

## 高速鉄道車両床下への着雪抑制を目的とした台車部流れの LES 数値解析

○大越 真吾 (東京農工大学) [機] 高見 創 (鉄道総合技術研究所)

[機] 中出 孝次 (鉄道総合技術研究所)

### LES Numerical Analysis of Underbody Flow to Reduce Snow Accretion

#### Under the High-Speed Railway Vehicle Floor

○Shingo Ogoe (Tokyo University of Agriculture and Technology),

Hajime Takami, (Railway Technical Research Institute)

Koji Nakade, (Railway Technical Research Institute)

LES numerical simulations of underbody flow are performed to reduce snow accretion under the high-speed railway vehicle floor. To achieve the purpose, four different models with different shapes (standard, with hole, with deflector, with hole and deflector) around the bogie were prepared, and the change of the flow field when the shape around the bogie was greatly changed was investigated. The inflow rate increased by 65.5% when the deflector was attached at the bottom side of the vehicle upstream of the bogie. On the other hand, the inflow rate decreased by 20.0% when the hole was drilled at the side cover of the bogie. These results suggest that the hole on the side of the bogie may reduce snow accretion.

キーワード : LES 数値解析, 台車内部の流れ, 着雪対策, 台車まわりの形状変化

**Key Words** : LES Simulation, flow field inside the bogie, snow accretion, shape change around the bogie

#### 1. 緒言

鉄道車両が降雪地帯を走行すると、線路上の雪が舞い上がり、鉄道車両の床下や台車に雪が付着・成長する。この着雪の塊は氷に近い硬さとなることがあり、走行時の振動や衝撃で落下すると、地上設備の破損や分岐器の不転換といったトラブルが発生する可能性が高くなる。このような問題を解決するにあたり、車両床下流れを解明することが求められている。

本研究では、台車まわりの形状を大きく変化させた場合における台車部分の局所的な流れ場の変化を LES によって調査し、着雪抑制に効果的な台車まわりの形状を考案することを目的とする。本報では、形状が異なる 4 種類のモデルによる台車内部の流速分布および流入流出流量の変化について報告する。

#### 2. 着雪抑制を目的とした空力形状の変更

鉄道車両における台車への着雪は、降雪による直接的なものほか、車輪回転による積雪の跳ね上げと、列車の走

行風による積雪の舞い上げがある。特に、高速鉄道においては走行風により舞い上げた雪が台車下側から台車内に流入し、台車後方のふさぎ板へ流れが衝突することで着雪が生じる<sup>1)</sup>。この対策として、台車下側の隙間をなくす方法や、台車後方のフサギ板を流線型にする方法などを取ると、台車の保守性に課題が生じる。

このため、本研究では台車内の流れ場を変化させることで着雪抑制を図る検討を行った。図 1 に、計算モデルおよび台車部分の概略図を示す。台車側面に設けた開口部は、台車内へ流れを取り込むまたは台車内の流れを排出することで、台車内の流れ場を変化させることを目的としている。また、台車上流の車体底面側に設置した板上の突起(以下、整流材)は、台車内へ流入する流れを変化させることを目的としている。

#### 3. 計算方法

##### 3.1 計算領域

図 2 に、計算領域の概略図を示す。流れ方向を  $x$ 、スバ

ン方向を  $y$ 、高さ方向を  $z$  と定義している。1/11 スケールの列車は 3 両編成で、計算領域は最大約 5% の閉塞率を確保すべく、流れ方向に 11[m]、スパン方向に 4[m]、高さ方向に 2[m] とした。計算格子間隔は、車両から最も離れた点を 0.05[m]、車両近傍領域では 0.002[m] で固定した。格子点数は、 $x$  方向に 3900 点、 $y$  方向に 360 点、 $z$  方向に 128 点の合計 1.8 億点とした。

3.2 計算条件

支配方程式には非圧縮性の連続の式および Navier-Stokes 方程式を用い、列車走行速度  $U$  [m/s]、車体幅 0.248 [m]、動粘性係数  $\nu$  [m<sup>2</sup>/s] により定義されるレイノルズ数  $Re$  は  $2.5 \times 10^4$  とした。境界条件は、計算領域入り口および床面で速度を列車走行速度  $U$  [m/s] に固定し、出口では対流流出条件、側面および上面ではすべり境界条件、物体表面ではすべりなし条件を適用した。またサブグリッドスケールモデルには、コヒーレント構造スモグリンスキーモデル<sup>2)</sup>を用いた。

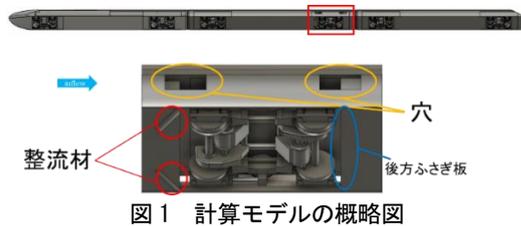


図 1 計算モデルの概略図

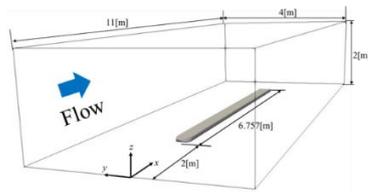


図 2 計算領域の概略図

4. 計算結果

4.1 台車内の流れ場

本報で報告する計算結果は、いずれも流れ場が発達して先頭形状による影響を受けにくく、着雪量の多い 2 両目の後ろ台車の後方ふさぎ板を対象としている。図 3 に穴中央断面高さ ( $z=0.09$ ) における流速の  $x$  方向成分のコンター図を、図 4 に穴中央断面高さ ( $z=0.09$ ) における流速の  $z$  方向成分のコンター図を示す。図 3(b) と (d) 見ると、台車側面の開口による流れの流入出が確認できる。また、図 4(a), (b) と図 4(c), (d) を比較すると、無対策時および側面の開口のみのケースに比べて整流材を設置した形状では後方ふさぎ板付近の流速が大きく増大しており、速度分布も変化していることが分かる。

4.2 台車内への流入流出量

図 4 に台車下部から後方ふさぎ板への流入流量を 4 種類の形状別に比較したグラフを示す。結果をそれぞれ比較すると、無対策のケースに対して開口のみ設置したケースでは流入量が 20.0% 減少した。一方で、整流材を設置したケースでは無対策に対して流入量が 65.5% の増加した。

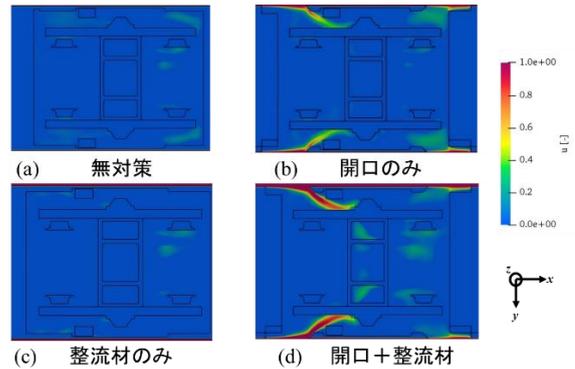


図 3 穴中央断面高さ ( $z=0.09$ ) における流速の  $x$  方向成分

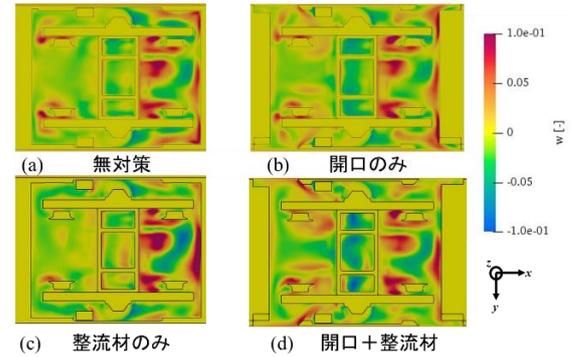


図 4 穴中央断面高さ ( $z=0.09$ ) における流速の  $z$  方向成分

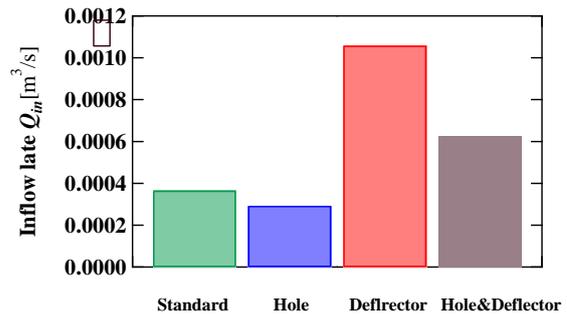


図 5 台車下部からの流入量

5. 結論

形状が異なる 4 種類のモデルによる台車内部の流速分布および流入流量の変化について LES 数値解析を行い、以下の知見を得た。

- 側面の開口による台車内への流れの流入出が確認された。
- 流入流量について見ると、無対策のケースに対して穴のみ設置したケースでは 20.0% 減少した。また、整流材を設置したケースでは 65.5% の増加が見られた。
- 上記の結果より、台車側面の開口により台車内への雪流入を減らし、着雪を抑制できる可能性がある。

参考文献

- 1) 室谷浩平, 中出孝次, 鎌田慈, 高橋大介, 高速車両の台車周りの着雪を予測する, RRR, Vol.77, No.4, (2020), p.20-23.
- 2) 小林宏充, 乱流構造に基づくサブグリッドスケールモデルの開発, ながれ 29, (2010), p157-160.