

# 車両技術に関する研究開発への取り組み

宇治田 寧\*

## Recent Activities for the Research and Development of Vehicle Technology

Yasushi UJITA

At RTRI, we grapple with around 280 research themes in the fiscal year 2017 to 2018. Among them, there are 46 themes regarding the rolling stock technology, which include a wide range of themes, namely the practical themes such as the speedup of the trains and the improvement of the riding comfort, the applied research such as the running stability and reliability of the rolling stock, and finally the fundamental research such as the elucidation of the mechanisms of the wear of the wheel. Here, I summarize such three research topics as follows: “Quantitative evaluation of the wheel flat affecting the behavior of vehicle bogies”, “Development of a 3-Dimensional measurement device for wheel profiles” and “Evaluation of the running safety of railway vehicles under the air spring deflation”.

キーワード：車両，走行安全性，高速化，乗り心地

### 1. はじめに

鉄道総研では、将来の方向性を示す長期的なビジョン「RISING」(Research Initiative and Strategy - Innovative, Neutral, Global -)の元、これを具現していくため、平成27年度から平成31年度までの5年間の基本計画「RESEARCH 2020 -革新的な技術の創出を目指して-」を策定し、研究開発に取り組んでいる。平成29年度はその3年目の事業年度として、車両分野を担当する各研究部・研究室においても、これまでの実施状況を精査の上、重点化を図り、鉄道事業者の多様なニーズに対応した高い品質の成果創出に向けて取り組みを進めている。

鉄道総研全体の研究開発テーマ総数の推移、及び鉄道総研の車両系研究室が過去5年間に実施した研究開発テーマ件数の推移を図1に示す。車両系の研究室は、車両構造技術研究部、車両制御技術研究部、鉄道力学研究部を合わせて9研究室あり、各年度首に、40件程度のテーマを設定、実施してきた。同図に折れ線で示した鉄道総研全体のテーマ総数は270～290件前後で推移し、これらは概ねその15%に当たる。

平成29年度の車両関係テーマ数(年度初:46件)を研究開発の方向別に分類してみると、図2のように「安全性の向上」に係るものが約4割を占め、鉄道総研全体の傾向とほぼ一致している。具体的には、走行安全性や衝突安全性の向上ならびに、その診断・評価技術に関するものがこれに該当する。

一方、車両分野の特徴としては、「環境との調和」や「利便性の向上」に分類されるものの占める割合が高いことが挙げられ、何れも鉄道総研全体の傾向の約2倍となっている。前者には省エネルギーや沿線騒音低減、後者には列車速度や車内快適性の向上などに関するテーマが該当する。

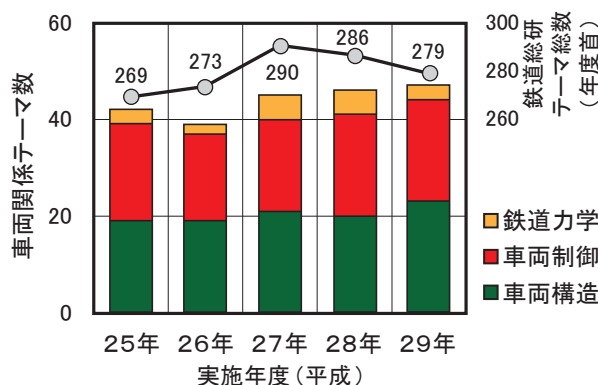


図1 車両系研究室のテーマ実施件数 (年度首)

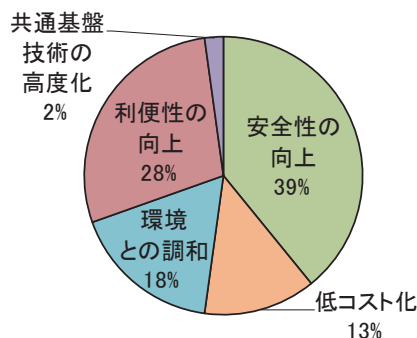


図2 平成29年度車両系9研究室テーマの方向別分類

\* 車両構造技術研究部 部長

特集：車両技術

なお、安全対策等の早急に解決すべき課題等については、「独創的な課題」として、鉄道総研内において複数の研究部が連携し、分野横断的な取り組みを実施している。特に鉄道車両が関係する分野としては、横風に対する車両の安全性に関する取り組みや、車両火災対策に対する取り組み等がこれに該当しており、車両関係研究部に加えて、環境工学、材料技術、防災技術、人間科学等の研究部と綿密に連携をとり、研究開発を進めている。

ここでは、車両技術に関する研究開発への取り組みにおける最近の成果の中から、車輪踏面損傷の車両への影響評価に関するものとして、「車輪フラット傷が台車に与える影響の定量評価」及び「車輪踏面形状三次元測定装置の開発」について、走行安全性評価に関するものとして「空気ばねパンク時の走行安全性評価法」について概要を紹介する。

2. 車輪踏面損傷の車両への影響評価

2.1 車輪フラット傷が台車に与える影響の定量評価

車輪踏面にフラット等の損傷がある場合、通常とは異なる振動が生じて部品の脱落などの不具合の原因となる可能性がある。そこで、車輪径や損傷程度が台車の振動に及ぼす影響を把握するため、車輪踏面に人工的なフラット傷を加工した輪軸による台上回転試験を実施した(図3, 図4)。

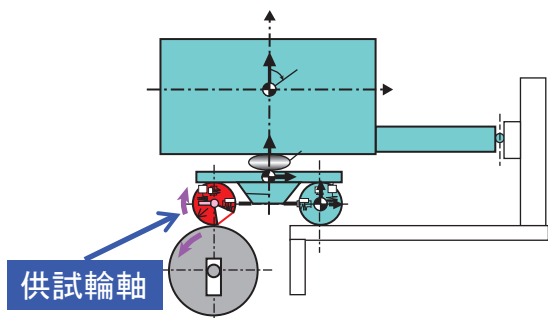


図3 車輪踏面に人工的なフラット傷を加工した輪軸の台上回転試験



図4 台上回転試験の実施状況

軸箱上下振動加速度のピーク値と走行速度の関係を整理した結果、振動加速度が最大値になるのは約30km/hの時であること、フラット長さの影響が大きいこと、車輪径については大きな影響が見られないことを確認した(図5)。また、軸箱の上下変位と振動加速度の時系列波形から、フラット傷で車輪が一旦降下し、軌条輪に衝突することにより大きな振動加速度が発生していることを確認した(図6)。

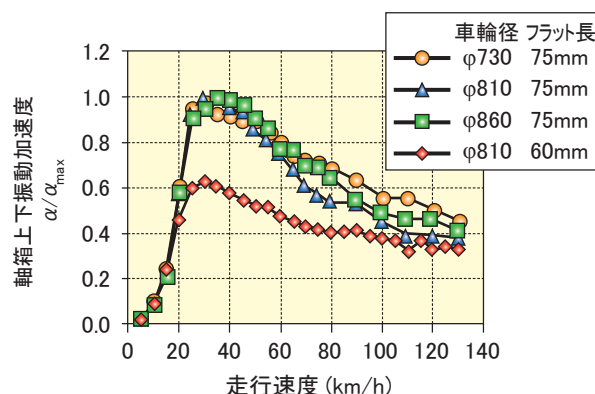


図5 車輪径とフラット長による影響

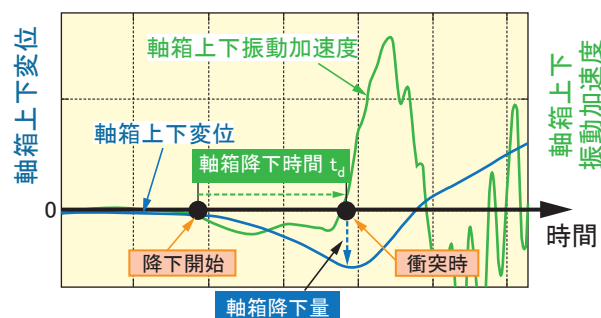


図6 上下振動加速度による軸箱降下時間の評価

さらに、車輪の降下開始から衝突までの時間と走行速度の関係から(図7)、走行速度が大きいほどフラットの後方で衝突し、ある速度以上では軸箱降下量が小さくなることで、発生する振動加速度が減少することがわかった(図8)。

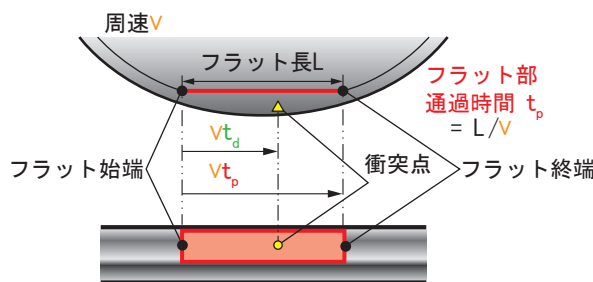


図7 通過時間と衝突点の関係

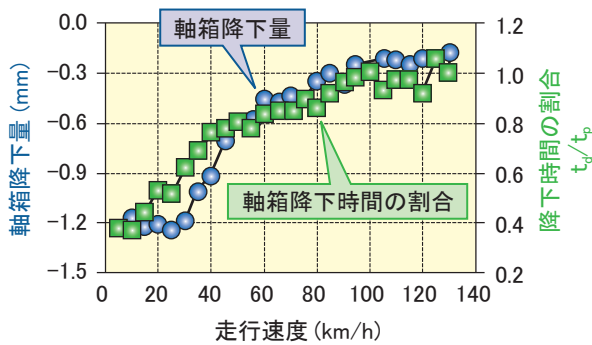


図8 軸箱降下量と衝突位置の推定  
(フラット長 60mm の場合)

以上をまとめると、車輪フラット傷により発生する軸箱上下振動加速度の最大値に対する車輪径の影響は小さく、フラット長さに応じて増加することを確認した。また、フラット近傍における車輪踏面と軌条輪の衝突位置が、走行速度により周方向に変化することを軸箱の振動加速度および軸箱降下量から明らかにし、輪軸上下振動加速度が極大値を取る速度があることを確認した。

今後これらの知見を活用して実際の損傷形状に対する確認及び車輪踏面損傷が台車に及ぼす影響の解明を行っていく。

## 2.2 車輪踏面形状三次元測定装置の開発

前節における取り組みにおいて、車輪踏面の損傷状況を正確に把握することが必要であるが、既存のコロ回転接触式形状測定装置は剥離傷などの小さな凹凸を測定できないため、損傷のある車輪では形状測定が困難であった。そこで、高精度な二次元レーザー変位計を用いた車輪踏面形状三次元測定装置を開発した(図9)。

本装置では、ジャッキ等で軸箱を支持して輪軸を回転させ、車輪回転角を車輪踏面に接したローラーエンコーダーで計測しながら、車輪全周に渡って踏面形状を測定できる(図10)。また、測定治具の変更により、局所的な踏面損傷形状を在姿で輪軸を回転させずに測定することも可能である(図11)。

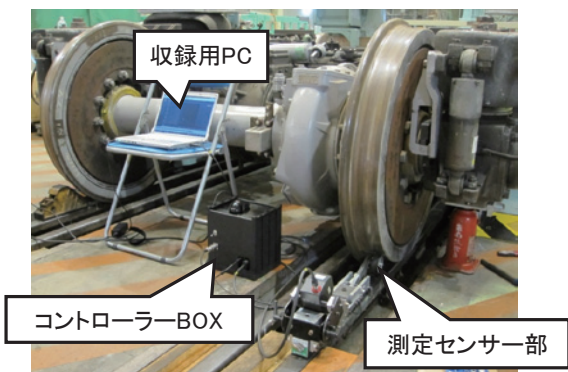


図9 車輪踏面形状三次元測定装置

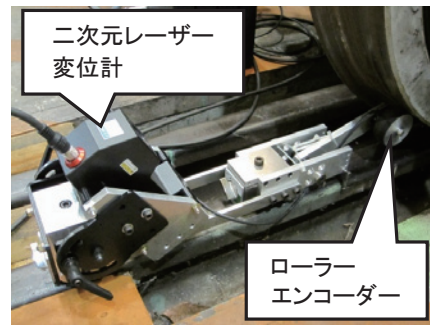


図10 測定センサー部(全周測定用)

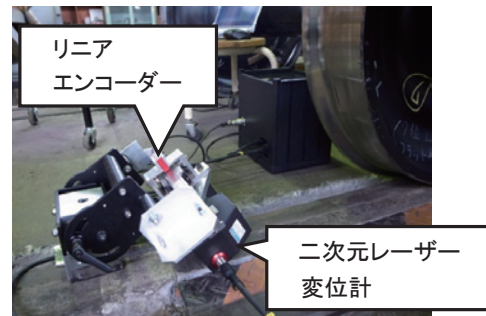


図11 測定センサー部(局所的測定用)

踏面形状を測定間隔 0.3mm、径方向 ± 0.1mm の精度で測定し、3D カラー表示することによりフラットや損傷の有無が視覚的に分かりやすく表示でき、調べたい位置の車輪踏面形状や振れ量(真円度)を確認できる。また、踏面損傷部の詳細表示・寸法測定が可能である。さらに3D プリンターで踏面損傷などを再現することで、損傷具合を確認できる(図12)。

本装置により踏面損傷形状の詳細な把握が可能になり、踏面損傷が車両各部の振動に及ぼす影響の調査などに活用するとともに、鉄道事業者における日々の踏面管理への活用を提案していく。

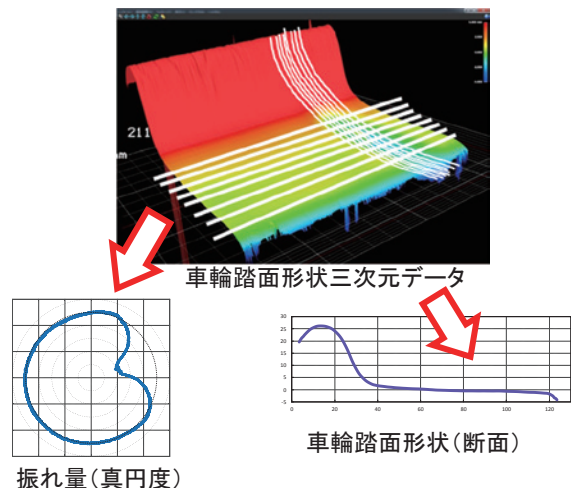


図12 車輪踏面形状三次元データの活用例

### 3. 空気ばねパンク時の走行安全性評価法

車両の空気ばねは、機器や配管の損傷によりパンク状態となる場合がある。また救援時は、垂直座屈を防止する観点からこれを意図的にパンク状態とする場合がある。こうした条件では車体上下支持剛性が大きくなり、軌道平面性に対する追従性能が悪化して輪重減少が拡大するため、曲線諸元に応じて走行安全性を評価する手法を考案した。

図13は、半径300mの出口側緩和曲線において、ある車両の車輪上昇量が2mm以下あるいは、脱線係数が目安値（修正円弧踏面，0.95）以下となるカントの量と通減倍率の組み合わせを解析で求めた例を示す。ここで上昇量2mm以下とは、車輪がフランジ直線部の1点でレールと接触しない、即ち乗り上がりを開始していない条件である。同図のように、空気ばねパンク状態では、脱線係数が目安値を超過しても、乗り上がりを開始しない領域があることがわかる。そこで、乗り上がり現象に対する安全性を直接判断するため、車輪上昇量を指標とすることを提案した。

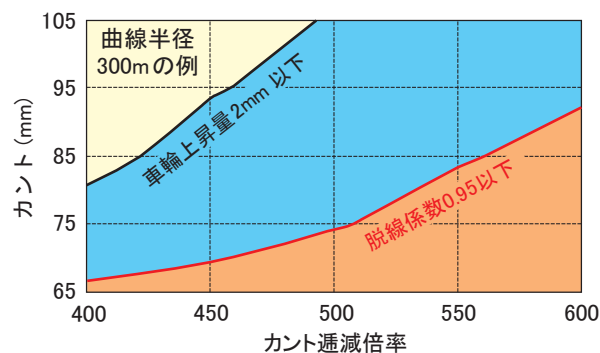


図13 車輪上昇量と脱線係数による走行安全性評価の差違

評価したい車両形式や種々の条件を変えて図13のような線図を予め準備すれば、空気ばねパンク状態の走行安全性を鉄道事業者が評価可能になる。図14はそうした評価のイメージで、該当条件の線図に救援あるいは回送の経路に介在する曲線の諸元をそれぞれプロットし、上昇量2mmを閾値として安全性の判定が可能となる。

上記手法で安全性が低いと判定される曲線については、出口側緩和曲線の内軌側レール頭頂部に摩擦緩和剤や水などを塗布または散布することで、車輪の上昇を抑制可能であることを鉄道総研の構内試験線で確認した。本手法を用いれば、空気ばねパンク状態で救援や回送を行う場合に、こうした対策を講じるべき要注意箇所を予め抽出可能となる。

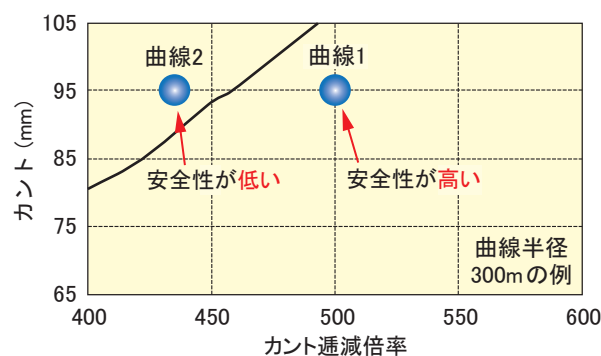


図14 走行安全性の評価例

### 4. おわりに

車両技術に関する研究開発への取り組みのうち、最近の成果から、代表的なものを紹介した。走行安全性、車内快適性の向上については、引き続き重点的に取り組んで行くとともに、鉄道固有現象の解明、非破壊検査精度の向上、メンテナンスの省力化などに関わる研究開発テーマを、関係研究部と連携して推進していく。