

統計的劣化予測手法を活用した軌道施設の劣化過程評価に関する基礎研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○佐藤 陽
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 瀧川 光伸
 株式会社パスコ 正会員 青木 一也

1. はじめに

古くは明治時代から整備を行ってきた鉄道施設は年々高齢化が進んでおり、近い将来に膨大なストックの維持管理・更新が必要になってくる。一方、今後の人口減少、少子高齢化の進行により鉄道収入の増加は見込めず、メンテナンス費用の緊縮の可能性があり、設備の要求レベルに応じた計画的な維持管理を行っていく必要がある。

本研究では、土木施設の維持管理業務において事例があるアセットマネジメントシステムの鉄道施設への適用に向けて、統計的劣化予測手法を活用した軌道施設の劣化過程評価に関する検討を行った。

2. 分析方法

2.1 対象データ

分析には、設備管理システム【保線】のデータベースに保有の軌道変位検査 (East-i) の高低変位データ、軌道補修等の作業実績データおよび分岐器やトンネル等の設備データを用いた (表 1)。

2.2 分析モデル

土木施設の劣化予測に関しては、数多くの研究事例があり、そのうちの手法の一つにマルコフ連鎖モデルを用いた確率論的劣化予測モデルがある¹⁾。このモデルでは、対象となる施設の劣化速度を確率で示したマルコフ推移確率行列によって表現される。図 2 は、舗装の損傷度合を推移確率で示した例である。

軌道変位のような連続値データの場合には、まず表 2 のように離散的な損傷度ランクに置き換え、平均的な劣化速度 (ベンチマーク曲線) と比較することにより、相対的な評価が可能となる (図 3)。そのばらつきの尺度を異質性パラメータとして、定量的な劣化度の評価を行うこととなる。

本モデルを使用し、路線および設備条件別の軌道状態劣化に対する影響度について分析を行った。



図 1 アセットマネジメントの運用イメージ

表 2 損傷度ランク例

表 1 対象データ

項目		記事
軌道変位検査	検測車10m弦	高低
	100mロット	P値
	100mロット	σ値
	500mロット	P値
	500mロット	σ値
作業実績(2008年~2013年)		軌道変位に影響工種のみ
設備DB	分岐器	曲線
	道床	橋りょう
	駅	スラブ
	踏切	トンネル
	開きよ	通過トン数
	こう配	
路線	線路構造条件、通過トン数等から5路線	

項目	A線	
	損傷度ランク	検測データ
10m弦高低	1	0 ≤ x < 1
	2	1 ≤ x < 2
	3	2 ≤ x < 3
	4	3 ≤ x < 4
	5	4 ≤ x < 5
	6	5 ≤ x < 6
	7	6 ≤ x
100m P値	1	x=0
	2	1 ≤ x < 5
	3	5 ≤ x < 10
	4	10 ≤ x < 15
	5	15 ≤ x < 20
	6	20 ≤ x < 25
	7	25 ≤ x < 30
	8	30 ≤ x < 35
	9	35 ≤ x < 50
	10	40 ≤ x

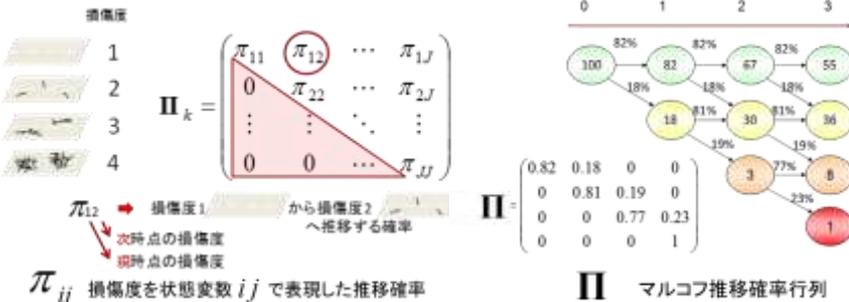


図 2 マルコフ連鎖モデルの例

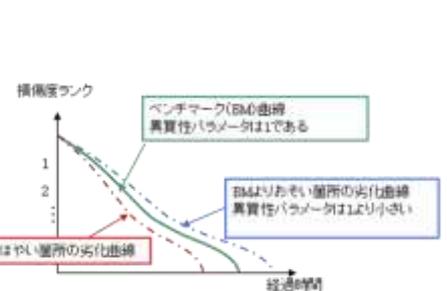


図 3 劣化速度の相対評価

キーワード アセットマネジメント, マルコフ連鎖モデル

連絡先 〒260-8551 千葉県千葉市中央区弁天 2 丁目 23 番 3 号 TEL043-284-6764 FAX043-284-6763

3. 分析結果

3.1 統計的手法による有意性評価

今回の分析では、例えば道床種別や曲線区分等の時系列に変化しない情報（以下、属性と呼ぶ）による劣化速度への影響度について、表3のとおり仮説を設定した。その上で、各属性が劣化速度の違いに与える影響の有意性について検証を行うこととした。

分析結果において、「仮説と一致した属性」の例を図4に示す。この場合、カントが大きい程少ない経過時間で損傷度ランクが大きくなる、すなわち劣化速度の進行がはやいことがわかる。

一方、「仮説と逆転した属性」の例を図5に示す。このケースでは、通過トン数が大きい程、劣化の進行が遅くなるという結果となった。これは、属性のパラメータの影響度合が他の属性に比べてそれほど大きくないからであると考えられる。

全体的な傾向としては、「変化点」が含まれる属性について、劣化速度がはやい傾向が見られた。

3.2 構造物前後区間を用いた分析

次に、変化点とその前後の設備条件をより詳細に区分を行い（図6）、劣化パフォーマンス評価の有意性について分析を行った（図7）。その結果、変化点とその前後20m区間の劣化速度がはやいという結果となった。これにより、走行する車両長（20m）前後における劣化過程の有意性を確認することができた。

4. まとめ

本研究では、現有の管理データを用いて、軌道施設の劣化過程を評価するため、各種分析によりその適用性について検討を行った、具体的には、土木施設の統計的劣化予測モデルとして実績を有するマルコフ推移確率により、軌道状態の劣化過程のモデル化を行った。その上で、標準的な劣化過程を表すベンチマーキング劣化曲線に対して、属性別に劣化速度を相対評価する方法論を提案し分析を行った。

今後は、本研究で得られた知見をもとに、劣化過程評価への適用性やカスタマイズ性について検討を進めていく予定である。

参考文献

1)小濱健吾,岡田貢一,貝戸清之,小林潔司. 劣化ハザード率評価とベンチマーキング,土木学会論文集 A Vol.64 No.4,857-874,2008.11

表3 各属性の仮説例

属性名称	各区分における劣化速度が早い順番
分岐器区分	変化点>分岐器>分岐器以外
道床区分	変化点>道床
道床種別	砕石>無道床>他
勾配上下	下勾配>上勾配>レベル
曲線区分	変化点>曲線>直線
R半径	値が小さいほど劣化がはやい
カント	値が大きいほど劣化がはやい
構造物	土工部>開渠>トンネル>橋りょう
通過トン数	値が大きいほど劣化がはやい
駅区分	変化点>駅>駅以外
踏切区分	変化点>踏切>踏切以外

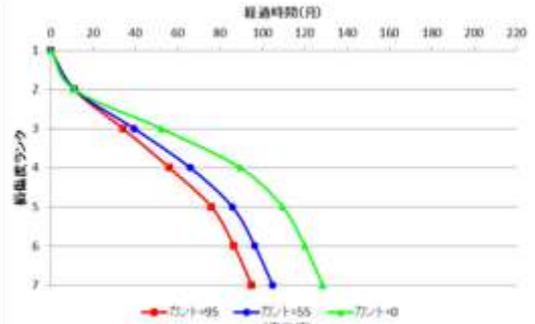


図4 経過時間による劣化曲線（カント）

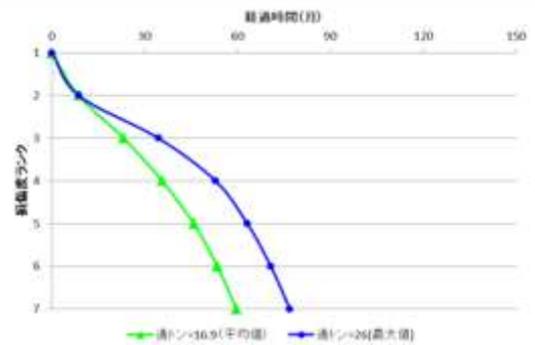


図5 経過時間による劣化曲線（通過トン数）

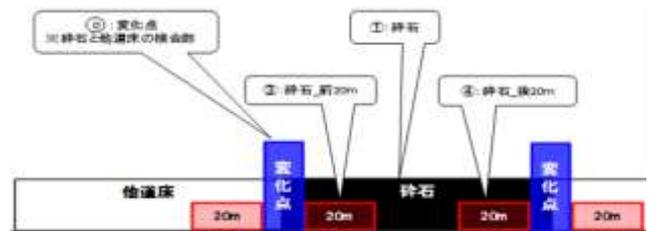


図6 構造物前後区間の条件区分

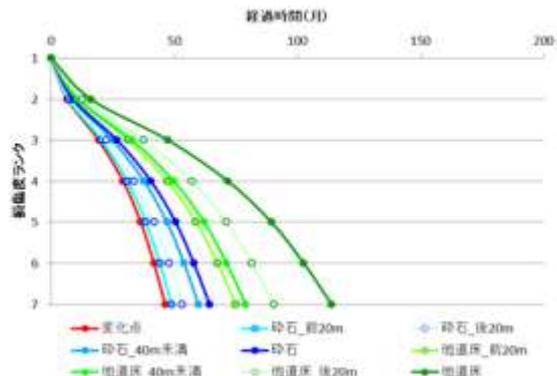


図7 経過時間による劣化曲線（構造物前後区間）