



クローズアップ ① 記録を残すことの大切さ

研究&amp;開発 ② 車体のスス汚れを防止する排気管の対策

研究&amp;開発 ④ 地震時の大変位挙動までの車両運動シミュレーション

リポート ⑥ 第13回車輪・レール接触力学と摩耗に関する国際会議(CM2025)参加リポート



## クローズアップ 記録を残すことの大切さ

研究開発推進部 リサーチチューター  
石毛 真

業務の一環として、あるいは外部の方から問合せを受けるなどして、規定値の変遷や設定経緯を調べる必要が生じた際は、まずは研究所の図書館の蔵書や電子図書館RailScopeで検索・情報収集することになります。最近の例では、輪軸組立時のしめしろ、圧入力の規定値の変遷について調べたのですが、国鉄はおろか、鉄道省、果ては鉄道院時代の資料にまで遡ることとなりました。大正・昭和時代の先人たちの取り組み内容もさることながらその内容が書物としてきちんと残され、閲覧可能であることも驚きました。

昨年度まで所属していた車両技術研究部では、「研究開発として取り組んだことはタイムリーに業務資料にまとめる」ことを研究部の方針の一つしていました。そんな当たり前のことができていないのか?と言われてしまいそうですが、所外に公表する報告書とは違って、厳格な執筆期限が決められているわけではなく、業務多忙によりつい後回しになってしまふ現実があります。振り返ってみると、若手の頃に当時の上司から同じようなことを言われていた記憶があり、四半世紀経ってもあまり状況が変わっていないことは後ろめたくもありました。研究開発で取り組んだ内容の中から成果を学協会や論文等で部外に公表していくことは割と積極的に取り組まれていますが、公表内容のみならず、研究を進める上で得られたノウハウや、場合によっては失敗事例なども貴重な知見であり、それらを担当者の頭の中だけではなく業務資料として残すことが、組織としての技術の蓄積につながっていくとの思いがありました。研究部の方針については浸透していく実感はありますも、反応が薄いと感じられ

る面もありました。立場上、報告書類はすべて確認する必要があったため、多くの業務資料がタイムリーに執筆されたら大変になるのは明らかで、期待8割、恐怖2割くらいの気持ちでいました。

より多くの人に業務資料執筆に取り組んでもらうためにどうすればよいか思いを巡らせる中で、「業務として取り組むからには業務資料を速やかに執筆すべきである」と言いたい誘惑にもかられましたが、おそらくこれは逆効果を生むのではと思い留まりました。執筆することで著者の実績としてカウントされますが、組織の中での個人の評価に淡泊な人もいて、それも決定打にはなりません。最終的には、「資料を残すことで『未来の後輩達』が同じ過程を繰り返すことなく、蓄積された技術を踏み台にさらに発展させ社会に貢献していくはず」と、数字では表せない貢献や達成感をうたって執筆の動機付けを行ったりしてきました。

現在は車両系以外の研究開発についても報告書を読む機会が増え、専門用語や背景技術を調べながら読み進めることが多くなりましたが、その際、業務資料があるとしても参考になっています。これからも、機会ある毎に業務資料執筆の大切さを訴えていきたいと思っています。ちなみに、最初に述べた輪軸組立時の規定値の変遷について調べた結果を業務資料にまとめたことは言うまでもありません。

NL



## 研究&開発

### 車体のスス汚れを防止する排気管の対策

環境工学研究部 車両空力特性 研究員  
原田 夏輝



#### ① はじめに

気動車の車体は、ディーゼルエンジンから放出された排気の中に含まれるススなどの微粒子により、黒く汚れることがあります。このような車体のスス汚れは、排気管から大気中に放出された排気が、車体に衝突したり、車体周辺に長時間留まったりすることによって発生していると考えられます。図1は、気動車の屋根上での排気の流れを模式的に示したもので、排気管の出口は、車両形式によって異なりますが、多くは車間部の屋根上付近にあります。加えて、排気管の出口付近には、空調機器をはじめとした屋根上機器が搭載されている場合が多いです。そのためこれらの位置関係によっては、走行によって生じる空気の流れが、屋根上機器によって遮られることで、排気が車体付近に滞留しやすくなる可能性があります。したがって、放出された排気が屋根上でどのように広がり、留まり、流れるか、といったように、車両の周りの空気の流れを踏まえたうえで、排気管の出口や屋根上機器を適切に配置することが重要になります。

本研究では、コンピュータ上で流れをシミュレーションして、走行する気動車の屋根上における排気の流れを解析しました<sup>1)</sup>。その結果にもとづき、排気によるスス汚れが生じにくい排気管の形状や配置について、検討を行いました。

#### ② 排気の流れのシミュレーション

対象とした2両編成の特急形気動車をモデル化したものを見ると、車両の連結部付近には、

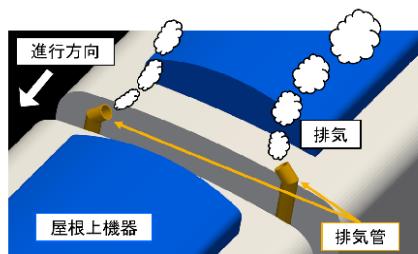


図1 排気の流れの模式図

各車両に1本ずつ、合計2本の排気管が設置されています。屋根上機器は、各車両に3基ずつ搭載されており、排気管の出口のすぐ近くにも屋根上機器が位置しています。なお、当該車両形式では、車体のスス汚れが激しく、短期間で車体が黒くなってしまうことが問題となっていました。

当該車両の排気管は、もともと車体の内側に向いて曲がった形状となっていました(図2左)。シミュレーションの結果、排気管から放出された排気の流れが、排気管の出口のすぐそばにある屋根上機器によって遮られることで、排気が滞留していることがわかりました。そこで対策案として、屋根上機器の上面より高い位置に排気が放出されるように、排気管を上向きに延長し、出口を車両限界付近の高さとした排気管についても検討しました(図2右)。

シミュレーションでは、車両の走行に伴う空気の流れだけでなく、排気管から放出される高温の空気も含めることで、走行中の車両のまわりの排気の流れも再現しました。図3に、シミュレーションによって求めた、排気管から放出される排気の流れを示します。図のピンク色の部分が、排気が分布する領域に対応しています。左側に示す内側向きに曲がった排気管の場合は、車間部の隙間に排気が滞留とともに、屋根面や車体側面全域に排気がまとわりつくようにして流れています。一方、排気管を延長すると(図3の右側)、車間部での排気の滞留がなくなり、屋根上における排気の広がりも、曲がった排気管と比較して緩やかになっています。これらの結果

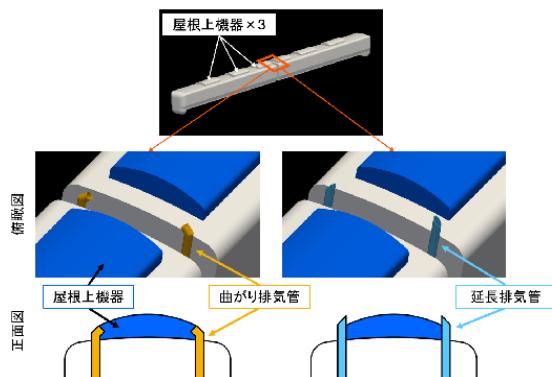


図2 気動車の屋根上機器と排気管のモデル

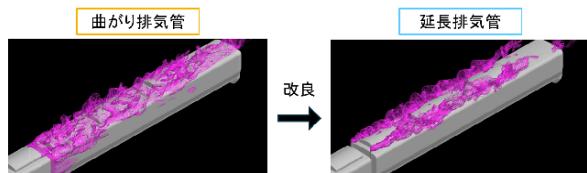


図3 シミュレーションで求めた排気の流れ

から、排気管の形状を工夫することで、屋根上における排気の流れを改善できることがわかりました。

### ③ 排気管の延長による車体のスス汚れ低減効果

シミュレーションの結果を受けて、実際の車両の排気管を延長する改造を行いました。さらに、運用中の車体のスス汚れ度合いを定期的に記録することで、排気管の延長対策の効果を検証しました。

具体的には、図4の上段に示すように、排気管に近い屋根上機器の、排気管に面した側面の中心部分のみを清掃後に営業列車として運用を行い、定期的に撮影を行って汚れ度合いの時間変化を記録しました。改造前の曲がった排気管の車両のみからなる編成と、改造後の延長した排気管の車両のみからなる編成を、ほぼ同じ営業走行距離の時点において比較しました。その結果、曲がった排気管では、営業走行距離が2万キロ程度に達すると、清掃した範囲は周囲とほぼ同じ色になり、汚れが蓄積していました。一方で、排気管を延長した場合には清掃範囲内外の色合いはほぼ変わらず、汚れはほとんど蓄積しませんでした。営業車による検証の結果から、排気管の延長対策によって、車体のスス汚れが抑制されることがわかりました。

### ④ 排気管や屋根上機器の対策案

排気による車体のスス汚れを生じにくい条件について、一般化した知見を得て今後の対策に活用するため、排気管の形状だけでなく、屋根上機器の配置も変化させ、複数の組み合わせについてシミュレーションを行いました。排気が車体に到達すると、車体表面のすぐ近くの空気の温度が上昇することに着目し、車体表面付近の空気の温度上昇量から、車体

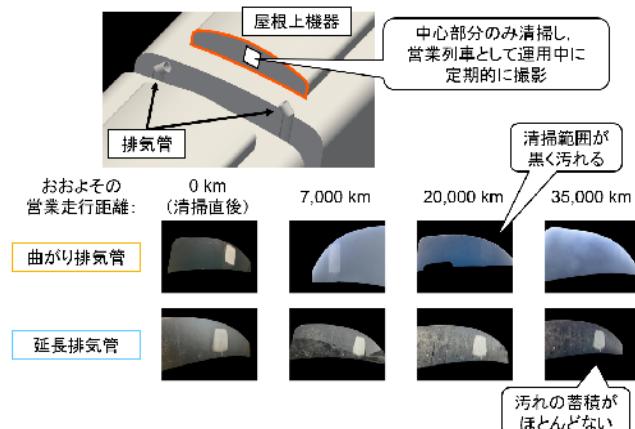


図4 車体のスス汚れの比較

にどの程度排気が到達するかを定量化しました。車体表面付近の温度が上昇している場合、その部位では車体のスス汚れも蓄積しやすいことが想定されます。

図5に対策案の例を示します。2章で示した排気管の延長対策（図5B）だけでなく、屋根上機器の位置を排気管から離すこと（図5C）によっても、排気の滞留や車体表面付近の温度上昇を防ぐことができます。一方で、排気管を短くカット（図5D）しても、排気の滞留は解消されず、温度上昇量もほぼ変化しませんでした。これらの知見を踏まえ、気動車の新製や改造にあたっては、それぞれの車両の条件に応じて排気の流れをシミュレーションしたうえで設計を行うことにより、車体の汚れなど、排気によって生じる問題を防止することができます。

### ⑤ おわりに

本研究では、走行中の気動車の排気管から放出される排気の流れに着目して、車体のスス汚れを防止するための排気管の形状や配置について調査しました。今回示した対策は、車体の美観の向上や、清掃のメンテナンスコストの低減につながるだけでなく、車体の隙間から排気が車内空間に侵入するのを防止することで、車内空間の空気質の向上にもつながると考えられます。今後も、車両の周りの空気の流れに関する基礎的な現象解明を進めながら、関連する研究開発を推進していきます。NL

### 参考文献

- 原田夏輝、野口雄平、新木悠斗、宮地徳蔵：車体の汚れを防ぐため、気動車の排気の流れをさぐる、RRR, Vol. 82, No. 5, pp.22-27, 2025

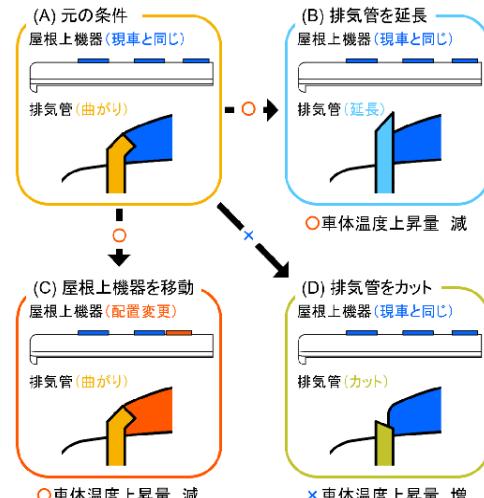


図5 屋根上機器と排気管の改造案



## 研究&開発

### 地震時の大変位挙動までの車両運動シミュレーション

鉄道力学研究部 車両力学 主任研究員  
葛田 理仁

#### ① はじめに

日本は世界でも有数の地震大国です。地震により鉄道車両が脱線・転覆する事例は数少ないものの生じています<sup>1)</sup>。これまで鐵道の各分野においてさまざまな地震時の安全対策が進められていますが、引き続き安全性向上に向けた取り組みが重要であるといえます。

鐵道総研では地震時の車両挙動に関して、これまで主に、実験的な手法としては鐵道総研所有の大型振動試験装置を用いて実台車を加振する試験<sup>2)</sup>(図1)を、解析的な手法としてはマルチボディダイナミクスに基づいた車両運動シミュレーション Vehicle Dynamics Simulator<sup>3)</sup> (VDS) の両者を柱として研究を進めてきました。VDSはさまざまな状況での鉄道車両の挙動を解析できる鐵道総研独自のシミュレーションプログラムであり、特に兵庫県南部地震を契機に地震時の車両挙動を解析できるように開発が進められ、著大地震における列車脱線のメカニズム解明などに活用されてきました<sup>4)</sup>。

これらの手法は現在も現象解明のために有効ですが、実台車を用いた加振試験では、安全面の配慮や試験体・装置の制約から輪重がゼロとなる、あるいは脱線直後までの再現が限界であり、車両転覆までの大変位を伴う挙動の再現は困難です。また、VDSでは当時の計算機の性能の制約などから「車輪・レールの相対左右変位」に着目し、その値が閾(しきい)値に達した時点で「脱線」と判定し、そこでシミュレーションを終了することしていました。そ



図1 実台車加振試験

こで鐵道総研では、これらの課題を克服し従来の実験・解析の範囲を超えた車両挙動を解明するための研究を進めています。

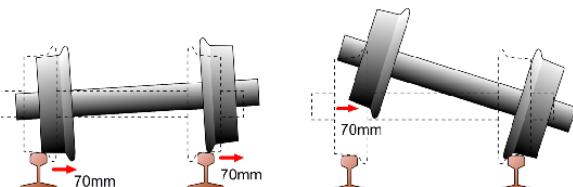
#### ② 車両運動シミュレーションプログラムの開発

車両運動シミュレーションにおいて脱線に対する鉄道車両の走行安全性はどのように表現できるでしょうか。VDSでは車輪とレールの相対左右変位に着目し、その値が±70mmに達した時点で「脱線」と判定しています。このとき、輪軸が左右方向にほぼ水平に脱線するような場合は、例えば図2(a)に示すように輪軸がレールから外れる直前の状態となっています。一方、車両が転覆に至るような場合は輪軸のロール角が著しく大きくなり、例えば図2(b)に示すようにレールから浮き上がった側の車輪の左右変位が70mmを超える状況となります。いずれにせよVDSで可能な計算範囲はこれらの時点までです。

図2(b)の状況に至った場合に車両はその後どのような挙動をとるでしょうか。輪軸の挙動に注目してみると、そのまま転覆する場合、浮き上がった側の車輪が落下し脱線しない場合、浮き上がった側の車輪が落下する際に輪軸が滑って脱線する場合などが考えられます。近年の計算機能力の向上を背景に、通常の走行では生じないような車輪・レール接触の状態をシミュレーションで求められるように発展させることで、これらの状況を再現できる新しい車両運動シミュレーションプログラムの開発に現在取り組んでいます。これらの状況が解析できると、従来の「脱線」だけでなく「転覆」の判定なども行えるようになります。

#### ③ 1/10 模型車両による加振試験

一方、実験的な手法については、大型振動試験装置の振動台の大きさの制約から実物大の実験は図1のような1台車(半車両)の試験が限界です。そこ



(a) 輪軸がほぼ水平に脱線する場合 (b) 車両が転覆しかけた場合

図2 脱線判定基準に達した状況

で、実車両を参考に寸法や力学的な特性を極力忠実にスケールダウンした模型車両（図3）を製作し、模型車両の加振試験を行って脱線後の車両挙動を実験的に把握する取り組みを進めています。模型車両は在来線電車を参考とし、取り扱いや繰り返しの加振試験の容易さ、また実車を模擬した特性となるばね・ダンパー系を忠実に再現できることを考慮して1/10スケールとしています。模型車両であれば1車両での加振試験が可能です。

車両の脱線や転覆がどのような条件で生じるのか、基礎的な特性の把握を目的として、大型振動試験装置上で模型車両を軌道から正弦波で加振する加振試験を行いました。試験の一例として、走行する模型車両に対する加振周波数0.8～3Hzの加振試験結果の例について述べます。この周波数領域は実車換算では約0.3～1Hzに対応し、車両は下心ロールモードで揺れやすく著大な加振を受けると転覆する可能性がある領域です。なお、この模型車両については下心ロール運動のピーク周波数は2Hz付近であることがわかっています。加振周波数と加振振幅を変化させながら加振試験を行い、脱線あるいは転覆に至った加振振幅を整理し、次章でシミュレーション結果と比較しました。

#### ④ 車両運動シミュレーションの模型試験による検証

新しいシミュレーションプログラムを用いて、模型車両の試験に対する解析を行い、模型試験と同様に脱線や転覆が生じた加振振幅を求めました。判定として、ここでは車輪の裏面がレール端から軌間外側にはみ出した場合を脱線、車体ロール角が60°を超えた場合を転覆としました。模型試験での脱線や転覆の判定に対応し、シミュレーション結果から転覆あるいは脱線となった場合の加振周波数と加振振幅を抽出して模型試験結果と比較した一例を図



図3 1/10模型車両

4に示します。図4より、脱線・転覆が生じた加振周波数と振幅について、シミュレーション結果は試験結果と概ね符合していることがわかります。仮にVDSによる検討を行った場合は車輪・レール相対左右変位が実車の±70mmに対応して、1/10模型では±7mmを超えるかどうかのみが判定され、その際の加振振幅以上の振幅における車両挙動は検討できないのに対し、新しい車両運動シミュレーションでは脱線にとどまったのか転覆に至ったのかまで判定できるようになります。

#### ⑤ おわりに

本稿では鉄道車両の地震時の車両挙動の解明に取り組む研究について紹介しました。これらの実験・解析技術は、従来の実験・解析の範囲を超えて、地震時などの異常時における鉄道車両の安全性を将来的に支えていく技術です。今後も、引き続き地震時の走行安全性向上や、走行時の編成車両を対象とした鉄道システム全体としての走行安全性評価に資する現象解明を進めていく計画です。■

#### 参考文献

- 1) 例えば 運輸安全委員会：東日本旅客鉄道株式会社 東北新幹線 福島駅～白石藏王駅間 列車脱線事故、鉄道事故調査報告書、RA2024-1-1, 2024
- 2) 例えば 飯田浩平, 鈴木貢, 宮本岳史, 西山幸夫, 梶谷泰史, 加藤博之, 浅野浩二, 名倉宏明：大型振動試験装置を用いた実車脱線実験、日本機械学会論文集C編, Vol.77, No.781, pp.3223-3236, 2011
- 3) 宮本岳史, 石田弘明, 松尾雅樹：地震時の鉄道車両の挙動解析、日本機械学会論文集C編, Vol.64, No.626, pp.3928-3935, 1998
- 4) 例えば 運輸安全委員会：九州旅客鉄道株式会社 九州新幹線 熊本駅～熊本総合車両所間 列車脱線事故、鉄道事故調査報告書、RA2017-8-2, 2017

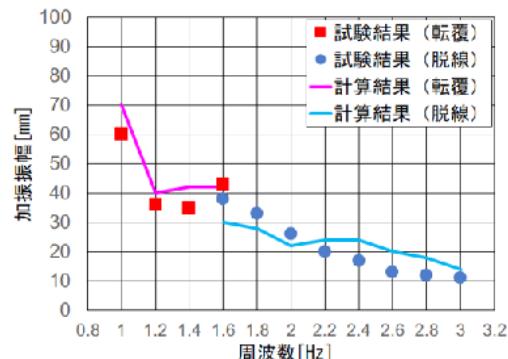


図4 模型試験結果とシミュレーション結果の比較  
(脱線あるいは転覆が生じた加振振幅の下限値の比較)

※シミュレーションでは車輪の裏面がレール端から軌間外側にはみ出した場合を脱線、車体ロール角が60°を超えた場合を転覆とした。



## リポート

### 第13回 車輪・レール接触力学と摩耗に関する国際会議(CM2025) 参加リポート

車両技術研究部 車両強度 研究員  
尾崎 稔

#### ① はじめに

2025年9月22日から26日までの5日間、第13回車輪・レール接触力学と摩耗に関する国際会議、CM2025 (13th International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems) が開催されました。本稿では、会議の内容や会議の様子、またこの機会を活用して海外の研究者と交流した際の様子をお伝えします。

#### ② 会議の概要

CMは車輪／レールの接触に特化した、世界でも唯一の国際会議で、車輪／レールの接触部に発生する諸問題（摩擦、摩耗、疲労・損傷、騒音など）について大学、研究機関、鉄道事業者、鉄道関連メーカーの研究者が発表・討論を行っています。2022年のメルボルン（オーストラリア）での開催以来3年ぶりで、今回は東京での開催となりました。1日目は歓迎パーティー、2～4日目は基調講演および口頭発表、5日目はテクニカルビジットという日程で、3日目にはポスターセッションも設定されました。

鉄道総研からは私を含む11名が発表を行いました。会議の概要を表1に示します。

#### ③ 発表内容の紹介

口頭発表は107件、ポスター発表は52件で、内容は車輪／レールの接触をはじめ、材料特性や疲労・損傷メカニズム、寿命管理、車輪の多角形摩耗やレールの波状摩耗など、多岐に渡りました。私は主に車輪・レールの損傷や、その相互作用に関する発表を聴講しました。欧州や中国からの発表が多くを占めており、日本国内では珍しい車輪割損に関するもの<sup>1)</sup>など、海外の使用条件で生じる損傷に関連した研究内容に触れる貴重な機会となりました。

私は、2日目のDamage and wear of brake（ブレーキによる損傷と摩耗）セッションで“Particle emission characteristics of various brake blocks and their effects on the wheel for tread brakes”（踏面制輪子のダスト排出特性と車輪への影響）という題目で口頭発表<sup>2)</sup>を行いました（図1）。本研究の主な目的は、ブレーキ時の摩耗ダストの観察を通して、鉄道車両で用いられる各種制輪子の摩擦・摩耗現象や車輪への作用を把握することであり、車輪／制輪子の相互作用の理解に向けた取り組みとして発表しました。ブレーキダストに関する研究は欧州が先行していますが、ダストの観察を通してブレーキ材の摩耗や車輪への影響を把握する、という視点での発表はこのような会議でもあまりない印象です。車輪／制輪子や車輪／レールで生じる諸問題のほとんどは部材同士の接触に起因しており、接触時に発生するダストに着目した知見の蓄積は、摩擦に関連する問題の理解を深めるためにも重要であると感じました。

表1 CM2025の概要

開催期間	2025年9月22日～26日
開催場所	東京(上智大学 四谷キャンパス)
発表件数	口頭発表 107件、ポスター発表 52件
プログラム	9月22日(月) 歓迎パーティー 9月23日(火) 開会式、基調講演、口頭発表 9月24日(水) 基調講演、口頭発表、ポスターセッション、バンケット 9月25日(木) 基調講演、口頭発表、閉会式 9月26日(金) テクニカルビジット

自身の講演に対しては、今回のブレーキダスト測定に使用した、性能の異なる複数の装置による測定結果の比較方法などについての質問があり、それらに回答するとともに関連する情報を交換しました。

#### ④ その他

3日目のバンケットでは、芸者さんによる演舞の披露(図2)とともに、寿司をはじめとするディナーが提供され、参加者一同「和」を感じる時間を楽しみました。また、これまで共同研究を定期的に行ってきましたスウェーデン・チャルマース工科大の研究者の方々を中心に交流を深めることができました。Web会議では何度か顔を合わせているものの、実際にお会いする機会は今回が初めてで、ちょっとした雑談から生まれる信頼関係を感じながら、対面会議の良さを再確認しました。日本開催の国際会議は、海外開催と比較してこうしたバンケットの場でリラックスしながら交流ができる点が魅力の一つであると感じました。

5日目のテクニカルビジットはJR東日本研究開発センター、東京メトロ研修センター、交通安全環境研究所に加え、鉄道総研もツアー場所の一つに設定されており、当日はホストとして海外からの見学者を出迎えました。最近、チャルマース工科大でもブレーキ試験機を製作していることから、鉄道総研に来所いただいた同大学の皆さまからは、ブレーキ試験機、特に車輪／レールの接触を模擬可能な粘着試験ユニットなど、鉄道総研に特徴的な試験機への質問が相次ぎました。

今回の機会では、昨年度に3か月間、鉄道総研に客員研究員として滞在していた同大学の研究者の方とも再会しました。鉄道総研のブレーキ実験棟で実施した



図1 講演を行う筆者

内容も含め、踏面ブレーキに関する研究で無事PhDを取得したとのことでした。また、以前来日されたときよりもさらに、日本語を読めるようになっており、その上達ぶりに驚きました。研究分野に関するだけでなく、日本の事柄全般に興味を持っていただいていることに嬉しくなるとともに、日本で行われる国際会議も、海外の研究者と交流できる有意義な機会であると改めて感じました。今後も良好な関係を維持していくたいと思います。

#### ⑤ おわりに

国際会議での発表は私にとって2回目で、慣れない場ではあるものの、車輪／レールの接触に特化した国際会議という貴重な場で発表することができて良かったと思います。

車輪・レールをはじめとする各部材の使用条件や使用環境は日本と比較してはるかに過酷な部分も多く、日本国内では考えられないような損傷事例が数多く報告されます。このような異なる背景を出発点とした海外の研究発表を聴講することで、車輪・レール材の性能に対する考え方や視点、さらには鉄道全体に対する捉え方の違いが見えてくると感じました。

今後も海外の方々との情報交換の機会を大切にし、研究をプラスアップしていくよう努めていきたいと思います。■

#### 参考文献

(いずれも Proceedings of 13th CM (2025) より)

- 1) E. V. Landström et al., Numerical assessment of rolling contact testing of tread braked wheels.
- 2) R. Ozaki et al., Particle emission characteristics of various brake blocks and their effects on the wheel for tread brakes.



図2 バンケットの様子

車両ニュースレターは季刊（1, 4, 7, 10月発行）です。  
電子配信への移行に伴い、次号は2026年夏号として、  
2026年7月24日に発行予定です。

#### 鉄道総研 車両ニュースレター

● 2026年冬号 No.73	● 発行日 2026年（令和8年）1月23日（金）
● 発行所 <b>JR</b> 公益財団法人鉄道総合技術研究所 車両技術研究部	
〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL) 042-573-7269	
鉄道総研 URL) <a href="https://www.rtri.or.jp">https://www.rtri.or.jp</a>	<input type="text"/> 鉄道総研 <input type="button" value="検索"/>
● 発行者 瀧上唯夫	
● 編集者 山下道寛・牧野一成・松原孝聰・小笠原柚	©Railway Technical Research Institute