

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

高速鉄道車両の台車部品が空力音に与える影響を調べる

300km/h以上の高速で走行する新幹線の騒音は、空気の流れによって生じる音(空力音)の影響が大きく、とくに500Hz帯以下の周波数域では車両の台車部から発生する空力音(台車部空力音)の寄与が大きいことが示されています。そのため沿線騒音を低減する際には、台車部空力音の音源箇所ならびに音源ごとの音の大きさを詳細に把握することが重要です。ここでは、風洞実験により台車の構成機器や台車を収める箱型構造が台車部空力音の大きさに与える影響を調査し、台車部空力音の基本的な対策手法について検討した結果を紹介します。



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



宇田 東樹
Toki Uda
環境工学研究部
騒音解析研究室
主任研究員



北川 敏樹
Toshiki Kitagawa
前 環境工学研究部
騒音解析研究室長
(現 鉄道国際規格センター
担当部長)

はじめに

新幹線から発生する騒音は大きな沿線環境問題であり、その低減が強く求められています。新幹線の車両から発生する騒音は主として(1)集電系音、(2)車両上部空力音、(3)車両下部音(レールや車輪の振動によって発生する転動音および台車部空力音)および(4)構造物音から構成されています(図1)。とくに300km/h以上の高速域で走行する場合に車両下部空力音の影響が大きくなるとの試算が得られています¹⁾。筆者らはこれまで、台車部の流速分布を模擬した風洞実験で、台車部空力音を定量的に推定する手法を提案しています。この手法による台車部空力音の推定結果から、とくに500Hz帯以下の周波数域においては、車両下部音に

対して台車部空力音の寄与が大きいことが示されています²⁾。ただし新幹線車両の台車部には複雑な形状の台車機器が設置されているため、今後台車部空力音の低減化対策を講じるにあたっては、音源箇所ならびに音源ごとの音の大きさ(音源別寄与度)を詳細に把握することが重要となります。

そこでここでは、風洞実験により台車構成機器や台車部の箱型構造(キャビティー構造)が台車部空力音に与える影響を調査した結果について紹介します。また、台車部空力音に対する低減対策手法として、キャビティー端部に突起を取り付ける対策(以下、跳上げ対策)ならびに台車の下部をカバーで覆う対策(以下、台車下部カバー対策)について検討を行った結果について紹介します。

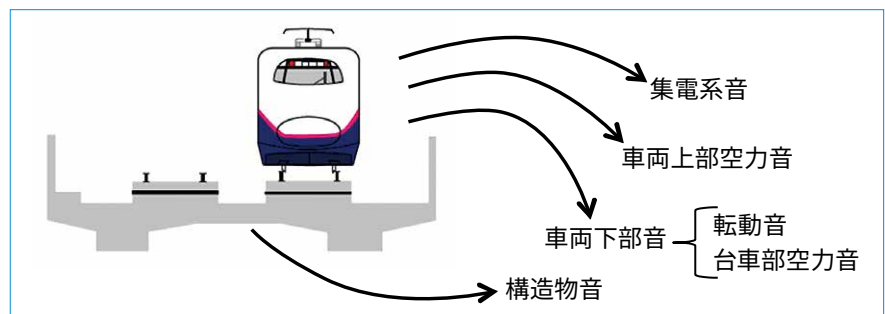


図1 新幹線の沿線騒音の主要な音源

風洞実験による空力音の推定

新幹線から発生する空力音を調べる際には、風洞実験が有効な手段となります。今回紹介する台車部空力音についても、鉄道総研が所有する大型低騒音風洞（以下、風洞）で台車部空力音の推定を行いました。風洞の測定部の様子を図2に示します。実際に沿線を走行する新幹線の空力音は、静止した空気の中を移動する車両まわりで空気が乱れることによって発生します。これに対し風洞実験では、静止した車両に対して列車走行速度と同じ速度の気流を当てることで、沿線と同様の空力音を発生させることになります。また、新幹線の台車部空力音を推定する際に注意すべき点として、実際に新幹線の台車部から発生する騒音には空力音以外の成分（主として転動音）が含まれることがあげられます。この問題については、風洞実験を活用することにより、空力音の成分のみを計測して両者を分離することで解決することができます。また、台車部に流入する流れの速度は列車走行速度に比べて50%～60%程度であることが知られています。今回実施する風洞実験では、実際に沿線で走行する新幹線車両の中間編成位置における台車部への流入速度を模擬するよう工夫されています。

台車構成機器の寄与度評価

台車構成機器から発生する空力音の影響を調べるために行った風洞実験について、図2を参照しながら概要を説

マイクロナレイ

複数のマイクロホンを空間的に配置することで、音の到来方向を知ることができる装置です。特定の新幹線車両の部位（例えば台車部や車間部）や、パンタグラフの構成機器（例えば舟体）の音だけを評価したい場合などに使用します。

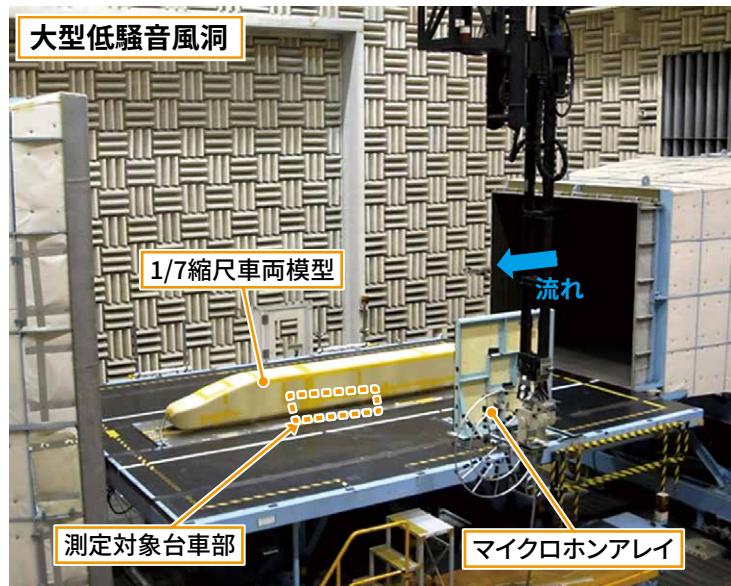


図2 大型低騒音風洞における実験状況

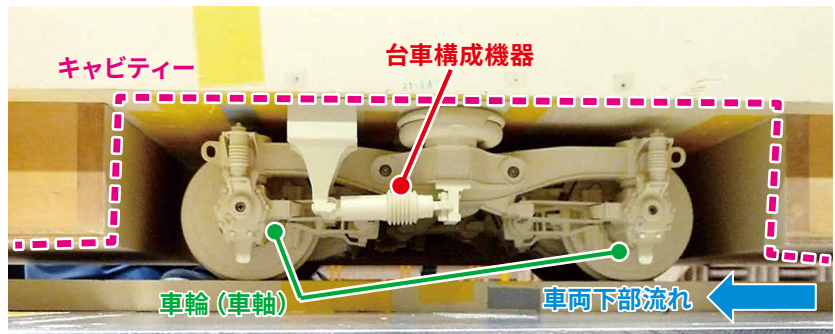


図3 車両模型下部における台車構成機器の配置（側面からの撮影。騒音評価時には側部を塞いだ状態とする。）

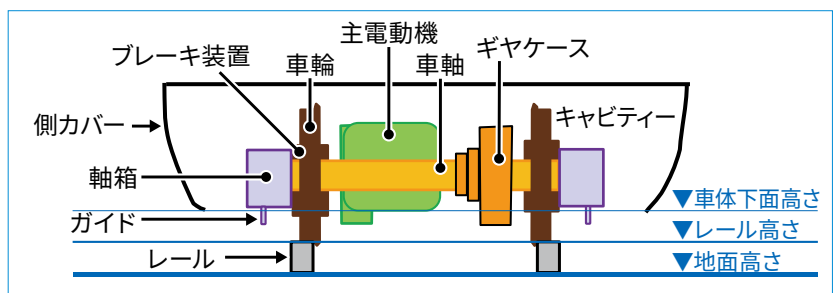


図4 台車部における台車構成機器の配置（正面図）

明します。風洞の測定部において、1.5両分の1/7縮尺車両模型を、地面を模擬した台上に設置します。車両模型の下部には、実際の台車構成機器を詳細に模擬した模型が取り付けられています。風洞測定部のノズルからこの車両模型全体に列車走行速度に相当する気流をあて、とくに台車部付近から発生する空力音のみをマイクロナレイ

イ(参照)により抽出します。さらに測定した結果に対し必要な補正を行うことで、台車部側方（レール中心からまくらぎ方向に2m）の観測点（以下、台車部側方観測点）における音圧レベルを推定します。今回影響を調べた台車構成機器を車両模型側方から見た写真を図3に、機器配置の模式図を図4に示します。台車構成機器は主として、

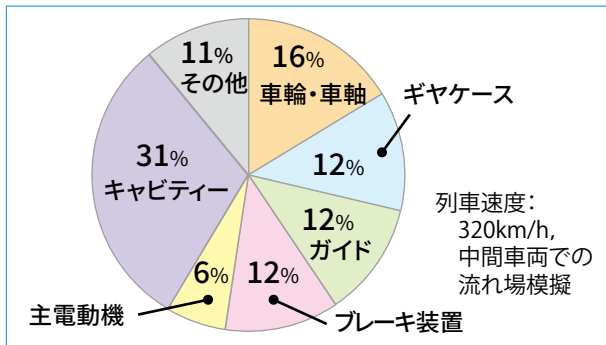


図5 台車構成機器が台車部空力音に及ぼす影響

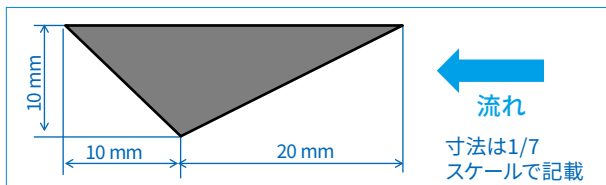


図6 跳上げ材の断面図

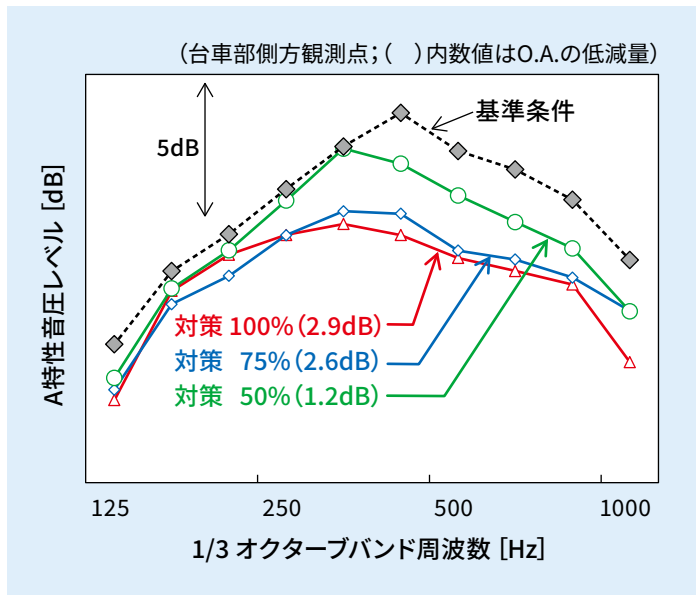


図8 跳上げ材による台車部空力音の低減効果

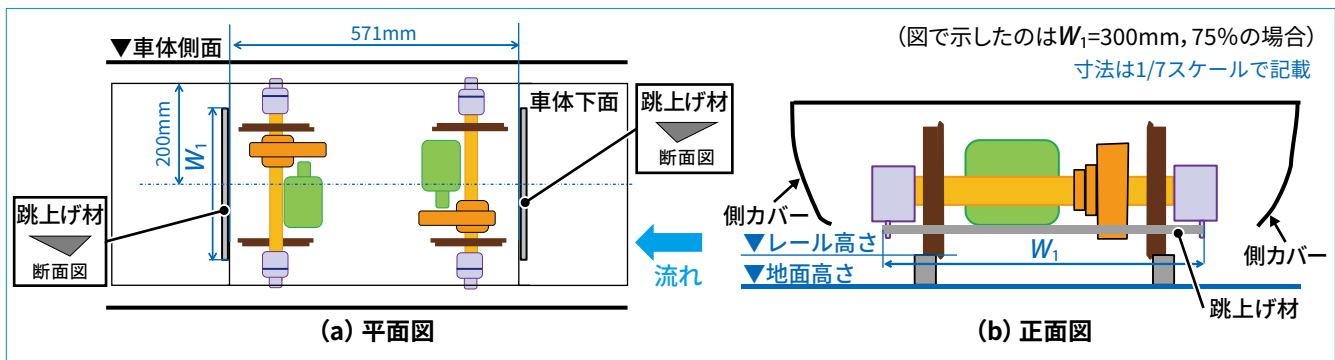


図7 キャビティー端部における跳上げ材の設置条件

車輪・車軸、主電動機、ギヤケース、ブレーキ装置、軸箱および脱線防止用ガイドから構成されており、大部分がキャビティー内部に収まっていますが、車輪やガイドはその一部分が車体下面高さよりも低い位置にあり、比較的速い流れが当たる状況にあります。評価試験に際しては、これらを順次取り外した状態でマイクロホンアレイにより空力音を測定します。この空力音の差を求めることで、取り外した機器の影響を調べました。なお、近年の新幹線では台車部から発生する空力音の低減策としてキャビティー構造の側方がカバーで覆われています。今回の測定でも、図3に示した台車部を側カバーにより覆った状態で測定を行いました。今回測定した台車部空力音全体に対

する各台車構成機器のパワーの割合を図5に示します。なお、そのほかには軸箱の寄与も含まれています。この結果から、車輪・車軸のみならずギヤケースやブレーキ装置、主電動機といった台車キャビティー内部に位置する機器の影響も大きいことがわかります。また、キャビティー構造自体から発生する騒音の寄与率も30%程度となっています。

騒音低減対策法

図5で示した台車構成部位の音源別寄与度の推定結果から、車両下部から露出している車輪やガイドのみならず、台車キャビティー内部に位置する台車構成機器による影響も大きいことがわかりました。これらの部位から発生す

る騒音を低減するため、台車キャビティー内部に流入する流れを抑制する手法として2つの基本的な手法の検討を行いました。以下にその概要と騒音低減効果を示します。

(a) 跳上げ対策

台車キャビティー端部に突起を取り付け、台車部への流れを下方方向に偏向させることで、台車機器にあたる気流の速度を低減させることを狙った対策です。図6に示すような断面形状が三角形の跳上げ材を、台車キャビティー端部のまくらぎ方向に設置しました。図7に示すとおり、跳上げ材のない台車基準条件に対して、キャビティーのまくらぎ方向幅(1/7縮尺で400mm)に対する長さ W_1 の割合を100%、75%および50%とした跳上げ

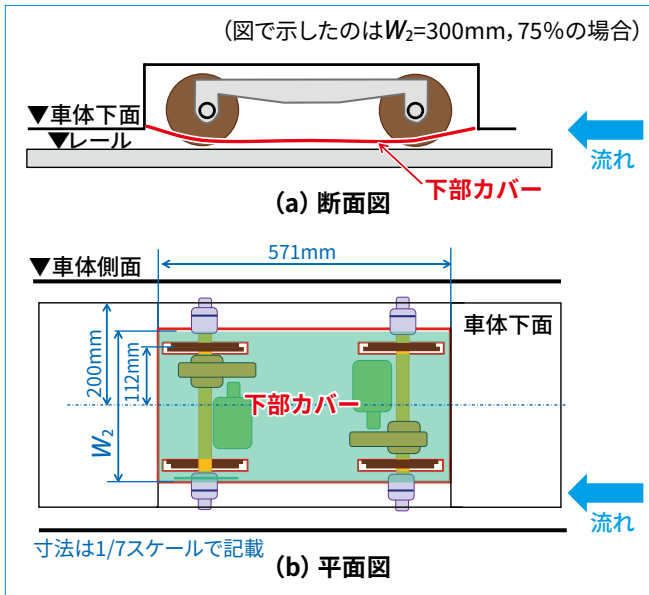


図9 台車部下カバリの幅条件

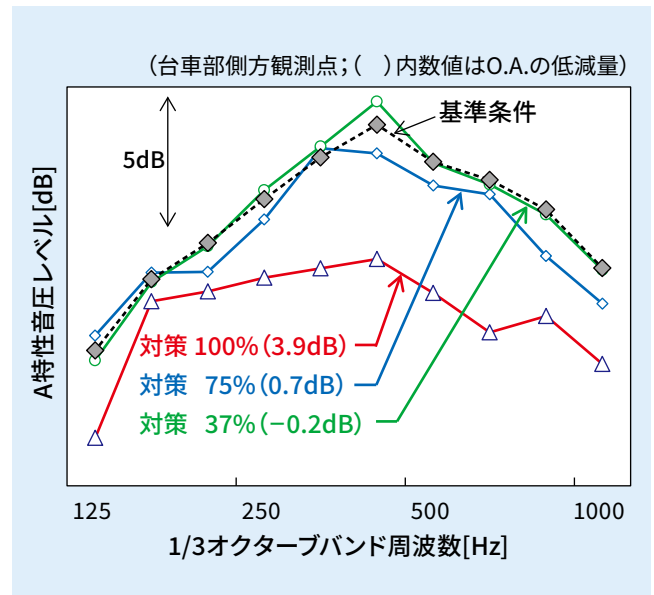


図11 車両下部カバーによる台車部空力音の低減効果



図10 $W_2=100\%$ の条件で隙間を塞いだ様子(台車部側方からの撮影)

材を取り付けた場合の影響を調べました。跳上げ材のまくらぎ方向設置範囲と台車部側方観測点における騒音低減効果の関係を図8に示します。跳上げ材の取り付けにより250Hz帯以上の周波数帯で音圧レベルが低減しますが、2dB以上の騒音低減効果を得るためには75%以上の範囲に設置することが必要であることがわかります。

(b) 台車下部カバー対策

台車キャビティー内部への流入を防ぐため、台車キャビティー下面をカバーで覆う対策です。図9に示すとおり台車下部のまくらぎ方向について、キャビティー幅(1/7縮尺で400mm)に対する長さ W_2 を100%, 75%, 37.5%と変化させた条件について検討を行いました。なお、図4で示すとおり台車構成機器は一部が車体下面より下に位置しているため、台車部の下部をカバーで覆うだけでは、キャビ

ティー側方に隙間が生じ、そこが空力音源となります。そこで100%の条件では、図10に示すとおり、車両側方での流れが当たる側カバー下端部と下部カバーとの間の隙間を塞いだ状態としました。台車部側方観測点において台車下部カバーが台車部空力音に与える影響を図11に示します。まくらぎ方向のカバー率を100%とすることにより騒音のO.A.値(全周波数帯のパワー和)での低減量が約4dBとなります。

まとめ

新幹線の車両下部流れ場を模擬した風洞実験により、台車部空力音に対する台車構成機器の音源別寄与度評価を行いました。その結果、台車部空力音に対してキャビティー外部に露出している車輪のみならず、台車キャビティー内部に設置されている主電動機やブレーキディスクなどの台車構成機

器、およびキャビティー構造の影響も大きいことを示しました。

この結果を受けて、台車部空力音の低減対策について、基礎的検討を行いました。台車キャビティー端部に跳上げ材を設置する手法ならびに台車部下側をカバーで覆う手法について、それぞれ3dB, 4dB程度の低減効果が得られると推算されます。今後は、台車部空力音の発生に密接に関連する台車内部の流れ場の状況について調査を行うとともに、より効果的な騒音低減対策の開発を行う予定です。[RRR]

文献

- 1) 北川敏樹：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
- 2) 山崎展博：風洞試験を用いた新幹線車両下部から発生する空力音の評価手法，鉄道総研報告，Vol.29, No.5, pp.17-22, 2015