

風洞試験における台車部空力騒音測定手法の精度向上

環境工学研究部 騒音解析研究室
副主任研究員 山崎 展博

1. はじめに

新幹線から発生する空力騒音は重要な沿線環境問題である。主たる騒音源である集電系をはじめとして、車両の各部位に適用するための騒音低減対策について多数の研究開発例が報告されている^{(1),(2)}。しかし、空力騒音の大きさが走行速度の6~8乗に比例することから、今後走行速度を向上させるためには更なる空力騒音の低減化が必要であり、車両下部、特に台車部から発生する空力騒音は取り組むべき課題のひとつである。空力騒音の低減化手法を検討するにあたっては風洞試験によるアプローチが有効であるが、特に台車部を対象とした騒音測定を実施する際には車両下部の流れ場を現車での状況と極力一致させることが望ましい。本研究では、台車部付近の車両床下流れを模擬した風洞試験法および騒音の同時計測法を確立することを目的とする。

2. 車両下部流れ場模擬手法の検討

2.1 風洞試験の概要

実験は大型低騒音風洞の開放型測定部で行った(図1)。1/7縮尺車両模型が2本の支持脚を介して地面上に設置されている。主流風速(ノズル出口部における風速)は360km/hとした。測定対象となる台車部の形状を図2に示す。このうち台車部本体の模型については、形状模擬精度が空力騒音特性に与える影響を調べるため、主電動機、車輪等を簡易に模擬した簡易台車模型及び実際の台車を忠実に模擬した精密台車模型を使用した。なお台車本体を取り外した上で車体下面を平滑化した条件での測定結果を暗騒音レベルと定義する。台車部流入箇所における鉛直方向の流速分布は、楕型総圧管を用いて測定した。また台車部騒音については、車両側方に設置した二次元マイクロホンアレイならびに無指向性マイクロホンにより測定した。

2.2 台車部流入箇所における流速分布の模擬手法

現車試験での測定結果から、中間車両(5両目後位台車)での台車部流入箇所においてはレールレベル付近での列車進行方向における平均流速が列車走行速度の40%程度に減速していることが知られている⁽³⁾。一方従来の風洞試験法においては一般に主流速に近い流れが台車部に流入するこ

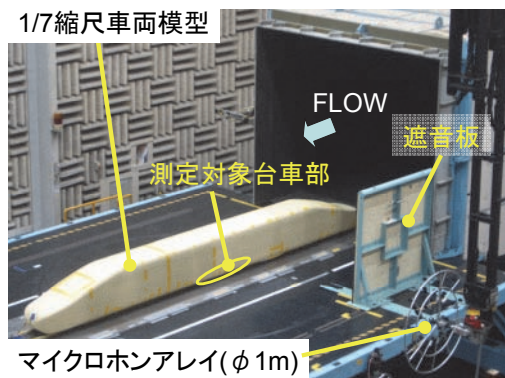


図1 大型低騒音風洞における試験状況

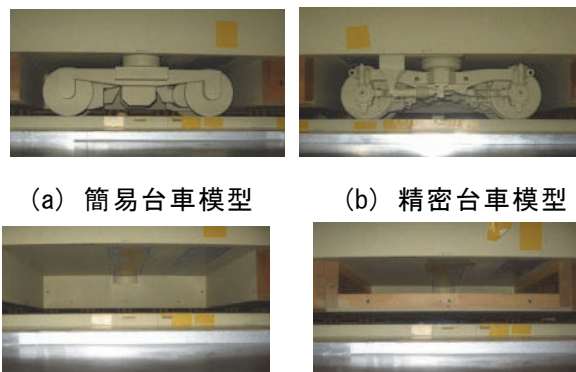


図2 台車部条件
(撮影のため側カバーを取り外した状態)

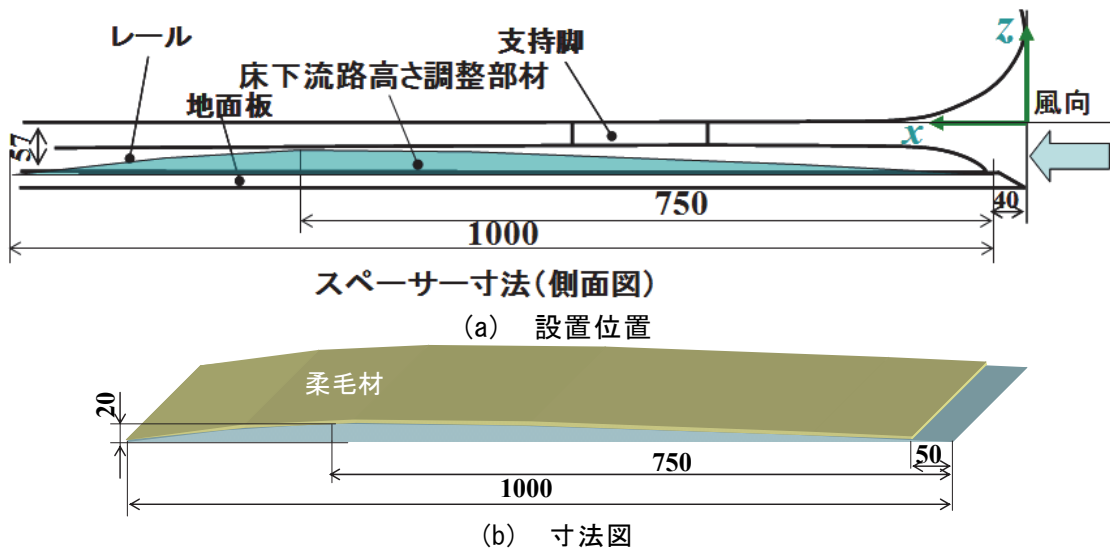


図3 流れ場模擬用部材

とから、台車部から発生する騒音測定精度が過大に評価される可能性がある。したがって風洞試験で中間車両での流速分布を模擬するためには、車両下部と地面板間で形成される流路(以下床下流路)において測定箇所に至るまでに流れを人工的に減速させる機構が必要となる。風洞試験において床下流路は車両幅が有限であるため3次元的な流れ場となっている。そこで台車部の上流域で床下流路の流れを流路側方に偏向させることで、台車部における流速を主流速に対して減速させることを試みる。台車部からの空力騒音特性を把握するためには、台車部以外、すなわち流れ場模擬部材自身ならびに支持脚からの空力騒音を低減する必要がある。流れ場模擬部材の形状として、騒音の発生に結びつく顕著な流れのはく離を生じさせないようにしたうえで流れの減速効果を得るため、柔毛材を貼付した樹脂製の部材(以下床下流路高さ調整部材)により床下流路間隔を徐々に狭める手法を考案した(図3)。また車両模型を支持する支持脚については、フェアリングを取り付けるとともに、床下流路高さ調整部材背後の速度が低減した領域に設置することで支持脚自身から発生する空力騒音の低減を図った。

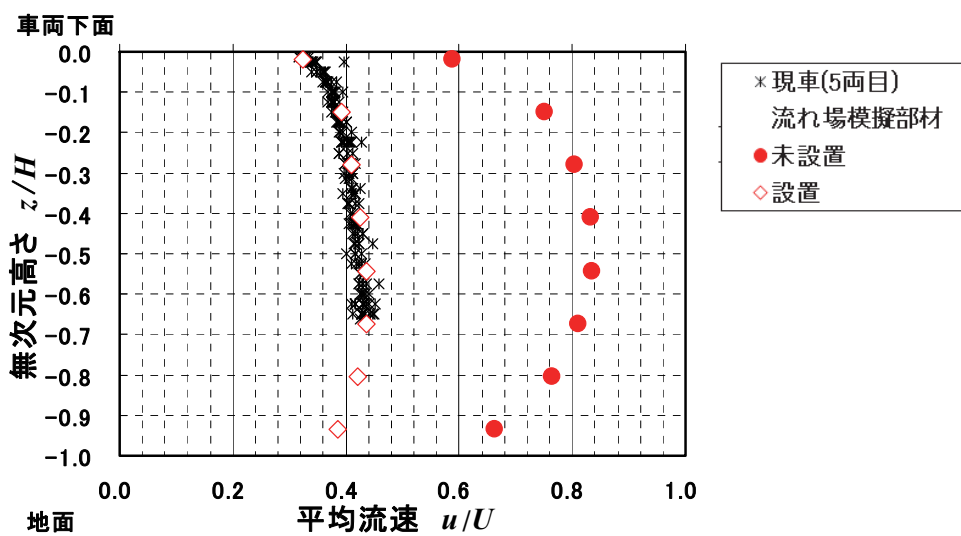


図4 台車部流入箇所平均流速分布

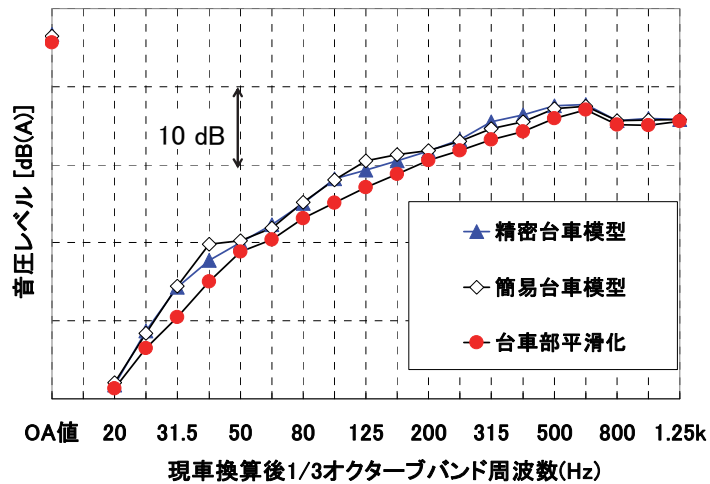


図5 台車部空力騒音の騒音レベル

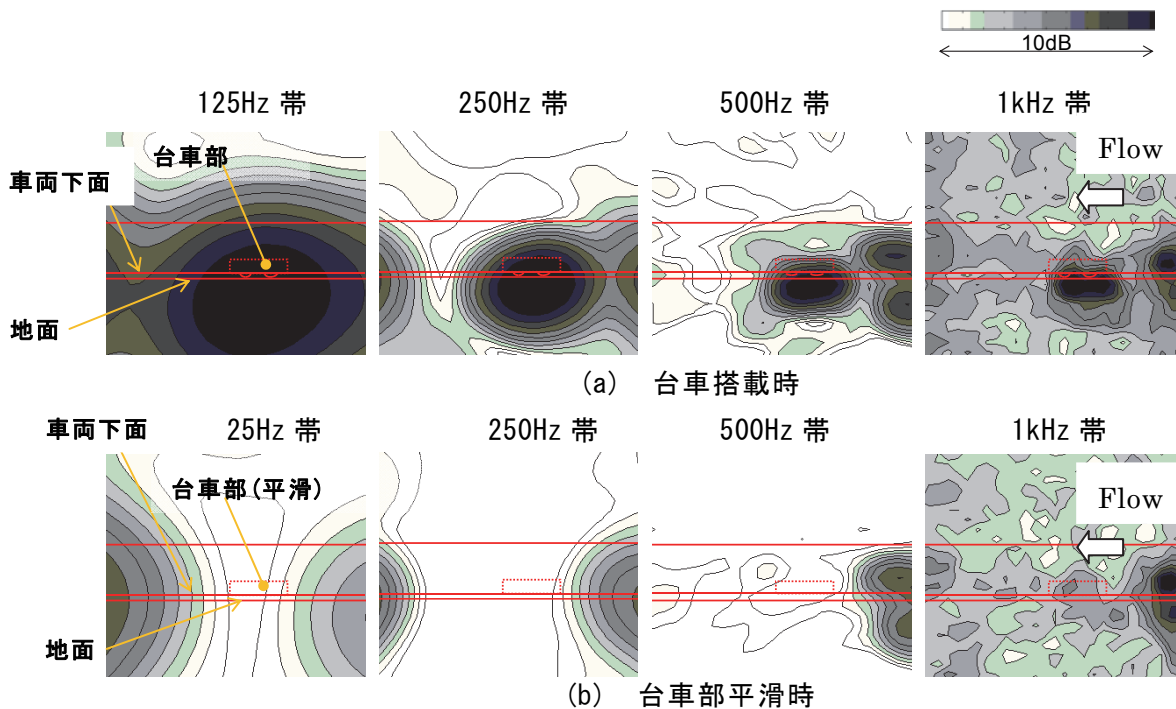


図6 台車部まわりの音圧レベル分布

2.3 流速分布及び流れ場模擬部材から発生する騒音特性

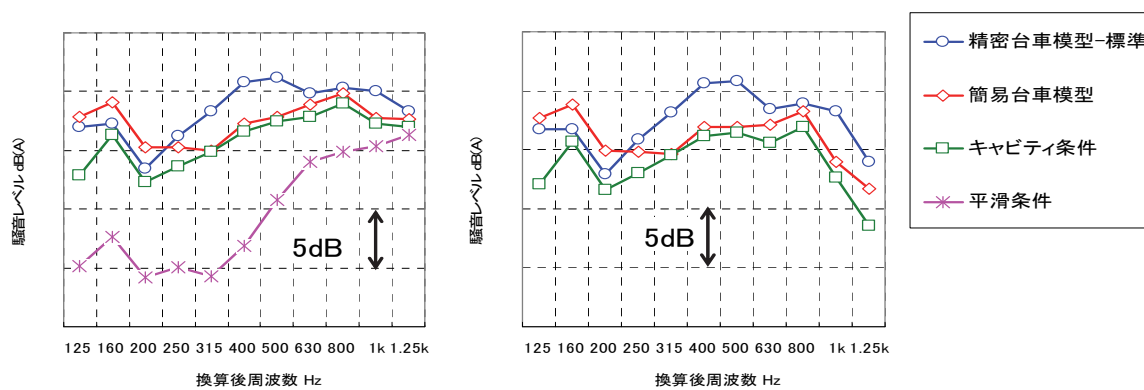
台車部流入箇所における平均流速分布を図4に示す。流れ場模擬部材をとりつけることにより台車部流入箇所における平均流速が低減し、中間車両における鉛直方向流速分布が精度良く模擬できていることがわかる。無指向性マイクロホンによる騒音レベル測定結果を図5に、マイクロホンアレイによる台車部付近の音圧レベル分布図を図6に示す。無指向性マイクロホンでは、精密台車模型条件と平滑条件との騒音レベル差が最大でも2dB程度しか得られておらず、空力騒音の評価に対してはS/Nが不十分な状態である。これに対しマイクロホンアレイを活用した場合には、台車部でのピーク音圧レベルで見た場合の音圧レベル差が比較的大きく、台車部空力騒音の評価が可能であると考えられる。そこで次節においては、2次元的な音圧レベル分布図から最終的な評価指標である騒音レベル（無指向性マイクロホンによる測定値に相当）を推定する手法について検討する。

2.4 台車部騒音の評価法

マイクロホンアレイで得られた台車部まわりの2次元音圧レベル分布図から、車両模型側方における代表点での推定騒音レベルを推定する手法について検討する。推定騒音レベルを求めるためには、台車部まわりの音圧レベル分布図上の一定領域S内で音圧レベルを積分したパワー和から台車部を対象とした指向性積分値を算出し、換算係数を引くことで得ることができる。換算係数は指向性積分値から代表点における無指向性マイクロホンへの換算値であり、別途スピーカー試験により算出した。ここで、スピーカー試験時と台車部騒音の伝播特性が同一であるとみなせること、またスピーカー音源の指向特性が台車部騒音源と等しいという仮定を用いた。得られた音圧レベルに対して、周波数重み付け特性Aの補正を行なった。台車部空力騒音の推定騒音レベルを図7に示す。図7(b)は平滑化条件での騒音レベルにより暗騒音補正を行った結果である。図7(a)に示す結果から、精密台車模型条件と平滑条件の差は、125Hz帯～500Hz帯で9dB以上、630Hz帯～1000Hz帯で5dB以上確保されており、定量的評価が可能であるといえる。暗騒音レベル補正後の結果から、250Hz帯以上においては精密台車模型から発生する騒音が簡易台車模型の場合よりも大きく、模型の再現精度が騒音レベルに影響を与えていることがわかる。なお、台車部を搭載しないキャビティ状態で発生する騒音レベルはいずれの周波数帯でも精密台車部搭載条件での騒音レベルに比べて、暗騒音補正後で約1～5dB小さい。

3. まとめ

台車部から発生する空力騒音を評価するための風洞試験法として、車両床下流れを模擬した上で騒音測定を行うための計測手法を開発した。さらにマイクロホンアレイにより得られた2次元音圧レベル分布図をもとに、台車部側方における騒音レベルを推定する手法を提案し、台車部騒音を対象とした測定結果から十分なS/Nが確保できることを確認した。



(a) 暗騒音レベル補正前

(b) 暗騒音レベル補正後

図7 台車部から発生する空力騒音の騒音レベル(音圧レベル分布図からの換算結果)

[参考文献]

- (1) 豊岡誠, 八野英美, 濱田亮輔, 高石武久, 山崎展博:新幹線低騒音車間部構造の開発, J-Rail 2007, p. 511, 2007
- (2) 宇田東樹, 末木健之, 高石武久:多孔質材によるパンタグラフ碍子覆いの低騒音化, J-Rail 2008, p. 259, 2008
- (3) 井門敦志, 山崎展博, 栗田健, 松本雅則:LDVによる車両床下流速分布の測定, J-Rail 2009, p. 199, 2009