

最適軌道保守計画モデルの構築と応用*

Modeling the Optimal Railway Track Maintenance Scheduling and its Application to Actual Railway Network

三和雅史**・大山達雄***

By Masashi MIWA**・Tatsuo OYAMA***

1. はじめに

効率的な軌道保守活動を実現するためには、鉄道事業者が保有する作業機械、作業員等の保守能力を効率的に運用することによって、安全や乗り心地の観点から適正とされる軌道状態を維持できる計画を作成、実行する必要がある。このことから、MTT (Multiple Tie Tamper [軌道狂い保守用大型機械]) の効率的な運用により線区全体の軌道狂い状態を良好に維持できるような最適保守計画を出力する数理計画モデルを構築した。本研究では、本モデルの内容と実際の線区への適用結果を示す。

2. 最適軌道保守計画モデル

最適軌道保守計画作成モデルでは、図-1に示すように、まず、状態が不良なロット(100m)が連続する区間をユニット選択モデルによりユニット(連続したN個のロットの集合)として選択する(図-2)。この「ユニット」とは、1回のMTT保守の作業単位である。次に、選択されたユニットを対象に保守スケジュール作成モデルを適用して計画を作成する。

(1) ユニット選択モデル¹⁾

本モデルは、ロットの軌道状態を考慮しながら、ユニットを選択する。

i) 集合

$$\text{ロット } L = \{ 1, 2, 3, \dots, L^{\max} \}$$

ii) 変数

$$v_i = \begin{cases} 0-1 \text{型} & i \in L \\ = 1 & \text{ロット } i \text{ から連続 } N \text{ ロットをユニットとして選定する} \\ = 0 & \text{ " } \quad \text{しない} \end{cases}$$

iii) 制約条件

作成ユニット数上限制約
作成するユニット数の上限を設定する。

$$\sum_i v_i \leq G^{\max} \quad G^{\max} : \text{作成ユニット上限数}$$

ユニット作成方法制約

ロット*i*から1つのユニットとして選定する場合、ロット*i+1*から*i+(N-1)*を始点とするユニットを作成できない。

$$\sum_{x=i}^{i+(N-1)} v_x = 1 \quad i \in L$$

ユニット作成可能範囲制約

連続するNロットを1つのユニットとして作成できない箇所についてはユニット作成を認めない。

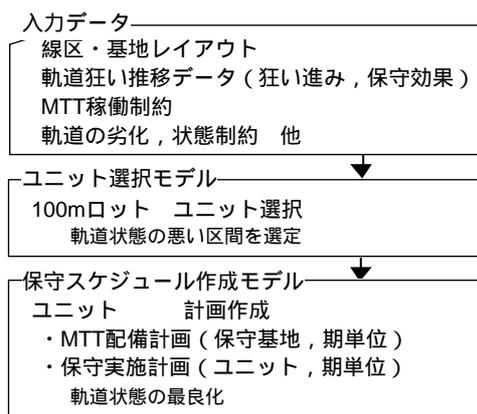


図 - 1 最適軌道保守計画モデルの構成

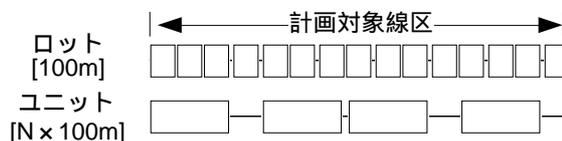


図 - 2 ロットとユニットの関係

*キーワード：鉄道計画

**正員、(財)鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部
(東京都国分寺市光町 2-8-38、TEL 042-573-7278、FAX 042-573-7296)

***政策研究大学院大学 (東京都新宿区若松町 2-2、TEL 03-3341-0454、FAX 03-3341-0454)

(1) 適用対象ネットワーク

本モデルを実在する軌道ネットワークの年度計画作成問題 ($M^{max}=12$) に適用する。ここでは、9つのネットワークにおける最適計画の作成をPC (OS: Windows98, 最適化ソフト: XPRESS [DASH社製], CPU: 1.7GHz, メモリー: 512MB) により実施する。問題の特徴を表-1に示す。保守基地数 D^{max} は6~20, ユニット数 U^{max} は40~188であり、保守スケジュール作成モデルにおける整数変数の数は z_{mkd} が216~720, w_{mku} が1440~6768、総数は1800~6984である。また、制約条件式の数681~2107である。よって、全整数型計画モデルとしては大規模なモデルと考えられることから、本モデルの最適解を2時間の計算で得られない場合には計算を打ち切り、その時点での最良解を最適解として用いる。

(2) 適用結果

適用結果を先掲の表-1に合わせて示す。

ユニット選択モデルは数秒で計算可能であるが、保守スケジュール作成モデルについては、2時間以内に最適解を得られない場合がある。2時間以内に最適解を得られる場合の特徴として、保守可能日数と制約式数が少ないことが挙げられる。2時間で最適解を得られない場合の計算時間と評価関数値との関係の例としてネットワークDの場合につい

て図-3に示す。評価関数値は、計算開始後、急激に増加し、その後は非常にゆっくり増加して最良解に到達する。この傾向は他のネットワークでも同様である。ここで、変数の整数条件を緩和した線形計画 (LP) 問題として解いた際に得られる最適解の評価関数値を基準にして、得られた最良解の品質を評価する。表に示す通り、最良解の値は、LP問題として解いた際に得られる解の95%以上であり、極めて最適解に近い。ネットワークIのような形状は、通常考えられる計画問題の中でも最も複雑なものであり、このような問題についても良好な解が得られることから、適用した最適軌道保守計画モデルによれば、ほとんどの保守計画作成問題において、十分な品質の計画を作成可能であると考えられる。

以上のことから、これらのネットワークにおいて、実際に年度保守計画を作成し、現在、試行的にその

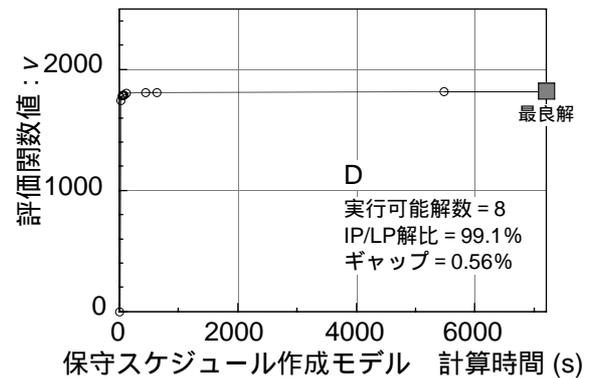


図 - 3 計算時間と評価関数値との関係

表 - 1 ネットワークとモデルの概要

ネットワーク	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
ロット数	966	1663	1866	1622	1270	943	1175	2239	1950	
保守可能日数	47	71	146	129	87	119	40	125	148	
ブロック数	188	71	146	129	87	119	40	125	148	
基地数	6	6	20	9	7	8	10	11	15	
ネットワーク形状 ■: 保守基地										
スケジュール作成モデル	変数の数	6,984	2,772	5,976	4,968	3,384	4,572	1,800	4,896	5,868
	制約式数	800	681	2,107	1,129	928	976	967	1,375	1,538
	計算時間	30秒	1,220	7,200	7,200	7,200	7,200	33	7,200	7,200
	評価関数値	1,601	467	2,125	1,816	448	1,477	482	1,533	1,901
	ギャップ	-	-	1.52%	0.56%	0.60%	0.86%	-	3.31%	4.80%
	解の数	4	14	6	8	11	10	7	5	7
	IP/LP解比	99.8%	98.7%	97.5%	99.1%	99.0%	98.6%	97.4%	96.5%	95.1%

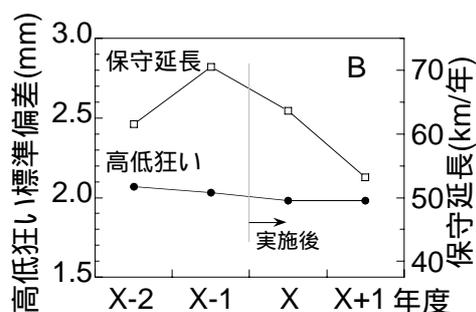


図 - 4 最適計画の実施前後の軌道状態推移

計画に従って保守を実施中である。図-4はネットワークBにおいて最適軌道保守計画モデルを適用して作成した計画に従って保守を実施する前後の軌道状態の推移である。実施後、保守量の減少に関わらず軌道状態が良化したことから、本計画モデルにより適切なユニットに対して適切な時期に保守が計画され、実施されたものと考えられる。

4. おわりに

MTTの効率的な運用により線区全体の軌道狂い状態を良好に維持できるような最適保守計画を出力する最適軌道保守計画モデルの内容と実際の線区データへの適用結果を示した。結果から、本モデルは軌道保守計画モデルの作成に十分有効であることが分かった。提案したモデルの適用限界の見極めや、最適化計算の高速化の検討については、今後の課題である。

参考文献

- 1) 三和雅史，河西智司，石川達也，奥村陽一，東川恒也：数理計画モデルによる軌道狂い最適保守計画の作成，鉄道総研報告，Vol.17 No.2，pp.35-40，2003.
- 2) 三和雅史，石川達也，大山達雄：軌道状態推移予測モデルの構築と最適保守計画作成のための全整数型数理計画モデル分析，土木学会論文集，No.681/IV-52，pp.51-65，2001.
- 3) Miwa, M., Ishikawa, T. and Oyama, T.: Modeling the optimal decision-making multiple tie tamper operations, Proceedings of WCRR2001 Germany, 2001.
- 4) 三和雅史，河西智司，大山達雄：最適軌道保守計画作成モデルを用いた数値実験，日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集，2004.
- 5) 奥村陽一，沼倉明夫，小野重亮，蔭山朝昭，石川達也，三和雅史，藤森寿夫，森忠夫，都築達彦：MTT作業