

不均一長ロットに基づく MTT 軌道保守箇所の選定

申請中	(公財) 鉄道総合技術研究所	*齊藤 大樹	SAITO Daiki
	(公財) 鉄道総合技術研究所	鈴木 惇平	SUZUKI Jumpei
	東日本旅客鉄道 (株)	須藤 雅人	SUTO Masato
2602780	(公財) 鉄道総合技術研究所	三和 雅史	MIWA Masashi

1. はじめに

鉄道の軌道においては、列車が繰り返し走行することにより、徐々に軌道変位（軌道形状の「ゆがみ」）を生じる。バラスト軌道では、軌道変位を修正するためにマルチプルタイタンパ (MTT) という自走式の大型保守用機械が使われている。

MTT を効率的に運用し、良好な軌道状態を維持するため、三和らはこれまで、軌道保守計画支援システムを開発し[1]（以下、システムという）、本システムは一部の鉄道事業者で実用されている。本システムでは、軌道のある一定長（典型的には 100m）ごとに区切ったロットの単位で軌道状態を予測・評価して保守計画を作成する。ここで、一般の MTT は、無道床橋梁のようにバラスト軌道でない区間や、構造が複雑な分岐器中などでは軌道変位を修正できないため、このような区間（不能区間という。）が一定割合以上含まれるロットはシステムの適用対象外としてきた（図 1）。

ところが、近年の CBM (Condition Based Maintenance: 状態基準保全) の進展に伴い、これまでシステムの適用対象外としてきた部分の軌道変位も含めて、予測に基づき計画的に保守するニーズが高まっている。そこで、MTT 保守の始末端が、100m 単位の地点だけでなく、曲線形状の変化点や、橋梁や分岐器などで軌道構造が変化する地点に設定されることに着目し、これらの地点にロットの境界を設定した不均一長ロットによって軌道状態を評価し、保守箇所を選定することを試みたので報告する。本稿では、システムで MTT 保守の検討対象となるロットを「対象ロット」といい、システムの適用対象外とするロットを「対象外ロット」とよぶ。

2. 軌道保守計画支援システム [1]

2.1 軌道保守計画支援システムの概要

本システムは対象とする線区の軌道状態推移の履歴などに基づき、将来の軌道状態を予測したうえで、数理最適化のアプローチにより、適切な保守箇所を選定するとともに、MTT の運用上の制約を満たしながら線区全体の軌道状態を最良とする MTT の運用

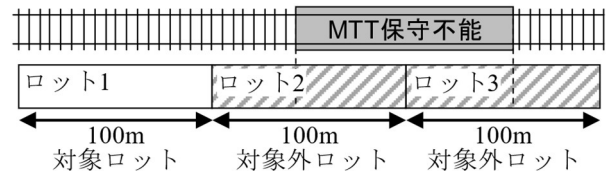


図 1. 保守不能区間周辺の一定長ロット

スケジュールを提案するシステムである。

2.2 保守箇所選定モデルの概要

保守箇所選定モデルは、1 回あたりの MTT 保守延長にあわせていくつかの連続するロットを束ねたブロックを、予算などから決まる保守回数分だけ選択するモデルである。これはブロックあたりの上限延長をはじめとするいくつかの制約条件の下で、選択したブロックに含まれるロットの軌道状態劣化指標の総和を最大化するブロックの選び方を求める整数計画問題となる。ロットの軌道状態劣化指標には、軌道検測車により測定されている左右各々の高低変位・通り変位の標準偏差[2]をとり、これらの加重平均を用いる。

3. 不均一長ロット

3.1 不均一長ロットの目的

100m の一定長ロットにより軌道のグルーピングを行うと、図 1 のロット 2 のように、一部がバラスト軌道でありながらも、大半が不能区間のロットができる可能性がある。このようなロットでは MTT による保守の適否が軌道変位標準偏差からは判断できないため、従来は対象外ロットとしていた。

バラスト軌道区間をくまなく評価し計画的に保守するためには、ロット長を一定とする前提を緩めて、バラスト軌道とそれ以外の軌道構造を分けたうえで、両者が混在しないようなロット (不均一長ロット) を構成する必要がある。ただし、軌道構造の境界だけでなく、曲線などの線形の変化点も MTT 保守の始末端となることから、これらもロット境界としてよいものとする。さらに、開渠のように十数 m 未満のごく短い不能区間は、現実にはそれをまたいで MTT 保守を計画できるので、一つの対象ロットに含めてよいものとする。

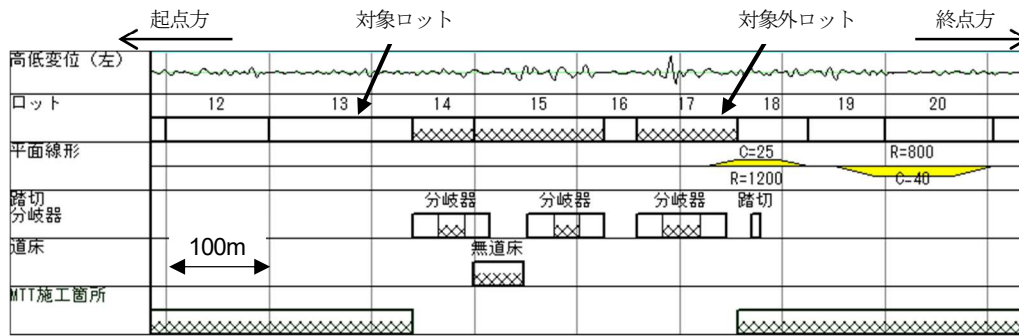


図 3. 不均一長ロットの構成結果 (一部)

3.2 不均一長ロットの構成法

前節においてロット境界の候補箇所として、100m ほどの地点のほかに、軌道構造および線形の変化点を挙げたが、これらすべてでロットを区切ると、延長の短いロットが多数できてしまう。そこで、次のような発見的方法によって、不均一長ロットができるだけ 100m 前後になるようグルーピングする。

Step 1 ロット境界の候補をすべて列挙する。

Step 2 100m の倍数以外の境界候補で、対象・対象外がその前後で一致するものを削除する。

Step 3 ロット長が 50m 未満のロットは、隣接する対象・対象外が一致するロットと連結する。前後とも一致する場合は、以下による。

- ロット始端キ程が 100m の倍数の場合、後ろのロットと連結。
- さもなくば、前のロットと連結。

4. 実軌道データでの検証

JR 東日本のある都市部線区の上下線計約 66km を対象に検証を行った。表 1 に、当該線区の 100m 一定長ロットと不均一長ロットでの構成状況をそれぞれ示す。また図 2 に、構成した不均一長ロットのうち対象ロットについて、その延長が 100m でないもの ($N=272$) の延長を度数分布で示す。特に、このうち 155 ロットは 75~125m の間に分布していた。また、図 3 のように設備データと合わせて確認すると、不能区間が点在する箇所においても適切にロットが構成されているとともに、ロット 19-20 の境界のように複数のロット構成案が考えられる場所では、100m ごとの地点がロット境界として優先的に採用されていることから、担当者にとっての扱いやすさも備えていると考えられ、ロット構成の妥当性を確認できる。

不均一長ロットを使用して 2.2 節のモデルにより保守箇所を選定した結果が図 3 の最下段である。100m 一定長ロットでは保守の対象とすべきか判断されていなかった、ロット 13 の右端のようなバラス

表 1. ロットの構成状況

	一定長ロット	不均一長ロット
対象ロット	602	567
対象外ロット	62	92
合計	664	659

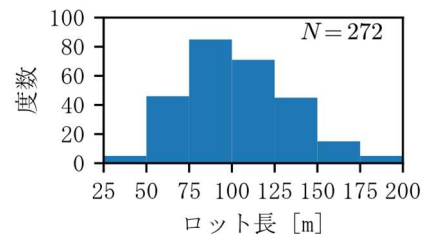


図 2. 100m でない対象ロットの延長

ト軌道の部分を保守計画に含めることができ、当初の目的を達成したといえる。

今回使用した保守箇所選定モデルでは、延長の異なるロットの軌道変位標準偏差から計算される軌道状態劣化指標を同列に扱い、ロット延長に応じた補正を行わなかったが、選定結果からは、大半のロット長を 100m 前後に構成した下では、実用上問題ないものと考えられた。

5. おわりに

本稿では、軌道の不均一長ロットおよびそれを構成する発見的方法を提案し、実軌道データに基づいて検討を行い、本手法は実用に足ることを確認した。本手法により、バラスト軌道の軌道状態をより正確に把握することができるようになり、CBM のさらなる拡大に資するものと考えられる。

参考文献

- [1] 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軌道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.
- [2] 宇都宮裕樹, “軌道狂い指数 P 値, σ 値,” 新線路, 69-11, pp.52-53, 2015.