

保守効率性等を考慮した線路等級数およびその等級の検討法

鉄道総合技術研究所 正会員 ○松本 麻美
正会員 齊藤 大樹
正会員 昆野 修平

1. はじめに

近年、少子高齢化や輸送人員の減少に加え、コロナ禍による運輸収入の減少により効果的な設備投資が求められており、軌道保守・改良施策の経済的な効率性を定量的に分析・評価することで、線区に応じた保守・改良費の適正な配分が必要である。例えば図1に軌道延長当たりの保守費と全線における高低変位標準偏差の推移の例を示す。線区例AとBは同じ線路等級でかつ高低変位の推移も同程度の線区であるが、線区例Aは保守費が一定または微減で高低変位の状態を維持しているのに対し、線区例Bは保守費が増加している。また一般に、軌道変位の保守管理値等は線路等級によって定められており、この線路等級は国鉄時代において、列車の速度・本数、車両性能や保守経済性等により各線区を1～4級線と分類していた。現在もこの線路等級は多くの事業者において継承されており、保守・改良費を配分する際の目安となっている。しかし、この線路等級は頻繁に見直しがなされるものではなく、設定した当初と実情が異なる場合があるのが現状である。また、同一線区であっても区間によって輸送人員等が異なっていることから、区間における実態を考慮して柔軟に線路等級の数およびその等級を定めることが必要である。

そこで、本研究では保守効率性等を考慮して、線路等級数およびその等級を、クラスタ分析により容易に検討する手法を考案した。

2. 分析データと分析手法

ある事業者における8つの線区において、それぞれの保守区分で分割した計20区間を分析対象とする。この20線区に対し、それぞれの通過トン数、線区最高速度、営業収益、営業費、営業係数、平均通過人員、軌道延長、貨物走行の有無、軌道変位、保守費等をパラメータとして分析を行った。なお、ここで

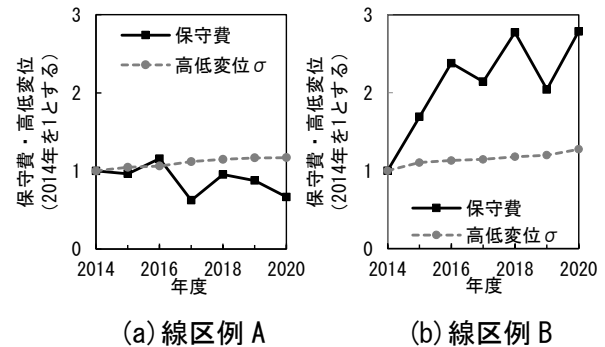


図1 軌道延長当たり保守費と高低変位の推移

営業係数とは、100円の営業収入を得るのに、どれだけの営業費用を要するかを表す指数であり、事業者から開示されている数値を用いた。また貨物走行の有無については、走行線区の場合を1、走行しない線区を0として数量化した。

本分析で用いるクラスタ分析とは、各データが持つ情報に基づいていくつかのまとまりであるクラスタに分類することである。クラスタ分析には大きく分けて階層クラスタ分析と非階層クラスタ分析の2種類の方法がある。前者は個体間の距離や類似度を用いて、段階的にクラスタを結合させて新しいクラスタを構成させていくものであり、後者はあらかじめクラスタ数を指定し、個体を類似するクラスタに振り分けるものである。本分析においては、データ数が比較的少ないことから、クラスタが結合していく過程を確認でき、任意にクラスタ数を設定することができる階層クラスタ分析を用いた。これにより、クラスタ数を線路等級数と読み替えることで、線路等級数を検討することが可能となる。

3. 線路等級数および線路等級の検討法

1) 線路等級数(クラスタ数)の検討

20線区に対して階層クラスタ分析を行った結果として得られた平方和指標を図2に示す。平方和指標は、クラスタの結合が進むに従って増加するもので

キーワード 線路等級, 軌道管理, 保守経済性, 多変量解析, クラスタ分析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 TEL042-573-7277

あり、これを可視化することでパラメータスタディの解釈に役立てることができる。また平方和指標が急減したときのクラスタ数を確認することで、適したクラスタ数を判断することができる。図2には、4つ（年度初高低変位、前年度保守費、貨物走行、営業係数）または8つ（通過トン数、最高速度、営業収益、営業費、営業係数、平均通過人員、軌道延長、貨物走行）のパラメータを用いてクラスタ分析を行った結果（スクリーンプロット）を例として示す。これより、8つのパラメータを用いた場合はクラスタ数が2のときに平方和指標が急減していることから、適切な分類ではないと判断できる。一方4つのパラメータを用いた場合は比較的なだらかに平方和指標が減少している。

以上の結果から、クラスタ分析にあたっては年度初高低変位、前年度保守費、貨物走行、営業係数の4つのパラメータを用いた。また平方和指標より、クラスタ数は3~4つが適切であると考えられることから、本分析では20線区を4つのクラスタに分類した。今回分析対象とした20線区の線路等級と4つのパラメータ値を表1に示す。ここで、同一英字で表記される区間は元々同一の線区であることを示す。

2) 線路等級の検討

3章1)節で定めた条件でクラスタ分析を行い、得られた結果（デンドログラム）を表1の右側に示す。表1のデンドログラム中に示す縦線が、4つのクラスタに分類する線であり、同じレベルで結合されている

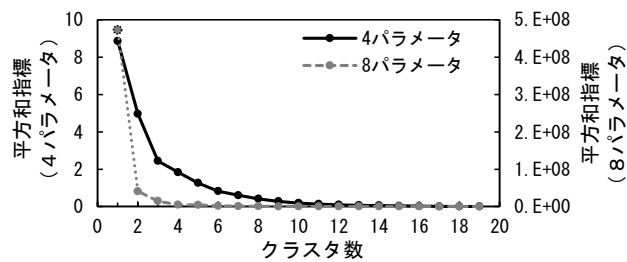


図2 スクリーンプロット

表2 線路等級とクラスタの関係

線路等級	クラスタ (個数)				クラスタ (割合)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
上	4	0	0	0	100%	0%	0%	0%
中	0	3	0	4	0%	43%	0%	57%
下	0	1	6	2	0%	11%	67%	22%

る線区同士が類似している線区と言える。表2は線路等級と今回分類したクラスタの関係を示しており、例えば同じ中級線であってもクラスタ2または4に分類された。これは、クラスタ4に分類された中級線に比べてクラスタ2に分類された中級線は保守費が少なく高低変位も大きいためである。以上のことから、クラスタ4に分類された中級線は保守レベルを下級線程度に落とすことができると考えられる。

4. まとめと今後の課題

クラスタ分析により、保守効率性等を考慮して柔軟に線路等級数および線路等級を検討する手法を考案した。今後は、線路等級別に保守・改良費を分配する手法やその経済効率性の評価法を検討する。

参考文献

- 1) 村瀬洋一他 ; SPSS による多変量解析, (株)オーム社, 2007.

表1 線区概要およびデンドログラム

区間	線路等級	年度初高低変位 σ (mm)	前年度保守費 (百万円)	営業係数	貨物走行	クラスタ
A-1	中	3.35	35	145	無し	4
A-2		3.40	25	173		
B-1		3.67	27	175		
B-3		3.26	45	278		
C-1	下	4.33	19	183	無し	3
C-3		3.38	4	492		
D		3.49	74	218		
B-2		3.30	85	199		
E-3	中	3.05	105	157	有り	2
B-4		3.23	173	175	無し	
E-1		2.94	101	115	有り	
E-4		3.30	127	116		
E-2	3.41	38	106			
E-5	3.26	70	123			
F	下	5.34	37	547	無し	1
C-2		4.44	49	674		
G		6.64	13	320		
H-1		6.25	10	1159		
H-2		6.53	29	1159		
H-3		3.40	15	1159		