

## 新幹線車両における台車部空力音の低減

○阿久津 真理子 [機] 宇田 東樹 [機] 北川 敏樹 (鉄道総研)

## Reduction of aerodynamic noise from Shinkansen bogie

○Mariko Akutsu, Toki Uda, Toshiki Kitagawa (Railway Technical Research Institute)

To reduce the wayside noise and increase the operational speed of the Shinkansen trains, it is important to reduce the aerodynamic noise from Shinkansen bogies. This is because the aerodynamic noise has greater contribution to the wayside noise above 300 km/h. In previous studies, the airflow control methods by changing the shape of the underfloor of the vehicle has been proposed. However, the countermeasure on the propagation of the aerodynamic noise are not well investigated. Therefore, in this study, the applicability of sound absorbing materials on the inner wall in the bogie cavity has been examined by the acoustical tests and the wind tunnel tests.

**キーワード** : 沿線騒音, 空力音, 風洞試験, 音響試験, 吸音材

**Key Words** : Wayside noise, aerodynamic noise, wind tunnel test, acoustical test, sound absorbing material

## 1. まえがき

新幹線の沿線で観測される騒音は、部位別に主に集電系音、車両下部音、車両上部空力音、構造物音から構成される。このうち、車両下部音はレールと車輪の振動により生じる転動音、高速の気流が台車部に当たることにより発生する台車部空力音に分けることができる。一般に、空力音の速度依存性は列車速度の6乗程度となるため、300km/h以上での走行時には沿線騒音において空力音が支配的な音源となる。特に台車部空力音は360km/h以上の高速走行時、全体騒音に対する寄与が30%以上に達する最も大きな音源である<sup>1)</sup>。このため、さらなる列車速度の向上や沿線騒音の低減のためには台車部空力音の低減が必須である。これまでに台車部空力音への対策として、台車部周りの流れを変えることで騒音低減を図る形状の検討を進めてきた。しかし、車両における音の伝搬過程における対策の検討は十分でない。そこで、本報告では、1/5縮尺車両下部模型を用いて風洞試験及び音響試験を実施し、台車部空力音の伝搬過程における対策について基礎検討を行う。

台車部空力音は輪軸や主電動機、歯車装置等の台車構成機器に高速気流が当たることで発生する空力音や、台車格納部(以下、台車キャビティ)から発生するキャビティ音で構成されることがわかっている<sup>2)3)</sup>。台車部空力音の低減対策への指針として、①台車キャビティ内に流れが入り込

まないようにすること、②台車装置付近の流入流速を低くすることが提案されている。これを達成するため、台車キャビティ前後の下面にデフレクタを取付けて車両下面付近の流れを下向きに偏向させる方法(図1(a))や主電動機と歯車装置を100mm上方(現車寸法)にオフセットさせる方法(図1(b))、側カバー下面を内側に折り込んだ形状としキャビティ内に流れが入り込まないようにする方法(以下、フラットアンダーカバー、図1(c))、台車キャビティの四隅を丸み形状として流れの衝突を和らげる方法(以下、隅部R、図1(d))が提案されている<sup>3)4)</sup>。これらの対策は、主に台車部周りの流れを変更して空力音源自体を小さくする対策(以下、流れ対策)である。

このように音源のパワーを小さくする流れ対策の他に、音の伝搬過程において対策を行う騒音低減対策(伝搬経路対策)がある<sup>5)</sup>。これは、音の伝搬経路への吸音材の設置や、防音壁の設置等により騒音の低減を図るものである。このため、伝搬経路対策は空力音のみでなく、転動音や車両機器音にも効果を有することが見込まれる。しかし、台車部空力音に対する伝搬経路対策の検討はこれまでに十分には行われていない。そこで、本研究では伝搬経路対策の一つである吸音材を用いた空力音低減対策(以下、吸音対策)について検討を行う。また、吸音対策と流れ対策の併用可能性についても検証する。

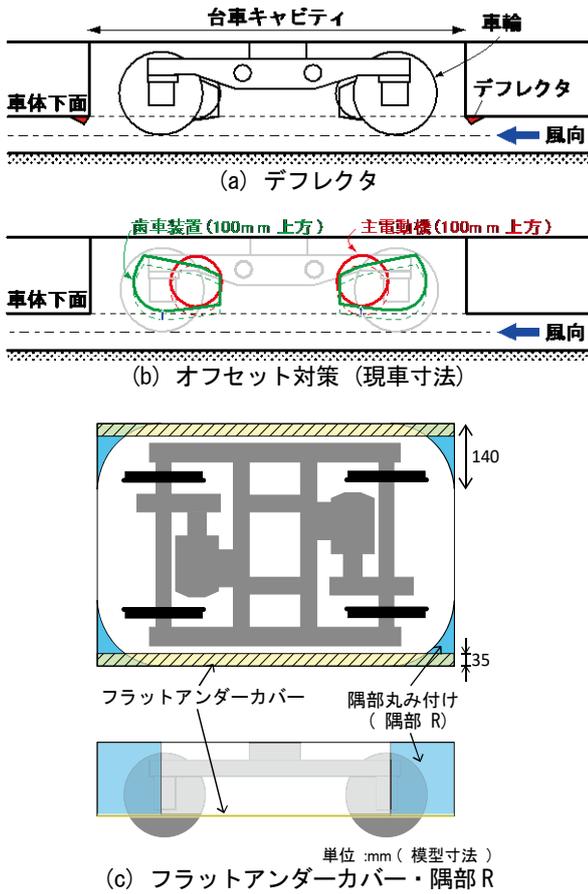


図1 先行研究において提案された台車部空力音への対策

2. 大型低騒音風洞試験

2.1 試験概要

台車部から発生する空力音を評価するため、(公財)鉄道総合技術研究所の所有する大型低騒音風洞(米原)にて風洞試験と音響試験を実施した。使用した車両模型は新幹線車両の下部を模擬した1/5縮尺の車両模型である。また、台車部は細部まで詳細に模擬した模型を用いた。図2に試験時の様子、図3に台車部の模型を示す。発生した空力音は車両模型側方に設置した直径1mのマイクロホンアレイ及び無指向性マイクロホンを用いて測定した。なお、模型の縮尺が1/5であるため、実際に測定した音の周波数の1/5が現車寸法における周波数に相当する。以降、現車換算後の周波数で記載する。

2.2 音響試験

台車部から車両側方への音の伝搬を把握するため、直径5cm程度の12面体スピーカ(Dr. Three 3D-016)を用いた音響試験を実施した。なお、音響試験時は送風を行わない。スピーカは、これまでの試験<sup>3)</sup>で明らかになった音源位置である①主電動機、②キャビティ下流端、③歯車装置とした。また、代表点として④台車中心にもスピーカを取付けた。音源位置を図4に示す。なお、試験時には側カバーを取り付けた。各音源位置で同じ音圧レベルのピンクノイズを出力し、車両側方のマイクロホンアレイ中央に設置した



図2 試験の様子

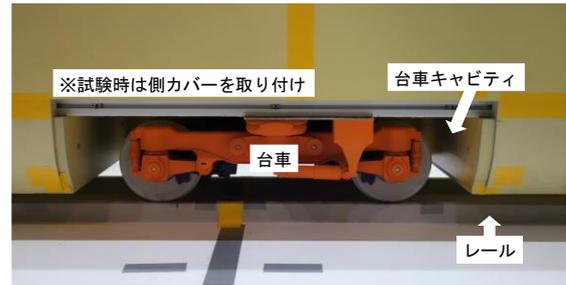
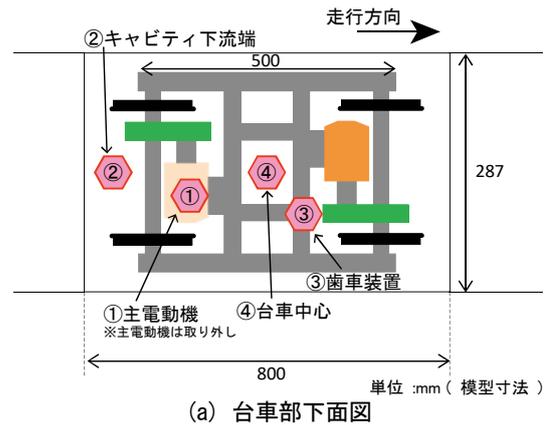
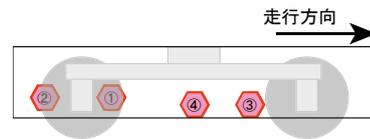


図3 使用した台車模型



(a) 台車部下面図



(b) 台車部側面図

図4 音源位置

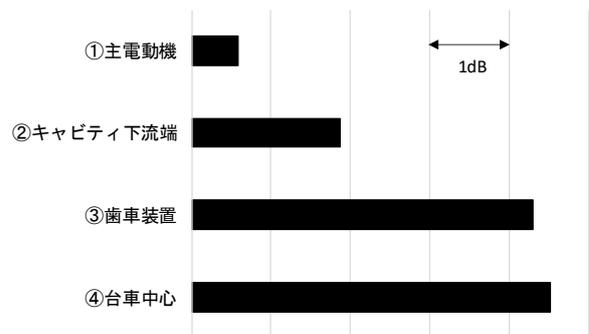


図5 音響試験の結果 (OA値, 車両側方に設置した無指向性マイクロホン)

無指向性マイクロホンを用いて測定した。また、測定結果について1/3オクターブバンド周波数分析を行った。

図5に160~4kHzのオーバーオール値を示す。これは音源から車両側方への音の伝わりやすさ(伝達関数のゲイン)を表すものである。図より、歯車装置と台車中心からの音源の結果が他の2箇所よりも大きく、車両側方に伝搬しやすいことがわかる。この原因には歯車装置や台車中心の

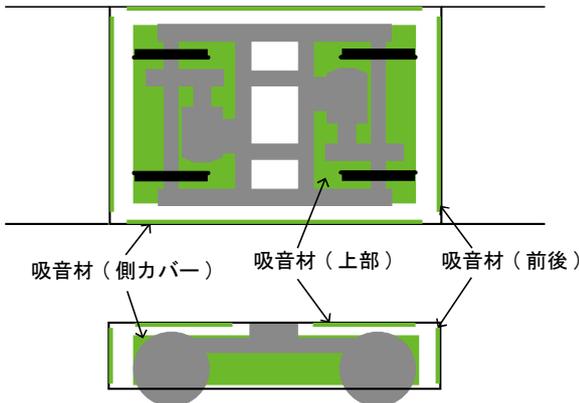


図6 吸音材の設置位置

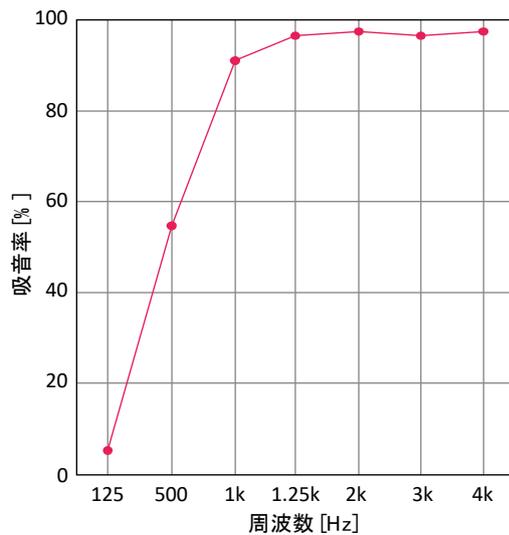


図7 使用した吸音材の吸音率<sup>6)</sup>

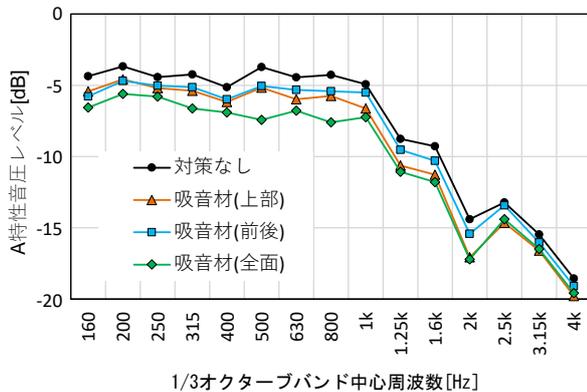


図8 吸音材の設置位置による音圧レベルの比較

音源はレール方向の2車輪間に位置し、車輪による遮蔽効果が小さかったことが推察される。これは、車輪が台車構成機器から発生する空力音に対する遮蔽効果を有することを示唆している。

### 2.3 台車部への吸音対策による空力音低減(送風試験)

台車部空力音を低減する吸音対策として、繊維系吸音材(PET ウール、東京防音製ホワイトキューオン<sup>6)</sup>)を台車キャビティ内に設置し、風洞試験を実施した。風速は325km/hである。図6に吸音材の設置位置を示す。吸音材の厚さは10mm(現車寸法50mm)である。使用した吸音材について厚さ50mmの場合の吸音率を図7に示す<sup>6)</sup>。

図8に吸音材の設置位置別の結果を示す。「全面」は、台車キャビティ部の前後と上部、側カバーに吸音材を取り付けた条件である。同図より、吸音材を取り付けることですべての周波数帯で音圧レベルが小さくなることがわかる。特に全面が最も低減効果が大きく、ほぼ全ての周波数帯で2~3dB程度小さくなる。上部と前後の結果を比較すると、500Hz帯以下では両者は同等の低減効果を有することがわかる。一方、630Hz帯以上では上部への吸音材貼付がより効果的であることがわかった。

### 2.4 流れ対策と吸音対策の併用

流れ対策と吸音対策の両方を取り付けることによる併用可能性について検証した。流れ対策として1章に示したフラットアンダーカバーと隅部R(図1(c))を用いた。また、吸音対策として、2.3節に示した吸音材を台車キャビティ上部に取り付けた。風速は325km/hである。

図9に試験結果を示す。なお、対策なしの結果との差分で評価を行った。流れ対策、吸音対策をそれぞれ単独で適用することで、ほぼ全ての周波数帯で対策なしの音圧レベルよりも小さくなる。また、流れ対策と吸音対策を併用することで、各単体での対策に比べて低減効果が大きく、500Hz帯で最大4dB程度の低減効果が得られている。この低減量は各単体での対策効果の和とほぼ一致する。これは、流れ対策と吸音対策を併用することによって、その効果を重ね合わせることが可能であることを示している。

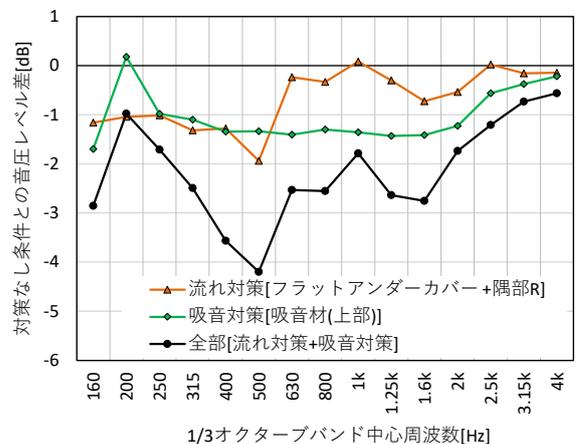


図9 流れ対策と吸音対策の併用による音圧レベルの変化

### 3. むすび

新幹線の高速走行時に大きな寄与を有する台車部空力音について音響模型試験により音の伝達特性を把握するとともに、風洞試験により音の伝搬過程における吸音対策について検討を行った。

台車内の音源の伝搬特性をスピーカ試験により検証した結果、歯車装置や台車中心から発生した音が車両側方へ伝わりやすいことがわかった。また、台車部空力音の伝搬経路対策について風洞試験を行った結果、得られたことを以下にまとめる。

- ・ 台車キャビティ部の前後、上部、側カバーのすべてに吸音材を取り付けることで対策なしより音圧レベルが2~3dB低減する。
- ・ 台車キャビティ部の上部と前後それぞれに吸音材を取り付けた結果を比較すると、500Hz帯以下では両者の差は小さく、同等の騒音低減効果を有する。一方、630Hz帯以上では上部の結果が前後よりも小さく、この周波数領域では上部への吸音材貼付がより効果的である。
- ・ 流れ対策と吸音対策を併用した場合には、それぞれの対策における低減効果が足し合わされ、500Hz帯で最大4dB程度の低減効果が得られる。

### 参 考 文 献

- 1) 飯田雅宣：高速化のための沿線環境の評価・対策，RRR，Vol. 72，No. 7，pp. 44-47，2015.
- 2) 山崎展博，宇田東樹，北川敏樹，若林雄介：新幹線の台車構成機器が車両下部空力音に及ぼす影響，鉄道総研報告，Vol. 32，No. 11，pp. 17-22，2018.
- 3) 宇田東樹，北川敏樹：音響透過板を用いた台車部空力音の測定及び評価手法，鉄道総研報告，Vol. 34，No. 3，pp. 29-34，2020.
- 4) T. Uda and T. Kitagawa: Aerodynamic bogie noise generated from high-speed trains, IWEE, No. 19-206, 2019.
- 5) 子安勝：騒音の防止対策技術，計測と制御，Vol. 16，No. 5，1977.
- 6) 東京防音株式会社HP: <https://www.bouon.jp/acoustic/>，2020年10月29日閲覧。