

### 第27回

# 高速用パンタグラフ

## はじめに

パンタグラフの歴史は古く、日本で最初にパンタグラフが使用されたのは1914年(大正3年)です<sup>1)</sup>。それから50年後の1964年(昭和39年)、東海道新幹線の開業と同時に高速用パンタグラフの歴史が幕を開けました。その後、今日にいたるまで、高速用パンタグラフは進化を続けてきました。その進化の歴史、特に1980年代以降における高速用パンタグラフの進化の歴史は、いわば空力騒音との戦いの歴史でもあり、本稿では主に空力騒音の低減の観点から高速用パンタグラフの歴史を紹介します。

はじめに、本稿ではパンタグラフの部材を表す専門用語が登場しますので、以下にそれらを整理します。

- ・ 碍子 : パンタグラフと車両を電気絶縁する部材
- ・ 台枠 : パンタグラフ基部のフレーム部分
- ・ 枠組 : パンタグラフのリンク機構部分
- ・ 中間ヒンジ : 上下枠組の接点部分
- ・ 舟体 : パンタグラフの最上部にある部材

## 高速用パンタグラフの登場

日本で最初に使用された高速用パンタグラフは、1964年(昭和39年)、東海道新幹線の0系に採用されたPS200

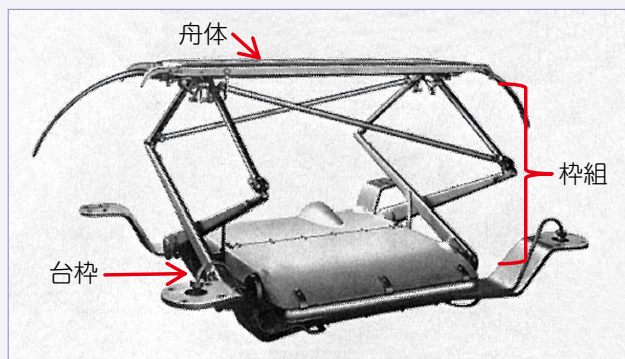


図1 PS200型パンタグラフ(0系)

型パンタグラフ(図1)です。このパンタグラフには下枠交差型が初めて採用され、当時の在来鉄道で一般的に用いられてきたひし形よりも小型・軽量化が図られています。0系新幹線が登場した当時は、12両編成で6台ものパンタグラフが搭載され、空力騒音よりも離線によって生じるアーク音が大きき騒音源となっていました。その後、東北新幹線においては1985年の上野開業時に240km/h運転が開始された際に、また東海道新幹線においては1991年にき電設備の大規模改修(ATき電化)が完了した際に、パンタグラフ同士を電氣的に接続する、いわゆる母線引き通しが行われた結果、アーク音が低減され、パンタグラフの主要な騒音を空力騒音が占めるようになりました。以後、パンタグラフの空力騒音を低減するべく、さまざまな開発が行われました。

## パンタグラフカバーから碍子オオイへ

パンタグラフの空力騒音低減対策として最初に採用されたものがパンタグラフカバー(図2)でした。パンタグラフカバーは、パンタグラフを大きな囲いの中に設置し、その囲いによって空気をはね上げてパンタグラフが高速の気流にさらされないようにするという考え方に基づいて開発されたものでした。パンタグラフカバーを採用することで、

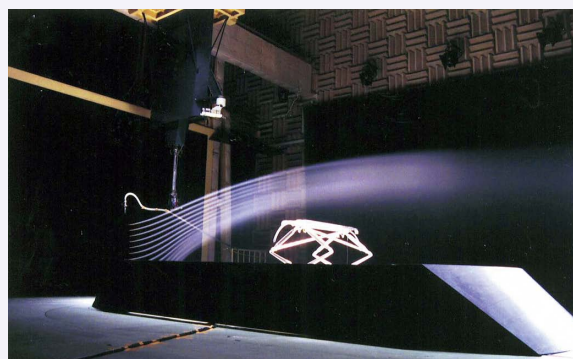


図2 パンタグラフカバー(風洞試験による流れの可視化)

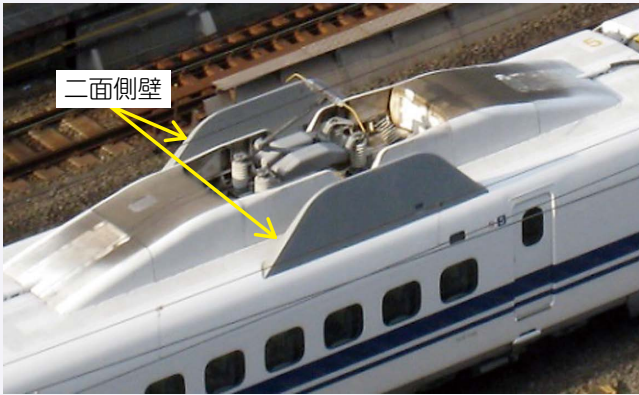


図3 碍子オオイと二面側壁(700系)

既存のパンタグラフをそのまま用いて空力騒音を低減することが可能となり、1987年に100系に、1989年に200系に適用された後、1992年(平成4年)に270km/hで運行を開始した300系で初めて新製時から採用されました。しかし、パンタグラフカバーはパンタグラフからの空力騒音を効果的に低減できる一方で、トンネル内でパンタグラフカバーに作用する空気力によって生じる車両動揺や、カバー自体から生じる空力騒音の発生、車体重量の増加など、カバーそのものによる弊害があることもわかってきました。

これらの問題を克服するためにはパンタグラフカバーの小型化、特に高さの低減が必須であり、最終的にはパンタグラフカバーは碍子オオイ(図3)という部材へと移行しました。碍子オオイはその名のとおり、パンタグラフの主要な空力騒音源である碍子部分のみを覆う部材です。一方で、碍子オオイの場合にはパンタグラフの多くの部材が高速の気流にさらされるようになるため、パンタグラフ自体から発生する空力騒音の低減が必要不可欠であり、T型パンタグラフやシングルアームパンタグラフといったいわゆる低騒音パンタグラフが開発されました。これらのパンタグラフでは、碍子オオイから露出する杵組や舟体の部材点数を削減することで空力騒音の低減が図られました。

### T型パンタグラフ

T型パンタグラフ(図4)は、1997年(平成9年)に当時の営業列車の世界最速記録である300km/hで運行を開始した500系に採用されたパンタグラフです。このパンタグラフは空気圧シリンダーでマスト上部に取り付けられた舟体を鉛直方向に押し上げて架線をしゅう動する構造をなしており、従来のばねとリンク機構からなるパンタグラフとは異なる全く新しい機構のパンタグラフでした。さらに、マストの表面には音を立てずに飛ぶとされるフクロウの翼をヒントに提案されたボルテックスジェネレーター(ギザ

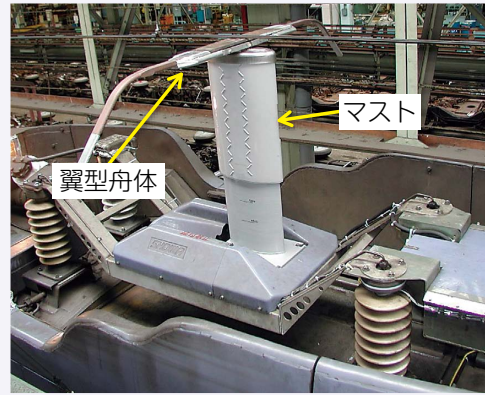


図4 T型パンタグラフ(500系新製時)

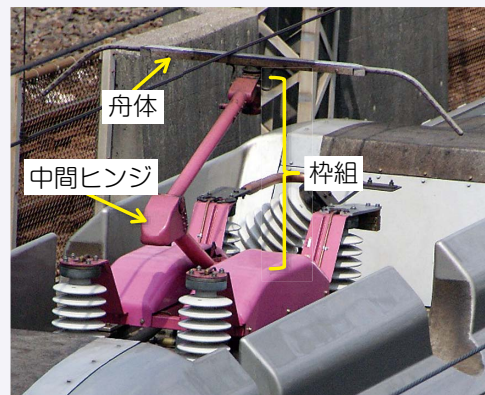


図5 シングルアームパンタグラフ(E3系)

ギザの凹凸)を適用し、空力騒音の低減が図られています。また、舟体についても、従来はパンタグラフ1台につき幅の狭い舟体が2本搭載されていることが標準でしたが、幅の広い舟体を1本のみ搭載し、さらに、翼型舟体と呼ばれる流線形舟体が採用され、空力騒音の低減が図られています。残念ながらT型パンタグラフは500系の短編成化とともに一線を退きましたが、翼型舟体は後継のパンタグラフへと引き継がれています。

### シングルアームパンタグラフ

T型パンタグラフが登場したのとほぼ同時期に登場したもう一つの低騒音パンタグラフが、1997年(平成9年)、E3系に搭載されたシングルアームパンタグラフ(図5)です。E3系については、新幹線と在来線を直通運転するため、在来線に合わせて車両断面積を小さく設計する必要がありました。そのため、断面積の大きなパンタグラフカバーを採用することが困難であり、碍子オオイと低騒音パンタグラフの開発が必須でした。シングルアームパンタグラフは、杵組が「く」の字型の形状をしたパンタグラフです。シングルアームパンタグラフには、杵組の動作に必要ないくつかのリンク部材が存在しますが、新幹線用シングルアーム

ムパンタグラフではそれらのリンク部材を枠組内部に集約し、外見上は枠組のみが露出する構造として空力騒音の低減を図っています。また、舟体も幅の広いもの1本のみを搭載する方式としています。シングルアームパンタグラフは、その後も1999年(平成11年)に登場した700系をはじめ、多くの新幹線車両に搭載され、現在の高速用パンタグラフの主流となっています。なお、700系には二面側壁と呼ばれる遮音板(図3)も採用され、空力騒音の伝搬を防止する対策も施されています。

### 低騒音碍子の登場

T型パンタグラフやシングルアームパンタグラフによってパンタグラフ自体の低騒音化が図られたことで、今度はパンタグラフを支える碍子にも低騒音化の目が向けられました。2002年(平成14年)、東北新幹線八戸延伸開業に合わせてE2系1000番代が登場しますが、この車両に搭載されたパンタグラフ(図6)には、碍子オオイではなく、碍子自体の低騒音化を図った低騒音碍子が採用されました。低騒音碍子は、空力騒音を低減すべく、形状を流線形化するとともに、碍子特有のヒダ部の形状、配置に工夫がなされています。なお、E2系1000番代に採用されたパンタグラフを基にしたパンタグラフが、九州新幹線の800系にも採用されています。

### 最近の高速用パンタグラフ

現在、高速用パンタグラフとして、碍子オオイを併用するものと低騒音碍子を使用するものの二つの形式のパンタグラフが主として使用されています。碍子オオイを併用するタイプのパンタグラフの中で最新のものは、2007年(平



図6 低騒音碍子タイプのシングルアームパンタグラフ (E2系1000番代)

成19年)に運用を開始したN700系のシングルアームパンタグラフ(図7)です。一般に、「く」の字型のシングルアームパンタグラフは、「く」の字中間ヒンジ部分で流れが乱されて空力騒音が発生し易くなりますが、N700系のパンタグラフは外見上中間ヒンジ部分がなく、風防カバーから一本の枠のみが露出しているだけの形状となっています。このパンタグラフは、シングルアームパンタグラフをさらに発展させたものであり、「く」の時の枠組の下側の枠を短縮してカバーの中に収納しています。N700系のパンタグラフは、これ以外にも風防カバーや碍子オオイなどの形状も洗練され、空力騒音の低減が図られています。

低騒音碍子を使用する最新のパンタグラフの代表が、2011年(平成23年)運用開始のE5系のパンタグラフです(図8)。このパンタグラフは、E2系1000番代のパンタグラフをさらに洗練し、碍子の配置や風防カバー形状などを改良して、独特の形状となっています。さらに、多分割すり板の採用によって追従性能の向上も図られており、通常、1つの編成で2台のパンタグラフを使用するところを、一台は折り畳んだ状態で使用することを定位としています。このように、E5系のパンタグラフではパンタグラフの形状改良だけでなく、使用するパンタグラフの台数を削減することも含めた空力騒音低減が図られています。このパンタグラフを基にしたパンタグラフは、2013年(平成25年)運用開始のE6系にも搭載されたほか、2015年(平成27年)開業予定の北陸新幹線用車両としてデビューするE7系、W7系にも搭載される予定です。

### 海外の高速用パンタグラフ

ここで、海外の高速用パンタグラフにも目を向けてみましょう。図9は、フランスの高速車両であるTGVに搭載



図7 N700系のシングルアームパンタグラフ

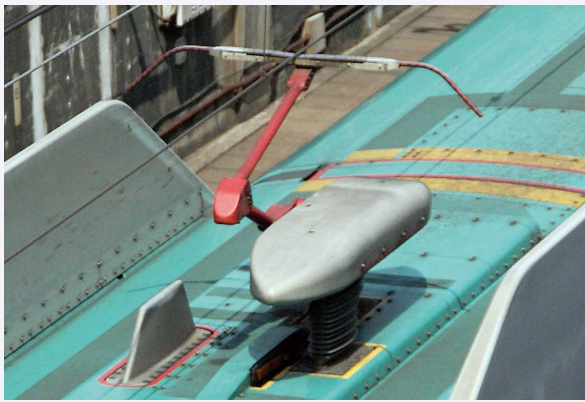


図8 E5系のシングルアームパンタグラフ

されているシングルアームパンタグラフです。これまで紹介してきた国内の新幹線用パンタグラフと比べると、露出する部材が多く、リンク部材も剥き出しとなっているなど、形状平滑化があまりなされていないことがわかると思います。このように、海外の高速用パンタグラフには、空力騒音の低減への配慮が日本のものほどはなされていませんが、これは、技術レベルの違いではなく、高速車両を取り巻く環境の違いによって進化の方向性に差が生じたことによるものです。住宅密集地を走行する日本の新幹線とは異なり、海外では郊外の田園地帯を走行することがほとんどであり、沿線騒音の低減が日本ほど厳しくは強いられていない。沿線騒音の評価方法にも違いがあります。また、海外では日本ほど防音壁が設置されておらず、車両下部からの騒音の寄与が大きいという事情もあります。一方、海外の高速用パンタグラフには、高速走行時に作用する揚力を補正するよう、パンタグラフの押上力（架線を押し上げる力）を空気圧で調整する機構や、パンタグラフに強い衝撃が加わった時に、架線を破壊しないようパンタグラフを自動的に降下させる装置（緊急降下装置）が採用されています。これらは、日本の新幹線用パンタグラフには採用されていないものですが、これらも、技術レベルの違いというよりは、パンタグラフの設計に対する考え方や思想の違いによるものと言えます。このように、同じ高速用パンタグラフでもその使用環境や設計思想の違いによって、日本と海外では異なる進化を遂げているのです。

### 【 未来の高速用パンタグラフ 】

0系新幹線の登場から今年でちょうど50年。その間、高速用パンタグラフの開発が進められ、日本では0系デビュー当時にはおそらく想像できなかったであろう形状のパンタグラフへと進化を遂げました。これから50年後には高速



図9 海外の高速用パンタグラフ（フランス、TGV）

用パンタグラフははたしてどのような進化を遂げているのでしょうか。50年後にはパンタグラフはもはや存在していないという可能性もあるかもしれませんが、今後のパンタグラフ開発へ向けての展望を述べたいと思います。

一般に、高速用パンタグラフを開発する際には、空力騒音の低減以外にも、架線との安定した接触状態を維持するために、揚力などの空気力が安定して得られることや、高速走行に対応できる動特性を有していることが必須の要件となります。これまでの高速用パンタグラフの開発においても、これらの要件を満たすべく、空力騒音低減のために部材形状を平滑化する場合には、空気力特性や動特性との兼ね合いを考慮して開発が進められてきました。今後、空力騒音のさらなる低減を実現するためには、形状平滑化によって生じる空気力特性や動特性に対するデメリットを別な手段で補う技術や、新しい空力騒音低減技術も必要になると考えられます。例えば、部材形状を現状よりもさらに平滑化する代わりに、架線との接触力を別途能動的に制御するといった方法が考えられます。また、空気力学的なアプローチとしては、現状の外形状を維持したまま、物体表面での流れの振る舞いを変えるべく、表面の性状を変更したり、流れ場を積極的に制御することなども考えられます。鉄道総研では、将来の高速用パンタグラフの開発に貢献できるように、さまざまな角度から日々研究開発に取り組んでいます。

（光用剛／鉄道力学研究部 集電力学研究室）

### 文献

- 1) 小野寺正之、新井博之：日本におけるパンタグラフの歴史と東洋電機 I, 東洋電機技報, 第108号, 2001
- 2) 池田充：新幹線用パンタグラフの進化, 新幹線ファーストガイド, 交通新聞社, 2011