材料保守計画の適正化による効率的な軌道保守のあり方に関する検討
多頻度軌道変位保守箇所の抽出と軌道変位保守方法の選択モデル

（財）鉄道総合技術研究所　正会員　○三和　雅史
（財）鉄道総合技術研究所　正会員　木村　寛淳
西日本旅客鉄道株式会社　正会員　山中　雅司

１　はじめに

これまで，軌道変位（狂い）保守計画の適正化を目的とし，軌道変位の推移履歴による推移予測結果に基づくMTT保守計画法を提案したが，MTT保守が頻繁に計画される箇所については，レールや道床といった材料の劣化が保守の多頻度化に大きく影響している場合がある．こうした箇所に対しては，材料保守により保守費用を長期的に低減できる可能性があることから，現在，軌道変位と材料の保守を総合的に効率化する保守計画の作成法を検討している．本稿では，長期保守計画の適正化のための軌道状態評価モデル（**図1**）のうち，材料保守検討箇所（多頻度軌道変位保守箇所）の抽出法と軌道変位保守方法の選択法を示す．なお，レール，道床状態が軌道変位保守の多頻度化に与える影響については文献1,2で分析する．

２　多頻度軌道変位保守箇所の抽出法

(1) 抽出の基本的な考え方

線区Aにおける10m弦高低変位と進み（各25mロット標準偏差）の関係を**図2**に示す．ここでは，約5年間の各検測時における値の平均値を用いた．両者の間には相関があり，変位が大きな箇所では進みも大きい可能性が高い（図中のMについては後述）．この関係を保守頻度（MTT，TT回数）別の平均値により**図3**のように整理すると，3%のロットでは保守量が多いにも関わらず軌道変位と進みが平均的に大きいため，軌道変位保守が多頻度化する可能性が高い．よって，多頻度軌道変位保守箇所には，軌道変位と進みの両方が定常的に大きく，保守実績が多い箇所が該当する．つまり，この条件に合う箇所の効率的な選択が重要である．

(2) 抽出指標の検討

次式のように，軌道変位（評価期間平均値）と目安値との差を進み量（同）で除した値は，ランダムに選んだ時刻において軌道変位が目安値に到達するまでの平均的な猶予期間(Mean Time to Maintenance)を表していると考えられる．ここではこの期間をM値と表す．

$$M値=\frac{軌道変位目安値―平均軌道変位}{平均軌道変位進み} \quad (1)$$

図2にはM値が１～6(年）となる軌道変位，進みの組み合わせを点線で示す（目安値：6mm）．M値が小さい箇所では，保守頻度が増える可能性が高いと考えられる．ここで，この軌道状態を実現するのに要した軌道変位保守量(MTT+TT延長）をN(km/評価期間）とすると，MをNで除した値(M/N比）はOutput/Inputの関係にあり，軌道変位保守の効率性を表すと解釈できる．つまり，M/N比が小さな箇所では軌道変位保守量の割に軌道状態が悪いため，MTT,TTによる軌道変位保守を継続することは効率的でない可能性が高い．

ここで，M/N比を算出する一方で，軌道変位，進み，Nを変数とした主成分分析により得られた第1主成分得点を**図4**に示す．軌道変位，進み，Nが大きい場合に得点は高くなる．両値の相関は高いことから，M/N比は多頻度保守箇所の抽出指標として有効である．但し，状態が良くても近傍に不良状態の箇所があり，MTTで合わせて保守される箇所では，軌道変位，進みが小さい

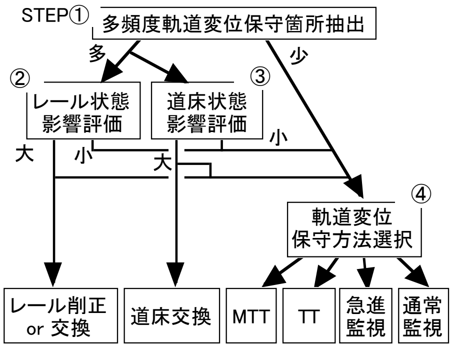

図１ 軌道状態現状評価モデルの構成

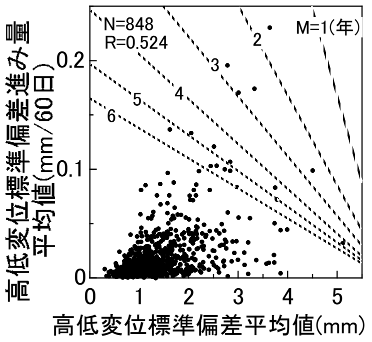

図２ 軌道状態とM値

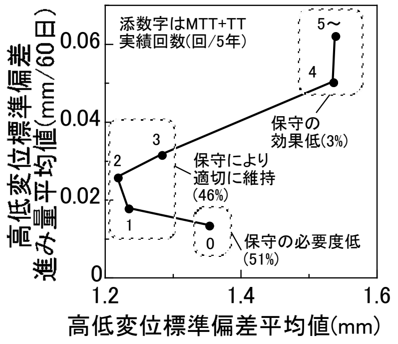

図３ 保守頻度と軌道状態

キーワード　軌道変位保守，経済性，MTT，TT
連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町2-8-38　公益財団法人鉄道総合技術研究所　TEL042-573-7277

一方でNが大きいためにM/N比は小さく算出される可能性が高い．よって，M/N比による抽出は軌道変位が一定値以上の箇所に対して行うのが適当である．

ところで，軌道変位進みと保守延長には，いくらか相関があるため，M値とM/N比の相関は高い．軌道変位データは検測毎に得られるが，保守実績データは担当者による登録作業によるものであるため，後者のデータの方が精度は低い．よって，M/N比とM値を併用して多頻度保守箇所を抽出するのが適切と考えられる．

3　軌道変位保守方法の選択法

(1)MTT,TT 保守箇所の選択

軌道変位の標準偏差が同じロットであっても，それが局所的な変位によるものか，連続的な変位によるものかは区別できない．線区Aにおいて，軌道変位標準偏差は近いが，波形の特徴が大きく異なるロットの例を**図5**に示す．ロットWは軌道変位が連続的に大きいことから，MTTによる保守が有効と考えられるが，ロットZは軌道変位が局所的に大きいため，TTでも軌道状態を十分に改善できる可能性がある．ここで，軌道変位標準偏差と最大値（最小値の絶対値）の関係を**図6**に示す．ロットZのような波形のロットでは最大値が標準偏差を上回り，また軌道変位が一般的によく従うロジスティック分布への適合性が低い．よって，これらはTT保守箇所の選択指標となる．

(2) 急進監視箇所の選択

M値等の算出には軌道変位と進みに一定期間での平均値を用いるため，軌道変位進みの急激な増加（急進）箇所を抽出できない可能性が高い．そこで，急進監視箇所の選択法を検討する．

ここでは，急進の指標として軌道変位進み / 変位比（進み / 変位比）を用いる．この比の変動は，進みがほぼ一定であれば小さいが，急進箇所では増えると考えられる．線区Aにおいて平均値と直近値を各々用いて進み / 変位比を算出し，M/N比との関係を**図7**に示す．M/N比が下位10%には含まれないが直近の進み / 変位比が大きなロットFの軌道変位推移を**図8**に示す．このロットでは軌道変位進みが最近になって増加する傾向にあった．よって，M/N比が小さくても進み / 変位比が直近で急激に増加している箇所については，急進監視箇所として選択する．

4　まとめ

軌道変位保守の多頻度箇所の抽出指標として，M値とM/N比を提案した．また，軌道変位標準偏差と最大値との関係等からTT保守箇所を選択する方法と，急進監視箇所の選択法を提案した．

［文献］

1) 木村他：材料保守計画の適正化による効率的な軌道保守のあり方に関する検討（軌道整正の多頻度化に与える道床状態の影響評価），土木学会第66回年次学術講演会，2011

2) 山中他：材料保守計画の適正化による効率的な軌道保守のあり方に関する検討（軌道整正の多頻度化に与えるレール状態の影響評価），土木学会第66回年次学術講演会，2011

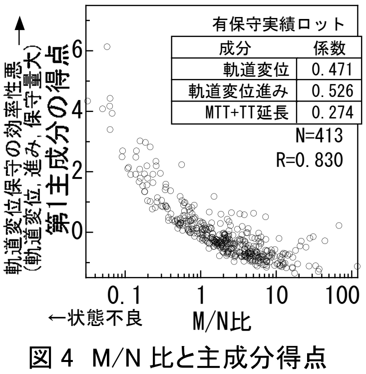

図4 M/N 比と主成分得点

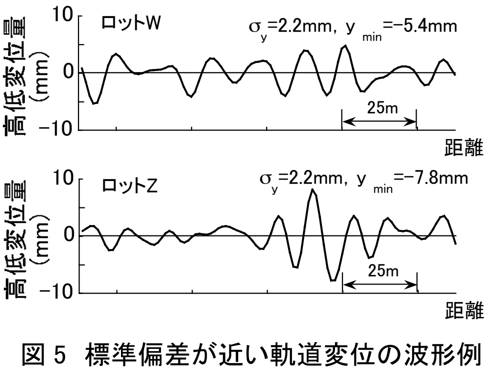

図5 標準偏差が近い軌道変位の波形例

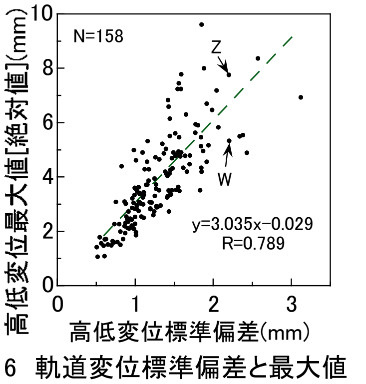

図6 軌道変位標準偏差と最大値

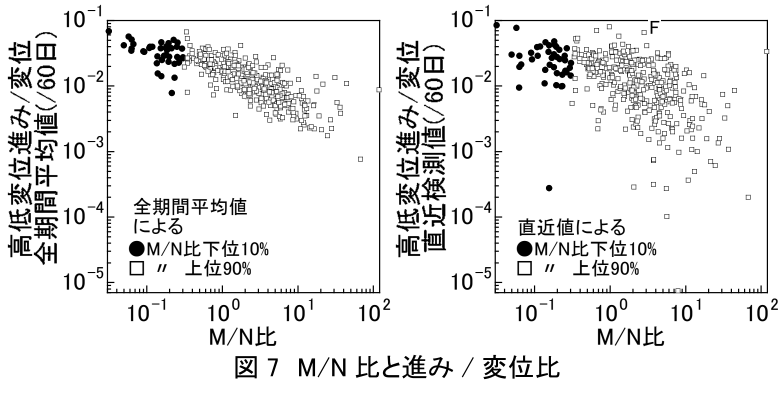

図7 M/N 比と進み / 変位比

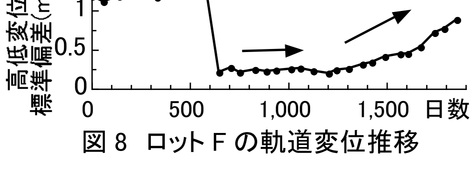

図8 ロットFの軌道変位推移