

軌道状態予測モデルを用いた軌道管理について

南海電気鉄道株式会社 正会員 中山 卓

1. はじめに

現在、当社の鉄道事業を取り巻く経営環境は厳しく、軌道管理においてもどのような保守計画により、求める軌道状態を最小の費用で維持できるかを定量的に把握する、つまり軌道のライフサイクルコストを把握する必要がある。当社では、平成12年度に更新した軌道検測車MPV-9Sにより年4回（一部閑散線区は年2回）軌道を検測し、2000年4月～2002年1月までの間に計8回の検測を行っている。この検測データと列車動揺測定データにより、測定時の軌道状態を定量化し、保守計画立案に利用している¹⁾が、将来の軌道状態を予測しライフサイクルコストを考えるまでには至っていなかった。

軌道状態は列車走行により低下し、ある時点で保守をうけて回復、その後再び低下する経過を繰返す。軌道のライフサイクルを考えるには、軌道状態を定量化する指標を設定、軌道状態の低下速度を把握、保守による状態の回復を保守種別ごとに定量的に把握、それらより軌道状態予測モデルを設定、する必要がある。

今回はその第1段階として、軌道検測データより軌道状態の低下速度及びマルチを用いた道床搗き固め作業による軌道状態の回復量を算定し、軌道状態予測モデルを設定、軌道整備投入量の推定を試みた。

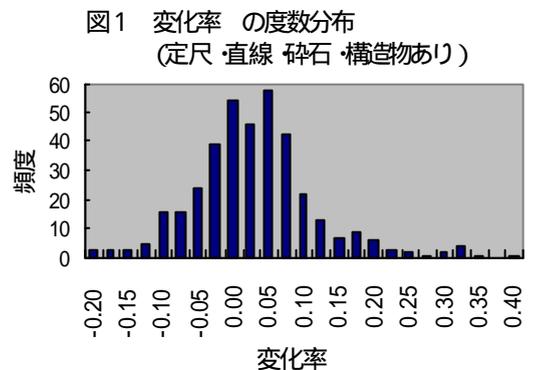
2. 軌道検測データの分析

(1) 分析データについて

今回、データ分析した区間は、運転最高速度が100km/hr以上である南海本線下り(難波 和歌山市駅間)及び高野線下り(難波 橋本駅間)であり、比較的軌道状態が良い高速運転区間などでよく用いられる100mロット値を指標として用いる。当該区間では年4回検測を行っており、以降このデータを用いて分析を行う。

(2) 軌道状態の低下速度

100mロット値を用い、検測間隔内に軌道整備（マルチ及びハンドタイタンパー）などの保守が投入されていない箇所を抽出し、式(1)により値の変化量から軌道状態の低下速度を変化率 s （100日・1000トンあたり）として算定した。軌道構造とロットの状態別に分類し集計したところ、変化率 s は図1に示すように正規分布に従うと考えられ、分類別の変化率 s の平均値と標準偏差を表1に示す。



$$s = (b - a) \times \frac{100}{t} \times \frac{1000}{W} \quad (100\text{日} \cdot 1000\text{トあたり}) \quad \dots\dots \text{式(1)}$$

a : 任意の100mロットにおける、ある検測時期の100m値
 b : 次回軌道検測時の100m値 t : 軌道検測車の検測間隔 W : 当該ロットの年間通過トン数

表1 変化率 s 集計結果

			高 低				通 り			
			平均値		標準偏差		平均値		標準偏差	
			構造物なし	構造物あり	構造物なし	構造物あり	構造物なし	構造物あり	構造物なし	構造物あり
ロング	直線	砕石	0.037	0.049	0.091	0.090	0.005	0.004	0.088	0.065
	曲線	砕石	0.037	0.035	0.089	0.078	0.006	0.019	0.060	0.078
定尺	直線	砕石	0.042	0.051	0.142	0.141	0.012	0.019	0.129	0.094
		砂利	0.124	0.276	0.127	0.177	0.033	0.103	0.173	0.252
	曲線	砕石	0.077	0.095	0.159	0.155	0.022	0.044	0.151	0.157

キーワード 軌道管理、維持補修、保守計画、軌道状態予測、ライフサイクルコスト

連絡先 〒542-8503 大阪市中央区難波5-1-60 南海電気鉄道(株) 保線課 TEL 06-6644-7175

(3) マルタイによる軌道整備による軌道状態の回復値

検測間隔内にマルタイ(以降, MT)による軌道整備が1回投入された箇所を抽出し, 検測間隔 t 間の 値の変化量と(2)で求めた分類別の変化率 s_i から以下の手順で軌道状態良化比率 K を算定した.

- ・検測間隔内に MT が 1 回投入された箇所を抽出する.
- ・MT 投入前の 値 = a , MT 投入後の 値 = b とし,
 $b = K \cdot a$ K : 良化比率 とおく.
- ・変化率 s_i は a に比べ僅かであるので, 検測間隔 t のどこに MT が投入されても, 期日 t_a に投入されたものとする, 変化率 s_i は

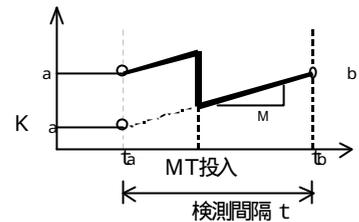


図2 良化比率の考え方

$$M_i = (b_i - K a_i) \times \frac{100}{t} \times \frac{1000}{W} \quad (100日 \cdot 1000m \text{ あたり}) \dots \text{式(2)} \quad \text{となる(図2参照)}.$$

- ・変化率の分類別に, $M_i = s_i$ として, 回帰分析により MT 投入による通り, 高低の良化比率 K_T, K_K を算定. 結果を表2に示す. 相関係数も高く, a と b の間に高い相関がある. また MT 投入による 値の良化量は, 高低の方が若干大きいといえる.

表2 良化比率 算定結果

	高低良化率 K_K	通り良化率 K_T
回帰結果	0.66	0.77
相関係数 R	0.88	0.86

3. 軌道状態予測モデルの設定

値の分析結果を用いて, 軌道状態の推移を予測し, 保守基準に達したところで保守を投入するとしたモデルを設定することにより, 必要な保守投入量が算定可能となる.

(1) 予測モデルの設定

値の変化率 s_i は正規分布に従う確率変数と考えられるので, 現在の 値を a_0 とすると, 時刻 t における 値は $a_t = a_0 + K \cdot t$ と表され, s_i も確率変数となる.²⁾

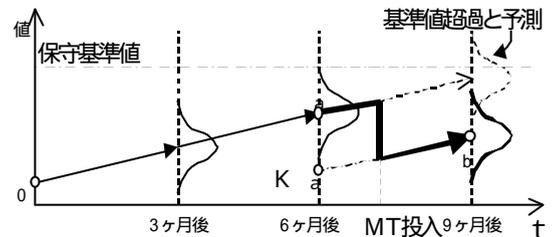


図3 軌道状態予測モデル

よって図3のように, 各ロットの 値は表1の分類別の平均値と分散に従って推移するとして3ヶ月ごとに予測値を算定, 予測値が保守基準値を超える確率が一定値以上であれば事前に MT を投入することとする(図4参照 保守基準超過確率は10%とした). ここで, 実際の軌道検測値が予測に反して 10%未満の確率で保守基準値を超えた場合は, ハンドタイタンパーによる軌道整備を実施すればよいと考える. また, MT 投入時の予測値は,

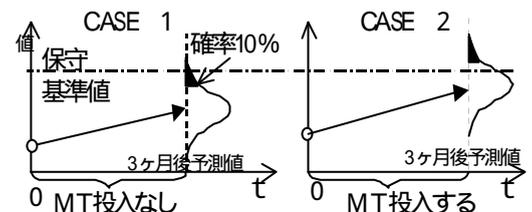


図4 MT 投入の判断

$$b = K a + s_i \times \frac{t}{100} \times \frac{W}{1000} \quad \text{より求めるものとする.}$$

(2) 軌道整備投入量予測結果

南海本線下り(算定区間延長 56k700m)において高低, 通りの100m 値を用いて予測モデルを適用した結果を表3に示す. これは 100m ロット単位の施工を前提としているため, 設定した保守基準値を守るための実際の施工量はこれよりも増加すると考えられるが, それでも現在の施工実績(平均 1.3 回/年)を大きく下回っており, 今後の施工計画次第では保守投入量の大幅な削減が可能と考える.

表3 軌道整備投入量予測結果(年間)

	年間平均 MT 投入回数	保守基準値超過 推定区間長(m)
高低変位を基準	0.4	2300
通り変位を基準	0.3	4800

4. おわりに

変化量 s_i と良化比率 K を算定し, 予測モデルの構築と軌道整備投入量の把握を試みたが, 保守基準値や保守基準超過確率の設定によりこの結果は大きく影響を受ける. 今後はこのモデルに対しさらに検討を加え, 実務に適用するとともに, この考え方を拡張させ軌道のライフサイクルコスト把握に取り組んでいきたい.

参考文献 1)中山,清水,金刀:保線情報システムの構築,第38回鉄道サハネ・シボ・ジウム論文集 No.615,2001.12

2)三和:軌道状態推移のモデル化と軌道保守施策決定法,日本鉄道施設協会,1997.3