

東京メトロにおける車輪・レールの総合情報管理システムの構築

○友松 白英 荻野 智久 中里 祐一 松田 卓也 福島 智樹 谷本 益久

渡邊 真一 徳永 浩二 (東京地下鉄)

Constructing system of managing information of wheel-rail interface in Tokyo Metro

○Akihide Tomomatsu, Tomohisa Ogino, Yuichi Nakasato, Takuya Matsuda, Tomoki Fukushima,
Masuhisa Tanimoto, Shinichi Watanabe, Koji Tokunaga (Tokyo Metro Co.,Ltd.)

When it's excessive by lubricated condition of a rail, when it's insufficient, flange wear generates ATO kasounado. Tokyo Metro develops and introduces a state monitor, a PQ monitoring cart, car adding oil equipment and frictional adjustment material jet equipment, etc. for the purpose of grasp of lubricated condition of a wheel and a rail, agreement cooperates and a vehicle section and an orbit section are doing general information management of a wheel and a rail. Tread shape consideration is put into effect and safety and stable transportation are achieved to make the lubricated condition something most suitable from these information.

キーワード：車輪/レール接触, フランジ摩耗, レール側摩耗,

Key Words：Wheel/rail contact, flange wear, rail side wear

1. 背景

東京メトロにおいては、保有9路線の全路線において、主に幹線道路の下を走行していることから急曲線が多く存在している。急曲線を走行する際、車両フランジとレール側部が機械的接触して車両が旋回するが、外軌潤滑状態によって摩耗状態が左右され、さらには、ナダルノ式により限界脱線係数を変化するため、脱線に対する余裕度を支配する。また、銀座線ではTASC運転、丸ノ内線・日比谷線・有楽町副都心線・南北線においてはATO運転を実施しており、内軌潤滑状態によってATO停止精度が左右され、さらには走行キシリ音の発生に寄与する。上記の内外軌における潤滑状態を監視し、適切な状態にするために、当社ではH/W、S/Wの両面から様々なアプローチを実施しており、その全貌を報告する。

2. 東京地下鉄保有システム

2.1 状態監視装置

(1) 装置概略

状態監視装置とは、地上に歪ゲージを貼付し、その貼付場所を通過した車両の輪重と横圧をデータ化・可視化する装置である。本装置は急曲線の内外軌に設置されており、データサーバへ自動的にデータが蓄積される。当社では相

互直通運転先を多く有しているため、自社車両に限定しない本方式は波及性が高く、踏面形状が異なる車両の内外軌Q/P推移を正確に監視することが可能である。



図 1. 状態監視装置システム構成

(2) 取得データ解析手法

状態監視装置から得られたデータを当社独自で作成したS/Wを用いて自動解析を行っている。その際、1日に通過した全車両データから上位10%、中位80%、下位10%に振り分け、潤滑状態の統計指標にしている。特に内軌Q/Pの場合、上位10%の推移がレール踏面における潤滑状態の推移となるため、ATO過走発生の予兆を捉

えることが可能となる。図 2 は銀座線における 2020.4～2020.6 のデータであるが、夏場に気温が上昇し内軌 Q/P が上昇していることが見て取れる。状態監視装置のデータを用いた地上塗油器調整により、最低限の発生頻度に抑えることが可能となった。

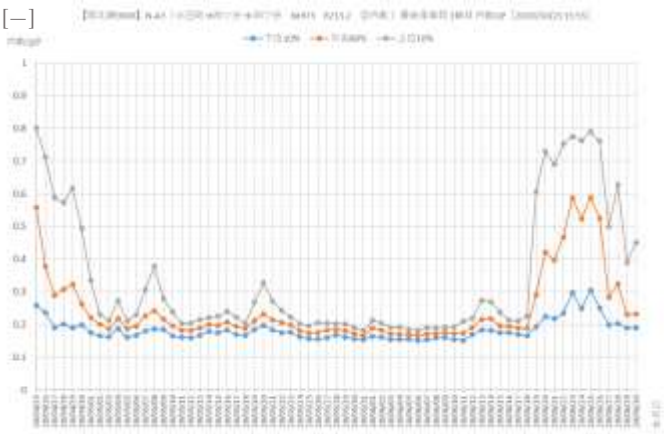


図 2. 状態監視装置による内軌 Q/P 推移グラフ

2.2 PQ モニタリング台車

(1) 装置概略

先述の状態監視装置においては、地上装置からの定点測定であり、任意の区間における内外軌 Q/P を求めることは不可能である。そのため、車上から全区間の内外軌 Q/P 推移を測定可能である PQ モニタリング台車を導入し、互いの弱点を補完し合っている。



写真 1. PQ モニタリング台車。

(2) 測定原理

PQ モニタリング台車は①輪重 ②横圧 ③接線力 ④軸箱振動の 4 パラメータを測定可能である。各センサのセンシング方式は以下の通りである。

- ① 輪重 : 磁歪変位計に軸ばねのたわみ量を測定
- ② 横圧 : 過電流式変位計による車輪板部の変形量を測定
- ③ 接線力 : 歪ゲージによりモノリンクにかかる荷重を測定し、接線力を演算
- ④ 軸箱振動 : 軸箱に設置された振動加速度計により軸箱振動を測定

上記パラメータより、内外軌 Q/P 等を測定し、データ化・可視化を実現している。図 3 は千代田線 16000 系

車両にて①～③を示したグラフ(千代田線 R202 曲線)であり、図 2 とは異なり、横軸をキロ程に各種データの可視化が実現している。

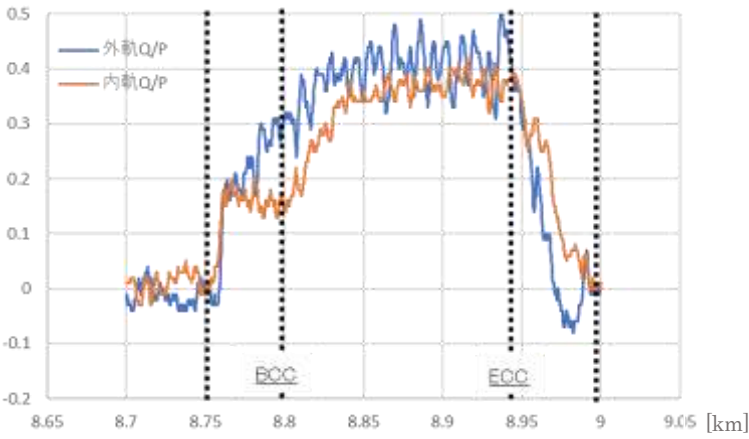


図 3. PQ モニタリング台車による内外軌 Q/P 出力

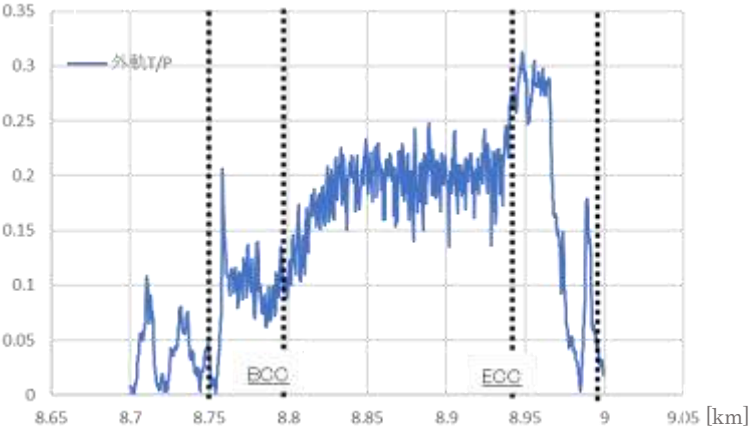


図 4. PQ モニタリング台車による T/P 出力

(3) 活用例

図 5 に PQ モニタリング台車を用いた外軌 Q/P 測定結果を示す。本データから各曲線の脱線係数の最大値における長期的なトレンドを把握することが可能となった。そしてこれらの結果から、特に脱線係数が増加傾向にある曲線が認められた場合には、塗油等の軌道の状態を調査し、軌道のメンテナンス等に活用している。

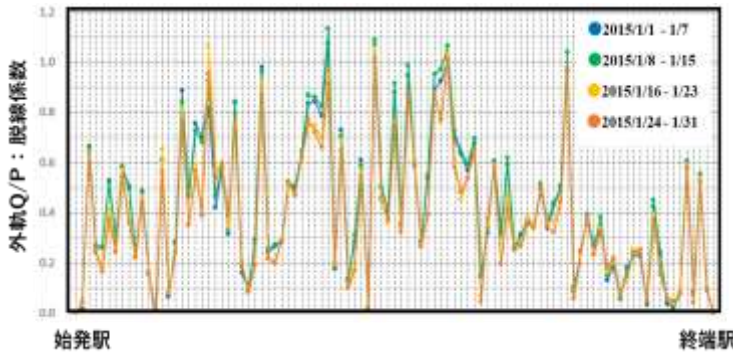


図 5. キロ程に対する外軌 Q/P トレンドグラフ

3. 部門横断的な取り組み

従来車両部門と軌道部門においては、それぞれが独自に塗油状態を管理していることによって、各部独自の最善策を講じていたが、潤滑過多による ATO 過走等や潤滑不足によるフランジ摩耗等を防止することができていなかった。しかし昨今では先述の各種装置を利用し、部門横断的に情報交換を実施し、適切な潤滑状態を保持している。特に夏場から冬場といった季節の変わり目においては、グリスの形状が外気温で大きく変化することから、内外軌 Q/P の変化が大きく、車両部門が各種装置で取得したデータを軌道部門へ情報共有し、軌道部門はそのデータから適切な塗油器調整を迅速に実施している。しかしながら、当社は 9 路線、総営業キロ 195.0km と管理区域が膨大であることから、本社部門間のみならず 8 検車区・7 工務区ある各現業部門間において、潤滑状態管理における円滑な監視/調整スキームが確立している。これにより、気温変化等の外乱に対して迅速に対応可能であり、さらなる安定輸送に寄与している。

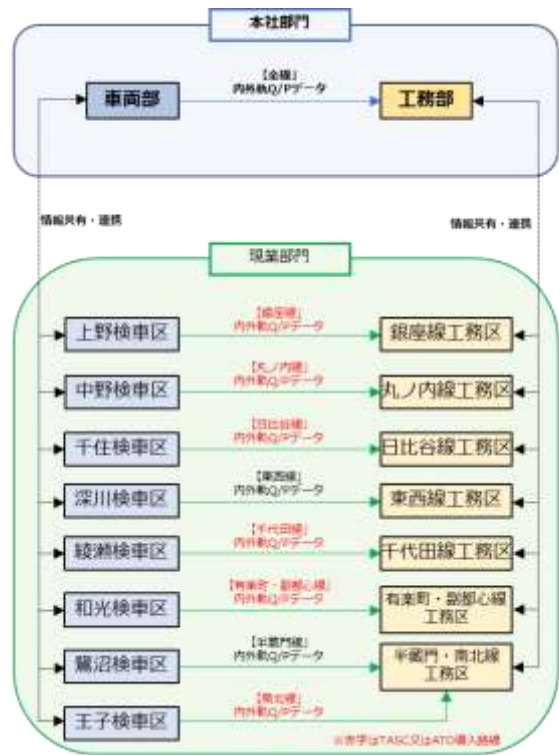


図 6. 車両ー軌道部門間組織図

4. 車輪踏面形状変更への応用

これまでの当社保有システムから得られたビッグデータをもとに、単なる潤滑管理だけではなく、車輪踏面形状変更を実施し、さらなる安全性・安定性・経済性の向上を実現している。表 1 は当社各路線における踏面形状を表すが、得られたビッグデータを解析し、摩耗等のメカニズムが解明できたことから、変更時期が最近の踏面形状変更が多い。また、先にも述べたように当社は相互直通運転を実施して

いる路線が多数あり、同一路線内でも車輪踏面形状が異なる車両が存在している。その影響により、最適な潤滑状態を維持することが非常に難しい。昨今では当社保有システムから得られたビッグデータをもとに、相直車における車輪踏面形状の共通化の動きが加速されつつある。

表 1. 当社各線における車輪踏面一覧表

路線	旧踏面形状		変更時期	相直車踏面形状
	旧	新		
銀座線	銀丸 円弧踏面	新銀丸 円弧踏面	22 年 3 月頃 (予定)	—
丸ノ内線	銀丸円弧 踏面 R170	新銀丸 円弧踏面	20 年 6 月頃 (02 系のみ)	—
日比谷線	東急 円錐踏面	←	—	東急円錐
東西線	東西 円弧踏面	←	—	修正円弧
千代田線	東急 円錐踏面	南北 円弧踏面	19 年 6 月頃	南北円弧
有副線	東急 円錐踏面	←	—	東急円錐
半蔵門線	半蔵門 円弧踏面	←	—	東急円錐
南北線	南北 円弧踏面	←	—	東急円錐

5. まとめ

東京メトロでは安全性・安定性・経済性を高次元で確保することを目的に最適な潤滑状態を保つべく、状態監視装置、PQ モニタリング台車、摩擦調整材噴射装置、車上塗油装置を導入している。加えて本社・現業を問わず、車両部門と軌道部門が横断的に一致協力し、刻々と変化する潤滑状態を監視する体制が確立している。さらには、これまで蓄積したビックデータをもとに車輪踏面形状変更を実施し、あくなき安全性・安定性・経済性を追求している。今後はビックデータをさらに利活用し、外乱因子を考慮した潤滑状態の予測や波状摩耗発生等の異常摩耗予測が可能となるようなシステムの構築に取り組んでいく。

参 考 文 献

- 1) 松本, 佐藤他:「PQ 輪軸を用いない車輪／レール接触力の測定方法 第 4 報」, J-Rail2009,PP639-642(2009)
- 2) 清水,中島他:「東京メトロ営業線車両の脱線係数常時モニタリング」, 鉄道車両と技術 No.167, PP15-23(2010)
- 3) 福島、荻野他:「状態監視装置データを用いた車輪／レールの摩擦状態管理手法について」, J-Rail2018,No.18-83