

空力を利用した車両の着雪対策



高見 創
Hajime Takami
環境工学研究部
車両空力特性研究室
上席研究員



新木 悠斗
Yuto Araki
環境工学研究部
車両空力特性研究室
研究員

雪落としは必要?

スキー場からの帰り道、駐車していた自動車の屋根やボンネットに積もった雪を記念に(自慢気に)載せたまま高速道路で帰ろうとしても、気温や降雪に関係なく、大抵それらの雪は早々に飛んで落ちてしまいます。一方で、路上にそれなりの積雪があると走行時に雪を巻き上げ、自動車の後部やタイヤハウスに多くの雪が付着します。これら駐車時と走行時の違いや雪の付着する場所の違いは、車の周りにおける空気の流れが影響しています。

新幹線においても同様に、線路に積雪があつて雪を巻き上げながら高速走行していたとして

も、車両の屋根や側面に雪はほとんど付着しません(図1)。一方で、外からは見えませんが、空気の流れが停滞しやすい車両床下の台車部分には大量の雪が付着しています。この雪が気温の変化や振動などで車両から雪塊となって落ちると、その高速性ゆえに大きなエネルギーをもち、地上設備や車両へ衝突して被害を生じる場合があります。ちなみに、自動車から落ちる雪塊は雪国で「雪爆弾」とも言われ、やはり危険な現象です。

この対策には、途中駅での雪落とし作業が有効ですが、多くの時間と人手が掛かることに加え、着雪が駅間で急成長する場合は必ずしも十



図1 積雪区間を走行する新幹線車両

© photoAC

分な対策となりません。このため、本研究では新幹線周りの空気の流れを利用して、台車内の着雪を走行中に軽減する手法を検討しました。

空力を利用した着雪軽減策

雪粒子が空気の流れに乗って壁面に衝突する場合を考えます(図2)。このとき、雪粒子が壁面に付着するかどうかは、雪粒子の接線速度による慣性力と雪の付着力の大小関係で決まります¹⁾。雪

の慣性力が付着力よりも大きければ雪は吹き飛び、小さければ着雪します。雪の付着力の大きさは気温や雪質、衝突面の状態でさまざまに変化しますが、雪粒子の接線速度が十分に速い場所(例えば車両の側面など)では、基本的に着雪は生じません。

したがって、台車内の着雪を空力で減らすには、対象とする部分の雪粒子の接線速度を速めることが有効です。そのためには、対象とする

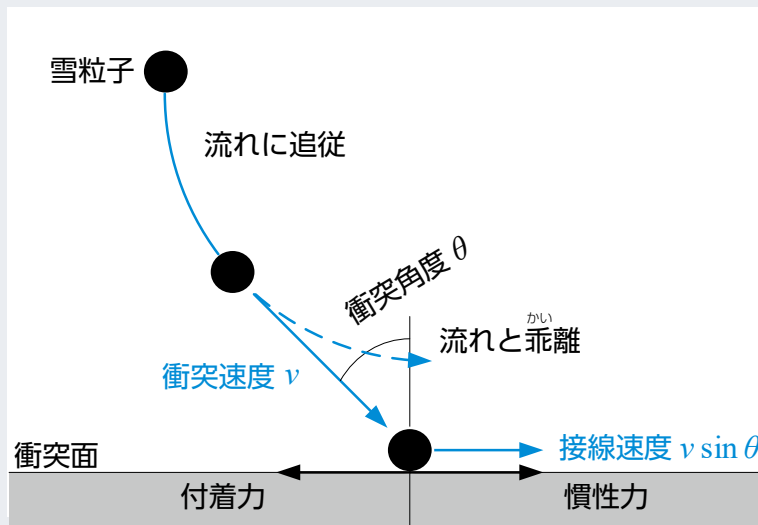
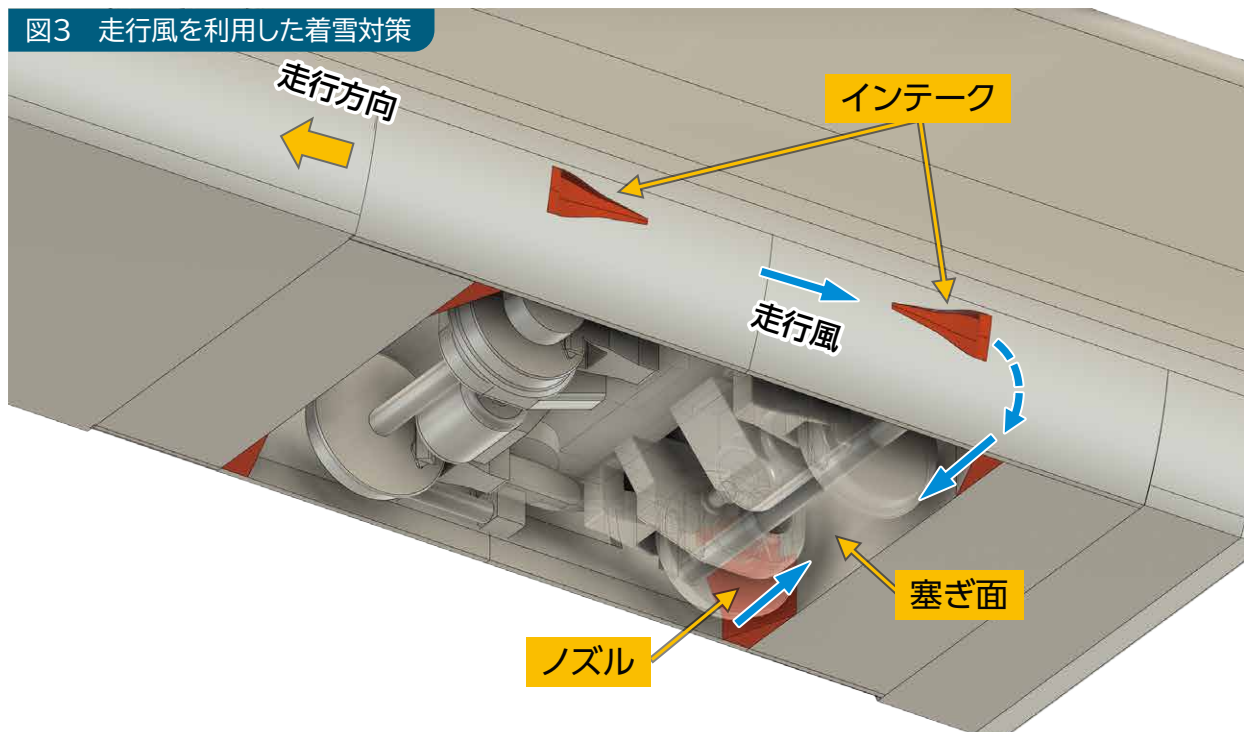


図2 衝突面の雪粒子運動

部分の形状を変える案や、ファンなどによる強制的な外力を用いる案もありますが、ここでは高速車両の特性を生かして走行風を利用します²⁾(図3)。車体側面の高速な空気の流れを吸気口(インテーク)で取り込み、着雪の多い台車前後の塞ぎ面に向けてノズルで吹き出します。これにより、対策部分では雪粒子の接線速度が速くなって、雪は付きにくくなることが期待されます。

図3 走行風を利用した着雪対策





自然の雪は大気中の環境条件によって多様な性状を示します。さらに地上に積もった雪は時間の経過とともに状態が変化しています。これを別の粒子で再現することは不可能ですが、実験ではある一定条件下を仮定した模擬雪として、過去の文献ではおがくず、小麦粉、炭酸マグネシウム、ガラスビーズなどが用いられています。近年は活性白土（粘土のモンモリロン石を熱処理して得られる微細な粉末）が多く用いられますが、湿度の影響が大きいので屋外での使用は不適当です。このため、本実験では活性白土と物性の近いクルミ殻の粉末を使用しました。本物の雪のように舞い上がったり積もったりするのは良いのですが、見た目が茶色で雪には到底見えないのが残念です。

☞ 模擬雪

模型走行実験による 効果検証

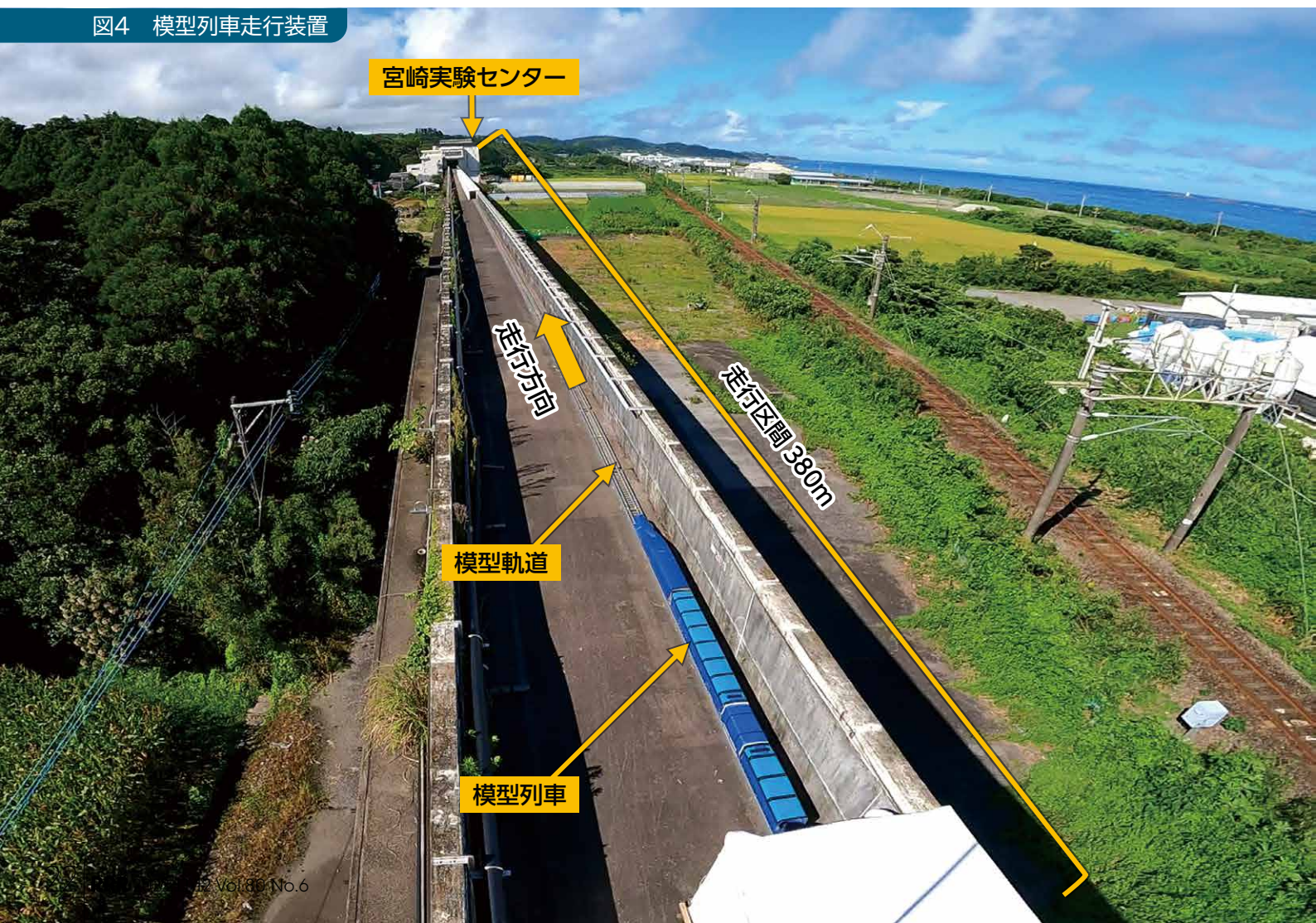
実験方法

着雪対策の実験には、積雪のある軌道上を車輪走行が可能な模型走行装置を用いました³⁾。模型の縮尺は1/11、模型の走行速度は100km/hです（図4）。**模擬雪**には粒径をそろえたクルミ殻粒子を使用し、レール頭頂面の高さまで積雪がある状態を模擬しています。積雪区間の長さは100m（実寸換算で1.1km）です。

4両編成の模型列車が積雪区間を高速で走行すると、図5のように軌道面から模擬雪が舞い上がり、模擬雪が列車周りの流れに乗って浮遊

運動します。台車内に流入した模擬雪は台車下流の塞ぎ面（以下、評価面）に衝突し、模擬雪が付着します。この際の付着量は、台車内への

図4 模型列車走行装置



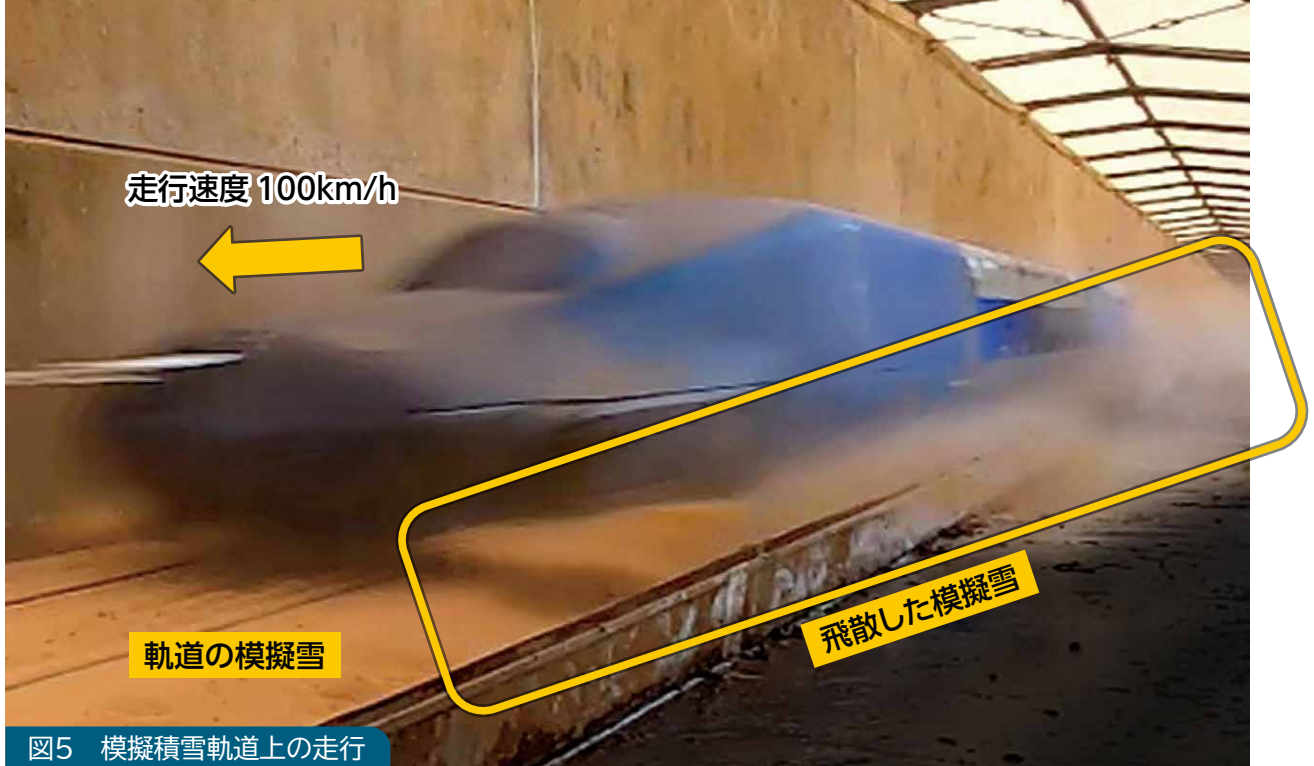


図5 模擬積雪軌道上の走行

模擬雪の流入量と速度ベクトル（模擬雪の速さとその方向）によって変化します。

したがって、走行後に評価面の付着状態を観測すれば、対策効果の優劣を判断することができます。なお、自然雪の付着力と比較して乾燥した模擬雪の付着力は大幅に小さいため、実験

では評価面にぬらした布を貼り、模擬雪の付着力が自然雪と近くなるように調整をしています。

実験による効果検証

着雪対策を行った模型車両の台車部を図6に示します。走行風を取り込むインテークは台車側面に設置し、台車の前後および左右へ対称に

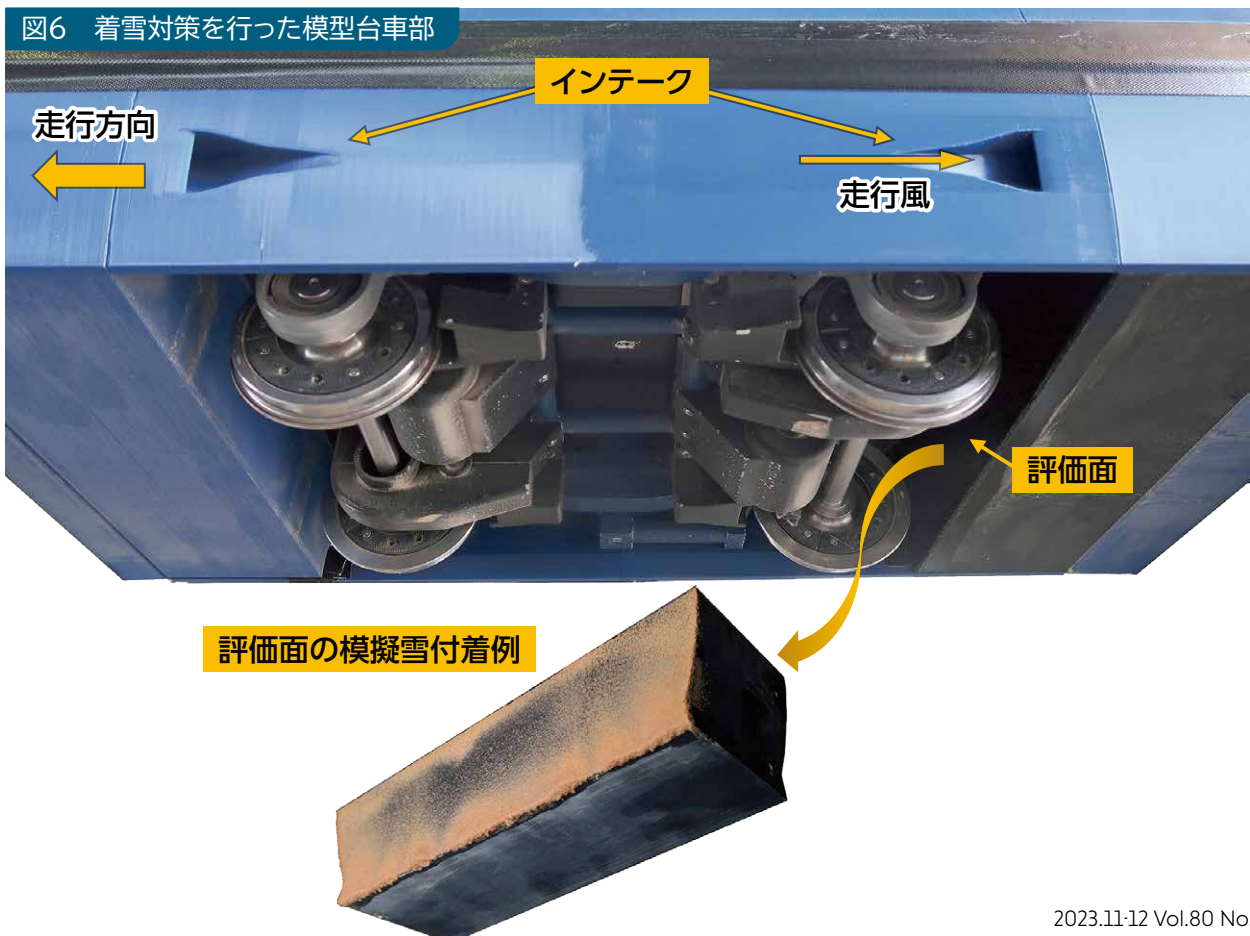


図6 着雪対策を行った模型台車部

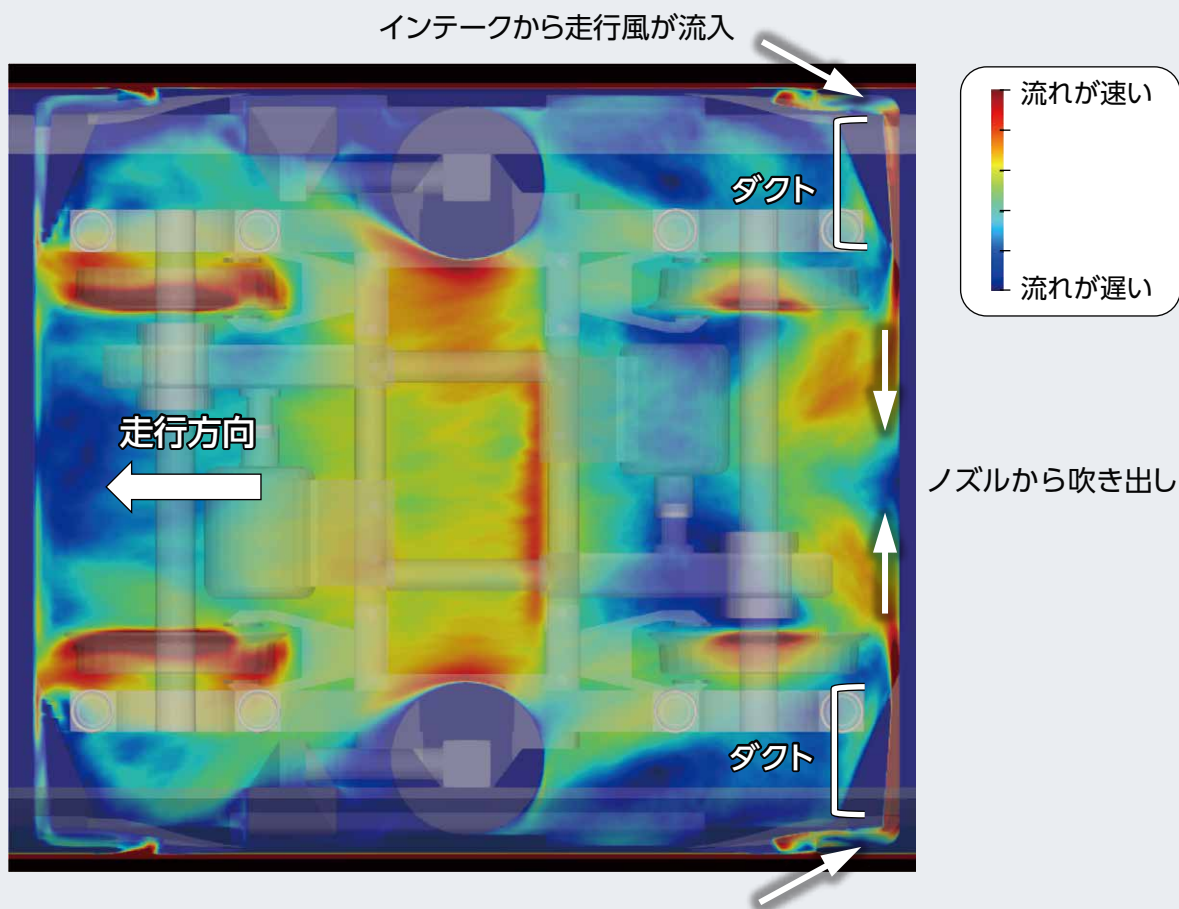


図7 台車内を下から見た流れ

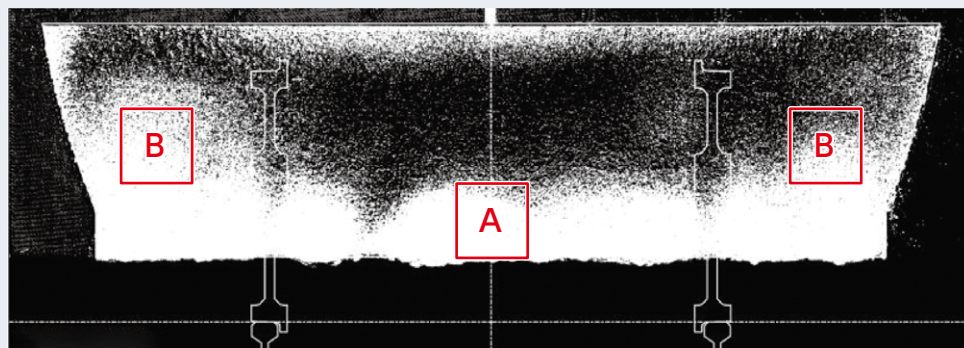
配置します。ここで、逆方向となる台車前側のインテークは、走行方向が反転した際に作用します。台車下流側の垂直面が、模擬雪の付着状態を観測する評価面です。走行後は、茶色の模擬雪が図のように付着します。

事前に行った流体解析の結果を図7に示します。台車側方のインテークから取り込まれた走行風がダクトを通してノズルから台車下流の評価面へ吹き出し、車輪下流付近の接線方向流れを加速させています。本図はダクトの長い例ですが、ダクトが短くても走行風は車輪付近まで到達することがわかりました。

図8に、台車下流の評価面における模擬雪の付着状態を示します(本図はダクトの短い例)。この図は、評価面の正面画像をモノクロ2階調

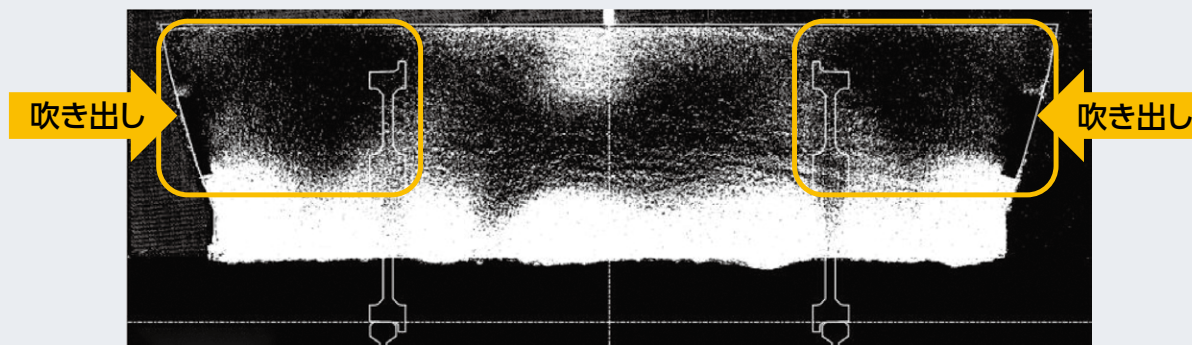
に変換したもので、白色が模擬雪の付着を示します。模擬雪がほぼ正面から衝突して接線速度がゼロに近い評価面の下辺付近(図のA)では付着が生じやすく、本対策を行っても効果を得ることはできません。しかし、台車内の流れのよどみによって付着が生じやすい横隅から車輪下流付近(図のB)にかけては、インテークから導入した走行風によって付着が大幅に軽減されることが確認できます。

また、走行を繰り返すと付着の範囲と付着量は次第に増えていきますが、ここで示した付着を軽減できる領域には常に走行風が当たるため、付着はほぼ生じません。すなわち、積雪区間の走行距離が長いほど、対策効果は高くなります。



(a) 対策なし

走行風の吹き出しで付着を軽減できる領域



(b) 対策あり

図8 着雪対策の効果検証

おわりに

高速車両周りの空気の流れを利用して、台車内に生じる着雪を軽減する対策を示しました。対策の効果は模型実験で確認できているほか、ここでは示さなかった着雪シミュレーションや人工雪を使った降雪風洞実験でも確認されてい

ます。しかし、効果の判断には気象条件や車両の運用条件によってさまざまな着雪状態を示す実車での確認が不可欠です。このため、JR東日本殿の協力を得て現車試験での冬季検証を進めるとともに、インテークやノズルの形状改良を鋭意進めています。RRR

文献

- 1) 鎌田慈, 室谷浩平, 中出孝次, 高橋大介, 佐藤研吾, 根本征: 鉄道車両に用いる着雪シミュレータの開発, 雪氷, Vol.83, No.1, pp.79-95, 2021
- 2) 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
- 3) 高見創: 模型列車走行装置(宮崎実験センター), RRR, Vol.78, No.11, pp.37, 2021