

北陸ルート仕様FGT用パンタグラフの開発

1. はじめに

フリーゲージトレイン（軌間可変電車、FGT）は、左右のレール間隔（軌間）が異なる新幹線と在来線を直通運転できるよう、軌間に合わせて左右の車輪間隔を自動的に変換出来る電車です。また、北陸新幹線は今年3月14日に長野～金沢間が開業し、さらに金沢～敦賀間が延伸される予定ですが、その先の敦賀～大阪間については延伸ルートや時期が未定となっています。大阪開業までの間、大阪～北陸間を移動されるお客様には、敦賀駅での乗換えが必要となり、ご不便をお掛けすることになります。利便性を向上させるため、新幹線と在来線を直通運転出来る北陸ルート仕様FGTの実用化を目指して、技術開発に取り組んでいます。

2. 北陸ルート仕様FGT用パンタグラフの開発

(1) 開発の目的

北陸ルート仕様FGTの走行区間は、新幹線区間が交流（AC 25kV）、在来線区間が直流（DC 1.5kV）となるため、相互に直通運転するためには、新幹線パンタおよび在来線パンタをそれぞれ搭載する必要があります。その場合、以下のような課題が想定されます。

- ・高速走行時において、集電系騒音源が増えるため、騒音が増大する
- ・車両重量が増加する
- ・検修コストが増加する
- ・幹在接続駅において、各パンタを上げ下げする必要があり、停車時分が増える

仮に新幹線区間および在来線区間ともに集電可能なパンタグラフを導入すれば、これらの課題をクリアすることが出来ます。現在、交流専用の新在直通パンタは実用化されていますが（秋田新幹線等）、交流および直流に対応した新在直通パンタグラフ（新在交直パンタ）は実用化されておらず、新たに開発を行う必要があります。

(2) 開発課題

北陸ルート仕様として、現時点で想定しているパンタの使用条件を表1に示します。新在交直パンタは、これらの条件をすべて満たす必要があります。

	新幹線区間	在来線区間
最高速度	260km/h	130km/h
架線高さ	RL4800～5300mm	RL4530～5400mm
架線電圧	交流25kV	直流1.5kV
集電電流	約800A／2Pan ※引通しあり	約2600A／1Pan
その他	新幹線騒音に関する環境基準あり	

表1：北陸ルート仕様としてのパンタ使用条件

既存の新幹線パンタをベースとして、新在交直パンタを開発するにあたり様々な課題がありますが、大きな課題として以下の(i)～(iii)が挙げられます。

(i) 新幹線区間における騒音・揚力特性

新幹線パンタに求められる主な性能は、騒音特性および揚力特性です。騒音特性については、新幹線騒音に関する環境基準をクリアする必要があるため、低騒音化が求められます。揚力特性はパンタ自体が受ける空気力であり、適切な正值となるように調整する必要がありますが、舟体や枠組等の形状による流れ場の変化により大きく左右されます。仮に押上力が著大な値になると、架線に押し当てる力が大きくなり、トロリ線に著大な押上量や歪が発生してしまいます。一方、揚力が下向きの値になると、主ばねによる押上力と相殺し、パンタが自然降下してしまいます。そのため、適切な揚力になるように舟体や枠組等の形状を最適化する必要があります。一般的に、新幹線パンタはこれらの性能を満たすために徹底的な小型軽量化と形状最適化が求められます。

また一般的に、新幹線の屋根上形状は低騒音化や乗り心地向上のため、平滑化が求められます。一方、北陸ルート仕様FGT車両は、在来線に対応するために直流機器が必要となり、かつ既存の新幹線よりも車体が小さいため、機器の搭載スペースが不足します。その解決策として屋根上にも機器を搭載し、パンタ搭載部のみ低屋根構造とするため、凹凸のある屋根上形状になります。それにより、パンタ周囲の流れ場が乱れやすくなり、騒音・揚力特性への影響が想定されます。

(ii) 在来線直流区間における大集電電流

在来線直流区間で停車時、大集電電流の連続通電によってトロリ線の過大な温度上昇が懸念されます。許容温度（90℃）以上の温度になると、破断する危険性があります。その課題解決にむけた方策として、電気抵抗率が小さいすり板材質への変更ほか、トロリ線とすり板の接触面積を増やすことが挙げられます。すり板幅（レール方向）を拡幅すれば接触面積が増えますが、舟体形状が大型化（重量増）することになります。

(iii) 在来線架線への追従

在来線架線の高さ変動幅は新幹線架線より大きいため、パンタが架線に追従出来るように大きな上下ストロークを有する必要があります。そのため、パンタグラフの枠組を大きくする必要があります。

新在交直パンタは、(ii)や(iii)の課題を解決するために、舟体や枠組等が大型化する見込みです（図1）。すると、(i)における小型軽量化と相反するため、これらの課題を同時にクリアできるような形状の最適化が求められます。

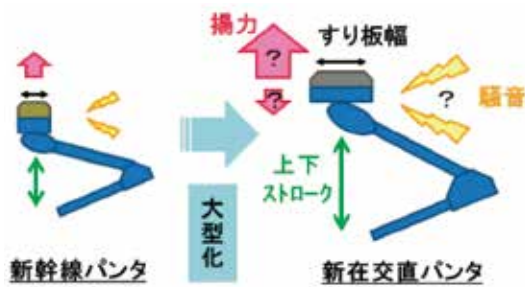


図1：大型化による影響

(3) 大型風洞試験における基礎調査の実施

課題(i)および(ii)に関する基礎調査として、舟体や枠組等の大型化が騒音および揚力特性へ与える影響を調査するために、大型風洞において(a)(b)の試験を実施しました。

(a) 実機スケール模型を用いた試験

舟体等の大型化が騒音および揚力特性に与える影響を調査するため、開発のベースとした実機パンタと新在交直パンタ用舟体を模擬した実機スケール模型(写真2)等を組合せた試験を実施しました。

その結果、舟体の大型化により260km/hの風速においては、騒音特性はあまり影響しませんが、揚力特性が大幅に変動することがわかりました(図2)。その後、舟体等の形状改良によって、既存の新幹線パンタと同程度の揚力特性まで調整可能である見込みを得ました。



写真2：新在交直パンタ用舟体模型

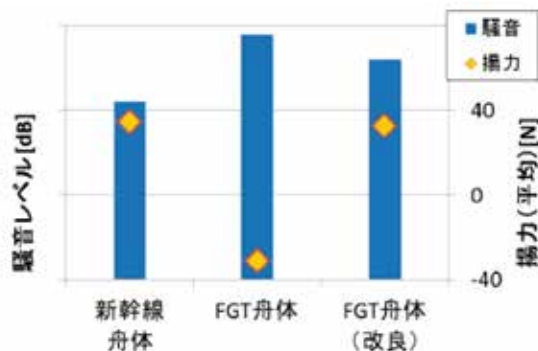


図2：舟体等の大型化による影響

(b) 縮尺スケール模型を用いた試験

凹凸のある屋根上形状が騒音特性へ与える影響を調査するため、パンタ本体、新幹線およびFGT車両の屋根上(以下、新幹線屋根およびFGT屋根)を模擬した縮尺スケール模型を用いた大型風洞試験を実施しました(写真3、4)。

その結果、新在交直パンタは新幹線屋根条件で新幹線パンタより騒音が増加しますが、FGT屋根条件では、新幹線屋根条件の新幹線パンタと同程度に出来る見込みがあることがわかりました(図3)。



写真3：新幹線屋根模型



写真4：FGT屋根模型(パンタ搭載部)

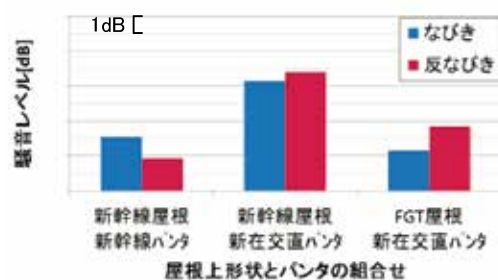


図3：屋根上形状による騒音の差異

3. 今後について

今回は、舟体や枠組等の大型化による騒音および揚力特性への影響や、屋根上形状が騒音特性へ与える影響を調査するための大型風洞試験を実施し、騒音および揚力特性に関する一定の知見を得ることができました。今後は、更なる低騒音化を目指したパンタ本体の形状改良や、実機の新在交直パンタ(試作機)を製作し、騒音・揚力特性、追従性能や耐久性に関する調査を実施する予定です。これらの調査の結果を踏まえて、新在交直パンタの詳細仕様を決定し、実用化に向けた開発を進めていきます。