主すり板とホーンの間にあるのが補助すり板です。補助ホーンと言われる場合もある、この補助すり板は、ホーンによって持ち上げられた架線をスムーズに主すり板上へ渡すのが役目で、集電目的の部品ではないので、通常はアルミなど軽い素材が使われます。

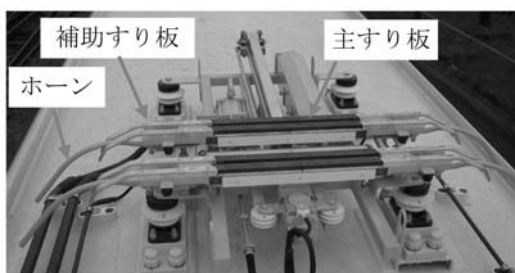


図11 すり板とホーン

### 3. 新幹線用のパンタグラフ

新幹線用のパンタグラフは、当初は下枠交差形のパンタグラフでしたが、現在はシングルアーム

形のパンタグラフが主流になっています。これは、走行中にパンタグラフから発生する空力音(風切り音)を低減させるのが目的であり、特に低騒音シングルアームパンタと呼ばれています。そのため、新幹線用のパンタグラフは走行風にさらされる部分を最小限にした、とてもシンプルな形状をしています。さらに、複雑形状の部分を滑らか形状のカバーで覆ったり、舟体の項で紹介した一本舟の採用など様々な低騒音化の工夫があります。



図12 従来の下枠交差形パンタグラフ



図13 低騒音シングルアームパンタグラフ

もう一つ、新幹線用のパンタグラフで重要な課題は、200km/hをはるかに超える高速域でも安定した集電を行うための、優れた揚力特性と架線への追従性能があげられます。高速走行中の舟体は飛行機の翼と同じで、走行風によって揚力が発生します。揚力が過大だと架線を損傷させ、かつ、主すり板や架線の摩耗を早めることとなります。逆に過小であったり負であると、離線がしやすくなり安定した集電ができなくなります。したがって、新型パンタグラフの開発時は、風洞試験や走行試験を何度も繰り返すことで、最適な揚力特性が得られるパンタグラフに仕上げられています。

### 4. おわりに

誌面の都合もあり今回は以上の紹介にとどめますが、パンタグラフには、今回紹介しきれなかった仕組みや工夫が、まだまだたくさんあります。またの機会がありましたら、あらためて紹介させていただきますが、電車に乗るときはパンタグラフを見上げて、なぜあのような形をしているのか、なぜこんな部品が付いているのか、と興味を持って見て頂ければ幸いです。

(東洋電機製造(株) 交通事業部

交通工場電機設計グループ 中島 伸治)