

データ包絡法による魅力分析の数値計算特性

九州共立大学工学部 学生員 井上 太
九州共立大学大学院 正会員 三原 徹 治
九州共立大学大学院 学生員 當間 亮
第一復建(株) 正会員 千々岩浩巳

1. はじめに

ある標本集団を構成する各標本は、通常ある最適性規準によってその最適性の度合いを判定される。しかし比較要因が複数存在するときにはその最適性規準の設定そのものが困難を極める。このような場合に、あえて特別な最適性規準を選定せず、標本集団を構成する各標本の他の標本との相対的な評価を用いて特徴的な標本を抽出する一手法としてデータ包絡解析法(Data Envelopment Analysis: DEA)がある¹⁾。DEAは最終的に線形計画問題(Linear Programming: LP)として定式化され取扱いが容易であることから種々の魅力分析に適用可能であるが、その解析計算には多くの制約がある。

本研究は、九州内の夜景のビューポイントを対象としたデータを対象に、そのデータの与え方がDEA解析結果に及ぼす影響について数値実験を行い、その数値計算特性について検討したものである。

2. DEAの概要

ある標本集団にDEAを適用するためには全K個の比較対象の要素(イベント)があるとき、それぞれのイベントごとに全I+J個の評価項目に関する定量的な数値データが準備されていることが必要である。ここに、Iは最小化したい(その値が小さい方が望ましい)評価項目の総数であり、Jは最大化したい(その値が大きい方が望ましい)評価項目の総数である。k番目のイベントが他のイベントに比べてどのような特色を有しているかを総合的に判定する指標として

D効率と呼ばれる量 θ^k が式(1)のような比率尺度として定義される。ここで、 x_i^k 、 v_i^k はそれぞれk番目のイベントのi番目の最小化項目値とその重み係数、 y_j^k 、 u_j^k はそれぞれk番目のイベントのj番目の最大化項目値とその重み係数である。最小化および最大化項目値 x_i^k 、 y_j^k はデータとして与えられるので、各イベントがその特色を最大限にアピールする重み係数 v_i^k と u_j^k を決定する必要がある。このため、式(1)で表されるD効率の最大化問題として式(2)のような分数計画法問題が定義される。

$$\theta^k = \frac{\sum_{j=1}^J u_j^k y_j^k}{\sum_{i=1}^I v_i^k x_i^k} \quad (1)$$

$$\text{maximize } \theta^d = \frac{\sum_{j=1}^J u_j^d y_j^d}{\sum_{i=1}^I v_i^d x_i^d} \quad (2a)$$

subject to

$$\frac{\sum_{j=1}^J u_j^d y_j^d}{\sum_{i=1}^I v_i^d x_i^d} \leq 1 \quad (k=1,2,\dots,K) \quad (2b)$$

$$u_j^d \geq 0 (j=1,2,\dots,J), v_i^d \geq 0 (i=1,2,\dots,I) \quad (2c,d)$$

式(2)はd番目のイベントのD効率 θ^d の最大化問題を示しているが、d番目のイベント以外のイベントにとって式(2b)左辺の値が1を越えるような重み係数 y_j^k 、 u_j^k がある場合でもその値が1以下となるような重み係数値に制限するとともに、式(2a)に示す目的関数が制約条件の一部に含まれることにより自らのD効率も1を超えないように上限を設定している。これにより、目立ちにくい特色や一芸に優れたものなど個性的なものに最高の評価を与えることができる。なお、分数計画法問題である式(2)は、目的関数(式(2a))の分母=1とし、制約条件式(2b)については正值条件より左辺分母部分を両辺にかけて移項することによってLPに変換することができ、容易に解くことができる。

3. 数値実験による計算特性の分析

式(2)から明らかなようにDEAは相対的な比率尺度を用いて各イベントを評価するものである。いずれも1つ以上の最大化項目と最小化項目を準備しなければならない。表-1に示す九州内の夜景のビューポイントキーワード：データ包絡法(DEA)、魅力分析、数値計算特性

連絡先：〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8 Tel093-693-3230

トに関するデータは、イベント総数 $K=37$ 、評価項目数 $=5$ であるが、いずれの評価項目も最大化項目（大文字アルファベット）としても最小化項目（小文字アルファベット）としても DEA 解析に用いることができる。ここでは最大化項目数 $J=4$ 、最小化項目数 $I=1$ とし、最小化項目とする評価項目を順次変化させた解析を行った。例えば、評価項目「美しさ」を最小化項目とする場合には「ABcDE」と表記している。得られた D 効率値も表-1 に併せて示し、D 効率値 $=1$ の特徴的と判定されたケースは白抜き表示している。

全く同じ意味を有するデータを用いているにもかかわらず最小化項目に用いる評価項目が変化すると特徴的と判定されるイベントにかなり違いがあることが認められる。これは式(2a)および(2b)の分母すなわち正規化の基準が変化し、それに伴って最適化問題の解空間が変化したためと考えられ、安定的な解析結果を得るための何らかの方策を講じる必要があることがわかる。

表-1 数値実験データと計算結果

EN	名 称	交 通		駐 車 場		美しさ		雰 囲 気		施 設 数		計 算 結 果				
		A	a	B	b	C	c	E	e	D	d	ABCD _e	ABCd _e	ABcDE	AbCDE	aBCDE
1	皿倉山	4.0	-1.0	3.0	-2.0	5.0	-0.1	4.0	-1.0	5	-5	0.400000	1.000000	1.000000	0.075000	0.160000
2	高塔山公園	3.0	-2.0	1.0	-4.0	4.0	-1.0	4.0	-1.0	5	-5	0.400000	0.933333	0.100000	0.037500	0.050000
3	めかり公園	4.0	-1.0	5.0	-0.1	3.0	-2.0	3.0	-2.0	1	-9	0.222222	0.833333	0.057143	1.000000	0.166667
4	風師山	1.0	-4.0	1.0	-4.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	1	-9	0.111111	0.133333	0.016667	0.017046	0.015000
5	福岡タワー	5.0	-0.1	1.0	-4.0	3.0	-2.0	4.0	-1.0	6	-4	0.625000	1.000000	0.062500	0.038636	1.000000
6	油山(片江山展望台)	2.0	-3.0	1.0	-4.0	4.0	-1.0	3.0	-2.0	1	-9	0.177778	0.400000	0.075000	0.027778	0.033333
7	油山(椿守の森)	1.0	-4.0	0.1	-5.0	2.0	-3.0	4.0	-1.0	0	-10	0.200000	0.400000	0.033333	0.026667	0.025000
8	愛宕神社	4.0	-1.0	1.0	-4.0	4.0	-1.0	3.0	-2.0	2	-8	0.250000	0.444444	0.100000	0.027778	0.100000
9	生松台中央公園	5.0	-0.1	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2	-8	0.312500	0.333333	0.041667	0.041667	0.813688
10	高良山	3.0	-2.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	3.0	-2.0	0	-10	0.150000	0.357143	0.025000	0.033333	0.043750
11	展望公園	1.0	-4.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	3.0	-2.0	2	-8	0.187500	0.333333	0.025000	0.034849	0.021875
12	八女中央大茶園	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2	-8	0.125000	0.222222	0.019048	0.024242	0.027123
13	佐賀県庁	5.0	-0.1	2.0	-3.0	3.0	-2.0	2.0	-3.0	2	-8	0.312500	0.333333	0.062500	0.041667	1.000000
14	九千部山	0.1	-5.0	2.0	-3.0	3.0	-2.0	3.0	-2.0	2	-8	0.187500	0.333333	0.037500	0.034849	0.020000
15	天山	1.0	-4.0	2.0	-3.0	3.0	-2.0	2.0	-3.0	2	-8	0.150000	0.222222	0.028571	0.025926	0.025000
16	日の隈山	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2	-8	0.125000	0.222222	0.019048	0.024242	0.027123
17	鍋冠山公園	3.0	-2.0	1.0	-4.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2	-8	0.187500	0.200000	0.025000	0.018750	0.030000
18	公園道路	3.0	-2.0	1.0	-4.0	1.0	-4.0	3.0	-2.0	1	-9	0.166667	0.300000	0.018750	0.025000	0.037500
19	風頭公園	4.0	-1.0	0.1	-5.0	3.0	-2.0	2.0	-3.0	2	-8	0.250000	0.266667	0.050000	0.020000	0.075000
20	唐八景公園	4.0	-1.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2	-8	0.250000	0.285714	0.033333	0.033333	0.081369
21	弓張岳展望台	5.0	-0.1	1.0	-4.0	4.0	-1.0	4.0	-1.0	5	-5	0.500000	1.000000	0.125000	0.037500	1.000000
22	琴ノ尾岳	3.0	-2.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	3.0	-2.0	2	-8	0.187500	0.357143	0.025000	0.034849	0.043750
23	金峰山	1.0	-4.0	0.1	-5.0	3.0	-2.0	2.0	-3.0	0	-10	0.120000	0.200000	0.025000	0.015556	0.018750
24	花岡山	4.0	-4.0	0.1	-5.0	4.0	-1.0	3.0	-2.0	0	-10	0.200000	0.444444	0.100000	0.022222	0.100000
25	十文字原展望台	4.0	-1.0	1.0	-4.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	1	-9	0.222222	0.266667	0.033333	0.025000	0.060000
26	別府湾 SA	4.0	-1.0	1.0	-4.0	1.0	-4.0	3.0	-2.0	6	-4	0.500000	0.500000	0.025000	0.030682	0.100000
27	平和記念塔	5.0	-0.1	3.0	-2.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	0	-10	0.250000	0.380952	0.041667	0.062500	1.000000
28	ラクテンチ	5.0	-0.1	3.0	-2.0	1.0	-4.0	2.0	-3.0	0	-10	0.250000	0.380952	0.031250	0.062500	1.000000
29	霊山展望台	1.0	-4.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	0	-10	0.100000	0.222222	0.019048	0.022222	0.020000
30	霊山	0.1	-5.0	0.1	-5.0	2.0	-3.0	3.0	-2.0	0	-10	0.150000	0.200000	0.025000	0.020000	0.015000
31	大分県庁舎	5.0	-0.1	3.0	-2.0	1.0	-4.0	2.0	-3.0	3	-7	0.357143	0.380952	0.031250	0.062500	1.000000
32	田ノ浦海岸	5.0	-0.1	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2	-8	0.312500	0.333333	0.041667	0.041667	0.813688
33	金御岳展望台	4.0	-1.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	3.0	-2.0	2	-8	0.250000	0.428571	0.033333	0.034849	0.087500
34	城山公園	5.0	-0.1	2.0	-3.0	3.0	-2.0	4.0	-1.0	4	-6	0.416667	1.000000	0.062500	0.048485	1.000000
35	川辺峠	5.0	-0.1	2.0	-3.0	2.0	-3.0	3.0	-2.0	2	-8	0.312500	0.500000	0.041667	0.041667	0.875000
36	高岡公園	4.0	-1.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2.0	-3.0	2	-8	0.250000	0.285714	0.033333	0.033333	0.081369
37	稲佐山	4.0	-1.0	5.0	-0.1	5.0	-0.1	2.0	-3.0	8	-2	1.000000	0.555556	1.000000	1.000000	0.215790

参考文献 1)佐藤辰彦,三原徹治ほか:データ包絡解析法を用いた魅力分析に関する基礎的考察,平成13年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集,第1分冊,pp.A144-A145, 2002.3.