

拡張したマハラノビス距離と橋梁健全度評価指標（BHI）との相関に関する考察

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 ○ 阿曾克司
（日本海コンサルタント）

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 近田康夫

1. はじめに

橋梁構造物を予防保全により適切に維持管理しながらできるだけ延命化することを目的としたアセットマネジメントの研究が活発に行われている。

これまで橋梁の健全度評価は、専門家による評価を基本とした計算による算出手法として、加重計算法及び減点法が用いられている。本報告は、橋梁の健全度評価に対して多次元情報を解析する際に利用されているマハラノビスの距離を拡張した形で適用し、考慮する項目の検討及び従来の健全度評価手法との比較考察したものを示す。

2. 橋梁健全度評価の拡張マハラノビス距離（複合距離）の適用について

橋梁点検結果は、多くの検査項目から構成されており多次元情報の集合体と言える。この集合体に対して品質工学の分野で開発されたマハラノビスの距離¹⁾を拡張したMTA法を利用し、これまでとは別の指標として橋梁健全度評価を行った。²⁾ 橋梁診断の場合は異常値に大きな意味があり、その内訳（原因とその構成要素）を詳しく検討すべきであるが、健全度評価のランク付けを簡易に行う意味において、本手法は意義があるものと考えられる。図-1に本手法の概念図及び複合距離算出式を示す。

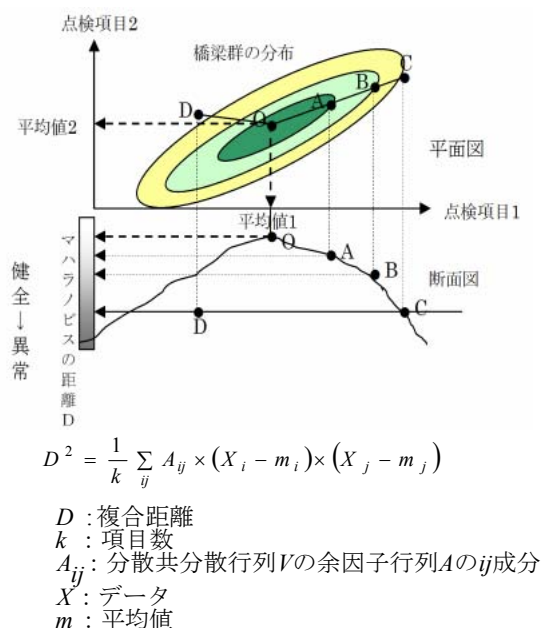


図-1 概念図と複合距離算出式

本手法の特徴は、多くの項目(点検項目以外を含む)を同時に考慮することが可能で、これまで提案されている手法では不可欠な項目毎の重み係数を別途もとめる必要がなく、重み係数を内含した形で評価可能なことである。

3. 検証対象点検データ

使用するデータは I 県が昭和 57 年から 63 年に行った 14 の点検項目から構成される橋梁点検台帳のデータである。

今回の手法適用に際し、点検評価及び健全度評価の点数化を行った。また、点検項目以外の項目として表-1 の追加項目を別途設定し、カテゴリデータとして点数化した(橋長、幅員、橋年令はそのままの値)。

表-1 点検項目と追加項目

点検項目																									追加項目									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25									
項目	橋面舗装	地盤・高欄	床版	床組工	主構	支保	伸縮装置	排水装置	塗装	河床洗掘	躯体変動	安定性（構造）	安定性（材質）	耐震性	橋長	幅員	橋年令	交通量	大型車	形式	塩害の有無	ASRの有無	荷重値	橋下特性	下部工形式									

4. 考慮する項目による距離算出結果の相違

MTA 法を適用し距離を算出した場合、考慮する項目により結果が相違する。そのため、点検項目(14 項目)のみの場合と上記全項目(25 項目)の場合において距離を算出し、比較検討を行った。

(1) 14 項目の場合

表-1 に示した 14 点検項目を解析対象とした場合の結果を図-2 に示す。

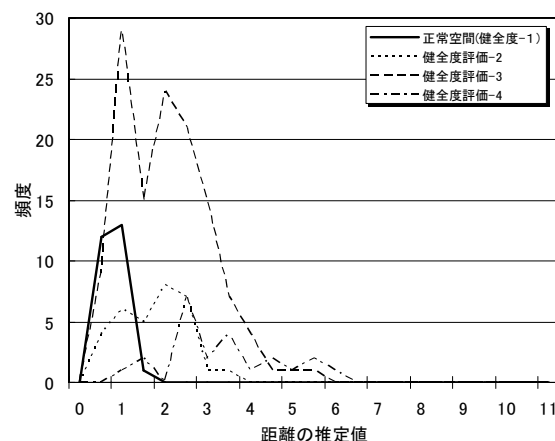


図-2 複合距離と頻度（14項目の場合）

各健全度の分布が大きく重なり、距離による健全度の識別が困難であることが分かった。

キーワード アセットマネジメント、マハラノビス距離、橋梁総合健全度評価、BHI

連絡先 〒921-8042 石川県金沢市泉本町2丁目126番地 株式会社 日本海コンサルタント TEL076-243-8258

(2) 25 項目の場合

表-1 に示した 14 点検項目及び 11 追加項目を解析対象とした場合の結果（距離 - 頻度グラフ）を図-3 に示す。

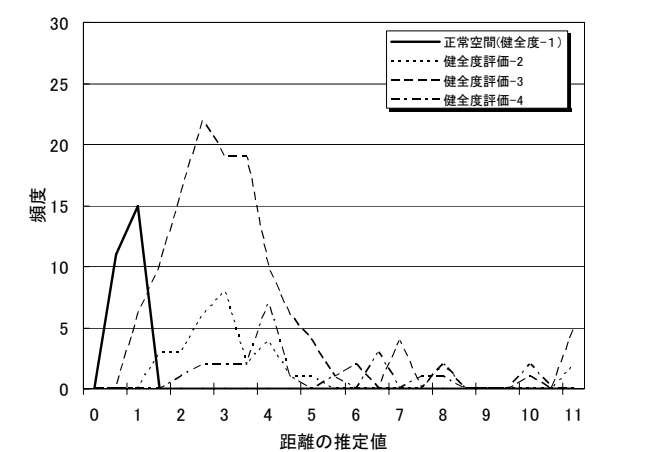


図-3 複合距離と頻度（全25項目の場合）

健全度-3 が、健全度-2 及び健全度-4 を包絡しているものの健全度-1 と健全度-2 は距離の閾値 1.20 で判別可能である。

(3) 考察

以上より、健全度評価を複合距離で表現する場合は、点検項目以外の項目を解析対象として追加するのが望ましいことが分かった。これは今回使用したデータの専門家による健全評価が、点検項目以外の要素を勘案し決定しているものと想定される。なお、既存のデータの問題点として文献³⁾にも同様なことが記載されている。

5. BHI（橋梁健全度指標）との比較

橋梁アセットマネジメントに導入される指標のひとつとして橋梁総合健全度指標（BHI）がある。本報告では、各橋梁に対して算出される BHI と複合距離の比較を行った。

・ 橋梁総合健全度指標BHI (bridge Health index)

$$BHI = \frac{\sum_i (h_i \cdot w_i)}{\sum_i (h_i \cdot w_i)} \times 100$$

ここに、
 h_i : 損傷 i の健全度指標で、劣化予測モデルに基づく任意の時点の値 ($0 \leq h_i \leq 1$)
 w_i : 各部材に対応する重み係数
($w_1 + w_2 + \dots + w_n = 100$)

(1) BHI の算出

表-2 の健全度係数及び表-3 の重み係数を与え、既存の点検データに対して各橋梁の BHI を算出した。

表-2 健全度係数		表-3 部材間の重み係数	
点検結果	健全度係数 hi (%)	部材(部位)	重み係数
1	100	橋面工(地覆・縁石)	0.04
2	75	上部工(主桁・横桁等)	0.38
3	50	上部工(床版)	0.14
4	25	下部工・基礎	0.38
5	0	その他(支承等)	0.06
		合計	1.00

(2) 複合距離と BHI の比較

複合距離と BHI を比較した散布図を図-4 に示す。

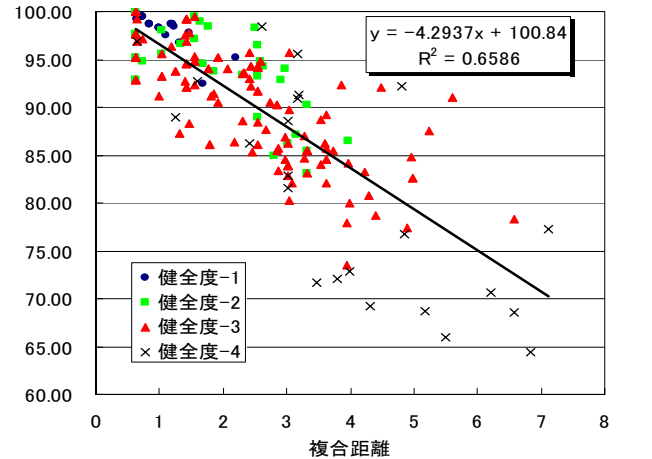


図-4 複合距離とBHI

表-4 相関係数

健全度	健全度-1	健全度-2	健全度-3	健全度-4	全体
相関係数	0.7403	0.4180	0.5860	0.5404	0.6586

これらの全体の相関係

数は 0.6586 と比較的高い

値を示した。表-4 に示す

健全度別相関係数では、

健全度-1 における相関が

最も高く 7 割を超える値

である。次に評価の悪い

ランキングを比較した(表

-5)。20 位までの中に同じ

橋梁が 12 橋入っている。

表-5 ランキング20位

順位	橋梁番号	BHI	橋梁番号	複合距離
1	201	64.38	208	7.1145
2	202	66.00	201	6.8265
3	197	68.63	76	6.5860
4	187	68.75	197	6.5821
5	193	69.25	200	6.2200
6	200	70.63	161	5.6102
7	189	71.63	202	5.5035
8	186	72.13	157	5.2309
9	192	72.88	187	5.1654
10	65	73.50	90	4.9750
11	207	76.75	103	4.9750
12	208	77.25	167	4.9639
13	71	77.38	71	4.8991
14	66	77.88	207	4.8604
15	78	78.38	203	4.8067
16	153	78.75	164	4.4862
17	150	80.00	153	4.3999
18	114	80.25	193	4.3217
19	61	80.75	61	4.2999
20	194	81.50	73	4.2252

健全度-3
健全度-4

6. 結論

項目数の相違による複合距離の比較は、既存の健全度評価が点検項目からのみではなく、専門家の判断として他の項目が含まれた健全度評価がなされており、今回のデータを解析対象とした場合は、項目追加を行った方が良い結果が得られた。どの項目を追加するのがより適切かは、今後の課題である。BHIと点検項目から算出される複合距離は比較的高く、本手法はBHIのように重みを設定する必要のある手法の代用が可能と言える。今後は、本手法の精度を上げる工夫を検討する予定である。

参考文献

1) 鴨下隆志, 田端和人, 岡野晴敏, 高橋和仁, 矢野宏: マハラノビスの距離による多次元情報システムの最適化, 品質工学, Vol.4, No.3, pp54-68, 1996
2) 阿曾克司, 近田康夫: 拡張したマハラノビス距離の橋梁総合健全度への適用, 構造工学論文集, Vol.52A, 2006.
3) 近田康夫, 橋 譲二, 城戸隆良, 小堀為雄: GAによる既存橋梁の補修計画支援の試み, 土木学会論文集, No.513/I-31, pp.151-159, 1994.