

複数台の NBS 及び DGS の運用を考慮した道床交換計画モデルの構築

鉄道総合技術研究所

正会員 ○矢坂 健太

三和 雅史

吉田 尚史

西日本旅客鉄道株式会社

正会員

佐々木 陽

1. はじめに

現在、一部の新幹線における道床交換作業では道床交換機(NBS)と道床安定作業車(DGS)の2種類の軌道保守用車(以下、「保守用車」と示す)が使用されており、工事担当者が道床交換計画を作成する場合、道床状態検査結果に加え、これらの保守用車の運用を考慮する必要がある。これまで、この運用計画は工事担当者の経験に基づいて作成されていたが、保守用車の故障や緊急点検の度に再度作成する必要があるため、計画作成の効率化が課題である。そこで、本研究では NBS 及び DGS の運用を考慮した道床交換計画モデルを構築したので、以下に本モデルの詳細及び試算による妥当性の検証結果を示す。

2. 複数台の NBS 及び DGS の運用を考慮した道床交換計画モデル

2.1 モデルの概要

本モデルは、道床交換作業の施工箇所と施工時期を考慮して、各 NBS と DGS の保線区への配備時期と施工箇所の年間計画を日単位で作成するものである。本モデルの構造を図1に示す。

入力データとしては、各保守用車の運用上の制約等の保守用車に関する情報や保線区間距離等の保線区に関する情報、施工時期や施工箇所等の道床交換作業に関する情報が必要となる。道床交換作業としては、経年を考慮して施策的に実施するものと、軌道状態評価モデル(RCA)¹⁾により軌道検測データを用いて軌道状態を評価した結果から道床不良箇所として選定したものを想定している。

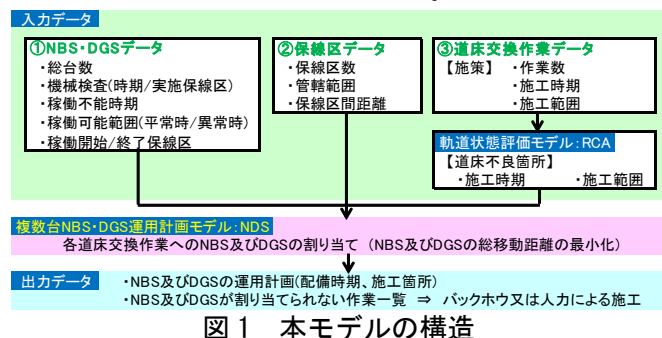


図1 本モデルの構造

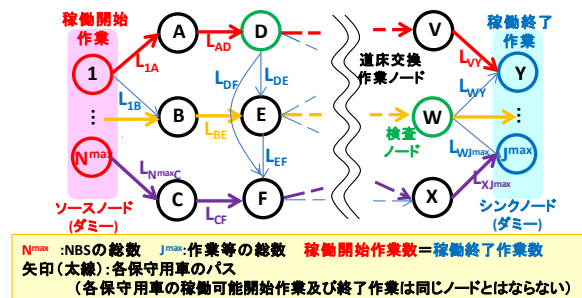


図2 NDS の概念図

次に、複数台 NBS・DGS 運用計画モデル(NDS)により、各制約を考慮しながら、各作業に割り当てる NBS 及び DGS を決定する。ここで、NDS では各保守用車の総移動距離が最小となるように運用計画を作成する。そして、出力データとしては、各保守用車の運用・作業計画と NBS 等を割り当てられない道床交換作業一覧を得る。

2.2 NDS の定式化

NDS の概念図を図2に示す。ここで、NBS と DGS は運用計画の作成手順が類似しているため、本稿では NBS を対象として述べる。NDS は各道床交換作業や検査をノードとし、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モデル化したものである。ここで、稼働開始作業と稼働終了作業は、各々ソースノード(作業等 No.1～ $N^{\max}$)とシンクノード(作業等 No. ($J^{\max}-N^{\max}+1$)～ $J^{\max}$)から成るダミーノードとして設定し、ソースノードとシンクノードの数は等しい(以下、道床交換作業と検査、稼働開始作業、稼働終了作業をまとめて「作業等」と示す)。また、各作業等の時間的な先行関係はアークとして示す。以下に NDS を定式化して示す。

①集合

- 1)NBS 集合 $N = \{1, 2, \dots, N^{\max}\}$ $N^{\max}$: NBS の総数
- 2)作業集合 $J = \{1, 2, \dots, J^{\max}\}$ $J^{\max}$: 作業等の総数

②決定変数

- 1) w_{nj} : 0-1 型整数変数、 $n \in N$ 、 $j \in J$
 $= 1$ n 番の NBS が作業 j を行う
 $= 0$ " 行わない

キーワード 道床交換、保守用車運用、保守計画モデル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 TEL 042-573-7278

- 2) x_{npq} : 0-1 型整数変数、 $n \in N$ 、 $p, q \in J$
 $= 1$ n 番の NBS が作業等 p 後に q のため移動する
 $= 0$ " 移動しない
- 3) g_j : 0-1 型整数変数、 $j \in J$
 $= 1$ 作業等 j を何れの NBS でも実施できない
 $= 0$ " 何れかの NBS で実施できる

③主な制約条件

1)作業実施及び担当可能 NBS 制約

各作業等は必ず実施されるものとし、担当可能な NBS の No. が予め与えられる(複数台可能)。

$$g_j + \sum_{n \in N} N_{nj} w_{nj} = 1 \quad j \in J \quad \cdots(1)$$

N_{nj} : 作業等 j を n 番の NBS が担当できるか否かを示す入力パラメーター(担当可能な場合は 1、担当が不可能な場合は 0)

2)実施必須制約

稼働開始作業や稼働終了作業、検査については担当可能な NBS は 1 台しか予め与えられず、与えられた No. の NBS が必ず実施する。

$$w_{nj} = 1 \quad (n, j) \subseteq N \times J \quad \cdots(2)$$

3)先行作業制約

作業等 p が q より先行して実施できない場合は、作業 p 等から q へのパスを構成することができない。すなわち、作業等 p の施工終了日(p_{end})が q の施工開始日(q_{start})と同日、又は q の施工開始日より遅い場合、作業等 p は q の先行作業とはならない。

$$x_{npq} = 0 \quad p_{end} \geq q_{start} \quad n \in N, (p, q) \subseteq J \times J \quad \cdots(3)$$

④目的関数

評価期間中の NBS の保線区間の総移動距離の最小化とする。

$$\min \sum_{n \in N} \sum_{p \in J} \sum_{q \in J} L_{pq} \cdot x_{npq} + L' \sum_{j \in J} g_j \quad \cdots(4)$$

L_{pq} : 作業 p から q への移動における保線区間距離

L' : 総移動距離に対して十分大きい数

2.3 NDS の妥当性の検証

NDS を用いてある 1 年間の NBS の運用計画を作成し、当時の運用実績と比較した結果を示す。



図3 NDSによるNBS運用計画

対象とした線区の概要を表1に示す(9保線区(A~I)、3台のNBS(①~③)を所有)。各NBSは機械検査を定期的の実施する必要がある、検査等で何れかのNBSが稼働不可能な場合は稼働可能範囲を拡大する。

表1の条件に対してNDSを適用した結果、全作業にNBSが割り当てられ、計算時間1.4秒で総移動距離が3419.5kmの図3に示す運用計画を得た。ここで、当時の運用実績と比較すると、道床交換作業と配備されるNBSとの組み合わせは98%の精度で一致した。また、当時の運用実績の総移動距離は3467.1kmであり、NDSの解の方が1.4%(47.6km)短かった。以上のことから、NDSは実用上、十分な性能を有していると考えられる。

3. まとめ

複数台のNBS及びDGSの運用を考慮した道床交換計画モデルを構築し、各保守用車の運用計画を作成して実際の運用実績と比較することで本モデルの妥当性を検証した。今後は、既開発の軌道狂い保守計画モデル²⁾等との連携を図り、より効率的な軌道保守計画を作成できるシステムの開発を目指す。

参考文献

- 1)三和他：ルールおよび道床状態を考慮した軌道保守方法の最適選択モデルの構築，鉄道総研報告，Vol.26，No.2，2012
- 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

表1 対象線区の概要

保線区 No.	道床交換作業数 (全93作業)	保線区間 距離(km)	パターン1				パターン2				パターン3				パターン4			
			ALL稼働可能				①不可能				②不可能				③不可能			
			①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
A	6	31.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B	0	81.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
C	18	57.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
D	16	57.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
E	8	26.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
F	0	58.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G	10	44.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
H	20	80.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
I	15	91.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(パターン5)

2台使用不可能な場合は残りの1台が全箇所で使用可能

○：移動可能範囲、★：検査時のみ配備可能