

# 環境工学研究部



環境工学研究部では鉄道における騒音・空気力学に関する研究分野を担当しています。具体的には沿線騒音やトンネル微気圧波、空気抵抗低減などの環境問題、横風による車両転覆や列車風、トンネル内圧力変動、空力ブレーキなどの安全問題、トンネル内温熱環境や車内気密などの快適性に関わる問題などがあり、非常に多岐にわたります。ここでは環境工学研究部が取り組んできた最近の研究事例について紹介します。

環境工学研究部長 齊藤実俊  
環境工学研究部ウェブサイト <https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd51/>

## はじめに

鉄道における空気力学的な研究課題として広く知られているものは、新幹線の先頭部形状に代表される空気抵抗に関する研究ではないでしょうか。空気抵抗低減は高速鉄道において特に重要となりますが、鉄道における空気力学的な問題には高速鉄道に限らず多くの課題があります。例えば、強風による車両の転覆や高速列車における空気力による車両動揺、列車が駅を通過したときにホームで発生する風などがあげられます。また、地下鉄のホーム上で温度が上昇するのを感じることもあるかと思いますが、これも列車の走行によって発生する熱とトンネル内に生じる風によるものであり、熱と流れに関する課題のひとつです。一方、騒音は鉄道における重要な環境問題であり、車輪・レールからの音や、鉄橋・高架橋などの構造物から発生する音、さらには新幹線などの高速車両から発生する風切り音などさまざまな種類があります。

このように鉄道の騒音・空力問題は非常に多岐にわたっており、いずれも鉄道の沿線環境、

安全性、快適性に影響を及ぼす重要な課題です。環境工学研究部ではこれらの課題について、現象の解明や低減対策方法の研究開発を行っています。ここでは沿線環境、安全性、快適性にかかわる代表的な研究事例を紹介します。

## 沿線環境に関する課題 ～沿線騒音～

新幹線車両が走行するときに発生する騒音は、車輪・レールなどの振動によって発生する音(転動音)と車両まわりの空気の流れによって発生する音(空力音)に分けられます。300km/h以上の高速で走行する新幹線車両の場合には空力音の占める割合が転動音を大きく上回るようになります。空力音の中では台車部などの車両下部からの音が最も大きく、次いでパンタグラフからの音が大きくなることがわかっています。そのため現在では新幹線の沿線騒音を抑えるために、台車部から発生する空力音を低減させるための対策の開発に取り組んでいます。このような空力音の調査には鉄道総研の所有する大型

低騒音風洞が有効です。台車部からの空力音の詳細な発生箇所を特定するために、台車模型直下の地面板を音響透過板（流れは乱さず音だけを透過させる板）に置き換え、その下にマイクロホンを設置して、風洞実験を行いました<sup>1)2)</sup>（図1）。その結果、主電動機（モーター）や歯車装置付近などが空力音の主な音源であることがわかりました（図2）。これらの知見をもとに、現在は台車部からの空力音を下げするための対策方法に関する研究開発を進めています<sup>3)</sup>。

在来線でも問題となる、車輪・レール間から発生する音は非常に複雑な現象であるため、特に曲線部などにおける音の発生メカニズムは現在でも明確になっていません。そこで、主に実験的手法によって、車輪・レール間から発生する音の現象解明を進めています。実際の車軸をレールに相当する軌条輪の上に設置し、軌条輪を回転させることで走行状態を模擬する実験装置（図3）や実車両による試験（図4）<sup>4)5)</sup>によって、レールや車輪の振動と発生する音の関係を調べ、その特性を把握するとともに、物理モデルを構築して発生原因の特定を進めています。

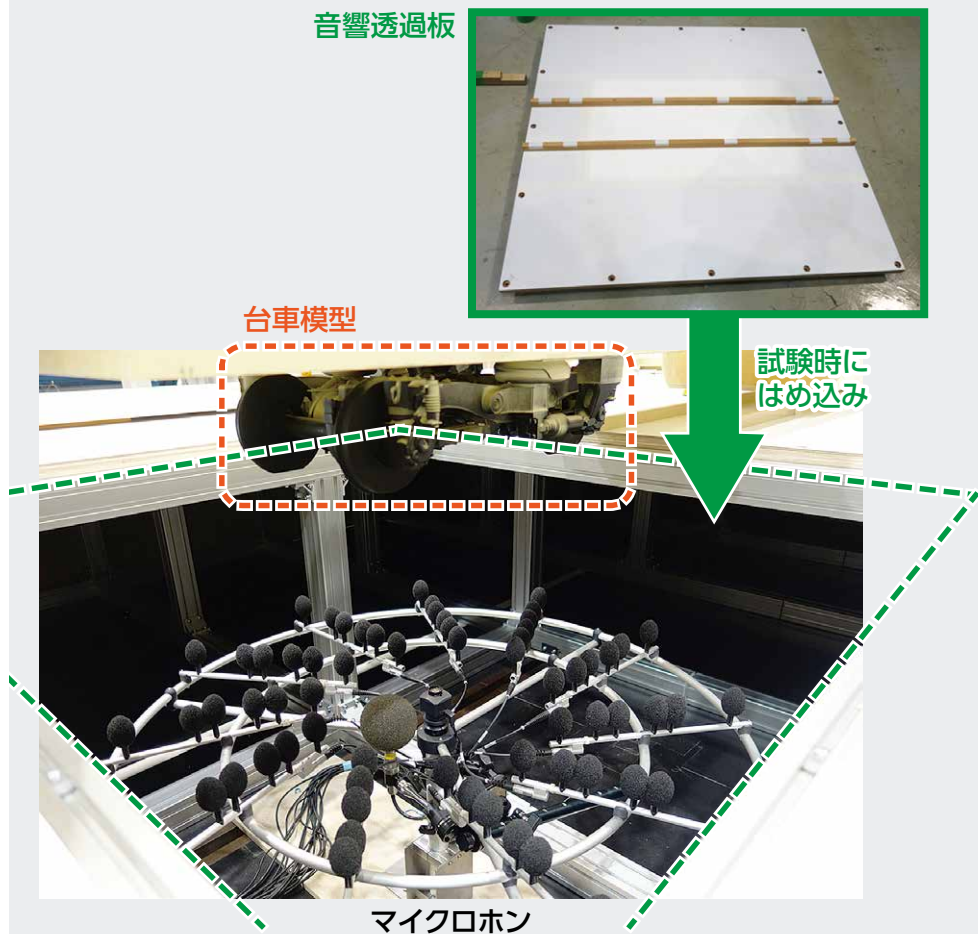
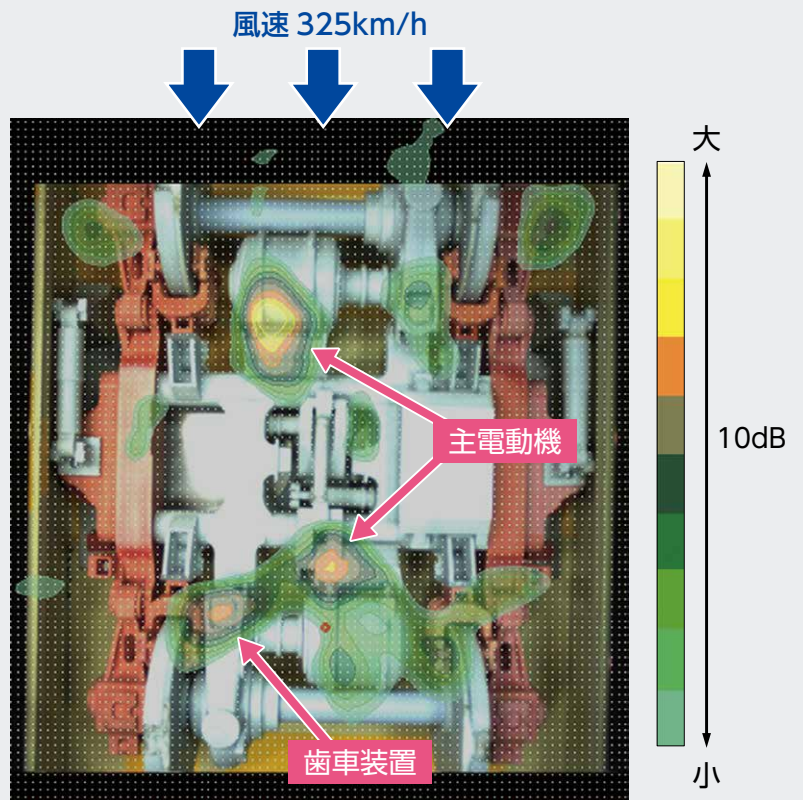


図1 音響透過板を用いた風洞実験

図2 台車部の詳細な空力音源



台車模型を下方から見上げた様子

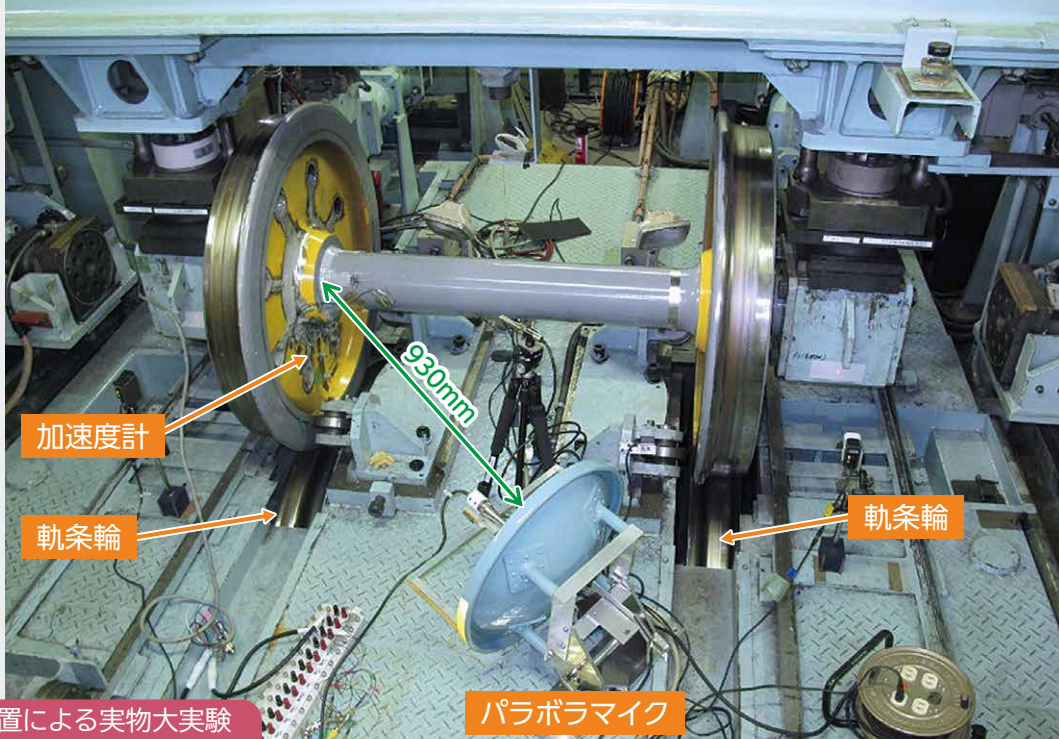


図3 実験装置による実物大実験

### 安全性に関する課題

#### ～横風に対する車両の空力特性～

強風下において車両が安全に走行するためには、横風によって車両に作用する空気力を正確に把握することが重要です。そのため、車両の空気力学的特性について、風洞実験や数値シミュレーションによる研究開発を行っています。横風に対する車両の空気力学的特性は車両の形状だけでなく、横風の風速分布や、橋りょうや高架橋、盛土など地上構造物の影響を受けます。

そこで、風洞実験においては、平地の条件だけでなく、橋りょうや盛土などの地上構造物を模擬した条件についても実験を行っています。さらに模型に当てる気流についても、自然風の平均風速や乱れ度の分布を模擬し、できるだけ実際の状況に近い条件を設定しています(図5)。最近では、系統的に断面形状を変えた車両模型によって風洞実験を行い、車両断面形状と空気力の関係を調べるとともに、防風柵の効果についても評価・検討を行っています<sup>6)7)</sup>。

図4 実車による走行試験

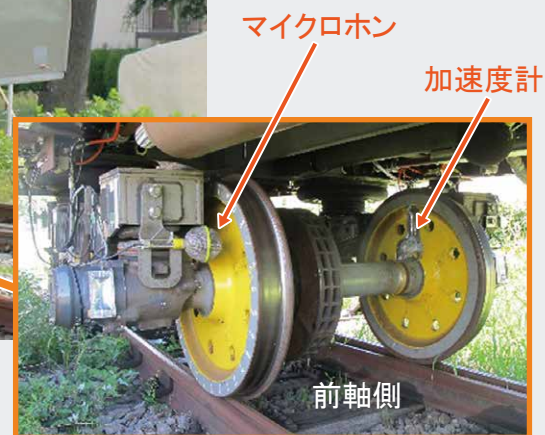




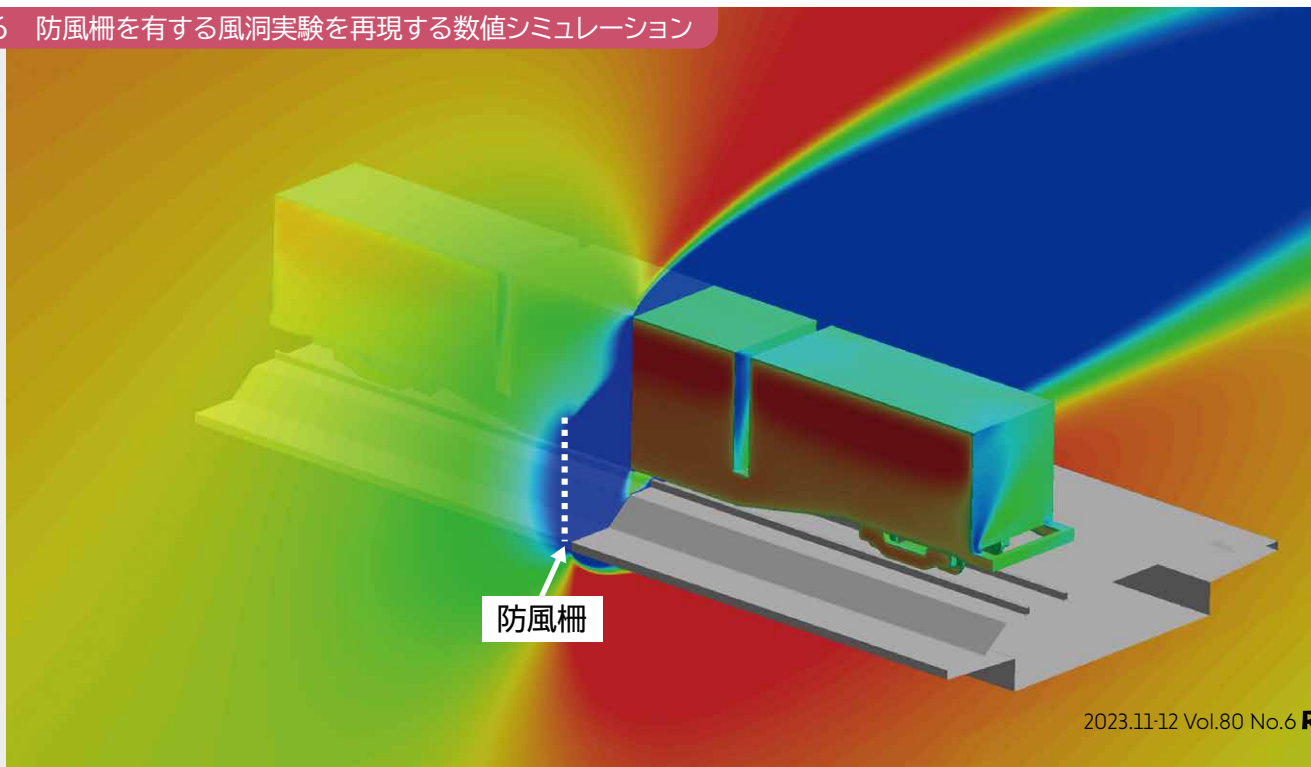
図5 横風に対する車両の空力特性に関する風洞実験の様子

風洞実験は空気力を評価するためには非常に有効なツールですが、空気力に影響を及ぼす要因を特定するためには、流れ場を詳細に把握できる数値シミュレーションが有効となります。そこで、横風が作用する車両周りの流れ場について、地上構造物や風向角の影響を数値シミュレーションによって系統的に調べています(図6)<sup>7)</sup>。今後、これらの風洞実験結果および計算結果を活用し、効果的な防風設備の検討を進めていきたいと考えています。

### 快適性に関する課題 ～トンネル内温熱環境～

地下鉄などの都市トンネルにおいては列車がトンネル内を走行することで発生する熱によってトンネル内や地下駅の温度が上昇し、対策を実施しないとホーム上の快適性が損なわれるだけでなく、トンネル内の設備にも悪影響を及ぼす可能性があります。そのため多くの都市トンネルでは換気や駅部冷房のための設備が設置されていますが、換気容量や冷房能力を正確に見

図6 防風柵を有する風洞実験を再現する数値シミュレーション



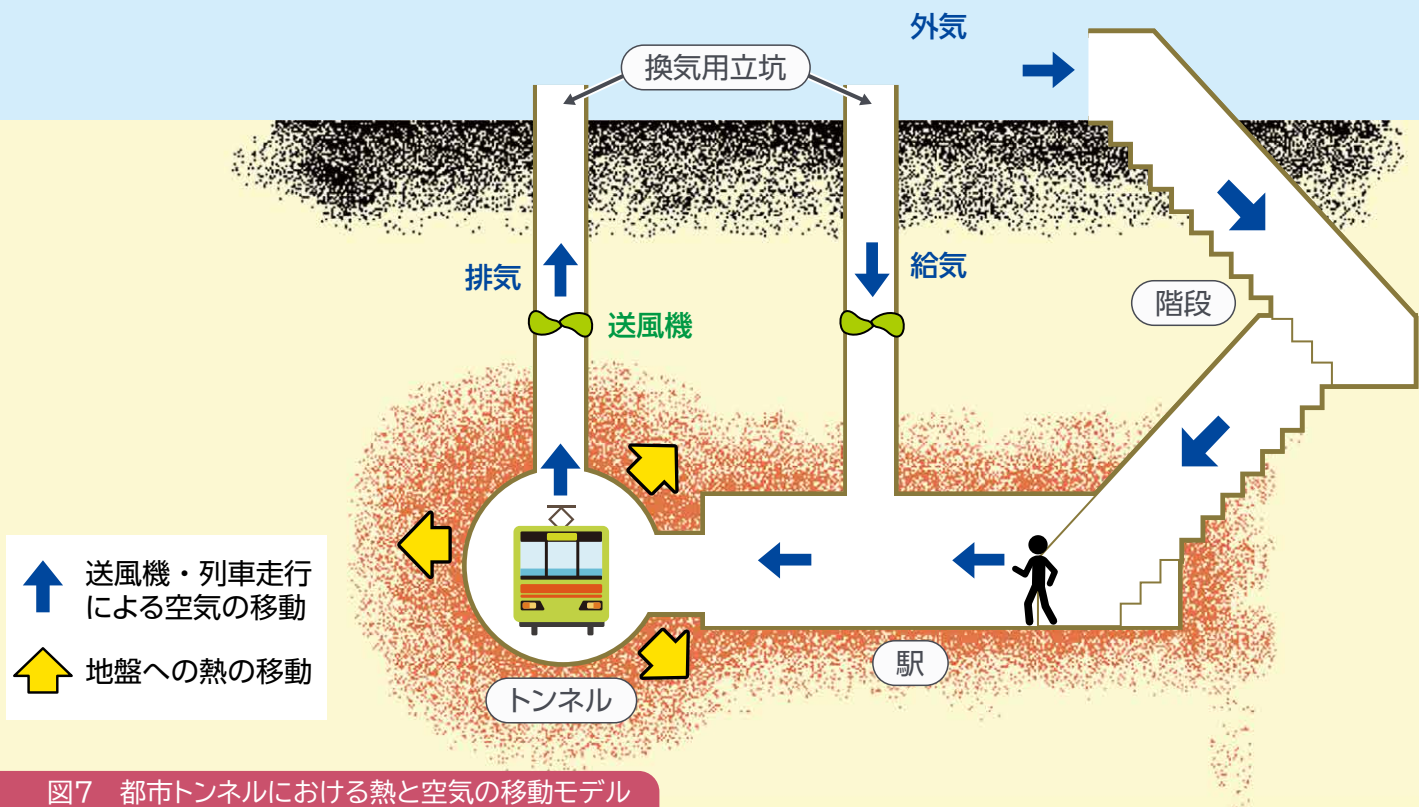


図7 都市トンネルにおける熱と空気の移動モデル

積もるためにはトンネル内温度の予測が必要となります。鉄道総研では通常の都市トンネルに加え、換気設備を有する青函トンネル内の新幹線走行など高速鉄道にも対応したトンネル内温熱環境予測シミュレーションの開発を行ってきました(図7)。数値シミュレーションの予測精度については理論解析や模型実験により計算の妥当性を検証しています<sup>8)</sup>。近年では、都市トンネルに加え、新幹線の長大山岳トンネルにおける温度予測が課題となっています。これは北海道や北陸など豪雪地帯を走行する新幹線において、車両に付着した雪の塊が気温の高いトンネル内を走行中に溶けて落雪する可能性があるためです。落雪箇所を推定するためにはトンネル内の温度予測が必要となります。山岳トンネルは都市トンネルと異なり換気設備がないため自然風の影響が大きくなるのが特徴ですが、都市トンネル用に開発したシミュレーションが山岳トンネルにも適用可能なように、実際のトンネルにおける温度測定結果と比較することで計算モデルの改良を行っています。

## おわりに

ここでは環境工学研究部における最近の取り組みについて、沿線環境、安全性、快適性の各分野の代表的な研究事例を紹介しました。今後も鉄道事業者の皆様の業務に貢献できるよう、騒音・空気力学に関するさまざまな課題について研究開発を進めてまいります。

## 文献

- 1) 澤村陽一, 宇田東樹, 小方幸恵: 高速鉄道車両の台車部空力音の音源を可視化する, RRR, Vol.79, No.3, pp.14-17, 2022
- 2) 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および評価手法, 鉄道総研報告, Vol.34, No.3, pp.29-33, 2020
- 3) 長倉清: 沿線環境に関わる最近の研究開発, 鉄道総研報告, Vol.35, No.6, pp.1-4, 2021
- 4) 末木健之, 川口二俊, 清水康博, 北川敏樹, 金本啓幸, 葛田理仁: 台上試験と実車走行試験によるきり音の特性評価, 鉄道総研報告, Vol.36, No.9, pp.25-31, 2022
- 5) 末木健之, 北川敏樹, 山崎徹: 縮尺模型を用いた転動音の評価法, 鉄道総研報告, Vol.34, No.3, pp.35-40, 2020
- 6) 野口雄平, 鈴木実, 乙部達志: 防風柵設置による空気力低減量に関する風洞試験結果, 鉄道総研報告, Vol.36, No.9, pp.55-60, 2022
- 7) 野口雄平, 鈴木実, 中出孝次, 乙部達志: 横風下の鉄道車両周りの空気の流れを解明する, RRR, Vol.79, No.3, pp.22-25, 2022
- 8) 斎藤寛之, 梶山博司, 斉藤実俊: 理論解析と模型実験によるトンネル内温熱環境予測手法の検証, 鉄道総研報告, Vol.34, No.3, pp.17-22, 2020