

大阪府立大学工業高等専門学校総合工学システム専攻○倉谷 太以地
大阪府立大学工業高等専門学校総合工学システム学科 小幡 卓司

1. ま え が き

我が国における橋梁構造物は、高度成長期に建設されたものが多くあるため、現在供用後 50 年を超えるものが急増している。したがって今後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り、国土交通省では CIM の導入も検討されている¹⁾。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）を利用してアセットマネジメント的要素を総合的に判断して意思決定支援を行うことが理想であると思われる。本研究では、同一の活動であれば単位の異なる各種パラメータを用いて、順位付けが可能な包絡分析法（以後、DEA と称す）ならびにスーパー包絡分析法（以後、SDEA と称す）を用いて BMS への適応の可能性について検討を行ったので、ここに報告するものである。

2. DEA と SDEA

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^{2,3)}。著者らの現状の 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 に近いほど健全性が高いと判断し、補修優先順位は低くなる。しかし、DEA はその性質上 2 つの大きな問題を抱えている。まず、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ため、D 効率が複数 1.0 となる場合がある。その結果、他活動は、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。

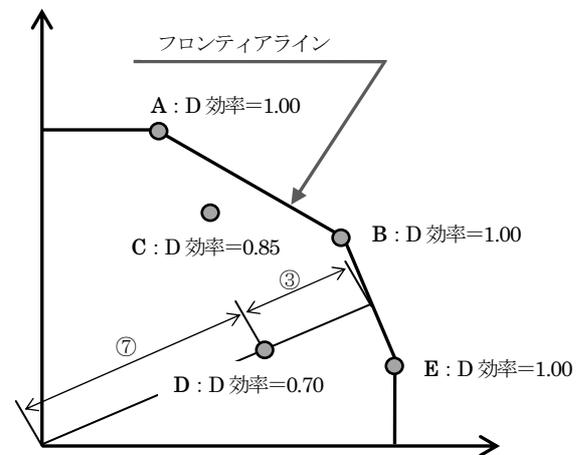


図-1 DEA 効率の求め方の概念 (2 変数時)

表-1 仮想橋梁の入出力データ

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

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 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の SDEA 計算方法の開発を行い、従来の DEA を用いている BMS と比較検討し、より信頼性の高い BMS の開発を目的とする。

3. SDEA の 計 算 と 評 価 手 法

上述の通り、BMS に適用することができ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 のような D 効率を求めた。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、この結果では正確な橋梁の補修順位が決定できない。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。例えば表-2 の太枠部分のように橋梁 D を削除した

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

場合において、橋梁 D に依存していた橋梁は、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。D 効率の増加に着目し、D 効率の増加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 効率の増加量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 を行う。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できる。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。

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

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。特に中程度の D 効率を有する橋梁は、それなりの順位の変化が生じており、例えば従来の 4 位であった N 橋が、8 位になるなど、有意な変化が認められる。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でき、本研究で検討した SDEA は、単位系の異なる多変数入出力を必要とする BMS への高い適用性を有すると考えられる。

【参考文献】

- 1) CIM (Construction Information Modeling)の導入検討について、国土交通省情報化施工推進会議、平成 24 年 8 月
- 2) 小幡卓司、大野良輔：橋梁構造物のライフサイクルにおける地球温暖化環境負荷の定量的評価に関する研究、土木学会論文集 A, Vol. 62, No. 2, 2006, 4, pp191-203.
- 3) 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.

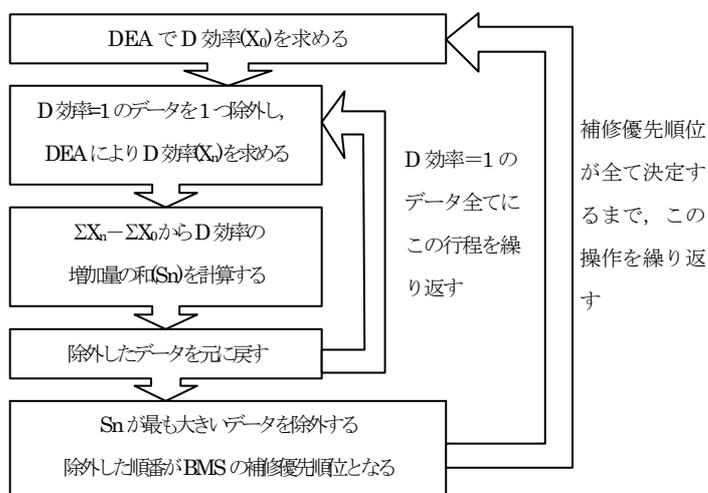


図-2 SDEA の解析過程