

北海道大学大学院工学研究科 学 生 員 岸 邦宏  
 北海道大学大学院工学研究科 学 生 員 高橋 卓也  
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 加賀屋誠一  
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 馨一

## 1. はじめに

これまでの交通計画の代替案の評価手法としては、費用便益分析が多く用いられてきた。しかし近年、過度の車依存交通による弊害として環境問題が顕在化してきており、費用便益分析ではこれらの社会・環境といった要素を十分に評価しがたい状況になっている。

一方で、交通のモビリティの向上と環境への負荷を抑えることを両立することは難しく、いかに効率的に計画するかが求められる。そこには企業の経営活動の効率化と通じるものがあると考えられる。

そこで本研究では、企業の経営活動の評価に用いられる包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)を適用し、エネルギー、環境、社会、経済等の複数の評価基準を取り入れて、都市交通水準を総合的に評価する方法を提案する。

## 2. 包絡分析法

### (1)CCR モデル

CCR (Charnes Cooper Rhodes)モデルは、DEAの枠組に基づいた最も基本的なモデルである。いま、 $n$ 個のDMUがあり、 $m$ 個の入力項目と $s$ 個の出力項目が選定され、任意のDMUである $DMU_0$ の入力データを $x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0}$ 、出力データを $y_{10}, y_{20}, \dots, y_{s0}$ とする。さらに入力項目間のウェイトを $v_i$  ( $i=1, \dots, m$ )、出力項目間のウェイトを $u_r$  ( $r=1, \dots, s$ )とすると、次式に示す分数計画問題に定式化され、一般には(1)~(4)を解くことによって最適解を求める。

$$\text{目的関数 } \max \theta = \frac{u_1 y_{10} + u_2 y_{20} + \dots + u_s y_{s0}}{v_1 x_{10} + v_2 x_{20} + \dots + v_m x_{m0}} \quad (1)$$

$$\text{制約式 } \frac{u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j=1, \dots, n) \quad (2)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad (3)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \quad (4)$$

(1)~(4)の最適解を $(v^*, u^*)$ とし、目的関数を $\theta^*$ とするとき、

a.  $\theta^*=1$  ならば DMU<sub>0</sub> は D 効率的

b.  $\theta^*<1$  ならば DMU<sub>0</sub> は D 非効率的

であるという。

また、各 DMU の最適ウェイトにその DMU のデータをかけ合わせた値を加重入出力値といい、この値をみることにより、その DMU がどの評価項目に優れ、どの項目に弱い部分を持つのがわかる。

### (2)Inverse DEA

Inverse DEA とは、DEA とは逆に最も不利なウェイトづけを行って評価する方法である。

Inverse DEA では L 効率値が評価指標となっている。この L 効率値が 0 のとき L 非効率的といい、0 以外のとき L 効率的という。

## 3. 都市交通モビリティの評価項目

DEA を用い、全国の 9 主要都市における都市交通モビリティを評価した。

評価にあたっては、都市交通水準の指標が以下の 4 つのものであると仮定し、それぞれ定義した。

### (1)モビリティ(トリップ・km/千人 h)

$$= \Sigma ((\text{各交通モードの平均速度 km/h}) \times (\text{各交通モードのトリップ数}) \times 1000 / \text{人口})$$

### (2)費用(百万円/千人)

$$= ((\text{道路} \cdot \text{都市計画街路事業費}) + (\text{公共交通事業費})) \times 1000 / \text{人口}$$

### (3)環境への負荷(トリップ・トン/十億人 km)

$$= \Sigma ((\text{各交通モード CO}_2\text{排出量原単位(トン/十億人 km)}) \times (\text{各交通モードのトリップ数}))$$

### (4)安全性(千人あたりの交通事故死者数)

キーワード: DEA、モビリティ、効率性

連絡先: 〒060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目、TEL 011-706-6217、FAX 011-726-2296

$$=(\text{年間交通事故死者数}) \times 1000 / \text{人口}$$

以上のような条件で各都市の評価項目を算出した。

#### 4. DEA によるモビリティの効率性評価

##### (1) DEA 解析結果

入力に費用と環境負荷と安全性、出力にモビリティを投入した DEA 解析を行った。

表 1 に、DEA 解析による D 効率値と Inverse DEA による L 効率値の 2 指標の組み合わせによる解析結果を示す。

表 1 DEA 解析結果

| 都市名  | D 効率値  | L 効率値  | 分類 |
|------|--------|--------|----|
| 横浜市  | 1      | 0.7169 | A  |
| 札幌市  | 1      | 0.5925 | A  |
| 神戸市  | 0.8361 | 0.4345 | B  |
| 大阪市  | 0.8063 | 0.5422 | B  |
| 名古屋市 | 0.7844 | 0.4670 | B  |
| 京都市  | 0.7256 | 0.1317 | B  |
| 北九州市 | 0.7068 | 0.2924 | B  |
| 福岡市  | 0.3799 | 0.1378 | B  |
| 川崎市  | 0.2806 | 0      | D  |

DEA と Inverse DEA を組み合わせることにより、各都市は次のように分類できる。

A: 全ての項目に対し欠点が無くかなり優れた交通要素を持つ都市

B: いくつかの項目に対しては、かなり優れた交通要素を持つ都市

C: 全ての項目に対し欠点の少ない都市(表になし)

D: いくつかの項目に対し、欠点のある都市

##### (2) 加重入力値からの分析

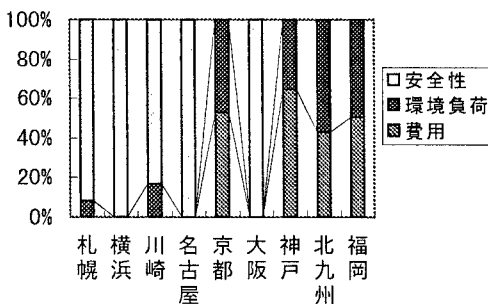


図 1 加重入力値の割合

図 1 は DEA による各都市の加重入力値の割合を示したものである。これにより各都市がどの評価項

目に重きを置いて効率性を評価したのかがわかる。ここでは、札幌・横浜・川崎・名古屋・大阪のように安全性において優れている都市、また京都・神戸・北九州・福岡のように環境負荷、費用において優れている都市の 2 つのグループに分けられる。各都市は、それぞれのグループの中で最も D 効率値の高い都市を目標として、改善策を立案するという方針を得ることができる。

#### 5. D 非効率都市への改善案

DEA の D 効率値で非効率と判断された都市については、さまざまな改善案が考えられる。ここではその一例として、モビリティは一定であるという条件での他の指標の改善量を表 2 に示す。

表 2 D 非効率都市の効率化への改善量

| 都市名  | 費用<br>(百万円/千人)    | 環境( $\times 10^3$ )<br>(トリップ・トン/十億人 km) | 安全性<br>(千人あたりの死者数) |
|------|-------------------|-----------------------------------------|--------------------|
| 神戸市  | -15.89<br>(16.4%) | -1.46<br>(16.4%)                        | -3.01<br>(46.1%)   |
| 大阪市  | -76.67<br>(51.7%) | -12.80<br>(38.2%)                       | -1.21<br>(19.4%)   |
| 名古屋市 | -49.78<br>(41.7%) | -17.81<br>(46.9%)                       | -1.35<br>(21.6%)   |
| 京都市  | -19.13<br>(27.5%) | -2.88<br>(27.5%)                        | -5.07<br>(66.1%)   |
| 北九州市 | -19.06<br>(29.3%) | -4.26<br>(29.3%)                        | -4.17<br>(59.6%)   |
| 福岡市  | -72.28<br>(62.0%) | -12.00<br>(62.0%)                       | -4.63<br>(66.1%)   |
| 川崎市  | -57.15<br>(78.2%) | -11.54<br>(71.9%)                       | -2.83<br>(71.9%)   |

注) マイナスは減少する必要があることを示す

非効率であるとされる都市では、表 2 のとおり費用、環境への負荷、安全性において減少させることが必要である。しかし、実際には費用の面においての改善は困難である。そこで環境負荷と安全性の改善が 1 つの改善案であると考えられる。近年の環境問題への対策から打ち出されている交通政策として、自動車から公共交通機関への転換が浸透すれば、自動車交通が減少することから安全性と環境が向上し、都市交通水準の改善につながる。

また、費用を抑えるということを考慮すると、公共交通機関への転換に際し、新規の公共交通機関を建設するのではなく、既存の交通施設を効率的に有効利用することが必要である。