

# 複数台の保守用車の効率的な運用を考慮した軌道保守計画モデル

軌道技術研究部 軌道管理研究室  
室長 三和 雅史

## 1. はじめに

軌道の保守には、保守工種に応じた様々な保守用車が使用されるが、導入には多くの費用がかかるため、複数台の保守用車を複数の保線区で共用し、広範囲に運用して保守に用いられることがある。そこで、このような場合の保守計画を精度良く短時間で作成するための保守計画モデルを構築した。ここでは、マルチプル・タイ・タンパ (MTT)、レール削正車、道床交換機 (NBS)、道床安定作業車 (DGS) を対象にモデルを構築した。

## 2. 複数台の MTT の運用を考慮した軌道変位 (狂い) 保守計画モデル

MTT による軌道変位保守については、これまでに 1 台の MTT を対象とした保守計画モデルを構築した<sup>1)</sup>。そこで、本モデルを改良し、複数台の MTT の運用を考慮した保守計画モデルを構築した。

### (1) モデルの概要

従来のモデルでは、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、計画作成上の制約条件を入力データとし、MTT 基地配備計画 (各期 [週や旬等] に MTT を配備する保守基地) と保守計画 (各期における保守箇所) を出力する。このモデルを複数台の MTT に対応したモデルに拡張する際、モデルサイズが膨大になると解けない可能性がある。そこで、図 1 に示すように、保守箇所の選定を保線区別に従来モデル (保守対象箇所選択モデル) で行って保守箇所を集約した上で、各保線区への MTT 配備時期を出力する複数台 MTT 運用計画モデル (新規構築) により各保線区への MTT 配備時期を得る。そして、この出力を考慮し、再度保線区別に従来モデル (保守スケジュール作成モデル) を用いて各保守箇所への保守時期を決定するという多段階のモデルを構築した。新規構築した複数台 MTT 運用計画モデルの概要を以下に示す。

本モデルでは、各保線区における保守箇所 (1 回の施工延長単位であり、幾つかのロットが連続した区間 [ブロック]) 数と各ブロックへの保守期限を考慮し、保線区間の MTT 移動距離の総和が最小となるように、各 MTT の保線区間運用計画を作成する。

本モデルにおける主な制約条件は以下の通りである。

#### ① 期別 MTT 総配備台数制約

MTT 台数には上限があり、各期にいずれかの保線区へ配備する。但し、各期に各保線区へ配備できる MTT を 1 台以下とする (検査中の MTT については含めない)。

#### ② 期別 MTT 配備基地指定制約

特定期に MTT を配備する保線区を指定する。MTT の検査計画については本制約で考慮する。

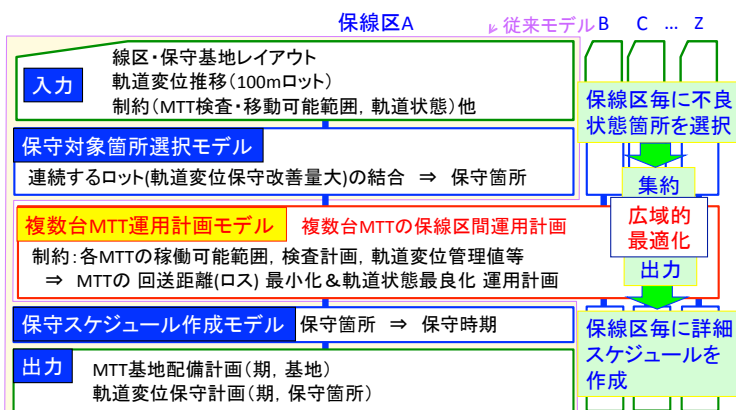


図 1 軌道変位保守計画モデル

表 1 MTT 運用計画

保線区	ブロック数	月期	3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
A	111	MTT	[Graphical representation of MTT operations for block A]																																			
B	73	④	[Graphical representation of MTT operations for block B]																																			
C	79	⑤	[Graphical representation of MTT operations for block C]																																			
D	49		[Graphical representation of MTT operations for block D]																																			
E	49		[Graphical representation of MTT operations for block E]																																			
F	17	③	[Graphical representation of MTT operations for block F]																																			
G	62	①	[Graphical representation of MTT operations for block G]																																			
H	91	②	[Graphical representation of MTT operations for block H]																																			
I	94	⑥	[Graphical representation of MTT operations for block I]																																			

--- MTT検査

③ 期別保守ブロック数  
制約

各 MTT の各期における保守可能ブロック数の上限を与える。また、各保線区において、各期までに保守しなくてはならない

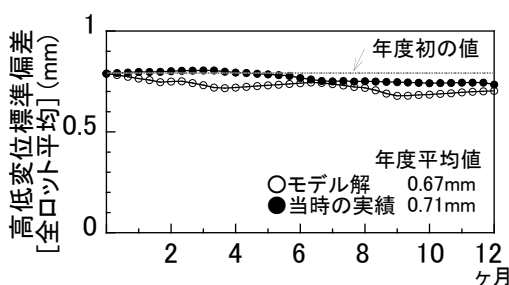


図 2 軌道状態推移の予測結果

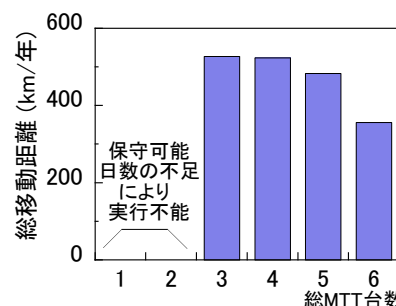


図 3 MTT 台数と総移動距離

いブロック (軌道変位が管理値を超えるロットを含むブロック等) 数の下限を与える。なお、計画期間末までには全ブロックを保守する。

目的関数は、MTT の保線区間の総移動距離の最小化であるが、移動距離が同じ解が複数見つかった場合には、同じ移動距離の解において、計画通りの保守を行った場合に予想される軌道状態が最良の解を採用する。

(2) モデルの適用例とシステム化

本モデルを用いて 6 台の MTT が運用されているエリアにおける過去の年度の計画を作成し、実績と比較した。

最初に、保線区別に保守対象箇所選択モデルを適用した結果、計 625 ブロックを得た。このブロックと当時の保守実績との一致率は 71% であった。そして、複数台 MTT 運用計画モデルを適用した結果、PC 上において 6.7 秒で当時の実績における移動距離より 30% 短い計画 (表 1) を得た。最後に、本運用計画を考慮し、保守スケジュール作成モデルにより軌道変位保守計画を作成した。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 (バラスト軌道区間の平均) の推移を図 2 に示す。モデル解によれば、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。当時の実績においても状態は良化するが、その程度はモデル解より小さい。よって、モデル解の方が計画の質は高いと考えられる。

また、本モデルにおいて MTT 台数をパラメータとして試算することで、MTT 保有台数の適正化の検討ができる。検討例を図 3 に示す。この線区では、全ブロックを保守するためには 3 台以上の MTT が必要であること等を確認できる。

以上のように本モデルの有効性を確認できたことから、図 1 に示したフローに従って計画を自動的に作成するシステムを開発した。本システムでは、従来と同様に 1 台の MTT を対象とした保守計画も作成できる。

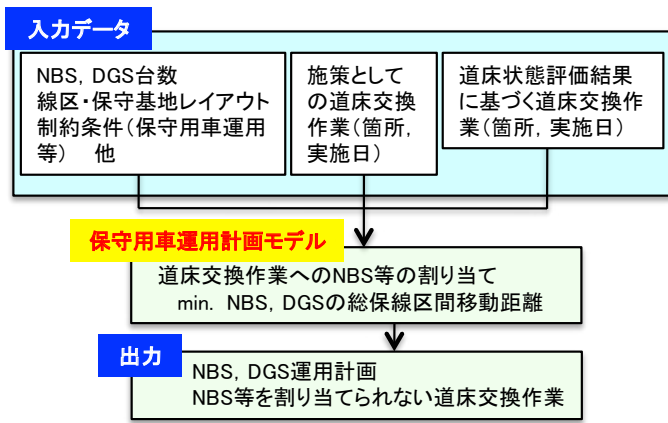


図4 NBS, DGS 運用計画モデル

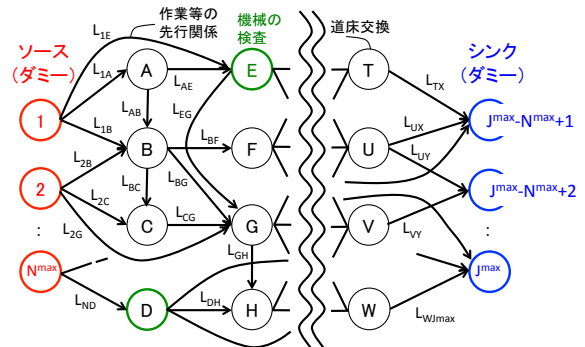


図5 本モデルの構造

### 3. 複数台の削正車の運用を考慮したレール削正計画モデル

軌道変位保守計画モデルと同様の考え方により、複数台の削正車の運用を考慮したレール削正計画モデルを構築した。本モデルにより、2台の削正車が運用されているエリアにおける過去の年度の計画を作成した結果、モデル解における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20%短かった。更に、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実績よりも良好であった。なお、本モデルについてもシステム化した。

### 4. 複数台のNBS, DGSの運用を考慮した道床交換計画モデル<sup>2)</sup>

#### (1) モデルの概要

本モデルは、各道床交換作業の箇所、実施日を考慮し、各NBS, DGSの各保線区への配備と担当作業の年度計画を日単位で作成するものである。本モデルでは図4に示すように、入力データとしてNBS等の台数や運用上の制約(各NBS等の検査計画等)の他、各保線区間の距離、道床交換の箇所と実施日を与える。次に、制約を考慮しながら、各NBS等に交換作業を割り当てる。この際、NBS等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する。

以上のように、NBSとDGSの各々についてモデル化するが、モデルの構造は殆ど同じであるため、以下ではNBSを対象としてモデルの概要を示す。

本モデルの構造を図5に示す。本モデルでは、各作業や各機械の定期検査をノードとし、各パス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問題として表現した。ここで、各作業等の時間的な先行関係はアークとして示される。このネットワーク問題を解いて得られるソースからシンクまでのパスが各NBSの運用計画となる。ここで、ソースとシンクは作業等ではないが、フローの始終点としてダミーノードによりネットワーク上に配置する。

本モデルにおける主な制約条件を以下に示す。

#### ① 作業実施及び担当可能NBS制約

各作業には、担当可能なNBSのNo.(複数可)が予め与えられ、必ず実施するものとする。また、NBSの稼働開始作業、稼働終了作業、検査については、指定されたNo.のNBSが必ず実施する。

#### ② 先行作業等制約

作業等 $p$ が作業等 $q$ より先行して行えない場合、 $q$ から $p$ へのパスを構成できない。

#### ③ ネットワーク制約

ソースノードからは、いずれかの作業等に至るパスを必ず構成し、シンクノードには、いずれ

かの作業等から到着するパスを必ず構成する。また、ソースノードとシンクノードを除く各ノードでは、到着パスが構成された場合には出発パスを構成し、各ノードにおいて到着 / 出発するフローは1以下である。

## (2) モデルの適用例とシステム化

本モデルを用いてNBSとDGSの各運用計画（年度計画）を作成した。ここでは3台のNBSと

4台のDGSが9保線区で共有・運用されているエリアにおける過去の年度の計画を作成した。

### ① NBS 運用計画

NBSによる道床交換として、施策や道床状態を考慮した上で、実施箇所、実施日を指定した93作業と各NBSの検査時期、保線区の組み合わせ（計7検査）の他、稼働可能範囲を与えた。この条件に対して本モデルを適用した結果、全作業にいずれかのNBSが割り当てられた計画を1.4秒で得た。この計画を当時の実績と比較すると、交換作業と担当NBSの組み合わせは98%の作業で一致し、当時の総移動距離よりモデル解の方が1.4%短かった。

### ② DGS 運用計画

DGSを用いる道床交換として169作業を与え、各DGSの検査時期、保線区の組み合わせ（計14検査）等の条件を与えてモデルを適用した結果、全作業にいずれかのDGSが割り当てられた計画を2.7秒で得た。この計画を当時の実績と比較すると、交換作業と担当するDGSとの組み合わせは93%の作業で一致し、総移動距離はモデル解の方が3.6%短かった。

### ③ システム化

以上のように、本モデルの有効性は十分に高いことを確認できたため、システム化した。本システムでは、NBS、DGSの計画を別々に作成できる他、両方の計画を1回の処理で作成することもできる。

## 5. おわりに

今回開発したモデルやシステムを既開発のシステムと図6のように連携させることで、より効率的な保守の実現に寄与できるものと考えられる。今後は、実証試験等を行って、モデル、システムの実用化を目指す。

## 参考文献

- 1) 三和 他：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，vol. 69，No. 2，2013
- 2) 矢坂 他：複数台の軌道保守用車の運用を考慮した軌道保守計画モデルの開発，第20回鉄道技術連合シンポジウム（J-RAIL2013）講演論文集，pp. 49-52，2013

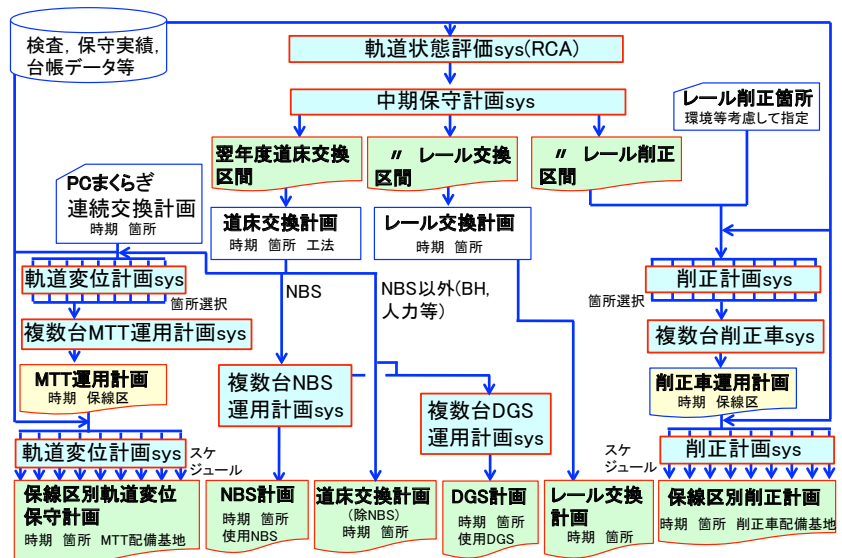


図6 各システム間の連携による保守計画の作成