

N-346

指数平滑法を用いた軌道狂い進みの予測法

鉄道総合技術研究所 正会員 森本 勝

鉄道総合技術研究所 正会員 三和 雅史

1. はじめに

軌道保守作業の中で道床つき固めは、保守量及び費用において大きな割合を占めており、保守計画の策定を行う上でマルチの適正な運用を図ることは極めて重要である。そのためには適切な軌道狂い進みの予測が必要とされる。軌道狂い進みの予測については、これまでも幾つかの手法が提案され実務に供されてきたが、ここでは指数平滑法¹⁾を用いて、過去の実績値から今後の軌道狂い進みを予測する手法について検討した結果を述べる。

2. 指数平滑法の概要

指数平滑法は主にデータの変動に追従させたい場合に用いられ、過去のデータに重み付けをする加重平均法の一つである。指数平滑法は変化に対する応答速度を容易に調整でき、また少ないデータでも予測が可能という特徴を有している。指数平滑法にはいくつかの手法があるが、本研究では単純指数平滑法を用いて軌道狂い進みの予測を試みた。

単純指数平滑法では期待値 f_t を次式で表し、平滑化係数により過去の実績値に対する重みが与えられる。

$$f_t = \alpha d_t + \alpha(1-\alpha)d_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 d_{t-2} + \cdots + \alpha(1-\alpha)^K d_{t-K} + \cdots \quad (1)$$

$$= \alpha d_t + (1-\alpha)f_{t-1}$$

ここで、 α ; 平滑化係数 ($0 < \alpha \leq 1$) d_K ; 第 K 期前の実績値

ところで予測を式(1)のまま行くと、実測値に対し予測値が系統的な傾向をもって遅れることから、式(1)にデータ系列の傾向を加えることにより補正し予測を行う。L 期先の予測値は次式で表される。

$$f_{t+L} = f'_t + L T_t \quad (2)$$

ここで、 $T_t = \alpha(f_t - f_{t-1}) + (1-\alpha)(f_{t-1} - f_{t-2})$ $f'_t = f_t + (1-\alpha)/\alpha \cdot T_t$

3. 応答特性

予測手法の特徴はインパルス、ステップ、ランプに対する応答特性で表される。その中でインパルスに対する応答特性について検討したものを図1に示す。応答特性を求めた予測手法は指数平滑法、一次回帰式及びSA式²⁾である。予測に用いた実績データ数は6個とした。ここでインパルスをデータ系列に混入した異常値と考えれば、その応答は異常値を含んだデータから算出された予測値の誤差としてとらえられる。一次回帰式及びSA式の場合はインパルスが演算対象区間外(7期以降)になれば、その影響は0になるが、指数平滑法では重みは小さいものの、過去のデータの影響を受けるため0にならない。ただし、指数平滑法の応答の最大値は他の手法に比べて小さく異常値の影響を受けにくいことが分かる。

4. 平滑化係数の設定

指数平滑法を用いた予測では、平滑化係数 α の値により過去の実績値に対する重みを変化させるが、どの程度先を予測するかにより

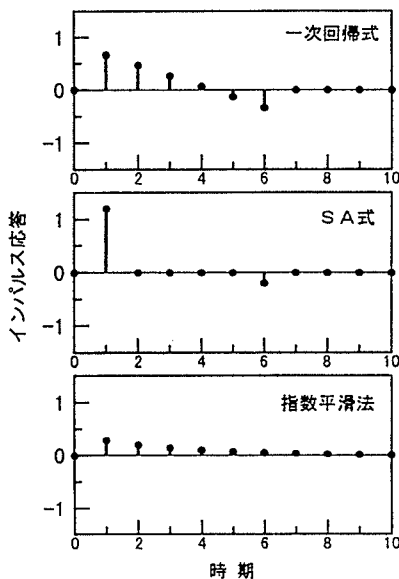


図1 各予測手法のインパルス応答

(キーワード): 指数平滑法 軌道狂い進み 予測

(連絡先): 〒185 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総研 軌道管理 tel 0425-73-7278 fax 0425-73-7296

α の値を変化させなければならない。実際のデータを用い、 α の相違により2ヶ月、半年、1年後の各々について予測値と実測値の差(予測誤差)がどの程度変化するかを解析した(図2)。図から近い将来の予測をする際には、平滑化係数を大きくし最近のデータに対する重みを増加させ、逆に遠い将来の予測をする際には、過去のデータに重みを置き、変動要素を除去する形が望ましいことが分かる。

5. 実データによる検証

提案する軌道状態の劣化予測法の特性を把握するために、在来線の軌道検測データによる検証を行った。ここでは軌道状態の劣化尺度に100mロット間の10m弦正矢高低狂い(波長6m~60m)の標準偏差を用いた。まず、50ロット(5km)について6回の検測データ(平均検測間隔60日)から、2ヶ月後($\alpha=0.5$)、半年後($\alpha=0.2$)、1年後($\alpha=0.15$)の軌道状態を予測し、予測誤差の標準偏差を計算した。また比較のために一次回帰式及びSA式による予測も行った(図3)。

2ヶ月後の予測については各予測手法に有意差は見られないが、半年後、1年後の予測については指数平滑法による方が誤差が小さい。特に図4に示すマルタイ投入後のような高低狂い標準偏差が線形に増加しないような個所においても、他の予測手法より精度の高い予測が可能である。

また計算に使用するデータ数を変えて、半年後、1年後の予測を行った(図5)。使用するデータの個数が多い程、一次回帰、SA式によるものは精度が向上し、使用するデータが8個の場合、1年後の予測については指数平滑法の精度が高いが、半年後の予測では指数平滑法との有意差は無い。しかしデータ数が少なくなると指数平滑法と他の手法との差が拡大することから指数平滑法はデータが少ない場合にも有効である事が分かる。

6. まとめ

指数平滑法を用いた軌道狂い進みの予測法は、簡単な演算でありながら、従来の予測手法と比べ精度の高い予測が可能であることが分かった。また少ないデータでの予測が可能であることや、軌道構造や軌道状態の変化(MTT・道床更換・レール更換)等、軌道狂い進みの傾向が変化するデータに対する追従性も良いことから、適切な軌道保守施策の決定に有効な手法と思われる。

参考文献

- 1) R.G. Brown : 「在庫管理のための需要予測」
- 2) 斎藤八郎、小倉英章 : 「P値管理のためのMTT投入計画システム」 : 鉄道総研報告 3-10 (1989.10)

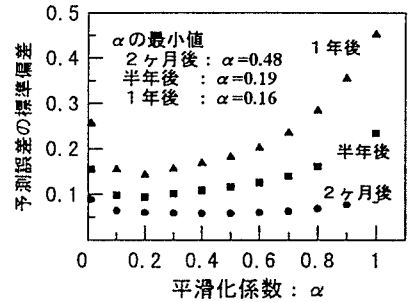


図2 α の相違による予測誤差の変化

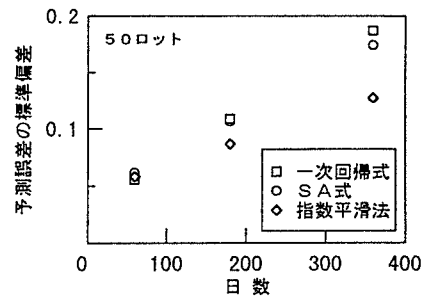


図3 各予測手法の誤差

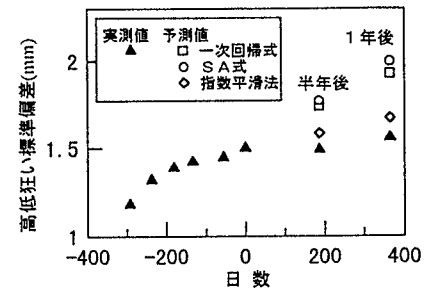


図4 マルタイ投入ロットにおける予測値

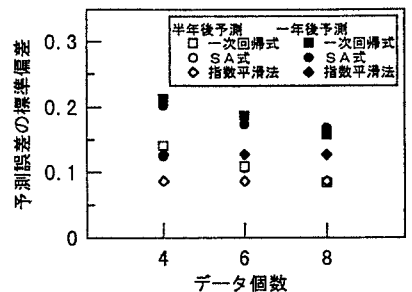


図5 データ個数の相違による誤差の変化