

IV-39

包絡分析法による都市厚生水準の評価に関する研究\*

北海道大学 学生員 北出徹也  
 北海道大学 正 員 高野伸栄  
 北海道大学 正 員 佐藤馨一

1. はじめに

近年、都市の厚生水準を評価する際には、従前までの一人当たり所得といった経済的指標だけでなく、住みやすさや余暇の機会といった非経済的要素を積極的に取り入れることが求められている。そこで最近では経済企画庁の「新国民生活指標」をはじめとして、住民の生活実感と一致するような都市の厚生水準の評価・順位づけが多数行われている。

このような評価においては、どのような評価項目を取り込み、それらの相対的ウェイトをどのように定めるかが大きな問題となる。これまでの評価では観点別の評価にとどめたり、あるいは各評価項目毎のウェイトを任意に定めて1本の評価関数を構築することにより総合評価を行ってきた。

しかしながら、他地域との差異化、差別化が豊かさを考える上でより重要と捉えられている今日においては、これらの画一的な評価だけでは十分ではないと考えられる。むしろこれからは各都市がどのような特性を有しているかを把握し、その個性に基づいて評価することが重要であると考えられる。

そこで本研究では、ORの一手法である「包絡分析法」(Data Envelopment Analysis; 以下DEAと略す)を用いることにより、都市の個性、多様性を踏まえた厚生水準の評価モデルを構築し、各都市に対して改善への目標水準をはじめとする様々な情報を提供することを目的とする。

2. 既存の都市評価法とその問題点

都市評価は現在各種の機関で行われている。特に民間では「住みやすさランキング」などと題して都市の順位づけを行っており、マスコミにもしばしば取り上げられている。また、土木計画学分野においても轟<sup>1)</sup>により厚生水準指標を用いた地域の総合評価手法が構築されている。しかしながら、これら

の評価手法には以下のような問題点が存在している。

a) 総合評価関数による画一的評価の弊害

ほとんどの都市評価では評価項目の総合化を行って総合評価値を求めているが、それらは基本的に1本の評価関数により算出している。これはすべての評価対象を一律の基準によって評価することを意味している。

しかし、各都市にはそれぞれ固有の歴史、文化、風土があり、そこから派生する特性や個性を有している。また、各都市が政策的に特定の分野の施策に力を注ぐ場合もある。したがって、いままでのような画一的な評価では各都市の特性を平準化することになり、それぞれの都市の個性を尊重した評価ができない。

b) 集積のメリットに対する評価が過小

いままでの都市評価で用いられてきた指標には、単位人口当たりの数値を用いたものが圧倒的に多い。そのため、交通アクセスや都市の集積度といった点に関する評価が低くなってしまい、住民の実感とそぐわない面が出ていると考えられる。したがって、人口当たりの比較だけでなく、面積当たりの指標も取り込んでいく必要がある。

これら既存評価法の問題点を克服するために、本研究では、DEAを用いることによって都市厚生水準の評価を行うことを試みた。

3. 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できる。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

\*A Study on Evaluation for Welfare Levels of Cities by Data Envelopment Analysis

by Tetsuya KITADE, Shin-ei TAKANO and Keiichi SATOH

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 の個性を重視した評価方法であるといえる。

また、ある DMU が非効率的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。

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

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

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

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

(1)~(4)の最適解を  $(v^*, u^*)$  とし、目的関数値を  $\theta^*$  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。

いま、DMU<sub>0</sub> 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  $E$  とする。集合  $E$  に属する活動は DMU<sub>0</sub> を D 非効率とさせる DMU である。そのため、これを DMU<sub>0</sub> 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。

## 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<sup>2)</sup>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 効率のという。この Inverse DEA による加重入出力値を見ることにより、DMU が得意としている項目を把握することができる。

## 4. 厚生水準指標の選定

本研究では地方中核都市を分析対象とし、都道府県庁所在地のうち、11 の政令指定都市を除く 36 都市を対象とする。

地域の厚生水準を表す指標については、轟ら<sup>1)</sup>によって図 1 のように体系化されている。本研究ではこの図をもとに、「経済水準」および「地域内状況」の各分野を厚生水準の評価軸と位置づけ、その各分野において最も適当と思われる指標を 1 つ選択して評価を行うこととする。

まず入力項目として①「人口」と②「可住地面積」の 2 項目を用いる。これは 2. でも述べたように、集積度に対する評価が低くなってしまふことを防ぐ

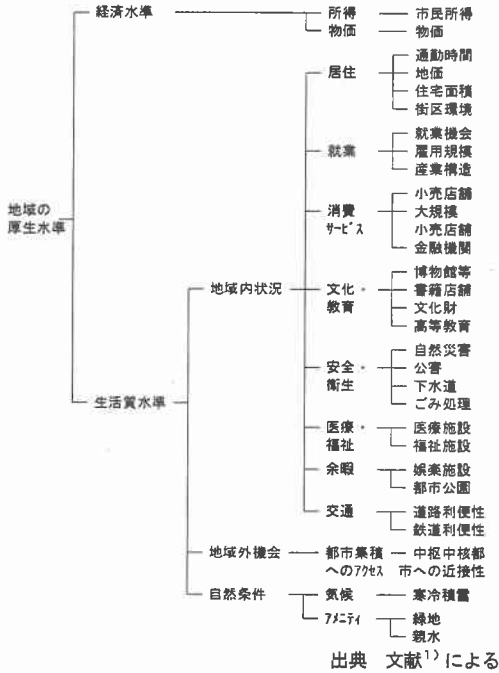


図1 厚生水準の各要素のツリー

表1 出力項目一覧

分野	指標	単位	年度
経済	課税所得	億円	1992年
就業	従業員数	人	1991年
消費サービス	小売店数	店	1991年
文化・教育	大学・短大・高専学生数	人	1994年
安全・衛生	下水道排水区域面積	ha	1993年
医療・福祉	医師数	人	1992年
余暇	都市公園面積	ha	1993年
交通	都市計画道路延長	km	1994年

ことを目的としている。

出力項目としては、図1をもとに検討した結果、表1に示す8項目を取り上げることとした。これらの項目を用いて2入力8出力による分析を行い、都市の厚生水準を評価することとした。

## 5. DEAによる解析結果

### 1) D 効率値とL 効率値

表2は、CCRモデルによるD効率値およびInverse DEAによるL効率値を示したものである。これによると、D効率値1で効率的と判定された都

市は過半数の22都市にも上った。これは、CCRモデルではどれか一つの項目でも優れていれば効率的と判定されるため、評価項目数が多くなればなるほど自分にとって得意な項目が現れる確率が高くなるからである。

同様にL効率値においても、自分にとって不得意な項目が現れる確率が高くなるために、L効率値0というDMUが多数現れている。

また、D効率値、L効率値の2指標を軸とする平面座標上に各都市をプロットすることにより、都市を以下の4つの特性に分類することができる。

- A. 効率的な活動を行っているDMU
- B. 効率的ではあるが、特殊な活動を行っているDMU
- C. 特色のない活動を行っているDMU
- D. 非効率的な活動を行っているDMU

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

### 2) 加重出力値 (DEA と Inverse DEA による)

図2にCCRモデルによる加重出力値を、図3にはInverse DEAによる加重出力値を示す。なお、CCRモデルでD効率値1となった都市およびInverse DEAでL効率値0となった都市については、ウェイトがユニークに定まらないため、ここでは除いてある。

図2では、各都市がどの項目に重きを置いて自らを評価したかを読みとることができる。言い換えると、それは各都市がどの項目において優れているかを示しているということである。同様に、図3は各都市がどの項目で劣っているかを示したものである。このように加重出力値を見ることによって、各都市の特性を視覚的に把握することが可能となる。

表2 D 効率値とL 効率値

都市	D 効率値	L 効率値
青森	0.8146	0
盛岡	1	0.0711
秋田	0.9923	0.0371
山形	0.9623	0.0167
福島	0.848	0
水戸	0.984	0.093
宇都宮	1	0.0142
前橋	1	0.1362
浦和	1	0
新潟	0.9273	0
富山	1	0.1949
金沢	1	0.2225
福井	1	0.2129
甲府	1	0.1714
長野	0.8991	0
岐阜	1	0.1632
静岡	0.9878	0
津	1	0
大津	1	0.0088
奈良	1	0
和歌山	0.8691	0
鳥取	1	0.0312
松江	0.9913	0.089
岡山	0.9373	0.0053
山口	1	0
徳島	1	0
高松	0.9985	0.1231
松山	0.7793	0
高知	0.9693	0
佐賀	1	0
長崎	1	0
熊本	1	0.0383
大分	1	0
宮崎	1	0.0063
鹿児島	1	0
那覇	1	0

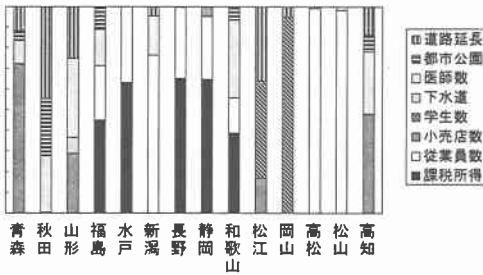


図2 加重出力値 (CCR モデル)

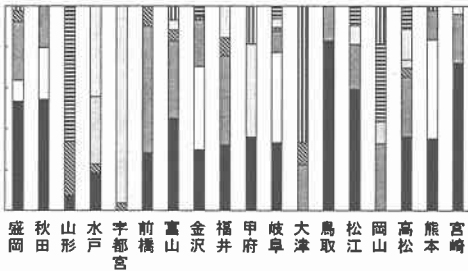


図3 加重出力値 (Inverse DEA)

3)非効率的な都市の改善案

DEA では、非効率的都市を D 効率的にするための一つの入出力改善案が算出される。今回用いた CCR モデルの場合、入力についてはなるべく現状を維持した上で、出力をどれだけ増加させる必要があるかという出力改善型の案を示してくれる。具体的な例として水戸の場合を取り上げて説明する。表 3 に水戸の改善案を示す。

まず、入力項目については余剰はなく、現状値のままよいことがわかる。出力項目の方を見ると、「課税所得」、「従業員数」、「都市公園面積」の

表3 水戸の入出力改善値 (CCR モデル)

	現状値	効率値	余剰不足	割合
入力項目				
人口	242637	242637	0	0.0%
面積	147.43	147.43	0	0.0%
出力項目				
課税所得	3879	3942	63	1.6%
従業員数	150124	152572	2448	1.6%
小売店数	3442	4018	576	16.7%
学生数	7864	9034	1170	14.9%
下水道	1269	2182	913	72.0%
医師数	524	643	119	22.6%
都市公園	233.2	238.73	5.53	2.4%
道路延長	102.4	141.36	38.96	38.1%

3 項目に関しては、ほとんど改善する必要がないことがわかる。これは、図 2 において「課税所得」と「従業員数」のみにウェイトをつけており、この 2 項目を得意としていることから説明できる。

一方、「下水道排水区域面積」については、かなりの改善が必要であることがわかる。また、「医師数」、「学生数」、「都市計画道路延長」、「小売店数」なども改善の必要があることがわかる。これらの項目は図 3 においてウェイトづけされている項目とほぼ一致する。このように、DEA による分析を行うことによって、その効率値が得られるだけでなく、非効率と判定された都市に対しては、その改善目標を提供してくれる。これは各都市にとってかなり有益な情報であると思われる。

しかしながら、表 3 のような改善値はあくまで一つの案であって、これがすべてではない。表 3 の改善値の考え方としては、得意な分野に関してはあまり改善を行わず、不得意な分野について主に改善を行うというスタンスであるが、実際には得意な分野をさらに伸ばすことによって効率的な状態にすることも可能である。

6. おわりに

本研究では、全国 36 の地方中核都市に対して、DEA を用いた厚生水準評価モデルを構築し、その適用可能性の検証を行った。その結果、DEA は都市の特性を重視した評価が可能であるばかりでなく、具体的な改善目標の提示など、自治体にとって有益な情報を提供することができる有用な手法であることを示すことができた。ただ、細部においては検討が不十分な点も残っており、今後はそれらの解消も含め、さらに研究を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 轟朝幸、中村英夫、清水英範、小石川隆太：厚生水準指標による地域の総合評価手法、土木計画学研究講演集 No.17, 1995
- 2) 山田善靖、松井知己、杉山学、山口真保子：DEA モデルに基づく下包絡分析の提案、1992 年度日本オペレーションズ・リサーチ学会春期研究発表会アブストラクト集, 1992
- 3) 刀根薫：包絡分析法 DEA による経営効率の測定と改善、日科技連, 1993