

軌道保守計画策定支援システム ～ROOPSYS-TM～ の開発と実装



松本 麻美
Mami Matsumoto
軌道技術研究部
軌道管理研究室
主任研究員



斎藤 大樹
Daiki Saito
軌道技術研究部
軌道管理研究室
研究員



小山 晶史
Akifumi Koyama
南海電気鉄道株式会社
施設保守指令区
技術主任



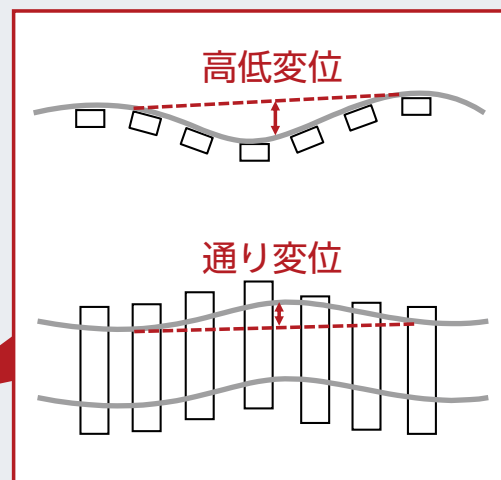
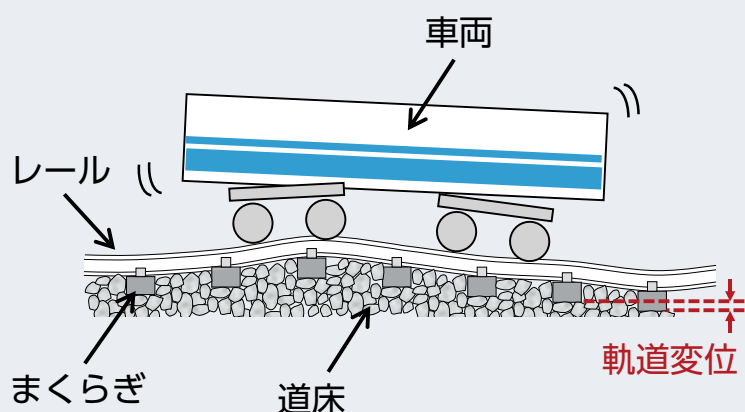
湯川 裕太
Yuta Yukawa
株式会社シーエス・
インスペクター
技術部
技術担当

はじめに

鉄道線路（軌道）の多くは、レールやまくらぎの下に道床を敷いたバラスト軌道であり、この軌道構造は全国の軌道延長の約8割を占めています¹⁾。バラスト軌道は、敷設が容易で経済性には優れているものの、列車通過時の荷重を繰り返し受けることで、軌道を構成する材料が劣化するだけでなく、**軌道変位**[※]（図1）も徐々に増加します。

その結果、乗り心地の悪化に加えて輸送障害や脱線事故が生じる可能性が高まるため、安全で正確な鉄道運行には、軌道の適切な保守が欠かせません。そのため、鉄道事業者は軌道検測車や営業列車により定期的に測定した軌道変位データに基づいて軌道状態を判定したうえで、将来の劣化を予測して保守計画を策定し、軌道を保守していきます。この保守

図1 軌道の構成と軌道変位



※ 軌道変位

軌道の正規の位置からのズレを軌道変位といいます。軌道変位が大きくなると、列車の円滑な走行が阻害され、乗り心地の悪化や安全性の低下につながります。軌道変位のうち上下方向のズレを高低変位、左右方向のズレを通り変位といいます。

は、主に終電から始発までの限られた時間内に専用車両などを使って行うため、作業を効率的に行えるよう綿密な年間計画の策定が必要です。本稿では、こうした軌道の保守計画の策定を支援する「軌道保守計画策定支援システム～ROOPSYS-TM～」²⁾(図2)を紹介します。

軌道保守の効率化の必要性

人口減少によって運輸収入と労働力の減少が見込まれることから、経営改善と安全性向上の両立は鉄道事業者にとって最大の課題のひとつになっています。特に、軌道の保守に要する費用は鉄道事業の営業経費の20～30%を占めるとされており³⁾、より少ない保守量によって品質の高い軌道を維持する効率的な保守が求められます。これまでは、担当エリアの軌道の状態や作業条件を熟知した現場の担当者がその保守計画策定を行っていましたが、こうした熟練技術者の確保が難しくなる将来においても、従来

と同等、またはそれ以上に効率的な保守計画を策定できるようにする必要があります。

軌道保守計画策定支援システム ～ROOPSYS-TM～の開発

今後の軌道保守計画の策定においては、安全性を確保しながら、より効率的な保守を目指す必要があります。軌道保守計画は、軌道変位データや軌道保守実績から、軌道の状態を診断・予測するサイクルを回しながら策定されます。このサイクルを支援するシステムとして、鉄道総研では軌道状態の診断と、その診断に基づいた軌道の保守計画およびさまざまな保守用車の運用計画の策定を支援する各種システムを開発しており、それらを総称したものを「軌道保守計画策定支援システム～ROOPSYS-TM～」と呼んでいます。このうち主要な3つのシステムの概要を以下に示します。

図2 軌道保守計画策定支援システム～ROOPSYS-TM～

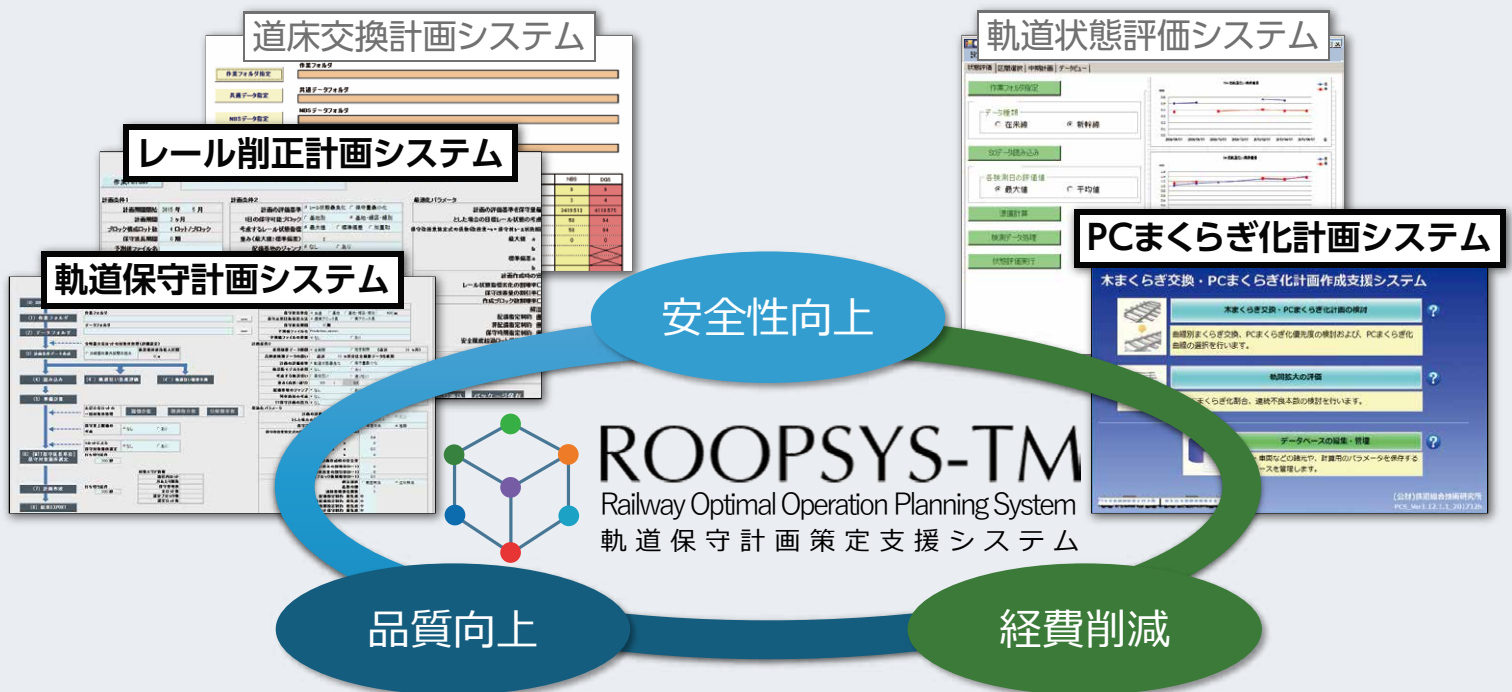




図4 マルチプラタインパー (MTT)

約として考慮できるようになっています。

また、MTTとレール削正車を同時期に施工する組み合わせ保守を適切に行うことによって、高低変位の進みが抑制されて保守周期が延伸できることがわかっています⁴⁾。本システムでは、

レール凹凸とレール削正車

レールの表面にできる、波高1mm、波長数cmから数十cmの小さな凹凸のことをレール凹凸といいます。レール凹凸は、列車が走行する際の振動や騒音に影響するだけでなく、レールの耐用年数を下げ、道床劣化の促進にもつながります。レール削正車は、レールの表面を高速回転する砥石などで削ることで、微細なレール凹凸を除去してレール表面を滑らかにします。

組み合わせ保守効果が得られる箇所を選定して、組み合わせ保守効果が得られるMTTとレール削正車の運用計画を策定することも可能です。

PCまくらぎ化計画システム

木製のまくらぎから、より耐久性に優れたコンクリート製のまくらぎ(PCまくらぎ)への取り換えが進んでいます。PCまくらぎ化計画システム(図5)は、軌道条件および車両・運転条件を考慮して、PCまくらぎ化を実施する区間の優先度を評価し、施工計画の策定を支援します。予算と施工延長を制約として、安全性向上が最も効果的に行えるようにPCまくらぎ化を実施する区間を選択することも可能です。

優先度評価結果

曲線別まくらぎ交換優先度・PCまくらぎ化優先度の検討

優先度検討結果 (概要)

★ランク判定 A: ×評価有り B: 上位25%以内 C: 25-50% D: 50-75% E: 75%-100%
 ☆下欄で示された値や記号は、「対象車種」として示された車種以外の車種による計算結果です。

曲線条件数: 17 劣化検討対象: 17

曲線番号	線区・線別 キロ数(延長)	曲線 状況	軌道構造	ラン ク判定	総合点	対象車種	検査結果											
							軌道変位の 測定に関する検査		軌道変位の 測定に関する検査		大くぎの押出し に関する検査		大くぎの押出し に関する検査		応答値/限界値		部分PC化 割合最低値	
							評価	順位	評価	順位	評価	順位	評価	順位	最大値	平均値	全→1/10本	全→1/10本
1	総研線-庫 0.59-0.95(380)	300L C45-S15	40kg/m-6型-37-4-4200-土 通-軌0-70	A	16.50	EF210	○	18	○	18	○	15	×	15	1.193 以上	0.716		
2	総研線-庫 1.32-1.41(90)	500L C40-S5	40kg/m-6型-37-3-3200-土 通-軌0-70	B	10.50	EF210	○	10	○	10	○	13	○	9	0.551 推定	0.407		
3	総研線-庫 2.69-5.55(2880)	400L C30-S5	40kg/m-6型-37-4-4200-土 通-軌0-70	B	11.25	EF210	○	14	○	11	○	9	○	11	0.818 推上	0.498		
4	総研線-庫 3.5-3.65(150)	300R C30-S0	40kg/m-6型-37-2-2200-土 通-軌0-70	B	4.00	EF210	○	4	○	4	○	4	○	4	0.470 推上	0.227		
5	総研線-庫 4.62-4.91(290)	400R C55-S10	40kg/m-6型-37-4-4200-土 通-軌0-70	B	12.25	EF210	○	11	○	12	○	12	○	14	0.821 推上	0.486		
6	総研線-庫 5.23-9.47(4240)	300R C55-S15	40kg/m-6型-37-4-4200-土 通-軌0-70	A	16.00	EF210	○	16	○	16	○	16	×	16	1.198 以上	0.711		
7	総研線-庫 5.59-5.84(250)	300R C55-S5	40kg/m-6型-37-3-3200-土 通-軌0-70	B	6.25	EF210	○	6	○	7								
8	総研線-庫 6.69-6.98(290)	500R C45-S5	40kg/m-6型-37-3-3200-土 通-軌0-70	B	10.50	EF210	○	9	○	9								
9	総研線-庫 7.25-7.45(200)	400R C50-S10	40kg/m-6型-37-4-4200-土 通-軌0-70	B	12.25	EF210	○	12	○	12								
10	総研線-庫 8.44-8.56(120)	1600R C100-S0	40kg/m-6型-37-2-2200-土 通-軌0-70	B	1.75	EF210	○	2	○	2								

PCまくらぎ化区間の選択結果

PCまくらぎ化区間の選択結果

PC(鉄)まくらぎ化準備の確認

工事費		材料費	
PCまくらぎ運搬	2000 円/本	PCまくらぎ	10000 円/本
発生まるぎ運搬	1500 円/本	レール締結装置	2000 円/組
PCまくらぎ交換	10000 円/本	軌道ノコギリ	300 円/組
レール交換	2000 円/本	レール	6000 円/組

検査対象 曲線数 17 延長(km) 5.570

検査条件 曲線種別 3号

締結装置種別 5型改

レール種別 40kg/m

総交換費用 1000.000 百万円

曲線	延長(km)	総費用	工事費	材料費
PC	12	1,950	¥81,110,000	¥38,980,000
鉄	0	0.000	¥0	¥0
計	12	1,950	¥81,110,000	¥38,980,000

改善費用(万円)

曲線番号	線区・線別 キロ数(延長)	曲線 状況	軌道構造	ラン ク判定	延長 及 び S	劣化 の 指標	部分PC化 割合最低値	PC化割合	PCまくらぎ 化区間 の 長さ	レール 締結装置 種別	レール 交換	PC 化 区 間	改善費用(万円)
1	総研線-庫 0.59-0.95(380)	300L C45-S15	40kg/m-6型-37-4-4200-土 通-軌0-70	A	16.50	0.716	全交換	全交換	3号	5型改	なし	●	1,487
2	総研線-庫 1.32-1.41(90)	500L C40-S5	40kg/m-6型-37-3-3200-土 通-軌0-70	B	10.50	0.407	全交換	全交換	3号	5型改	なし	●	374
3	総研線-庫 2.69-5.55(2880)	400L C30-S5	40kg/m-6型-37-4-4200-土 通-軌0-70	B	11.25	0.498	全交換	全交換	3号	5型改	なし	●	11,894
4	総研線-庫 3.5-3.65(150)	300R C30-S0	40kg/m-6型-37-2-2200-土 通-軌0-70	B	4.00	0.227	全交換	全交換	3号	5型改	なし	●	824
5	総研線-庫 4.62-4.91(290)	400R C55-S10	40kg/m-6型-37-4-4200-土 通-軌0-70	B	12.25	0.486	全交換	全交換	3号	5型改	なし	●	1,206

リンク別選択結果

リンク	全 数	選 択	選 択 延 長
A	4	4	0.82
B	13	8	1.13
C	0	0	0
D	0	0	0
E	0	0	0
全	17	12	1.95

曲線延長・
応答値/限界値のプロット

選択実行

図5 PCまくらぎ化計画システム

南海電鉄における

MTT運用計画作成業務への実装⁵⁾

南海電鉄では、より効率的な保守を行うためには適切な保守計画の策定が必要であることから、2014年度からROOPSYS-TMのうち、MTTの保守計画策定を支援する軌道保守計画システムを導入しています。

軌道保守計画システムの導入効果

システムを導入する前年度から5年間の高低変位とMTT保守延長の推移を分析した結果を図6に示します。この図からは、同程度の高低変位を維持しながらも、MTT保守延長は導入前の年に比べて約30%削減されていることがわかります。本システムの導入によって、MTTで保守すべき箇所を絞った効率的な保守ができていますと考えられます。

軌道保守計画システムの精度向上

より効率的なMTTの保守計画の策定にあ

たっては、軌道変位データに基づく将来の推移や保守した場合の保守改善量の予測精度を高めることが重要です。保守改善量とは、MTT保守前後の高低変位の差のことをいいます。この保守改善量は、保守前の高低変位と相関があることが分かっており、式(1)から予測することができます。(α, β: 保守改善量係数)。

(保守改善量)

$$= \alpha \times (\text{保守前の高低変位}) + \beta \dots (1)$$

しかしながら、保守改善量は軌道の状態によって大きければつきがあるため、予測精度の向上が大きな課題となっていました。そこで南海電鉄では、2019年度の計画から、保守前の高低変位と保守頻度により保守箇所を分類し、箇所ごとに保守改善量係数を設定できるようにして予測精度を高めています。さらに2022年度計画では、列車の左右方向に対する動揺を低減することを目的に、MTTによる通り変位の保守効果

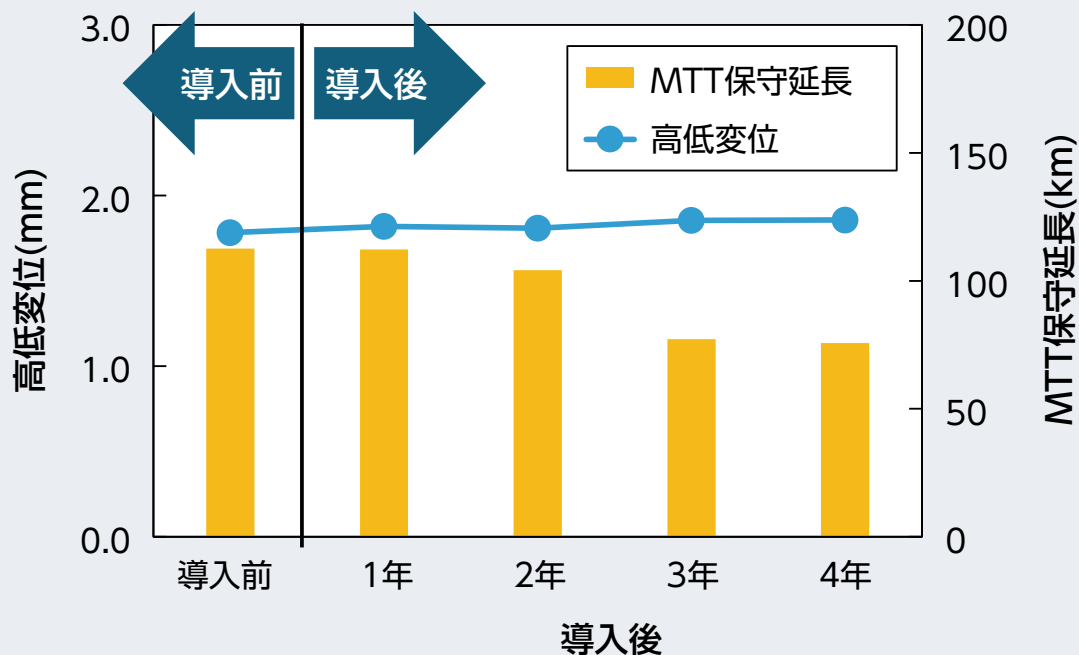


図6 軌道保守計画システム導入前後の比較

が高いと考えられる曲線を優先的に選定する方法を検討しました。各曲線におけるMTTの保守実績と通り変位の履歴データから、保守改善量が大きいと選択された曲線を優先的に保守計画に含むような制約条件を追加し、現場に応じてより効率的なMTTの保守計画策定ができるよう、本システムを有効活用しています。

おわりに

軌道の保守計画策定を支援する「軌道保守計画策定支援システム～ROOPSY-S-TM～」の概要、およびその機能のひとつであるMTTの保守計画策定を支援する軌道保守計画システムの導入効果を紹介しました。近年、軌道検測のデータはより高頻度に取得できるようになっています。こうしたデータを活用することで、将来の軌道状態の予測精度も向上し、より効率的な保守計画の策定が可能になると考えています。

これまで、現場の熟練技術者の経験に頼ってきた部分が多い軌道の保守には、保守全体の観点から見直すべき作業が数多くあります。今後も、安全性をきちんと確保したうえでの効率的な保守を目指し、軌道の保守計画策定を支援する各種システムの開発、改良を進めていきます。

RRR

文献

- 1) 国土交通省：鉄道統計年報，<https://www.mlit.go.jp/>（入手日：2023年2月17日）
- 2) 鉄道総合技術研究所：軌道保守計画策定支援システム「ROOPSY-S-TM」，<https://www.rtri.or.jp/events/forum/2024/is5f1i0000002efx-att/forum2024-E02-2.pdf>（入手日：2025年2月17日）
- 3) 安藤勝敏：土路盤上省力化軌道の支持構造とその設計に関する研究，鉄道総研報告 特別号，17号，pp.6-9，1997
- 4) 松本麻美，三和雅史：異なる保守方法を組み合わせて軌道保守を効率化する，RRR，Vol.74，No.9，pp.24-27，2017
- 5) 小出泰弘，赤松崇智，坂口佳隆，西島悠太，三和雅史：MTT計画支援システム導入による効果と改善方法について，第74回土木学会年次学術講演会講演概要集，VI-916，2019