

橋梁維持管理システムへのスーパーDEAの適用に関する研究

北海学園大学 正会員 ○小幡 卓司

1. まえがき

我が国におけるインフラ構造物は、いわゆる高度成長期に多数が建設され、供用後 50 年程度以上を経た現在までに十分なメンテナンスを行っていないものが多数ある。したがって、今後の社会の持続的発展には、既設の橋梁構造物の維持管理を強化し、必要に応じた補修を行うことが重要である。効率的・効果的な橋梁構造物のマネジメントを行っていくためには、橋梁維持管理システム（以後、BMS と称す）を利用して様々なパラメータを考慮したアセットマネジメントを実施する必要がある¹⁾。本研究では、包絡分析法²⁾（以後、DEA と称す）と超包絡分析法（以後、SDEA と称す）を用いた解析を行い両者の比較を行ったので、ここに報告するものである。

2. 橋梁維持管理システム

本研究における BMS とは、階層分析法（以後、AHP と称す）による損傷度の数値化、劣化予測による余寿命推定、ユーザーコスト（以後、UC と称す）の算出、橋梁の再建設費用の 4 つのパラメータから DEA を用いて、橋梁構造物を評価し、橋梁構造物の補修順位の意思決定を支援するシステムのことである。

現在の BMS ではパラメータを最終的に評価する方法として DEA を用いている。DEA とは複数のパラメータを数値的に評価し、各データに 0~1 までの数値（D 効率）を与えるものである。本研究で利用する BMS では D 効率が 1.00 に近いほど補修優先順位が低いものとなっている。しかし、DEA はその性質上 2 つの大きな問題を抱えている。DEA は性能の良いデータを基準として他のデータを相対的に評価する手法であるため、基準となるデータに極めて優れたものが含まれていると全てのデータが影響を受け、正確な判断が難しくなる。また、図-1 のように DEA はそれぞれのパラメータを総合的に評価して性能の良いデータをいくつか選出し、それをフロンティアラインとして基準を定める。そして他のデータは、それぞれが最も有利になるように基準となるデータを選択する。したがって、基準として選択され得る性能の良いデータが複数存在する場合、データによって依存する基準が異なるため正確な判断が行えないことになる。

これらの問題を解決するために、現在の DEA を改良した新たな評価方法としてスーパーDEA（以後、sDEA）を適用することが考えられる。本研究では多変数入出力 sDEA の開発、および本研究で取り扱っている BMS にこれを適用させ、BMS の完成度をより高めることを目的としている。

3. SDEA の計算と評価方法

BMS に適用可能と思われる、多変数入出力の場合における DEA の新たな手法について検討を加えた。表-1 のような仮想橋梁の入出力データに DEA を適用させ、表-2 のように D 効率を求めた。その結果、橋梁 D と橋梁 M において共に D 効率が 1.000 と等しくなっており、正確な橋梁の補修順位には疑問が残る結果が得られた。そこで、橋梁 D と橋梁 M のどちらが最も良い性能を持っているかを調べるために、それぞれ順に元のデータから一時削除して残ったデータに対し、さらに DEA を繰り返した。例えば橋梁 D を削除した場合（表-2、太枠部分）において、橋梁 D に依

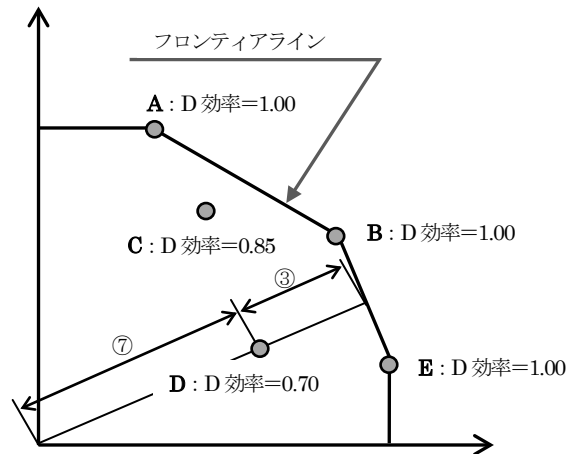


図-1 DEA 効率の求め方の概念 (2 変数時)

表-1 仮想橋梁の入出力データ

橋梁名	入力	出力		
	損傷度	再建設費用	UC	余寿命
A	0.031	20.143	174.059	23
B	0.097	22.085	193.633	31
C	0.046	16.227	215.613	28
D	0.026	20.087	175.396	42
E	0.040	15.109	227.469	34
F	0.062	19.205	169.826	45
G	0.075	17.325	206.338	29
H	0.064	14.632	249.767	51
I	0.032	20.569	210.309	37
J	0.064	20.146	198.514	42
K	0.088	13.695	278.646	19
L	0.039	16.238	157.116	50
M	0.057	17.598	189.754	27
N	0.038	15.664	230.545	23
O	0.046	21.366	244.871	48

キーワード 維持管理, アセットマネジメント, DEA, SDEA

連絡先 〒064-0924 札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 1-1 北海学園大学 工学部 社会環境工学科 TEL : 011-841-1161

表-2 D 効率の計算結果

橋	D効率	橋梁Dを削除		橋梁Mを削除	
		D効率	増加量	D効率	増加量
A	0.845	0.845	0.000	0.880	0.035
B	0.296	0.349	0.054	0.296	0.000
C	0.667	0.667	0.000	0.695	0.028
D	1.000	-	-	1.000	0.000
E	0.812	0.821	0.009	0.843	0.031
F	0.449	0.593	0.144	0.449	0.000
G	0.391	0.391	0.000	0.408	0.016
H	0.570	0.668	0.098	0.579	0.008
I	0.949	1.000	0.051	0.974	0.026
J	0.455	0.549	0.095	0.460	0.005
K	0.451	0.451	0.000	0.469	0.019
L	0.794	1.000	0.206	0.794	0.000
M	1.000	1.000	0.000	-	-
N	0.863	0.863	0.000	0.899	0.036
O	0.775	0.882	0.107	0.789	0.014
		合計	1.765	合計	1.219

表-3 D 効率の計算結果 (橋梁 D は除く)

橋	D効率	橋梁Iを削除		橋梁Lを削除		橋梁Mを削除	
		D効率	増加量	D効率	増加量	D効率	増加量
A	0.845	0.845	0.000	0.845	0.000	0.903	0.059
B	0.349	0.349	0.000	0.349	0.000	0.354	0.005
C	0.667	0.667	0.000	0.667	0.000	0.713	0.046
D	-	-	-	-	-	-	-
E	0.821	0.834	0.013	0.821	0.000	0.865	0.044
F	0.593	0.616	0.023	0.628	0.034	0.593	0.000
G	0.391	0.391	0.000	0.391	0.000	0.419	0.027
H	0.668	0.701	0.032	0.689	0.021	0.668	0.000
I	1.000	-	-	1.000	0.000	1.000	0.000
J	0.549	0.580	0.031	0.568	0.018	0.549	0.000
K	0.451	0.451	0.000	0.451	0.000	0.482	0.031
L	1.000	1.000	0.000	-	-	1.000	0.000
M	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	-	-
N	0.863	0.863	0.000	0.863	0.000	0.923	0.060
O	0.882	0.930	0.047	0.902	0.020	0.882	0.000
		合計	0.146	合計	0.094	合計	0.272

存していた橋梁は、橋梁 D を削除後、それよりも少し性能の悪い橋梁に依存することになるため、D 効率が増加する。本研究では、D 効率の増加に着目し、D 効率の変化量の合計が大きい橋梁ほど、他の橋梁に与えている影響が大きいと考えられることから、D 効率の変化の割合の合計が大きいほど性能の良い橋梁であると判断することができる。表-2 の場合では橋梁 D の方が橋梁 M よりも D 効率の増加量が大きいため、今回の仮想データの中で最も性能が良い橋梁は橋梁 D であることがわかる。次に橋梁 D を削除した残りの 14 個のデータから表-3 のように DEA を繰り返す。

データが最後の 1 個になるまで同様の処理を繰り返すことで、橋梁の正確な補修順位を決定することが可能となる。15 個のデータ全ての順位を決定した結果を表-4 に、解析過程を図-2 に示す。

4. あとがき

表-4 の結果から SDEA を使用した場合と従来の DEA を用いた場合とでは、決定した補修順位に違いがみられる。結果的に DEA の D 効率と SDEA のそれを比較しても異常な順位変動は見受けられない。したがって、この結果は従来の DEA の有意集合への依存性や、特異データの影響などの問題点を解決したために現れた順位変動であると推測可能であり、本研究で検討した SDEA は、単位系の異なる多変数入出力を有する BMS への高い適用性を有すると考えられる。

【参考文献】

- 1) 小幡卓司：橋梁の損傷度・余寿命およびUCと再建設費用を考慮したBMS構築に関する研究，土木学会論文集A, Vol 64, 2008.6, pp.488-501.
- 2) 刀根薫：経営効率性の測定と改善 一包絡分析法 DEA による一，日科技連出版社，1993

表-4 SDEA と DEA との比較

SDEAによる算出			従来のDEAによる算出		
順位	橋梁名	初期D効率	順位	橋梁名	初期D効率
1位	D	1.000	1位	D	1.000
2位	M	1.000	1位	M	1.000
3位	I	0.949	3位	I	0.949
4位	A	0.845	4位	N	0.863
5位	O	0.775	5位	A	0.845
6位	L	0.794	6位	E	0.812
7位	E	0.812	7位	L	0.794
8位	N	0.863	8位	O	0.775
9位	C	0.667	9位	C	0.667
10位	H	0.570	10位	H	0.570
11位	J	0.455	11位	J	0.455
12位	F	0.449	12位	K	0.451
13位	G	0.391	13位	F	0.449
14位	K	0.451	14位	G	0.391
14位	B	0.296	15位	B	0.296

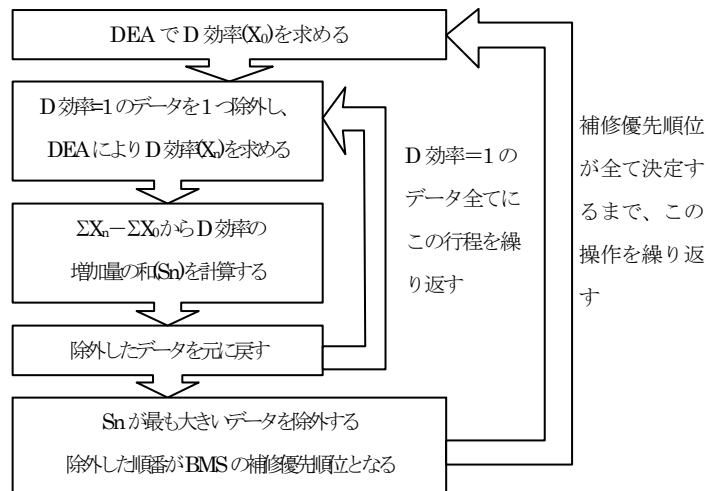


図-2 SDEA の解析過程