

### レール波状摩耗量に関する要因分析

東京地下鉄株式会社	正会員	○新才	浩之
東京地下鉄株式会社		寄田	亨
東京地下鉄株式会社		森田	義人
東京地下鉄株式会社		河野	陽介
産業能率大学総合研究所		福中	公輔

#### 1. はじめに

東京地下鉄株式会社では、全9路線 195.1 キロの営業線を維持管理しており、全延長の軌道に対して状態及び部材の検査を実施し、異常箇所については補修や改良することで適切な軌道状態を維持している。特にレールを対象とする検査では、摩耗、電食、腐食、シェリング、きしみ割れ、溶接部の凹凸など様々な検査項目を設けて異常状態を早期に発見するよう努めている。しかしながら、地下鉄では曲線区間が多いことから波状摩耗が発生しやすく、乗り心地、沿道からのご意見、甚だしい場合にはレールや台車にも悪影響を及ぼし、レール管理上の重要課題の一つである。以上を踏まえて本研究では、レールの波状摩耗を取り上げ、波状摩耗量と軌道諸元の因果関係を明らかにすることで、効果的な波状摩耗の管理の一助とすることを目的として、分析を行った。

#### 2. 分析方法

本研究では、東京地下鉄株式会社が保有している路線の中で、約 31km と最も路線延長が長く、様々な道床構造で構成されている東西線を対象路線として選択した。また、波状摩耗量の測定データの平成 21 年春～平成 23 年秋までの年 2 回、全 6 回の測定結果の平均値を目的変数とした（以下、平均波状摩耗量とする）。さらに、波状摩耗が発生しやすいとされている曲線区間かつ内軌側のレールを対象とした。本研究では、波状摩耗の発生量をモデル化し影響要因を明らかにすることが目的であるので、摩耗が発生していないデータについてはデータセットから全て取り除いた。以上のデータハンドリングより図-1 のヒストグラムに示す右カーブ 3176 データと左カーブ 3008 データの平均波状摩耗量を目的変数とし、統計分析ソフトウェア R を活用して分析を行った。

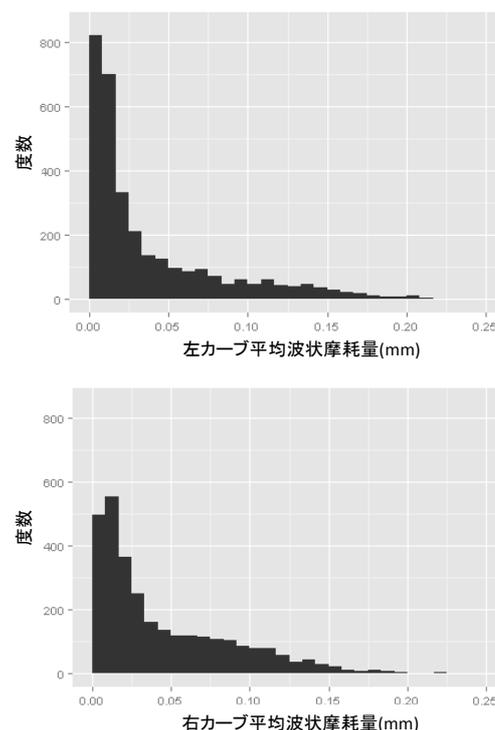


図-1 平均波状摩耗量のヒストグラム

#### 3. 分析結果

目的変数である平均波状摩耗量は図-1 のヒストグラム及び表-1 の経験分布・理論分布の平均及び分散が良く近似していることからガンマ分布に従うことが仮定できるため、一般化線形モデルのうち、ガンマ回帰モデルを適用することとした。

説明変数は、曲線半径、縦曲線勾配、駆動種別、運転速度、カント量、カント不足量、道床種別、防振区間の有無などの中から曲線半径と道床種別を選択した。

表-1 経験分布・理論分布の平均と分散

	左カーブ		右カーブ	
	平均	分散	平均	分散
経験分布	0.039	0.0020	0.044	0.0018
理論分布 (ガンマ分布)	0.025	0.0005	0.040	0.0008

キーワード 波状摩耗, ガンマ分布, 曲線半径, 道床種別

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野三丁目 19-6 東京地下鉄株式会社 TEL 03-3837-7092

曲線半径は図-2 に示す通り、右カーブの方が左カーブより曲線半径が小さい急曲線が多いことが見てとれる。また、左カーブの方が標準偏差は大きく、ばらついたデータであった。

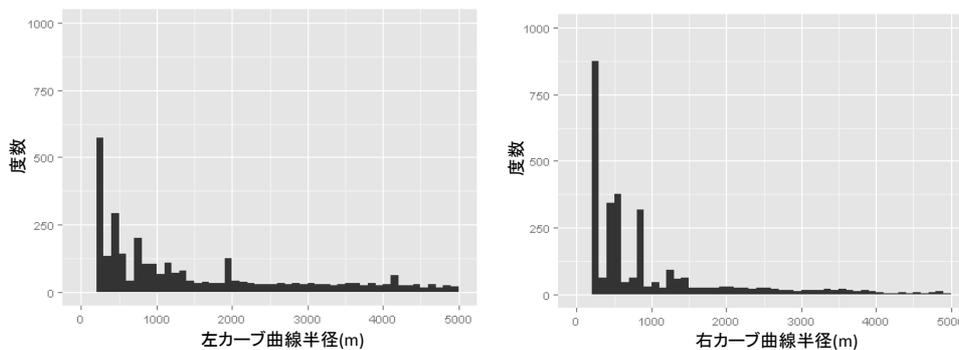


図-2 曲線半径のヒストグラム

道床種別はコンクリート（無防振）、コンクリート（防振）、バラスト及び無道床のうち、バラスト及び無道床が極端に少ないため、データセットからは取り除いた。

表-2 ガンマ回帰の推定値

左カーブ	推定値	標準誤差	t値	確率	右カーブ	推定値	標準誤差	t値	確率
切片	7.768	0.389	19.950	<2e-16	切片	6.618	0.438	15.110	<2e-16
曲線半径	0.018	0.001	29.800	<2e-16	曲線半径	0.025	0.001	30.720	<2e-16
防振区間	41.350	2.086	19.820	<2e-16	防振区間	8.929	0.765	11.670	<2e-16

以上から目的変数を左カーブ、右カーブの平均波状摩耗量とし、説明変数を曲線半径及び道床種別として分析した結果を表-2、図-3 に示す。

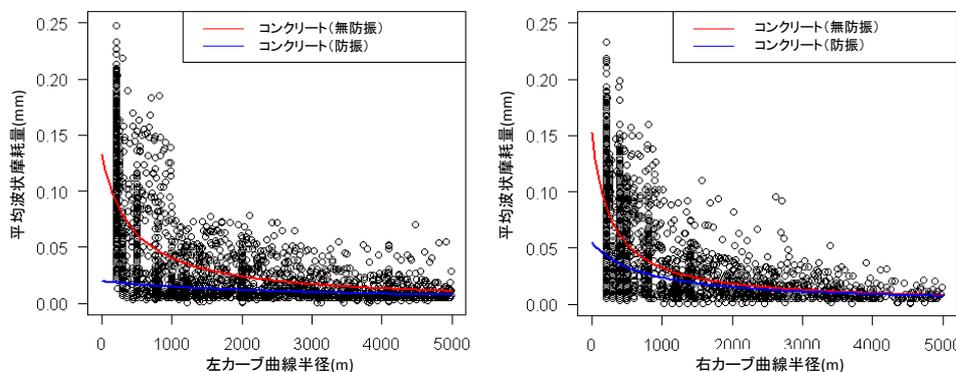


図-3 平均波状摩耗量と説明変数の関係

表-2 のガンマ回帰モデルを適用した結果の係数

からは全ての係数が有意であることが分かる。図-3 に示す通り、左カーブにおいては、曲線半径が小さいほど、防振による波状摩耗抑制効果が大きく、曲線半径が3000m以下では特に顕著に見られる一方で、3000m以上では防振による効果は見られない。右カーブにおいては、曲線半径が1000m以下では曲線半径が小さいほど防振による効果が見られるが、左カーブほど顕著に見られず、防振による効果が小さいことが見てとれる。右カーブと左カーブの防振による波状摩耗抑制効果の差がみられた要因としては、図-2 に示す通り、右カーブには曲線半径の小さい急曲線区間が多く、そのような区間では本来の防振効果が機能していないことが考えられる。

4. おわりに

本研究では、波状摩耗量と軌道諸元の因果関係を明らかにすることで、レールに発生する波状摩耗量の効果的な管理の一助とすることを目的とし、分析を行った。本研究で対象とした東西線では、コンクリート道床においては、曲線半径が小さくなればなるほど、防振軌道が無防振軌道より波状摩耗を抑制できていることが分かった。また、急曲線が少ない左カーブと多い右カーブとの比較から、急曲線が少ない区間において、波状摩耗抑制効果が顕著に見られることが知見として得られた。

ただし、本研究では東西線一路線を対象としたため、今後他路線も分析し、全路線を俯瞰した波状摩耗の管理に効果的な施策を検討する必要がある。

参考文献

1) 泊弘貞, 石塚由春, 鈴木勇, 佐藤吉彦: 地下鉄の曲線部における波状摩耗の対策に関する一考察, 土木学会第60回年次学術講演会, 平成17年9月.