

走行風を利用した新幹線車両の着雪軽減策

環境工学研究部 車両空力特性研究室

上席研究員 高見 創

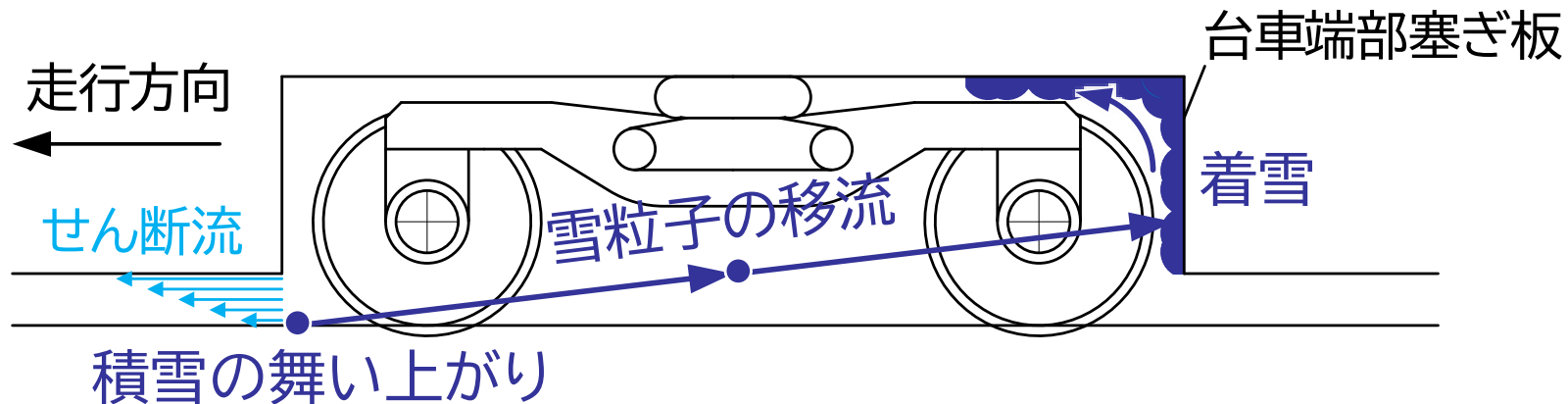


本日の発表内容

1. 研究目的
2. 着雪メカニズムと走行風による着雪軽減策
3. 模型走行実験による検証方法
4. 検証結果（模型実験および実車試験）
5. 着雪対策による空力音への影響
6. まとめ

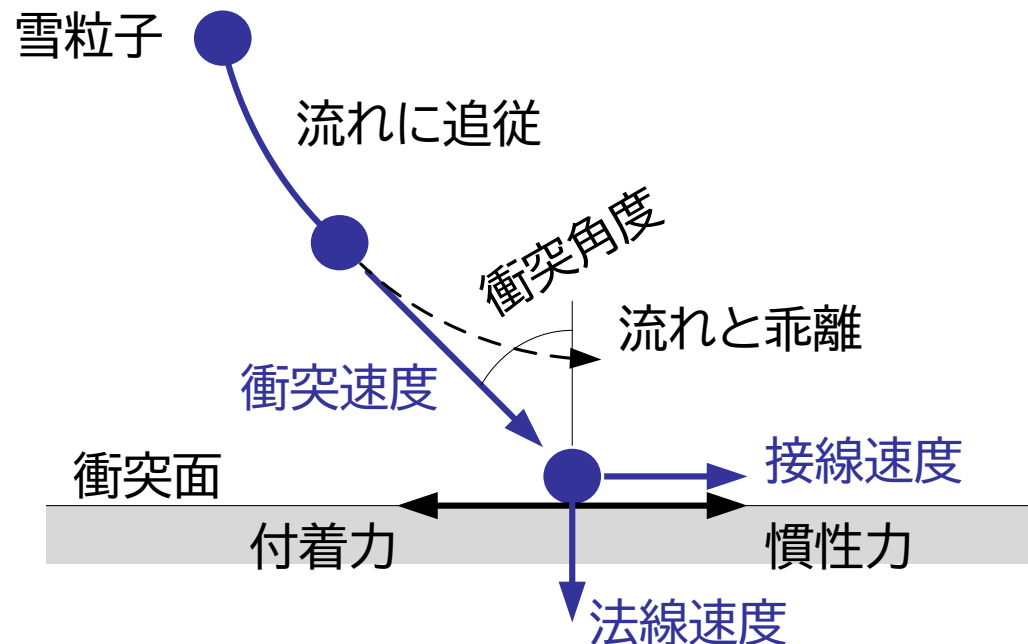
研究目的

- 軌道上の積雪を車両床下のせん断流(列車風)が舞い上げ、台車底面から台車内へ雪粒子が流入して、台車下流側の壁面(台車端部塞ぎ板)に着雪
 - 走行中に落雪すると、地上・車両への衝突による設備被害を生じる
 - 途中駅での融雪作業は運用面の課題に加え、駅間で着雪が急成長する場合は効果が不十分
- ➡ 高速車両の走行風を利用して、走行中に着雪を軽減する手法を開発する



着雪メカニズム

- 流線が急峻に曲がる衝突面では、慣性の大きい雪粒子は流れに追従できず壁面に衝突する。このとき雪粒子の付着力が流れの慣性力を上回ると着雪
- 雪の付着力は衝突速度に加え、気温や雪質、付着面状態で変化。ただし、接線速度が十分に高ければ着雪は生じない(車体側面など)

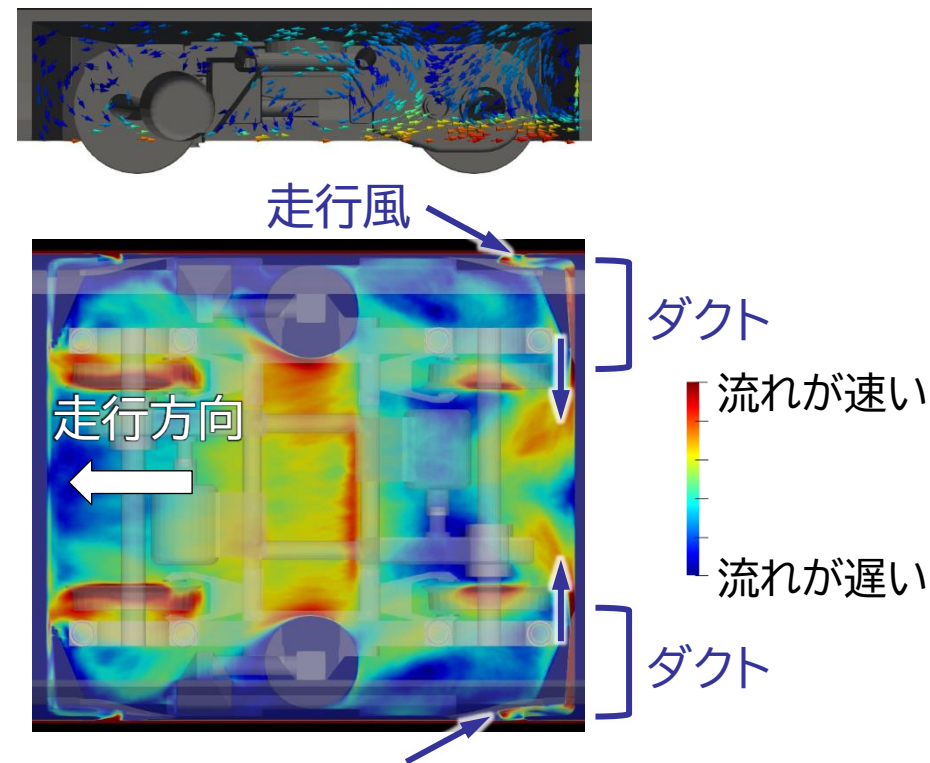
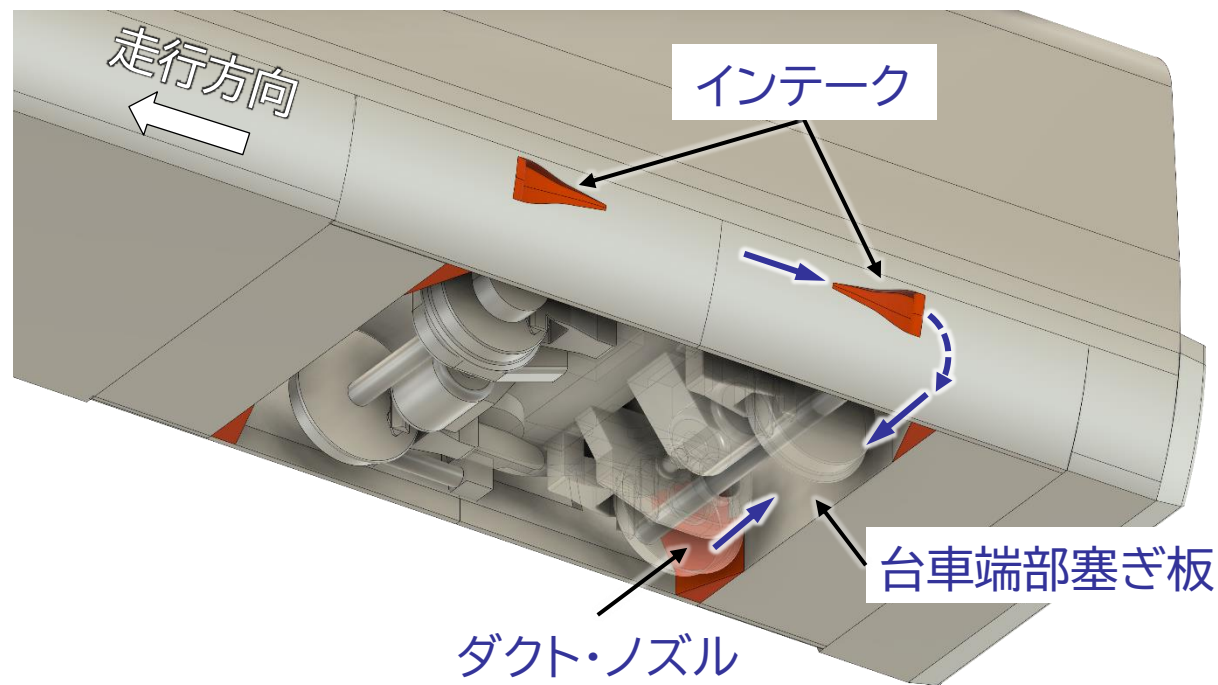


【着雪しない条件】
雪の付着力 < 流れの慣性力

- 雪と壁面の付着力は、主に水膜による液架橋力(表面張力)
- その後の着雪成長は、液架橋力と氷粒子の焼結作用

走行風による着雪軽減策

- 高速車両の車体側面を流れる走行風を吸気口(インテーク)で取り込み、ダクト内で向きを変えた後、台車下流の端部塞ぎ板へ向けてノズルから吹き出す
- 端部塞ぎ板表面の接線速度の増加と台車内の流れ変化により着雪が軽減



模型走行実験による検証方法



- 積雪を模擬した軌道上を車輪走行が可能な模型走行装置
- 模型の縮尺は1/11、4両編成
- 模型の走行速度は100km/h
(雪粒子運動の相似則は260km/h相当)
- 模擬積雪区間の長さは100m×2
往復(実寸換算で2.2km)

模型走行実験による検証方法

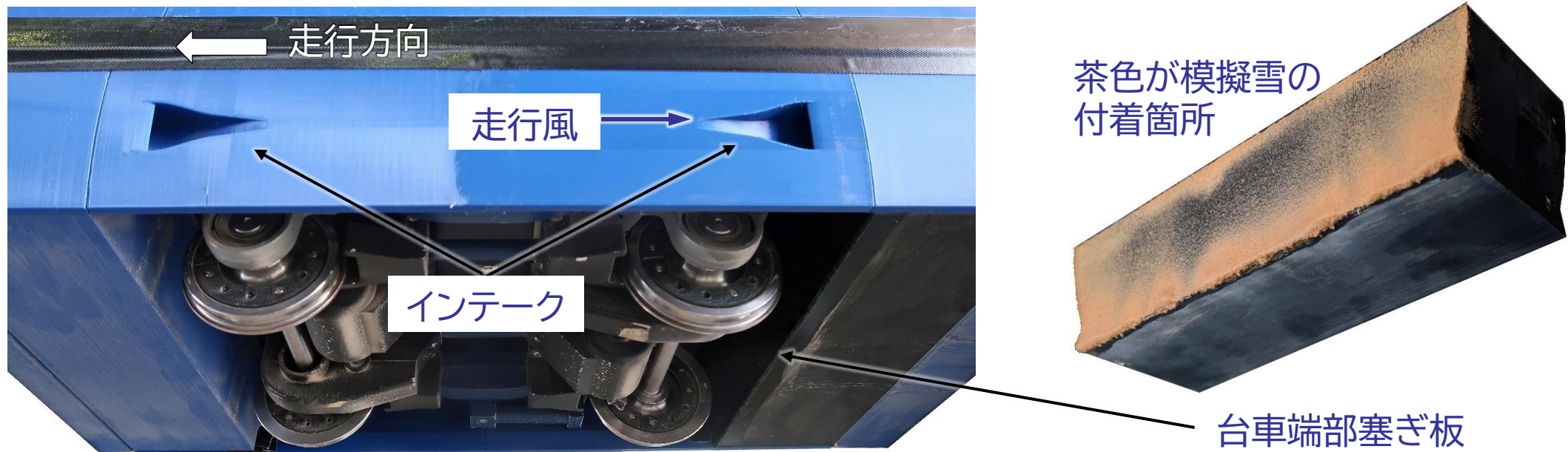
- 模擬雪は粒径をそろえたクルミ殻粒子。実雪の相似則(フルード数、ストークスパラメータ)と一致
- 積雪は車体幅×レール頭頂面高さの台形状に整形



模擬雪粒子
(粒径 $125\mu\text{m}$)

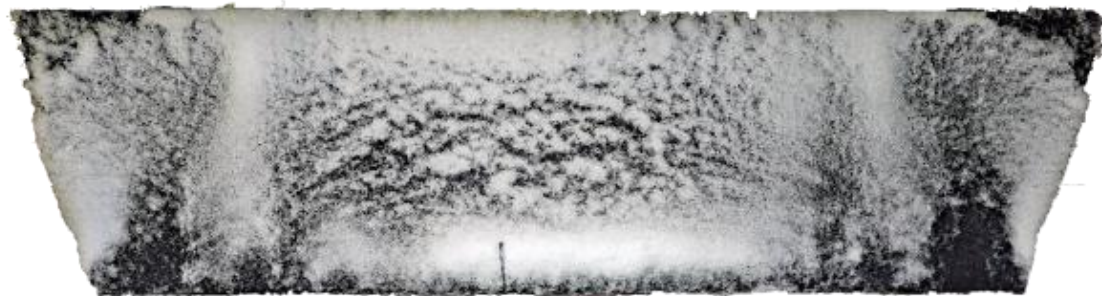
模型走行実験による検証方法

- 車体側面の台車カバーに走行風を取り込むインテークを設置。台車の前後および左右へ対称に配置
- 走行後、端部塞ぎ板の着雪量を評価(画像解析、3Dスキャン)

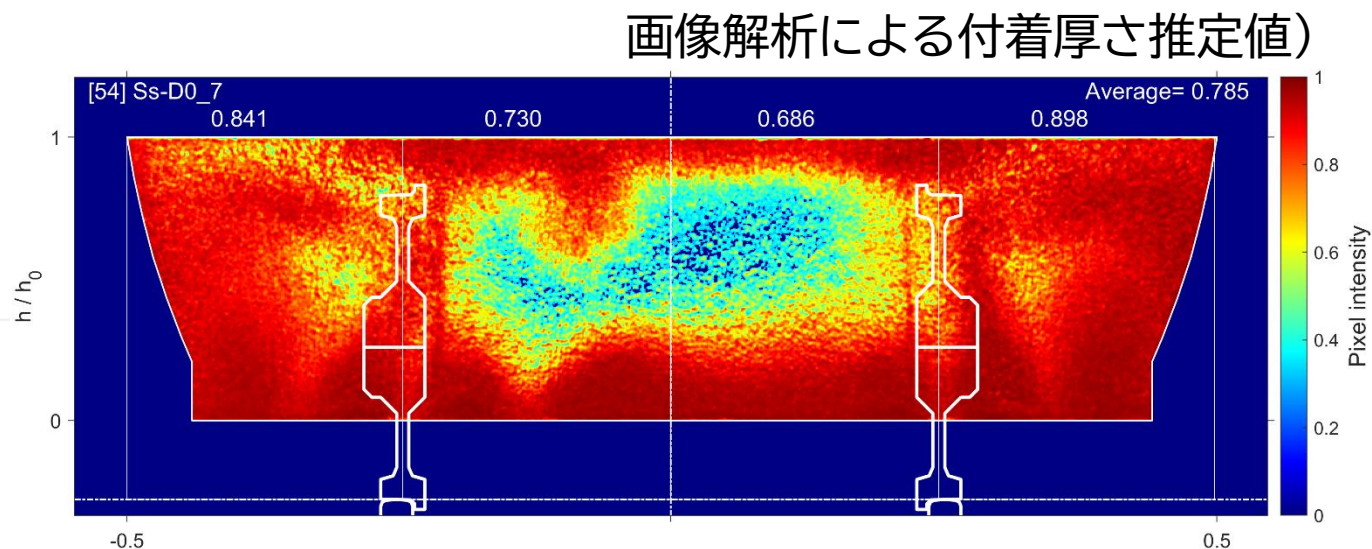


実雪風洞との比較

- 実雪を用いた風洞実験と、模擬雪を用いた模型走行実験の着雪状況は、傾向が等しく着雪現象が再現されている
- 車両床下流れの再現性(風洞 < 模型走行)と、車輪回転(風洞: 無、模型走行: 有)の違いから、付着状況の細部が異なり、実車再現には模型走行実験が適する



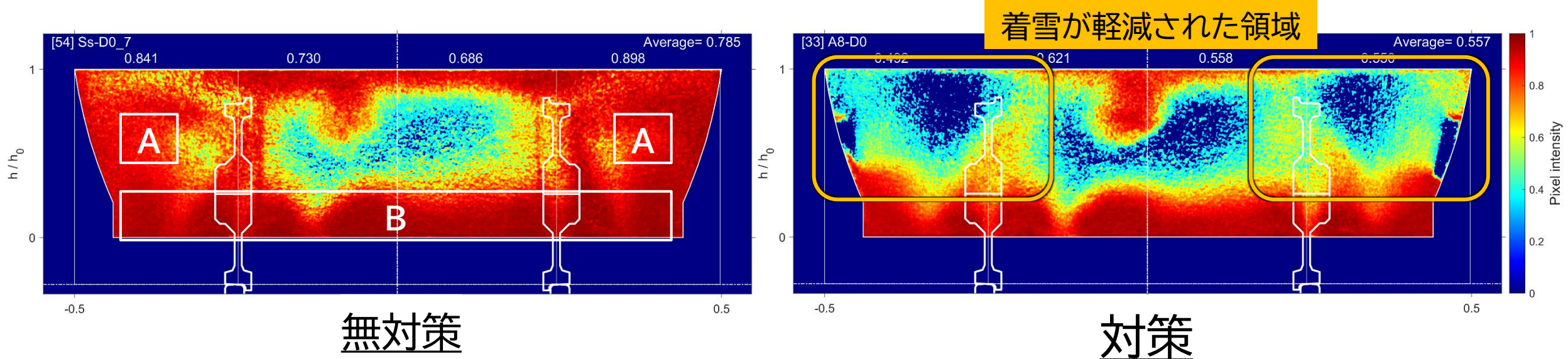
実雪風洞実験



模型走行実験

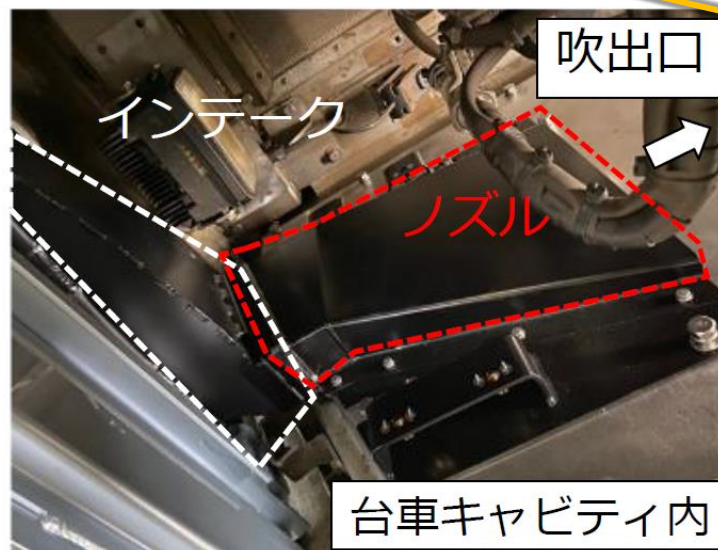
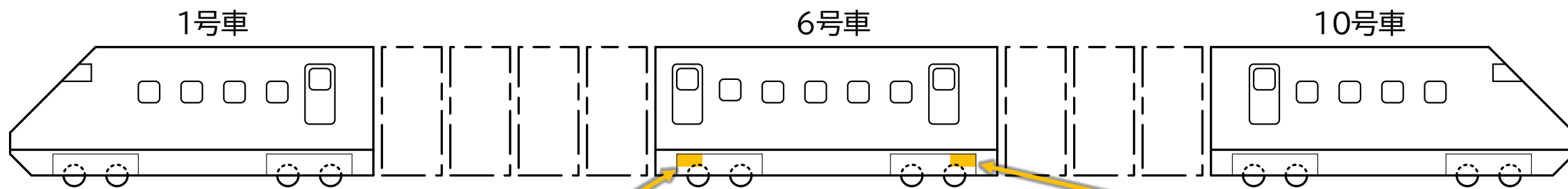
対策効果の検証（模型実験）

- 台車内へ流入した雪が着雪する台車端部塞ぎ板の隅部から車輪付近(領域A)は、対策によって着雪が軽減される。付着推定値で**3割減**
- 走行中は常に走行風が導入されるため、積雪区間の距離が長いほど効果は高い
- 雪粒子が正面から直接衝突する下辺部(領域B)には、対策効果がない



対策効果の検証(実車)

- 新幹線試験車の2台車に雪対策用インテークを設置(車体両側面、2・3軸を除く)

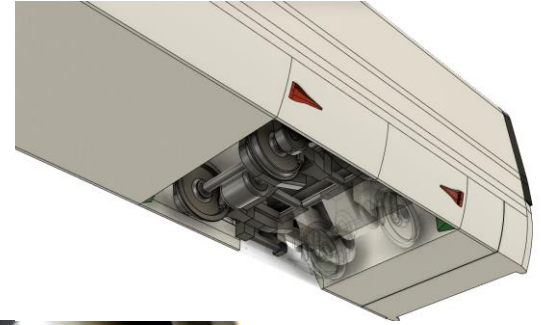


写真の対称形状

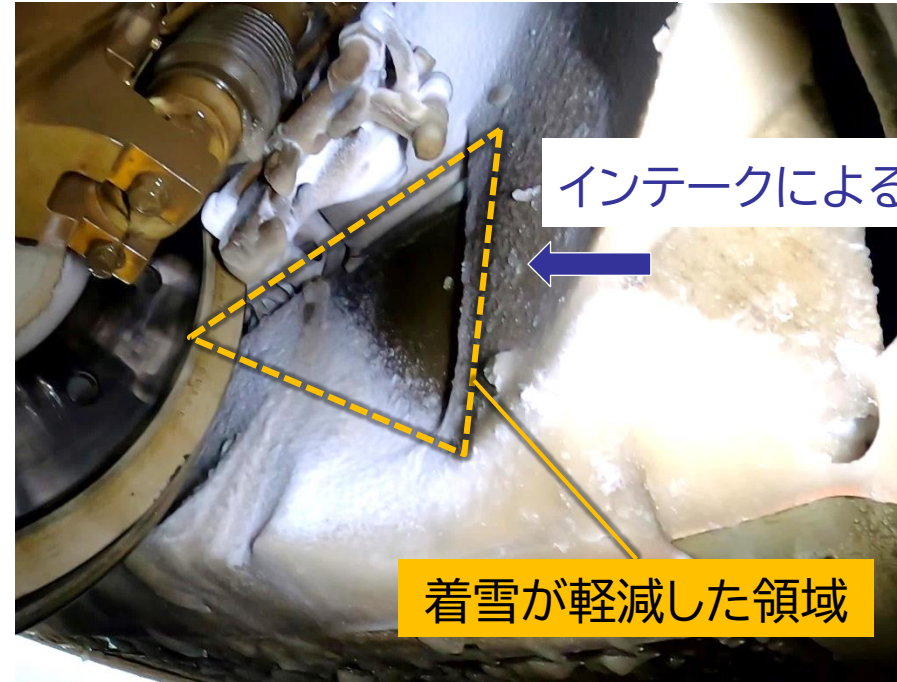
引用文献) 木村, 他7名,
J-RAIL2023, S2-8-5, 2023

対策効果の検証(実車)

- 無対策と比較して、着雪が軽減することを確認
- 効果範囲(走行風の届く範囲)は、模型走行実験と同じ傾向



無対策

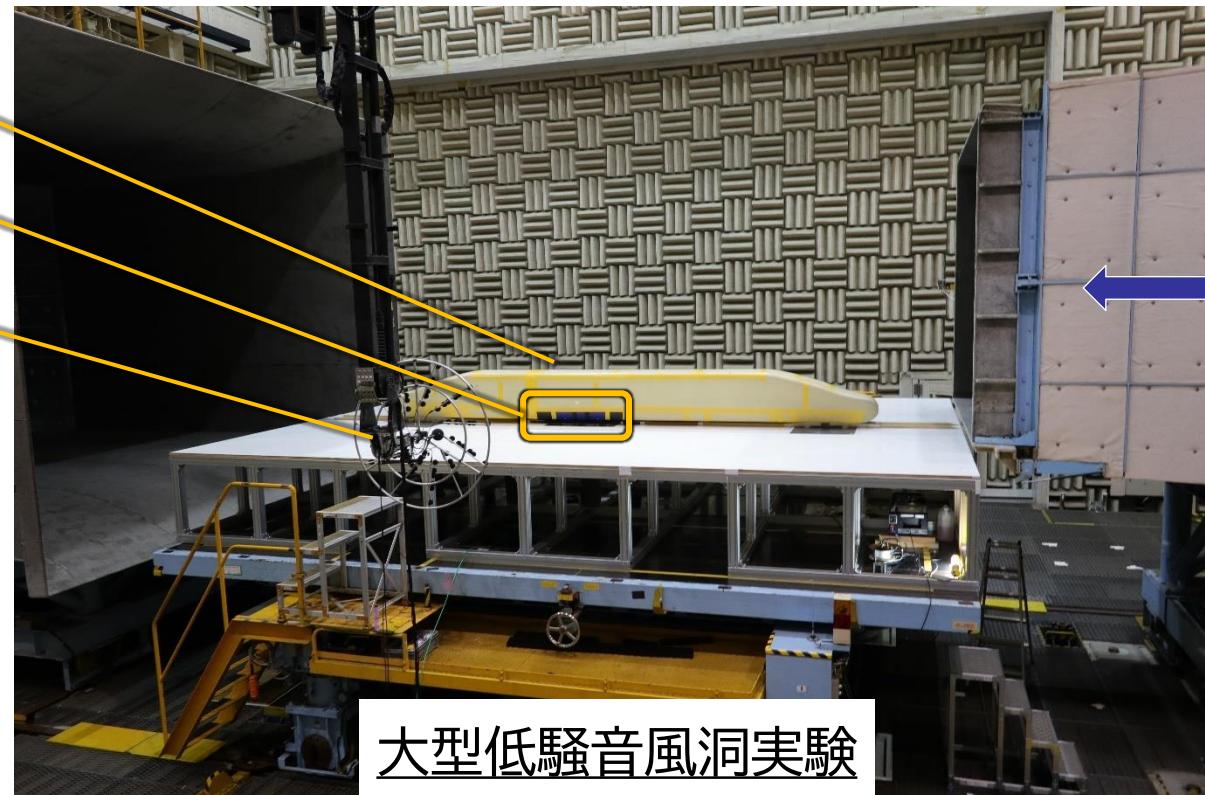


対策

引用文献) 木村, 他7名,
J-RAIL2023, S2-8-5, 2023

インテークによる空力音への影響

- インテーク開口部から空力音が生じる懸念
- 縮尺1/7車両模型の台車部にインテークを設置、大型低騒音風洞で空力音を評価



車両模型

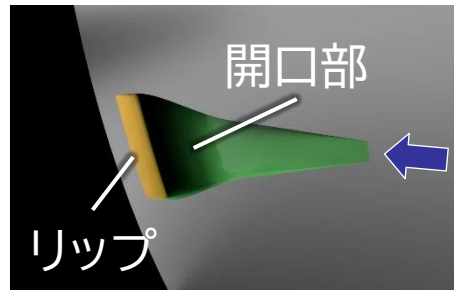
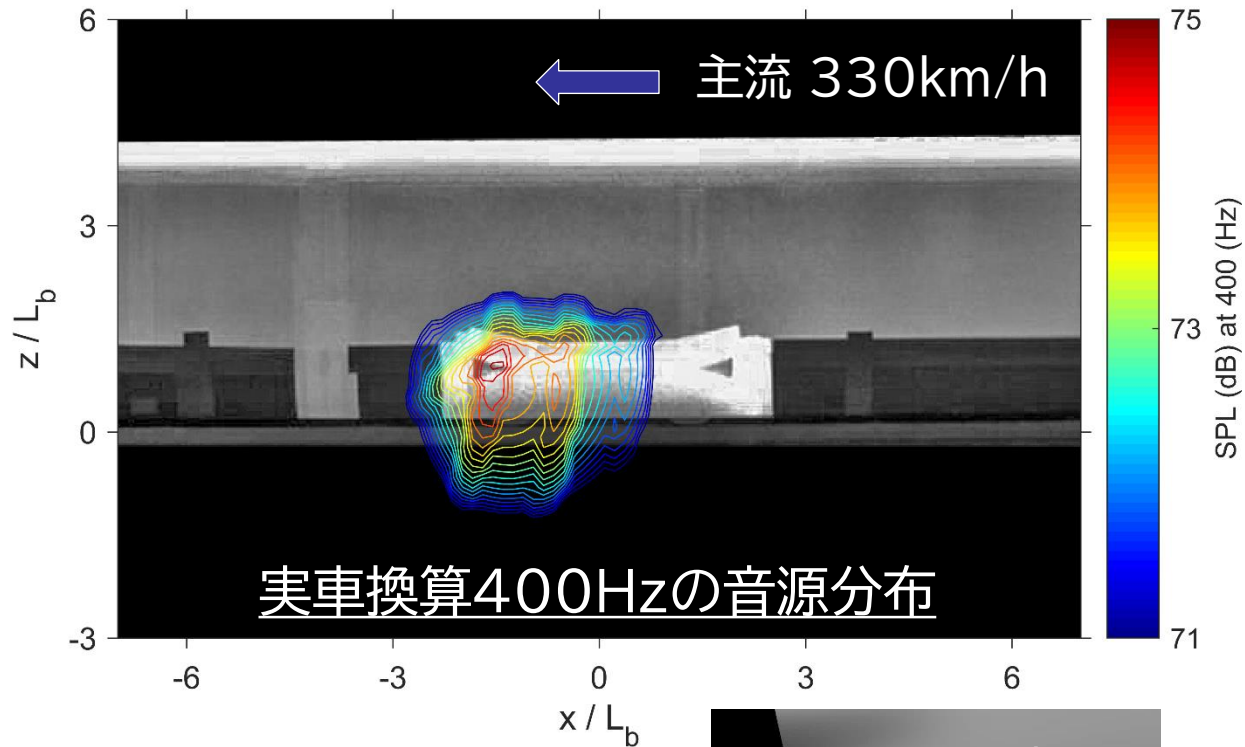
インテーク設置箇所(台車部)

マイクロホンアレイ

主流 330km/h

大型低騒音風洞実験

インテークによる空力音への影響



- 無対策と比較してオーバーオール値 +1dBの増加、1/3オクターブピーク値+1.7dBの増加
- 下流側インテークの開口部の大きさとリップ形状が影響する
- ただし、高架区間の現地測定では一般的な高さの防音壁にインテークは隠れ、騒音影響はなかった

まとめ

- 着雪の成長しやすい台車下流の端部塞ぎ板を対象に、高速車両の側面を流れる走行風を利用した着雪対策を開発した。
- その効果を模型実験と実車で検証した結果、台車端部塞ぎ板の隅部から車輪付近の着雪が約3割軽減し、積雪区間の距離が長いほどその効果は高いと推測された。
- 今後、流量増加を目的とした改良インテークの実車検証を進めるとともに、インテークでは効果が得られない台車端部塞ぎの下辺部を対象にした着雪軽減策を検討する。

成果の活用

- 走行中の落雪による地上・車両の設備被害を抑え、安全性を向上します。
- 途中駅での融雪作業量を削減し、ダイヤの遅れやコストを低減します。
- 台車カバーの交換により既存車両にも適用できます。

参考文献

高見創, 新木悠斗, 室谷浩平, 石井秀憲, 鎌田慈: 走行風を利用した新幹線台車周りの着雪対策, 鉄道総研報告, Vol.36, No.9, pp.5-10, 2022

H.TAKAMI, Y.ARAKI, K.MUROTANI, H.ISHII, Y.KAMATA: Measures Against Snow Accretion Around Shinkansen Bogies Using Running Wind, QR, Vol.64, No.2, pp.129-134, 2023

高見創, 新木悠斗: 空力を利用した車両の着雪対策, RRR, Vol.80, No.6, pp.20-25, 2023