

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

# 新幹線車両の台車周りで発生する空力音を探る

新幹線から発生する騒音は重要な環境問題であり、その低減が強く求められています。特に300km/h以上の高速で走行する場合には、種々の騒音源の中で空力音の沿線騒音に与える影響が大きくなり、なかでも台車部付近から発生する空力音の低減が重要な課題となっています。ここでは、風洞試験を活用して台車部の空力音を精度よく測定する手法について紹介します。



**山崎 展博**  
Nobuhiro Yamazaki  
環境工学研究部  
騒音解析研究室  
主任研究員  
[専門分野] 鉄道騒音



**北川 敏樹**  
Toshiki Kitagawa  
環境工学研究部  
騒音解析研究室  
室長  
[専門分野] 鉄道騒音

## はじめに

高速で走行する新幹線から発生する騒音は、代表的な環境問題です。またその低減は沿線環境の保全や今後の更なる高速化の観点から重要な課題です。

図1は新幹線の騒音源を発生部位別に整理したものです。新幹線騒音は、大きく分けて、車輪・レールの振動から発生する転動音、コンクリート高架橋などの構造物の振動から発生する構造物音、パンタグラフをはじめとする車体各部と空気流との相互作用によって発生する車両空力音などから構成されています<sup>1)</sup>。

新幹線開業以降、各音源に対する騒音低減対策が行われてきました。図2は最新の新幹線車両による沿線騒音の音源別の寄与度を示した例です。図2における騒音の評価点は、新幹線騒音測定標準点（近接側軌道中心から25m離れ、地面からの高さ1.2mの点）です。300km/hの速度域では、集電系音と車両下部音の占める

寄与が大きい傾向にあります<sup>2)</sup>。したがって、新幹線車両全体の騒音を低減するためには、車両下部音の低減が重要であるといえます。

車両下部音は主に転動音、車両機器音ならびに空力音で構成されます。また、車両下部音に対するパワーレベルが列車速度に依存するため、その各音源の寄与率は列車速度によって大きく変化します。このため、車両下部音の低減対策を行うには、想定する速度域で最も寄与の大きい音源を把握することが重要です。特に空力音は、列車速度の6乗に比例して増大する性質があり、今後の高速化に向けて低減すべき重要な音源です。これまでの車両下部音に関する研究では、転動音について軌道・車輪系の振動・音響モデル

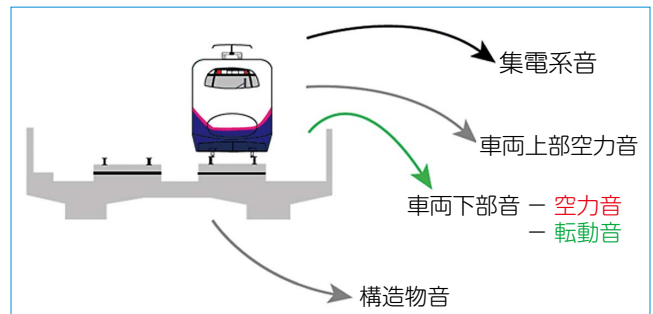


図1 新幹線周りの代表的な音源

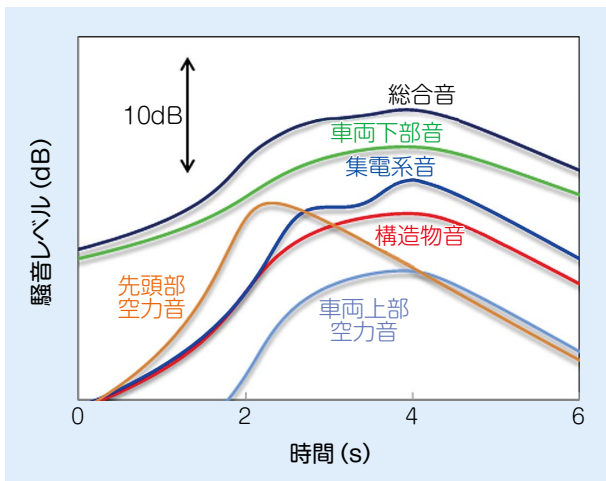


図2 新幹線車両の音源別寄与度

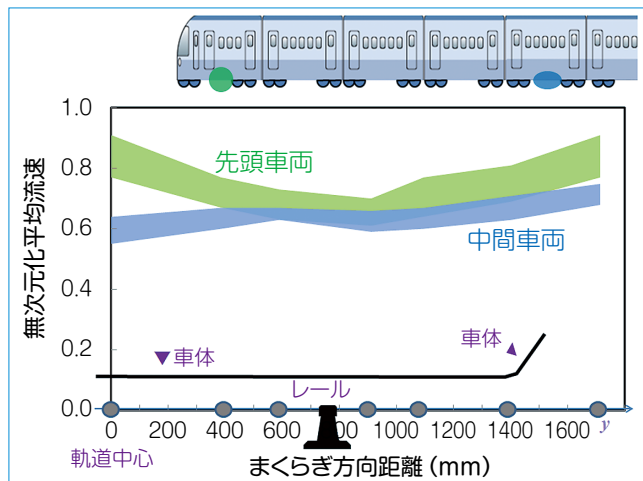


図3 流速のまくらぎ方向分布(車両側からみた流速)

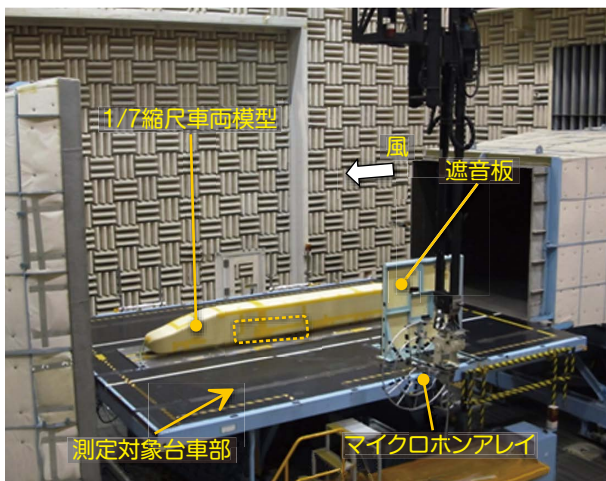


図4 風洞試験状況

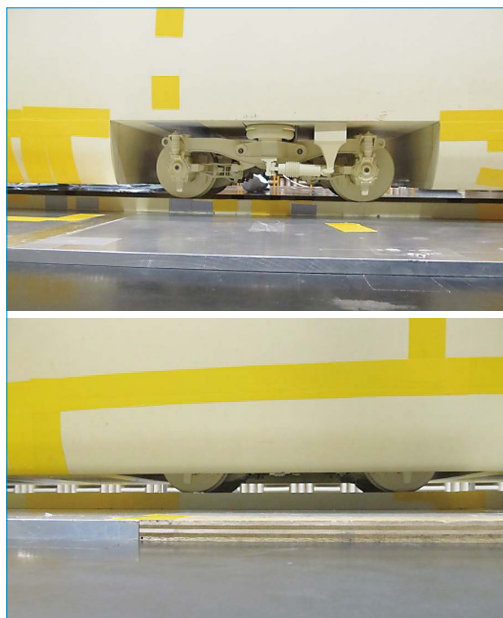


図5 台車部の模擬状況

(TWINSモデル)に基づいた定量的な評価が行われ、その結果を用いて車両下部音に対する各音源の寄与の推定が行われています<sup>3)</sup>。

### 車両下部から発生する空力音

空力音の定量的な推定を行うためには、その発生と密接に関連する車両下部の流れ場を正しく把握する必要があります。特に車両下部の中で、台車部は流れを乱す要因となる不整部が多く、主たる騒音源の一つと考えられます。図3は新幹線の車両下部での流速を測定した結果(流速のレール方向成分のまくらぎ方向の分布)を示したものです<sup>4)</sup>。先頭車両付近と一編成中の中央付近の車両(以下、中間車両)では流速分布の傾向が大きく異なること、

中間車両においてはまくらぎ方向全域の平均流速が列車速度の60%~70%程度になっていることがわかりました。

### 低騒音風洞の活用

鉄道総研では、空力音の特性を調べるための実験施設として大型の低騒音風洞を所有しています。この設備を活用して、図3に示した実際の走行車両での流れ場を忠実に再現し、発生する騒音を測定すれば、実際の走行車両での台車部から発生する空力音を精度よく評価することができます。そこで鉄道総研では、台車部周りの流れ場を風洞試験で再現する手法、および台車部空力音の評価手法の開発を進めています。

### 台車部空力音の評価手法

#### (1) 流れ場の再現手法

図3に示した結果では、先頭車両と中間車両における流速分布が異なっていました。そこで、台車部空力音の特性を風洞試験で把握するために、先頭車両と中間車両における流速のまくらぎ方向分布をそれぞれ個別に模擬することを行いました。実際の風洞試験の様子を図4に示します。無響室の中に設置されたノズルから気流が噴き出されます。その気流中に車両模型(1/7縮尺)を設置します。車両模型の下部には、実際の台車を精密に模擬した台車模型を設置しています(図5)。実際

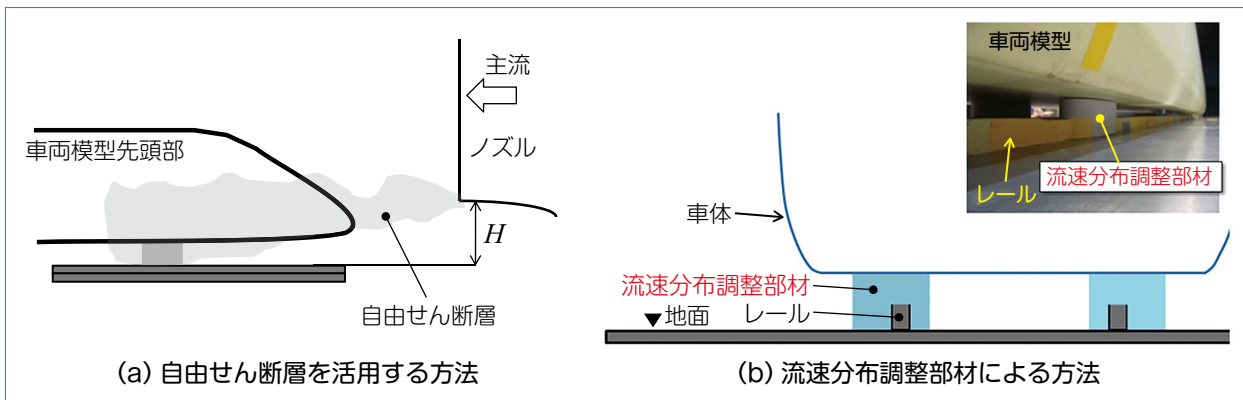


図6 風洞試験における台車部流入箇所での流速分布調整法

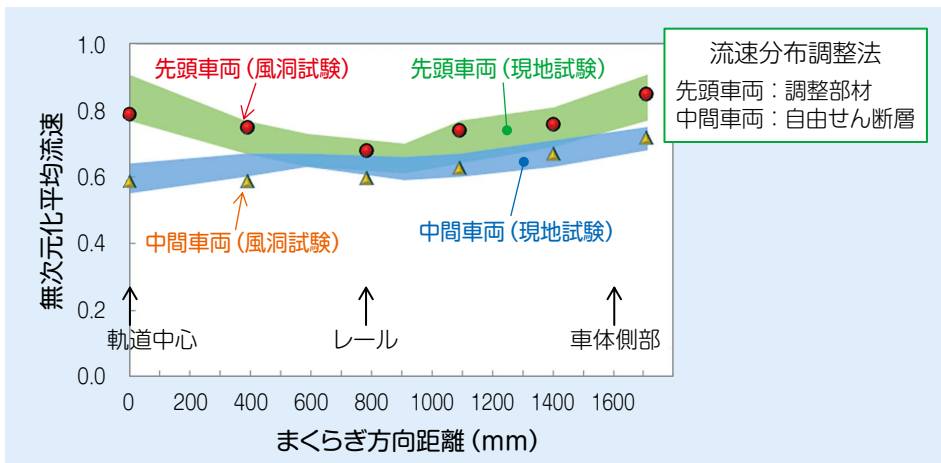


図7 風洞試験における台車部流入箇所での流速分布模擬結果

の走行車両での台車部における流れ場を風洞で再現するために、流速分布を調整する二種類の風洞試験法を開発しました(図6)。また開発にあたり、流速分布の調整によって生じる音を極力小さくするようにしました。具体的な方法は以下の通りです。

①風洞の自由せん断層(☞参照)を活用する

自由せん断層内は主流に比べて流速が遅くなっているため、台車部付近の流速を調整することができます。この方法では、自由せん断層内に台車部が位置するように、風洞ノズル底面と車

両模型の鉛直方向に対する位置関係(H)を変化させました。

②車両下部流速分布の調整部材を設ける  
台車部よりも上流の位置に柱状の部材を取り付けます。この部材よりも後ろの流域では流速を遅くすることができます。この部材の幅を変化させることにより、流速のまくらぎ方向分布を調整しました。

2つの方法により得られた台車部周りにおける流速分布を図7に示します。中間車両での流れ場は手法①、先頭車両での流れ場は手法②を用いて再現しています。また、図中に示した網掛け

の範囲は現地試験で得られた平均流速のばらつきを示しています。今回開発した調整法により、現地試験で得られた流速分布を再現できていることがわかります。

(2)音源分布からの騒音評価

これらの流速分布調整法を用いて、台車部から発生する騒音の測定を行いました。今回の風洞試

験においては、台車部で生じた空力音のみを抽出することで精度の高い測定を行うため、通常用いられている無指向性マイクロホンおよび二次元マイクロホンアレイ(☞参照)を組み合わせた測定を行いました。図8は、マイクロホンアレイによる台車部周りの音源分布の測定結果を示したものです。マイクロホンアレイは鋭い指向特性を持ち、台車部周りから発生する空力音を精度よく測定することができます。

しかし、無指向性マイクロホンによる測定値を換算するためには、マイクロホンアレイの指向特性を考慮した補正を行う必要があります。このため、マイクロホンアレイによる測定結果に対して、以下に示すような換算係数を求めました<sup>5)</sup>。

台車部の側カバーを取り外した場合、

☞ 自由せん断層

静止している空間に噴流が噴出される場合に、その境界で発生する速度変化領域を指します。

☞ マイクロホンアレイ

複数のマイクロホンを空間的に配列することで、音の発生位置を調べることができる技術です。

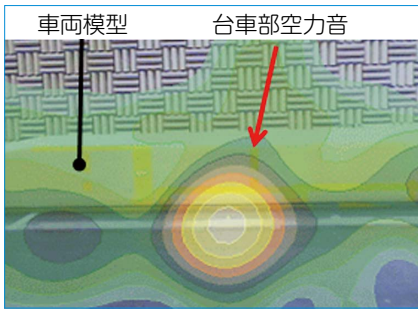


図8 台車部周りの音源分布測定例

大きな空力音が台車部周りで発生します。そこで、台車部の側カバーを取り外した状態で、マイクロホンアレイによる音圧レベルと無指向性マイクロホンによる音圧レベルを計測します。一定領域内のマイクロホンアレイによる音圧レベルを平均した値を求め、これと無指向性マイクロホンによる音圧レベルとの差を換算係数としました。実際に台車部から生じる空力音を評価する場合には、同じ台車部周りを取り囲む領域でのマイクロホンアレイによる平均化した音圧レベルに対して、換算係数を差し引いた値をマイクロホンによる結果として推定することができます(図9)。

### 現地試験結果との比較・検証

本推定手法の妥当性を評価するため、現地試験で測定された値との比較を行いました。現地試験測定結果には、新幹線のレール近傍における騒音測定結果を用いました。列車の通行に伴って騒音レベルは山谷を繰り返します。この山の部分が2つの台車部が通過する際のピークに対応します。このピーク値を現地試験における転動音と台車部空力音の和とみなします。風洞試験で測定した台車部からの空力音の音圧レベルからレール近傍点における推定値を算出する際には、風洞試験の結果に対して音源までの距離と周波数に関する換算を行います。ここでは、中間車

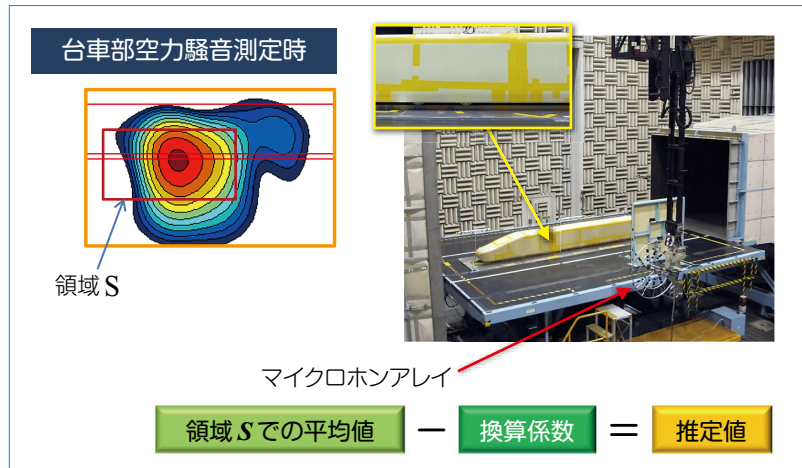


図9 音圧レベル分布図からの台車部空力騒音レベル推定手法

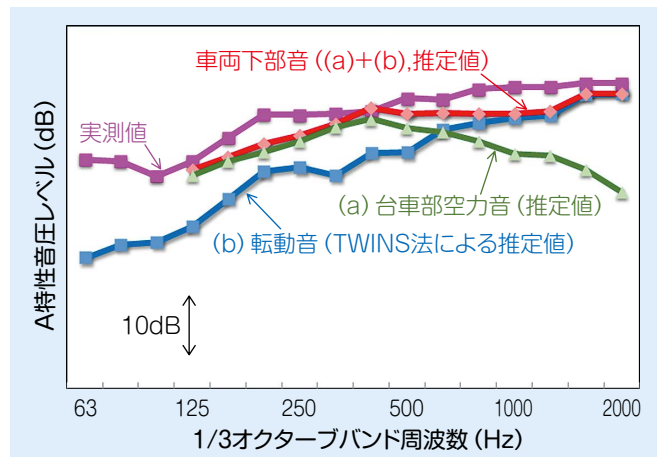


図10 車両下部音に対する音源別寄与度 (風洞試験による推定結果と現地試験結果との比較)

両の台車部空力音の推定結果について、図10に示します。今回の評価手法による台車部空力音と、これまで報告されている転動音の推定値を合計した車両下部の推定結果が、実測結果とよく一致していることが確認できます。また、500Hz帯以下の低い周波数帯域では、台車部空力騒音の寄与が大きかったことがわかりました。

### おわりに

今回、風洞試験による台車部空力音の評価手法を開発し、その妥当性を示しました。新幹線車両の更なる高速化に向けて台車部空力騒音の低減化を図る試みは今後ますます増えていくことが予想されます。本手法により、騒音

発生メカニズムの解明や騒音低減効果の評価を進めていきたいと考えています。**RRR**

### 文献

- 1) 長倉清：新幹線鉄道騒音の解析・低減技術，RRR，Vol.68，No.3，2011
- 2) 長倉清，他：新幹線沿線騒音予測手法，鉄道総研報告，Vol.14，No.9，pp.5-10，2000
- 3) 北川敏樹，他：高速走行時における車両下部音の音源別寄与度，鉄道総研報告，Vol.27，No.1，pp.23-28，2013
- 4) 岩崎誠，他：スラブ軌道における新幹線車両通過時の車両床下流れの測定，J-RAIL2013，2013
- 5) 山崎展博：風洞試験による新幹線車両下部から発生する空力音の評価手法，鉄道総合技術研究所月例発表会講演要旨，280号，2014