

Ⅳ－２ 交通政策の総合評価指標に関する研究*

北海道大学 学生員 高橋 卓也
 北海道大学 正 員 高野 伸榮
 北海道大学 正 員 加賀屋誠一

1. はじめに

交通計画において、代替案の評価手法として「費用便益分析」がよく用いられる。この手法は、計画案の実施に要する「費用」と、それから得られる「便益」を、貨幣換算して、評価をしていくものである。このため、貨幣換算の困難な、社会・環境といったものは除外され、経済的な面ばかりが強調されるものとなる。

しかし、近年、自動車の排ガスなどによる環境悪化が問題となり、エネルギー、環境、社会、経済等の複数の評価基準を交通計画に取り入れた交通政策が必要とされるようになってきた。

また、環境面からばかりでなく、車中心、自動車優先の社会に取り残された層のモビリティの確保といった問題もあり、車利用をする人以外をも考えた公共的、公平な交通計画においても、車から公共交通機関への転換というバランスのとれた総合交通計画を進めなければならない。

そこで、本研究では交通政策を包絡分析法 DEA(Data Envelopment Analysis)によって総合的に評価する方法を提案する。

2. DEA の概要

(1)DEA の概要

一般に事業体の活動は、資源を投入(入力)し便益を産出(出力)する変換過程と見ることが出来る。その際、出力/入力という比率尺度によって事業体(Decision Making Unit; 以下 DMU と略す)の効率性を相対比較するのが DEA の基本的な考え方である。

DEA においては、入力項目間および出力項目間のウェイトは各 DMU 毎に異なってよいものとし、それを決める原則は「その DMU にとって最も好都合

になるように決定する」ということである。したがって、自分の最も得意とする項目に大きいウェイトをつけ、苦手とする項目に小さなウェイトをつけてもよい。ただし、それと同じウェイトで他の DMU も評価し、その効率値が 1 を超えないという制約式を設ける。このことから、DEA は DMU の個性を重要視した評価方法であるといえる。

また、ある DMU が非効率であると判定されたとき、他の DMU と比べてどの程度劣るか、どの点を改善すれば効率的となるかということを具体的に検討することができる。このように、DEA は効率値以外にも様々な情報を与えてくれる。

(2)CCR モデル

CCR (Charnes Cooper Rhodes) モデルとは、DEA の基本的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る。

一般には(1)～(4)と同値である線形計画問題を考え、これを解くことによって最適解を求める。

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

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

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

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

(1)～(4)の最適解を (v^*, u^*) とし、目的関数

*A Study on Comprehensive Evaluation Index of Transportation Policy

by Takuya TAKAHASHI, Shin-ei TAKANO and Seiichi KAGAYA

値を θ^* とするとき、

- a. $\theta^*=1$ ならば DMU₀ は D 効率的
- b. $\theta^*<1$ ならば DMU₀ は D 非効率的

であるという。

いま、DMU₀ が $\theta^*<1$ (D 非効率) のとき、制約式(2)の中にはウェイト (v^* , u^*) に対して等式が成立している j が必ず存在している。そのような j の集合を E_0 とする。集合 E_0 に属する活動は DMU₀ を D 非効率とさせる DMU である。そのため、これを DMU₀ に対する優位集合という。さらに、その優位集合を組み合わせることによって、非効率的な DMU を効率的とさせるための一つの改善案を導出することが可能である。

また、 $v_i^*x_{i0}$ の個々の値により投入全体の中の各入力項目の比重が分かり、これを加重入力値と呼ぶ。同様に $u_r^*y_{r0}$ の値を加重出力値と呼び、これらの値により DMU が得意としている項目を把握することができる。

図 1 に DEA の概念図を示す。この中で優位集合同士によって結ばれる領域を効率的フロンティアと呼び、非効率である DMU はこの効率的フロンティアを目標として改善を考えていくのである。

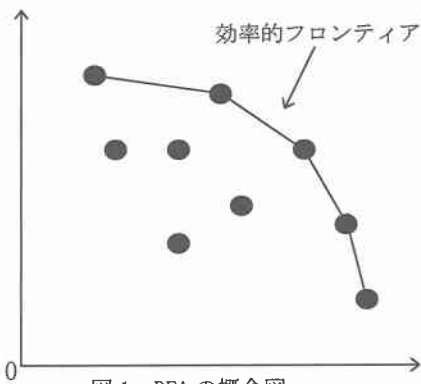


図 1 DEA の概念図

(3) Inverse DEA

DEA は、分析の対象にとって最も有利なウェイトづけを行ってその効率性を評価している。一方、DEA とは逆に分析の対象にとって最も不利なウェイトづけを行って評価する方法も考えられる。このような考えに基づいているのが山田ら⁴⁾によって提案された Inverse DEA 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。この Inverse DEA による加重入出力値を見ることにより、DMU が不得意としている項目を把握することができる。

(4) D 効率値と L 効率値

D 効率値、L 効率値の 2 指標を軸とする平面座標上に各 DMU をプロットすることにより、各 DMU を以下のように分類できる。

- A : D 効率的で、L 効率的であるもの
(効率的な活動を行なっている DMU)
- B : D 効率的で、L 非効率的であるもの
(効率的ではあるが、特殊な活動を行なっている DMU)
- C : D 非効率的で、L 効率的であるもの
(特色の無い活動を行なっている DMU)
- D : D 非効率的で、L 非効率的であるもの
(非効率的な活動を行なっている DMU)

このような分類を行うことにより、各 DMU の特性を大局的に把握することも可能である。

3. 評価手法とその内容

包絡分析法 (DEA) を使い、全国の 11 主要都市における都市交通の水準を評価した。

評価にあたっては、理想的な都市交通の姿というものを次のような状態であると考え分析を進めた。

理想的な都市交通の状態

- 1) 環境への負荷が少ない。
- 2) 都市交通の維持・運営費用が効率的である。
- 3) 交通機関のネットワーク (密度) が充実している。
- 4) 交通機関の配分バランスがとれている。

(1) 評価項目

都市交通を評価する上で考えるべき評価項目は先に述べた様に「環境への負荷」「費用」「交通機関のバランス」「交通ネットワーク」であると考え、これらへの影響度合いのバランスにより都市交通を評価した。

本研究では、これらの評価項目を表すものが次

のものであると仮定し分析している。

- ・環境への負荷：交通における環境への影響を大気汚染と仮定し、No_x排出量をもとに環境影響値とする。
- ・費用：各都市の「道路・都市計画街路事業費」を近似的に各都市の交通運営費用とする。
- ・交通ネットワーク：都市の中に存在する道路、軌道の延長が多いほどハードが充実しているとする。
- ・交通機関のバランス：近年の都市交通が車依存に偏りすぎているとし、交通トリップに公共交通がより多く利用されているならばバランスがとれているとする。

(2) 評価対象都市

全国の主要 11 都市である札幌市、仙台市、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市、広島市、北九州市、福岡市を評価対象とした。

(3) 評価データ

主に都市交通年報からのデータを基にして、次のように各評価項目を定義しデータ化した。

環境への負荷

=No_x対策費 (1.95(円/マイカー人 km)) * (市内移動マイカー利用人数) / (面積)

費用

= (道路・都市計画街路事業費) / (人口)

交通ネットワーク

= (道路実延長*自動車輸送力(人/(h*km))+軌道系実延長*平均軌道系輸送力(人/(h*km))) / (面積)

交通機関のバランス

= (市内公共交通機関トリップ数) / (市内自動車トリップ数+市内公共交通機関トリップ数)

但し、平均軌道系輸送力の原単位は、地下鉄、モノレール・ニュートラム等の交通、ライトレール、バスの単純平均値を、また、No_x対策費はマンハイムの例を用いた。³⁾

以上のようにして算出したデータ一覧を表1に示す。

表1 算出データ

都市名	費用	環境負荷	ネットワーク	バランス
札幌市	72.92	319.51	4.55	0.435
仙台市	68.27	179.66	4.43	0.351
横浜市	49.69	627.63	21.87	0.500
川崎市	63.71	500.52	29.79	0.381
名古屋市	56.41	1359.74	20.53	0.385
京都市	31.90	341.79	6.90	0.349
大阪市	64.82	977.78	31.55	0.436
神戸市	64.72	260.72	11.27	0.522
広島市	69.06	239.12	6.25	0.321
北九州市	61.72	523.44	8.92	0.376
福岡市	90.63	631.02	11.18	0.380

4. DEA 解析結果

(1) DEA 解析結果

表1のデータを用い入力に費用と環境への負荷を、出力に交通ネットワークと交通機関のバランスを投入した DEA 解析をおこなった。

(出力/入力)

= (交通ネットワーク、交通機関のバランス / 費用、環境への負荷)

表2に、D 充足値とL 充足値の組み合わせにより分類分けしたものを示す。

表2 DEA 解析結果

都市名	D 効率値	L 効率値	分類
横浜市	1	0.4968	A
神戸市	1	0.4368	A
川崎市	1	0.2760	A
京都市	1	0.2706	A
大阪市	1	0.1912	A
北九州市	0.6250	0.0881	C
仙台市	0.9758	0	D
名古屋市	0.7908	0	D
札幌市	0.7259	0	D
広島市	0.6705	0	D
福岡市	0.4767	0	D

DEA 解析結果による分類分けは、DMU が都市交通であることから、次のような意味付けになると言える。

評価項目とした4項目に対し

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：ある項目に対しては、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無い都市

D：何かの項目に対し少し弱い部分のある都市

(2) D非効率都市の改善案

DEAのD効率値で、非効率と判断された都市についての改善案を表3に示す。

改善量は、余剰にマイナス、不足にプラスの値で示す。

また、現状値からの改善量の割合をパーセンテージで同時に示す。

表3 D非効率都市の効率化への改善量

都市名	費用	環境負荷	ネットワーク	バランス
北九州市	-23.15 (-37.5%)	-193.29 (-37.5%)	0 (0%)	0 (0%)
仙台市	-24.75 (-36.2%)	-4.35 (-2.4%)	3.16 (71.3%)	0 (0%)
名古屋市	-11.80 (-20.9%)	-749.30 (-55.1%)	0 (0%)	0 (0%)
札幌市	-19.99 (-27.4%)	-87.56 (-27.4%)	4.79 (105.5%)	0 (0%)
広島市	-29.26 (-42.4%)	-78.79 (-33.0%)	0.68 (10.9%)	0 (0%)
福岡市	-47.43 (-52.3%)	-330.24 (-52.3%)	0 (0%)	0 (0%)

(3) 改善案からの交通政策への提言

改善として、札幌市の例をとって考える。結果から札幌市では費用と環境への負荷を減らし、交通ネットワークを100%以上増やす必要があると分かる。

交通ネットワークの定義式上、軌道系実延長によってその値が大きく左右されることから自動車依存型のまちである札幌市では公共交通の充実に欠点があり、逆に言えば自動車中心交通であるがために環境への負荷量が大きいといった結果が出ていると読みとれる。費用は、改善の自由度が少ないものであることから、札幌市の交通が理想的な都市交通の姿に近づくには公共交通の充実と利用促進が改善案であると言える。

5. 考察

今回用いた評価項目の定義式では、公共交通の充実と利用を有効に行っている都市についてかなり有利な結果となってしまった傾向がある。

しかし、昨今の都市交通の問題点は、まさに車依存交通の弊害であり、多少、極端な結果ではあるが、都市交通問題の解決の核心を反映しているものとも言える。

6. 研究の成果と今後の課題

本研究では、これまで便利さや、費用だけで判断されていた都市交通の評価を考え直し、「環境への負荷」という新しい評価項目を設けて判断評価する手法を提案した。そして、全く単位の異なる評価項目をDEAを用いることによって一括して効率性という尺度で検証することを試みた。

また、非効率と判定された都市には、その改善案を示し、効率的な都市交通になるための可能性を示した。

今後はDEA解析結果の分析を細部にわたって行い、また、評価項目の妥当性やその精度を高めるなどしてさらに研究を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 金谷健太郎：インダーモーダル政策に基づく札幌都市圏の交通計画に関する研究，北海道大学修士論文，1995.
- 2) 北出徹也：包絡分析法による都市公共サービス水準の評価に関する研究，北海道大学修士論文，1995.
- 3) 安部誠治・自治体問題研究所：都市と地域の交通問題，1993.
- 4) 山田善靖，松井知己，杉山学：1992年度日本オペレーションズ・リサーチ学会秋期研究発表会アブストラクト集，1992.