

軌道保守用車の運用を効率化する

鉄道線路（軌道）の保守には、保守内容に応じたさまざまな専用の大型機械（保守用車）が使用されますが、導入には多くの費用がかかるため、限られた台数を広範囲に運用しています。この保守用車の運用計画は、従来は計画作成業務に熟練した担当者の技能に基づいて作成していましたが、こうした担当者が減少する将来においても、効率的な計画を作成し続けられるように、これらの保守用車を対象とした運用計画システムを開発しましたので紹介します。



三和 雅史
Masashi Miwa
軌道技術研究部
軌道管理研究室
室長
【専門分野】 軌道保守計画、最適化モデル分析



松本 麻美
Mami Matsumoto
軌道技術研究部
軌道管理研究室
研究員
【専門分野】 軌道保守計画、軌道状態評価



矢坂 健太
Kenta Yasaka
元 軌道技術研究部
軌道管理研究室
研究員
【専門分野】 軌道管理



津田 晃宏
Akihiro Tsuda
西日本旅客鉄道株式会社
鉄道本部
施設部
新幹線保線課
【専門分野】 軌道管理

はじめに

まくらぎの下に碎石を敷いたバラスト軌道では、列車の繰り返し通過により軌道面の不整（軌道変位、軌道狂い）が成長するため、多くの鉄道事業者では、図1のようなマルチプル・タイ・タンパー（MTT）という大型機械により、不整を小さくする軌道変位保守を行っています。

また、列車の繰り返し通過は、レール凹凸（☞参照）も増加させるほか、レール表面に金属疲労層が形成されて傷が発生するため、図2のようなレール削正車により、レール表面を削る作

業（レール削正）が行われます。

さらに、まくらぎ下の碎石（道床）の細粒化や土砂混入などにより道床が劣化すると、軌道変位が大きく進むほか、軌道変位保守効果を得られなくなるため、新幹線では図3、4のような道床交換機（NBS）、道床安定作業車（DGS）を用いて道床交換が行われます。このうち、NBSは古い道床を撤去して新しい道床に交換する保守用車であり、DGSは道床交換後に軌道に振動を与えて道床を安定させるために用いられています。

以上の各保守用車は、線路上を自走し、人力での保守に比べて効率性や仕上り品質が優れていますが、高価であるため、ある程度広いエリアに適当な台数を配備して複数の保線区（☞参照）で共有し、広範囲に運用するのが一般的です。図5は各保守用車の運用エリアの例であり、図から、



図1 MTT



図3 NBS



図2 レール削正車



図4 DGS

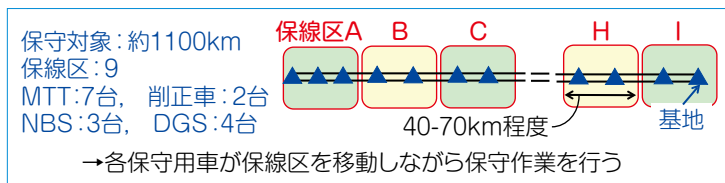


図5 保守用車を複数保線区で共有している線区の例

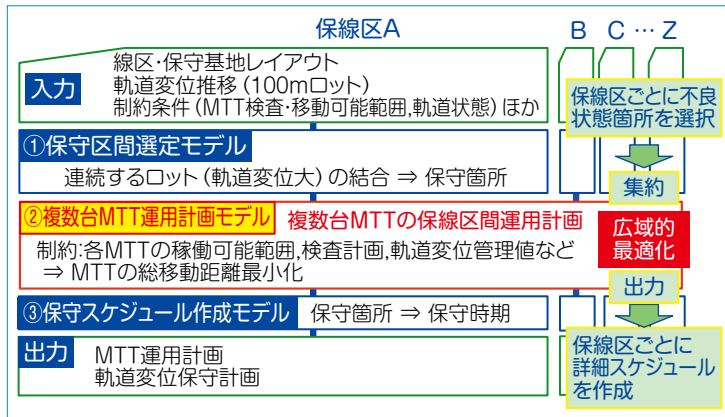


図7 軌道変位保守計画モデル

対象保守 用車	保守箇所 選択	数理計画モデル	
		主な制約	目的関数
MTT	軌道変位 予測値大 道床交換 まくらぎ 連続交換	台数 検査 軌道変位 整備基準値, 保守期限	総移動距離 (回送ロス) 最小化 ↓ 軌道状態 最良化
削正車	凹凸量 予測値大 周期的削正 (輸送量, 時間基準)	凹凸量上限, 保守期限	
NBS	道床不良	区間, 所要日数	総移動距離 (回送ロス) 最小化
DGS	道床不良	全作業 割り付け	

図6 保守用車運用計画モデルの構造

1000km以上の軌道で各々2～7台の保守用車が運用されていることがわかります。これらの保守用車による保守と線路上の移動は夜間に限られ、いずれも1日に保守できる延長には限りがあります。また、保守作業の内容、箇所、時期のほか、保守用車の検査の時期や場所など、運用を決めるにはさまざまな制約があります。このため、従来は計画作成業務に熟練した担当者が経験的に培ってきた技能を発揮して運用計画を作成していましたが、このような作成法では、多くの時間と手間を要し、また、保守用車が故障した際に

は改めて関係各所と調整の上、計画を再作成するのにも多くの労力が必要でした。そのため、こうした熟練担当者が減少する中で、効率的な計画を自動的に作成できるツールが求められています。

以上より、効率的な運用計画を簡単に作成するための保守用車運用計画システムを開発しました。

保守用車運用計画システム

保守用車運用計画システムでは、さまざまな制約を考慮しながら、各保守用車の効率的な運用計画を作成します。このために、対象とする問題を数式で記述した「数理計画モデル(☞参照)」を用います。このモデルの構造を図6に示します。各保守用車の保守箇所を選択する、あるいは与えた上で、制約を考慮しながら、目的関数が最小または最良となる運用計画を作成します。たとえば、MTTとレール削正車については、各保守用車の総移動距離を最小化するように各保線区へのMTT、削正車の配備時期を算定した上で、維持する軌道状態を最良とする運用計画を作成します。一方、NBSとDGSについては、道床交換作業をNBS、DGS

の総移動距離が最小となるように各機械に割り当てて計画を作成します。

以下に各保守用車の運用計画システムの概要を示します。

(1) MTT運用計画(軌道変位保守計画)

軌道変位保守計画については、これまでに、1台のMTTが担当するエリア内の線区・保守基地レイアウトと軌道変位推移履歴、計画作成上の制約を入力データとし、MTT運用と軌道変位保守の計画を出力するモデルを開発し、一部のJRで実用されています¹⁾。このモデルを活用し、図7に示すように、複数台MTTの運用計画を作成できるモデルを構築しました。

- ①最初に、保線区別に保守箇所を選定して集約します。
- ②次に、各保線区に含まれる保守箇所数や保守期限を考慮した上で、各保線区へのMTT運用計画を出力します。
- ③最後に、この出力を考慮し、再度保線区別に各保守箇所への保守時期を決定します。

MTTは台数や稼働日が多いため、このようにモデルを階層化することで、短時間で計画を得られるように工夫しています。

☞ レール凹凸

軌道を車両が走行する際に、車輪からレールに作用する力が変動するのにもなって、レール表面に発生する凹凸のこと。レール削正によって除去されます。

☞ 保線区

名称は事業者によって異なりますが、軌道の保守・検査などを行うための現業区であり、担当エリアが定められています。

☞ 数理計画モデル

「与えられた制約条件の下で目的を最適に達成するための数理モデル」のことであり、最適化モデルともいいます。

本モデルを図5に示した線区データに適用してMTT運用計画(年度計画)を作成しました。

まず、保線区別に本モデルを適用した結果、計625の保守箇所を得ました。この保守箇所と当時の保守箇所との一致率は71%と高く、保守箇所を適切に選択できました。そして、MTTの総移動距離4990.1kmの計画を得られ、この距離は当時の実績における距離より、30%短いものでした。最後に、各保線区での軌道変位保守計画を作成しました。

図8に示すように、得られた計画に基づいて

保守した際に予想される軌道状態は年度初より年度末の方が小さく、良化を期待できるものであり、当時の実績どおりの保守により実現する軌道状態より良好でした。よって、本モデルで得られる計画の質は高いと考えられます。

本モデルに従って計画を作成するシステムを開発しました。本システムの画面例を図9に示します。出力として各MTTの運用計画や保線区別の保守計画などを得られます。

ところで、本システムを用いて、MTT台数をパラメーターとして試算することで、適正なMTT保有台数を検討できます。上記と別の線区データにおいて検討した例を図10に示します。本条件では、選択した箇所を保守するためには3台以上のMTTが必要であり、6台を5台に減らすと総移動距離は約130km/年増えることなどを確認できます。このように、台数と総

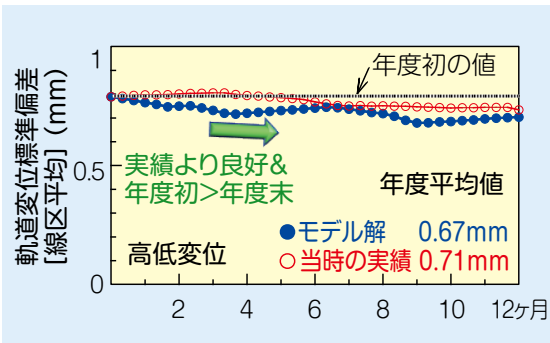


図8 軌道変位推移の予測結果

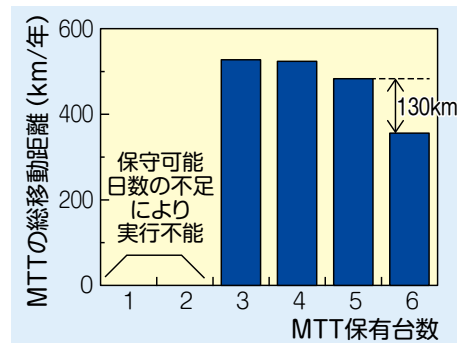


図10 MTTの台数と総移動距離

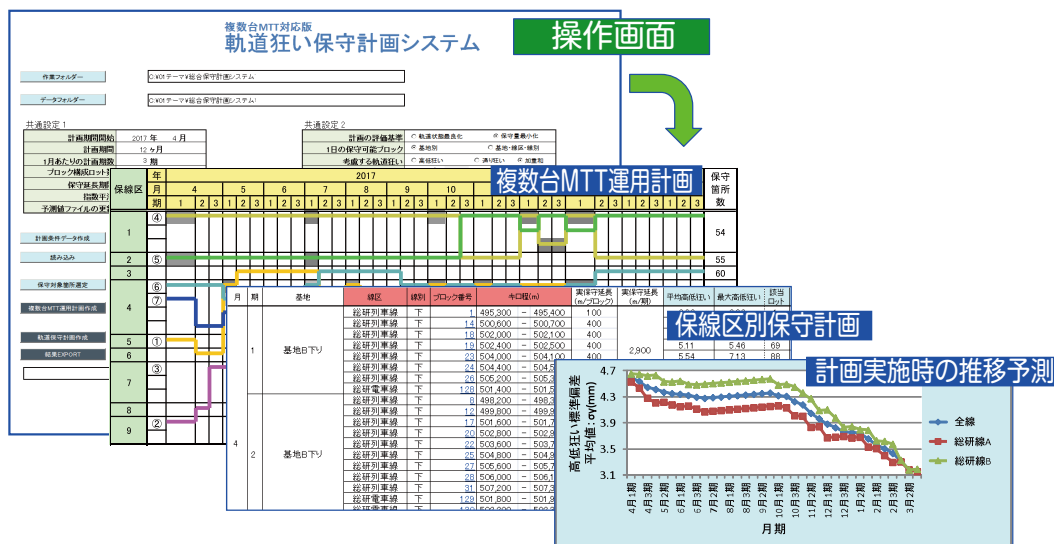


図9 軌道変位保守計画システム

移動距離の関係に基づいて、保有台数の適正値を検討できます。

(2) レール削正車運用計画 (レール削正計画)

レール削正車についても、MTT運用計画の作成法と同様の考え方により、複数台の削正車に対応した計画モデルを構築しました。

本モデルにより、過去の年度の計画を作成した結果、削正箇所は当時の実績と87%で一致し、また削正車の総移動距離は当時の実績より約20%短くなりました。さらに、得られた計画に基づく削正を行った際に予想されるレール状態は、年度初に対して年度末には良化すると予想され、この値は実績より良好だったことから、十分に効率的な計画を作成できたと考えられます。

(3) NBS, DGS運用計画

NBS, DGS運用計画システムでは、NBSとDGSの運用計画を図11に示す

考え方に基づいて作成します。

まず、入力データとして、各保線区間の距離のほか、各箇所の道床状態に基づいて交換箇所を選定し、各交換作業の所要日数を与えます。また、各NBS, DGSの検査計画などの運用上の制約などを与えます。

次に、各NBS, DGSに作業を割り当てて運用計画を作成します。ここでは、各交換作業の箇所、所要日数を考慮し、各保守用車の各保線区への配備と担当作業の計画を日単位で作成します。この際、保守用車の保線区間移動距離の総和が最小になるように計画を作成します。

本計画モデルは、図12に示すように、各作業や各NBS, DGSの検査をノード(図中の○)とし、各パス(図中の○と○を結んだ線)に保線区間移動距離というコストが付与されたネットワークとして表せます。各作業などの時間的

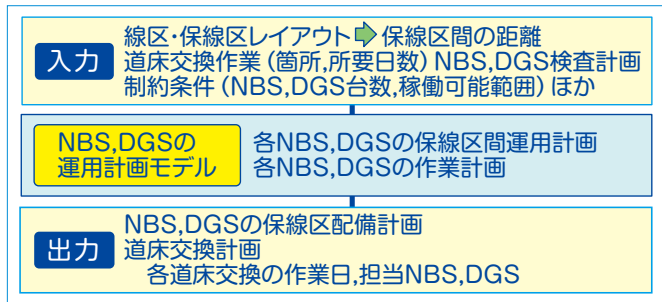


図11 道床交換用保守用車NBS, DGS運用計画モデル

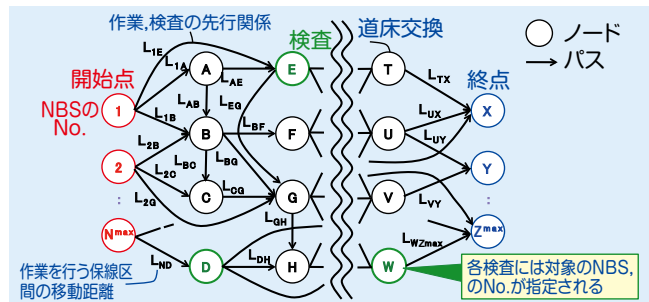


図12 本モデルのネットワークによる表現 (NBSの例)

な先行関係は矢印で示され、このネットワークにおける各開始点から終点までの経路の中で、移動距離が最小のパスが各NBS, DGSの運用計画となります。

本モデルを用いてNBSの年度運用計画を作成しました。ここでは、過去の年度において実施した90の交換作業と7回の検査を入力として与えました。その結果、図13のような総移動距離1733.8kmの計画を得られ、当時の実績(3467km)より短い計画を3分程度の計算時間で得られました。このように、本モデルにより短時間で効率的な運用計画を作成できます。

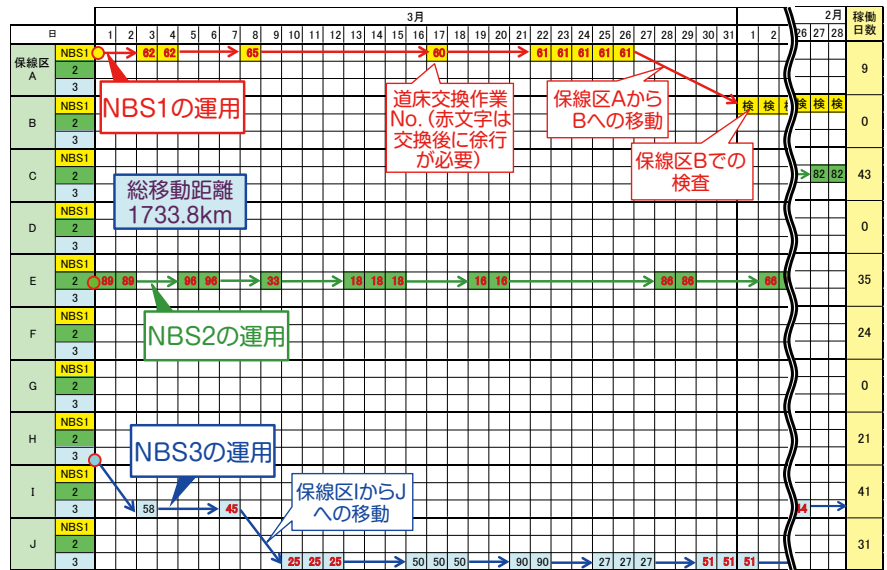


図13 NBS運用計画(一部)

本モデルによりNBSなどの運用計画を簡単に作成できるように、NBS, DGS運用計画システムを開発しました。図14は本システムの画面例です。本システムでは、NBS, DGSの各運用計画を個別に作成できるほか、両方の運用計画を1回の処理でまとめて作成することもできます。結果については、NBS, DGSの保線区運用計画がガントチャートで示され、また各NBS, DGSが担当する作業スケジュールが表形式で出力されます。

本システムを実線区におけるNBS, DGS運用計画の作成作業に適用した結果、システムの出力を参考に実際の計画を作成でき、また計画作成作業を省力化できて実用性は十分に高いという評価を得ました。

おわりに

品質の高い軌道保守計画を短時間で作成するために、各種保守用車の効率

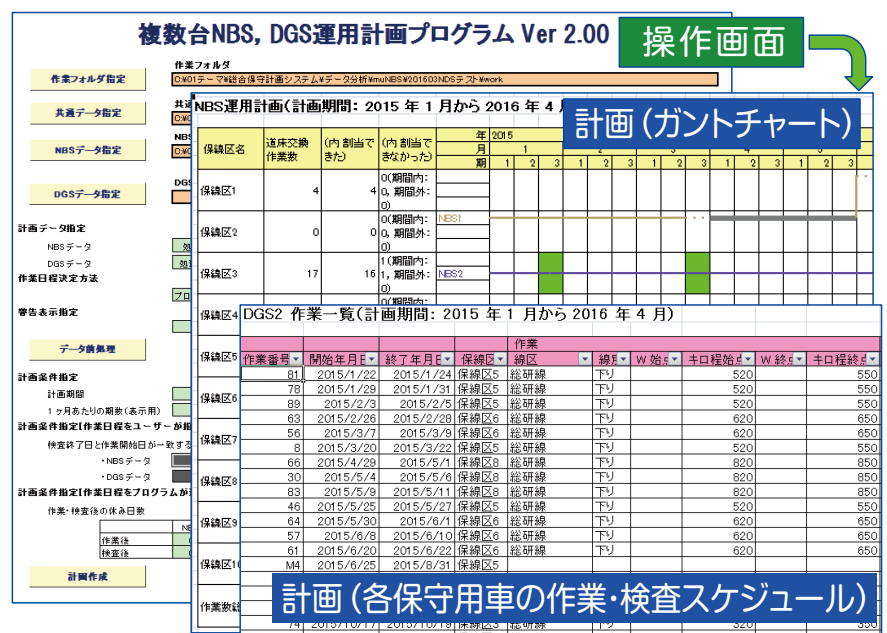


図14 NBS, DGS運用計画システムの画面例

的な運用計画を作成するシステムを紹介しました。少ない労働力で効率的な保守を実現するニーズに応えるために、こうしたシステムの開発と導入を進めてまいります。[RRR]

文 献

- 1) 三和雅史, 大山達雄: 最適軌道保守計画作成モデルの実施検証に基づく性能評価と運用実施の汎用化, 土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol.69, No.2, pp.160-175, 2013