

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# 走行中の台車の振動を予測する

鉄道車両の台車に取り付けられている機器の落事故などを未然に防ぐためには、走行中の台車の振動の大きさを把握することが重要となります。しかしながら、営業線における走行試験では時間的な制約などから、対象とする全ての位置の振動を測定することは難しい場合があります。そこで、車両基地の構内で実施可能な試験の結果から、営業線走行中の台車の振動を予測する手法の開発に取り組んでいます。ここでは、車両を定置した状態での打撃試験と、車両を低速で短距離走行させる構内走行の結果から営業線走行中の台車の振動を予測した結果を示します。



**秋山 裕喜**  
Yuki Akiyama  
車両構造技術研究部  
車両振動研究室  
研究員  
[専門分野] 機械力学,  
振動工学, 車体弾性振  
動, 振動解析



**瀧上 唯夫**  
Tadao Takigami  
車両構造技術研究部  
車両振動研究室  
主任研究員(上級)  
[専門分野] 振動工学,  
制御工学, 車体弾性振  
動, 振動解析



**山本 克也**  
Katsuya Yamamoto  
車両構造技術研究部  
車両振動研究室  
室長  
[専門分野] 音響工学,  
振動工学

## はじめに

鉄道車両の台車にはさまざまな機器が取り付けられています。これらの機器は走行中には厳しい環境下に置かれています。機器の落失などの事故を未然に防ぐためには、走行中の振動の大きさを把握することが重要となります。設計時に考慮すべき走行中の台車の振動の大きさは、日本工業規格(JIS規格)の「鉄道車両用品-振動及び衝撃試験方法(E 4031)」に規定されていますが、個別の台車や機器の実際の振動状態を把握することは容易ではありません。現状では、営業線における走行試験によって、台車や機器の振動が測定されていますが、走行試験の実施には多くの労力が必要となり、時間的な制約などから対象とする全ての位置の振動を測定することは難しい場合があります。そのため、大規模な走行試験を行うことなく台車各部の振動を簡易に予測できる手法が求められています。

ここでは、車両基地の構内での試験によって営業線走行時の台車の振動を予測するための手法(以下、台車振動予測手法)について紹介します。

## 台車振動予測手法の概要

台車の振動の入力は、レールの微小な変位や凹凸によって車輪が変位させられる強制変位入力と、車両に搭載された機器が発する振動による入力と考えられます。ここでは、前者を対象とします。このとき、車輪に加えられた入力は車軸、軸受、軸箱、軸ばねや軸箱支持装置を介して台車へと伝わります。その特性をもとに考案した予測手法のイメージを図1に示します。この手法では、以下の4つのステップで台車の振動を予測します。

### 【ステップ①】

台車の振動の入力である営業線走行中の軸箱の加速度データを、過去の走行試験結果などから取得します。

### 【ステップ②】

車両基地構内などで車両を定置した状態での打撃試験、もしくは構内走行を実施して図2に示すように各軸箱から台車評価点までの伝達特性(H1~H4)を求めます。

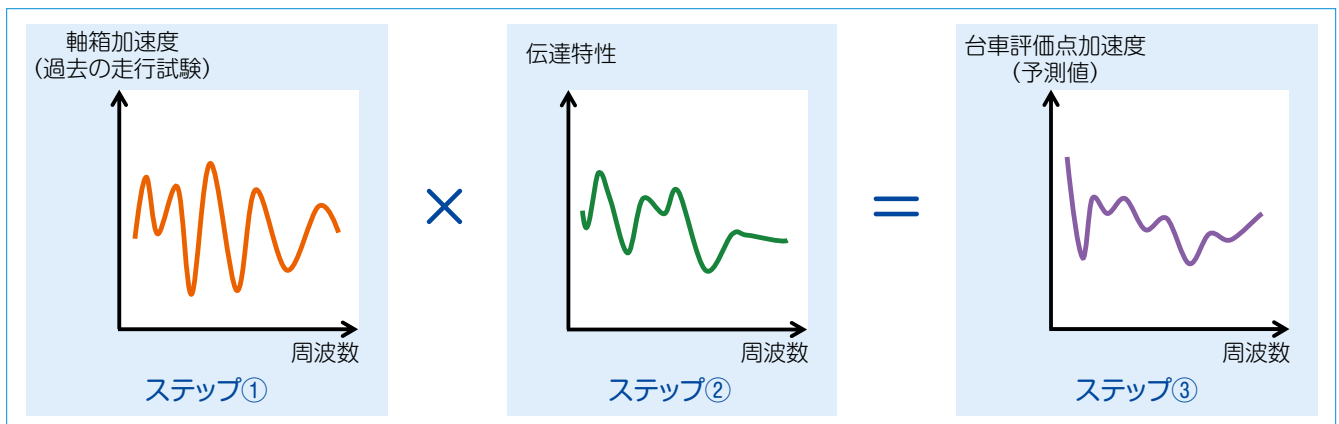


図1 台車振動予測手法のイメージ

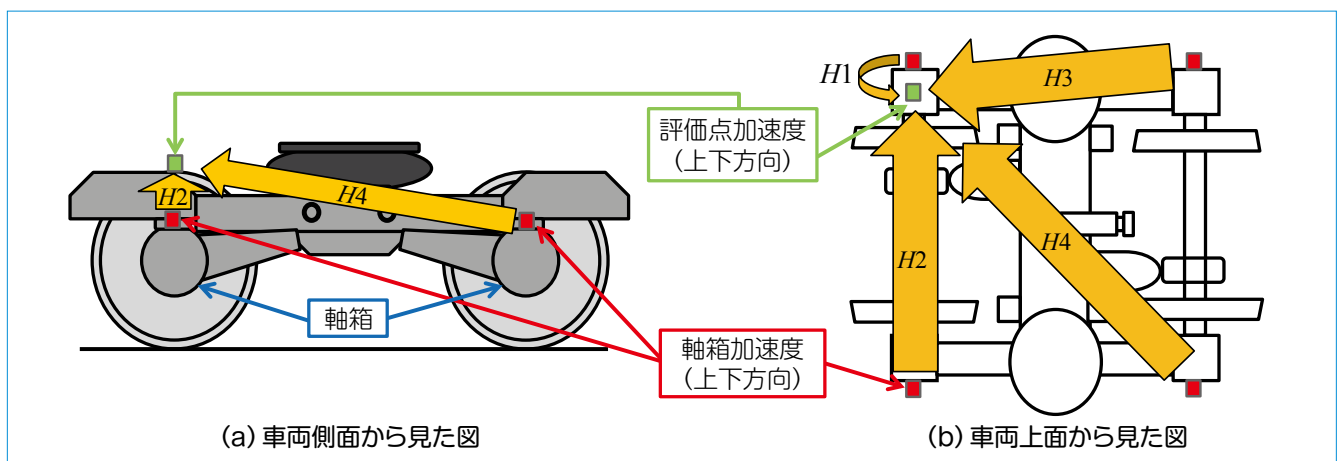


図2 各軸箱から評価点までの伝達特性

### 【ステップ③】

ステップ①の各軸箱の加速度データにステップ②で求めた伝達特性を掛けることで、各軸箱の入力に対する台車評価点の加速度を求めます。

### 【ステップ④】

各軸箱から入力に対する台車評価点の加速度の和をとることで、走行中の評価点の加速度を予測します。



図3 打撃試験の様子

ここで重要となるのは、軸箱から評価点までの伝達特性を精度よく求めるステップ②になります。以下では、車両を定置した状態でハンマーを用いて軸箱や車輪近傍を打撃する定置打撃試験によって伝達特性を求める方法と、車両基地構内における低速で短時間の

走行（以下、構内走行）を行い、その結果を用いて伝達特性を求める方法の2つを紹介します。

### 定置打撃試験からの予測

定置打撃試験は図3に示すように、車両を定置した状態で軸箱や車輪近傍

のレールをハンマーによって打撃する試験です。ハンマーによって加えられた力によって軸箱や台車枠が振動します。そのときの軸箱の加速度と台車評価点の加速度を計測することで、それぞれの間の伝達特性を求めることができます。

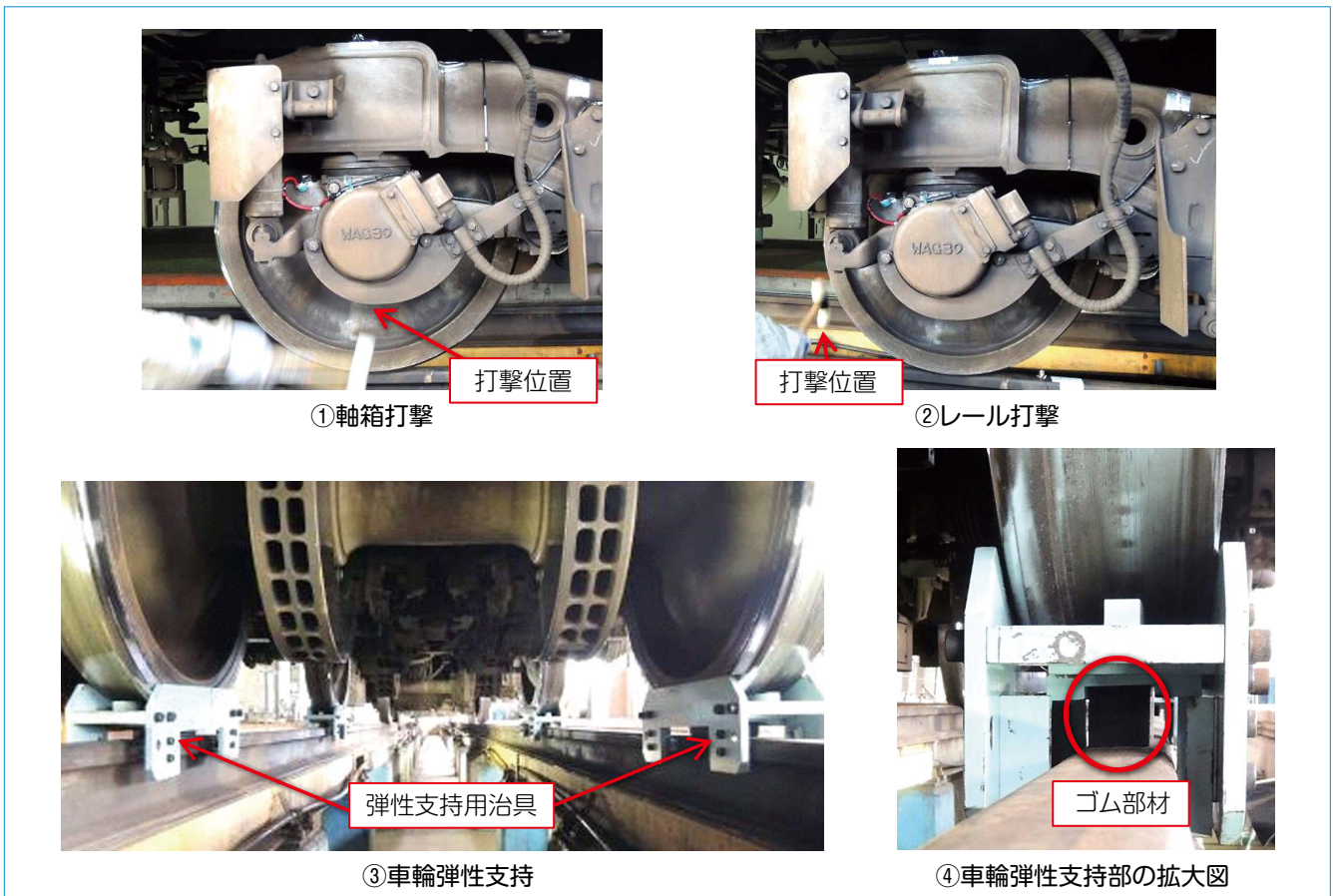


図4 打撃試験条件

走行中の伝達特性を精度よく求めることができる条件を調べるため、図4に示すように打撃位置を軸箱（以下、軸箱打撃）と車輪近傍のレール（以下、レール打撃）として試験を行いました。軸箱打撃は伝達特性を求めるときの入力となる軸箱加速度を直接的に入力する方法、レール打撃はレールから車輪、輪軸、軸受、軸箱と実際の走行中に近い経路で振動を入力する方法として実施しました。さらに、図3に示すように車輪をレール上に設置した「剛支持」と、図4の③と④に示すようにレールと車輪の間に専用の治具を用いてゴム

部材を取り付けて、車輪を振動しやすくした「弾性支持」の2つの車輪支持条件を設定しました。

定置での打撃試験結果から予測した評価点の振動の大きさを表す加速度のパワースペクトル密度 (PSD) (☞参照) と、実際に営業線を走行した試験の結果を図5～7に示します。図5より、車輪剛支持・軸箱打撃試験からの予測結果は、100Hz以下では走行試験の結果と差異が見られますが、100Hzを超えると近いレベルとなっていることがわかります。図6の車輪弾性支持・軸箱打撃試験からの予測結果は、前述の100Hz以下に加えて100～140Hzでも走行試験結果と差異があることがわかります。図7の車輪剛支持・レール打撃試験からの予測結果は100Hz以下と230～330Hzで走行試験結果と差異が見られます。以上の結果か

ら、ここで対象とした車両では、車輪剛支持状態で軸箱を打撃した試験から予測した結果が最も予測精度が高いことがわかりました。試験条件によらず、100Hz以下で見られた差異はハンマーによる加振力が不足しているためであると考えられます。

### 構内走行結果からの予測

ハンマーでの加振力不足を補い、さらに営業線走行中の台車振動の予測精度を向上するため、車両基地の構内において車両を低速で短距離走行させる構内走行の結果を用いて伝達特性を求める手法を検討しました。構内走行では、営業線と同様に軌道の微小な変位や凹凸から入力を受けることから、精度の向上が期待されます。また、人の力による打撃に比べて十分に大きな力が加えられるため、100Hz以下での

#### ☞ パワースペクトル密度 (PSD)

PSDは、加速度などのデータを周波数分析したもので、各周波数における単位周波数あたりのパワー（振幅の2乗に対応）を示したものです。

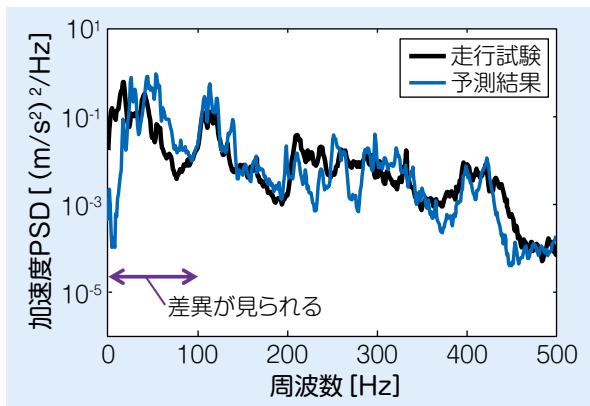


図5 車輪剛支持・軸箱打撃試験からの予測結果

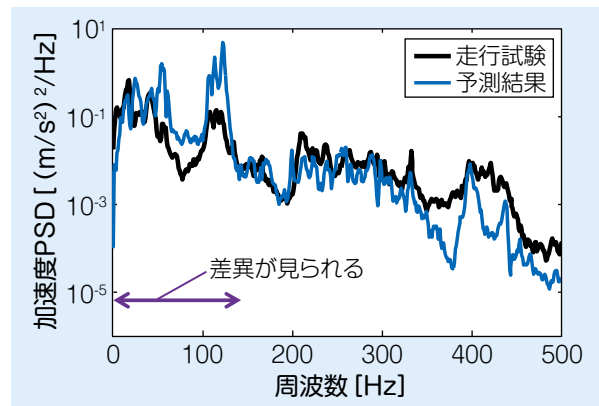


図6 車輪弾性支持・軸箱打撃試験からの予測結果

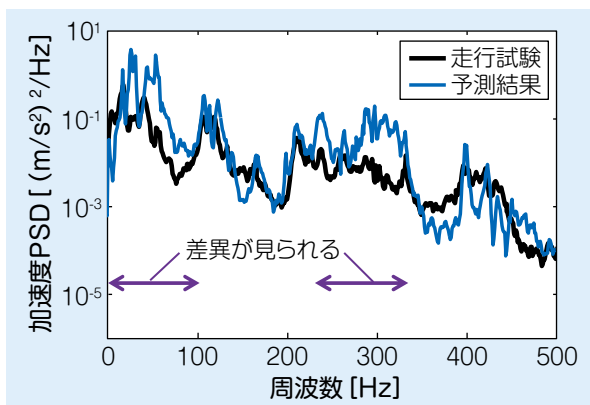


図7 車輪剛支持・レール打撃試験からの予測結果

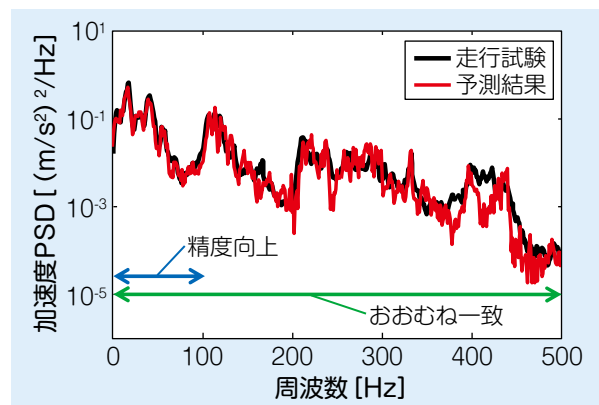


図8 構内走行からの予測結果

予測精度改善についても期待されます。

予測結果を図8に示します。この図から、図5～7に示した打撃試験からの予測結果に比べて100Hz以下の精度が向上していることがわかります。さらに、100Hz以上においても予測精度が向上しており、実測とおおむね一致する結果が得られました。

ましたが、さまざまな車種への適用を行い、その汎用性について調査をしています<sup>1)~3)</sup>。その結果、今回対象とした車両は、軸箱の上下方向の加速度のみを考慮することで十分な予測精度を確保できましたが、車種によっては前後と左右を加えた3方向の加速度を

わかってきました<sup>4)</sup>。

これからも対象車両の拡大とさらなる精度向上に取り組み、実用的な手法として確立することを目指して研究を続けていく予定です。最後に、今回の取り組みに対して多大なご協力をいただきました、関係各社の皆様に厚く御礼申し上げます。[RRR]

## おわりに

車両基地構内で実施できる試験の結果から営業線走行中の台車の振動を予測する手法について紹介しました。定置打撃試験と構内走行を比較すると定置打撃試験は比較的簡易に実施できるものの、構内走行の方が高精度に予測できたため、現在は構内走行からの予測手法の精度向上を目指した取り組みを進めています。その一環として、1つの車種を対象とした検討結果を示し

## 文献

- 1) 小金井玲子, 秋山裕喜, 石森章純, 山本克也: 打撃試験による鉄道車両の台車振動予測手法の検討, 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2016 USB論文集, No.16-15, 講演番号351, 2016
- 2) 山本克也, 後藤友伯, 秋山裕喜, 小金井玲子, 瀧英将: 打撃試験による鉄道車両の台車振動予測手法の営業線における精度検証, 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2016 USB論文集, No.16-15, 講演番号352, 2016
- 3) 秋山裕喜, 瀧上唯夫, 朝比奈峰之, 山本克也: 鉄道車両の台車振動予測手法の汎用性向上に向けた検討, 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2017 USB論文集, No.17-13, 講演番号447, 2017
- 4) 瀧上唯夫, 秋山裕喜, 朝比奈峰之, 山本克也: 構内走行試験による鉄道車両の台車振動予測手法の検討, 日本機械学会Dynamics and Design Conference 2017 USB論文集, No.17-13, 講演番号448, 2017