

# DEA による評価値集約法の提案

～首都機能移転問題を事例として～

豊田 祥平（沼田 一道助教授）

## 1. はじめに

日本の首都東京は、人口、経済の過密化、それに伴う地価の高騰、交通渋滞などの深刻な問題を抱えている。この東京とそれ以外の地域の格差、つまり東京の過密化と地方都市の空洞化を解決する打開策として、1990年に首都機能（司法、立法、行政）の移転に関する決議が衆参両院でなされ、1992年に国会等移転に関する法律が制定された。その効用として人口の一極集中の是正、国政全般の改革、迅速な災害対応力の強化が挙げられている。

首都機能を移転するにあたり、1995年に国会等移転調査会で発表された移転候補地（10ヶ所）、選定規準（18項目）について、それぞれの分野の専門家が各選定規準に対する各候補地の評価を行っている。これらは確定値として公表されているが、問題は選定規準のウエイト評価である。こちらに関しては18人の国会等移転審議委員によりウエイト付けが行われており、かなりのバラツキがある。

本研究では、多入力多出力系の相対的な効率を評価する手法である DEA (Data Envelopment Analysis) を用いた首都機能移転候補地の評価方法を提案する。このとき、選定規準のウエイトを集約するために領域限定法を用いる。

## 2. 首都機能移転問題

首都機能移転（国会などの移転）とは、立法（衆参両院）、行政（内閣・中央省庁）、司法（最高裁）の三権の中核機能を東京圏以外の地域に移すということである。1995年に以下のような移転候補地と選定規準が国会等移転調査会で示された。

**移転候補地（10ヶ所）:** a)宮城地域、b)福島地域、c)栃木地域、d)福島・栃木地域、e)茨城地域、f)岐阜・愛知地域、g)静岡・愛知地域、h)三重地域、i)幾央地域、j)三重・幾央地域

**選定規準（18項目）:** ①国土構造改編の方向、②東京の過密の緩和、③文化形成の方向、④新しい情報ネットワークへの対応容易性、⑤大規模災害時の新都市と主要都市間の情報・交通の確保、アクセスの容易性（⑥外国 ⑦東京 ⑧全国）、⑨景観の魅力、移転先候補地の（⑩地震 ⑪火山）災害に対する安全性、⑫土地の円滑な取得可能性、⑬地形の良好性、⑭水害・土砂災害に対する安全性、⑮水供給の安全性、⑯既存都市との関係の適切性、⑰自然環境との共生の可能性、⑱環境負荷の低減の可能性

国会等移転審議会における各選定規準に対する各候補地の評価は、それぞれの分野の専門家により5点を最高点とした点数でなされた。次に18人の審議員により選定規準のウエイト付けが行われ、これは一人の持ち点を100とし、それを18項目の選定規準に配分する方法で行われた。

## 3. 評価法

本研究では、上記のこの10候補地の各選定規準に対する評価と、18人の審議員による選定規

準のウエイト評価のデータを利用して、各候補地の評価を行なう。そこでこの問題に対し、各候補地について最も有利なウエイト付けをしたときの評価値を相対的に比較することを試みる。これは相対的な効率性を評価する DEA の枠組みに他ならない。

#### 4. DEA の適用

DEA は、多入力多出力システムの相対的効率分析のための評価方法である。DEA では分析対象を DMU (Decision Making Unit) と呼び、各 DMU は同じ環境のもとで複数種類の入力から複数種類の出力を産出していると仮定する。DEA の仮定にあたり以下のように記号を定義する。

- |                                   |               |                  |
|-----------------------------------|---------------|------------------|
| $i$ : 入力項目の添字                     | $n$ : DMU の総数 | $x$ : DMU の入力値   |
| $j$ : DMU の番号を示す添字                | $m$ : 入力の項目数  | $y$ : DMU の出力値   |
| $r$ : 出力項目の添字                     | $k$ : 出力の項目数  | $v$ : 入力にかかるウエイト |
| $a$ : 分析する DMU の番号                |               | $u$ : 出力にかかるウエイト |
| $\lambda$ : 非負結合をつくる DMU を構成させる変数 |               |                  |

各 DMU に、入力データと出力データに (未知の) ウエイトをかけて加えることにより、仮想的入力と仮想的出力を作る。これは各候補地の評価値に対応している。

$$\text{仮想的入力} = v_1 x_{1a} + \dots + v_m x_{ma} \quad \text{仮想的出力} = u_1 y_{1a} + \dots + u_k y_{ka}$$

両者の比率 (仮想的出力 / 仮想的入力) を 1 以下に抑えたい一方で、比率尺度  $\theta$  を最大化するようなウエイト ( $v_i, u_r$ ) をもとめる問題を、分数計画問題 (FP) によって解く。このウエイトは対象とする DMU 毎に異なる値を取り、その活動にとって最も有利になるように、(FP) の解として決められる。これを可変ウエイトという。このとき分数計画問題の最適目的値を  $\theta^*$  とすると、この  $\theta^*$  を効率値と定義し、 $\theta^* = 1$  のとき D 効率的、 $\theta^* < 1$  のとき D 非効率的という。この分数計画問題は、目的関数の分母を 1 に固定することによって線形計画問題 (LP) に書き換えることができる。

<p style="text-align: center;">(FP)</p> <p style="text-align: center;">最大化</p> $\theta = \frac{\sum_{r=1}^k u_r y_{ra}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ia}}$ <p style="text-align: center;">制約条件</p> $\frac{\sum_{r=1}^k u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$ $u_r \geq 0 \quad (r = 1, 2, \dots, k)$ $v_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m)$	<p style="text-align: center;">(LP)</p> <p style="text-align: center;">最大化</p> $\theta = \sum_{r=1}^k u_r y_{ra}$ <p style="text-align: center;">制約条件</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ia} = 1$ $\sum_{r=1}^k u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$ $u_r \geq 0 \quad (r = 1, 2, \dots, k)$ $v_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m)$
---	---

移転候補地  $a$  の評価値  $H_a$  は

$$H_a = \sum_{r=1}^{18} (\text{第 } r \text{ 評価標準のウエイト}) \times (\text{候補地 } a \text{ の第 } r \text{ 評価標準の評価値})$$

で表される。評価標準のウエイトを変化させて、評価値  $H_a$  を相対的に最大化する問題は (LP)

の形で書ける。候補地  $a$  の第  $r$  評価標準の評価値  $y_{ra}$ ，第  $r$  評価標準のウエイト  $u_r$  とする。評価対象 (DMU) は移転候補地の 10ヶ所。入力項目を空とし，出力項目を選定標準の 18項目とする。このとき，移転候補地の“効率性”を評価する問題は，仮想的出力つまり各候補地の評価値を 1 以下に押さえた上で，候補地  $a$  の D 効率値 (総合評価値) を最大化する問題として，次のように書ける。

$$\langle \text{LP}a \rangle \quad \text{最大化} \quad H_a = \sum_{r=1}^{18} u_r y_{ra} \quad \text{制約条件} \quad \sum_{r=1}^{18} u_r y_{rj} \leq 1 \quad u_r \geq 0$$

## 5. 領域限定法の適用

上の  $\langle \text{LP}a \rangle$  を解き， $H_a = 1$  のとき D 効率的， $H_a < 1$  のときは D 非効率であると判断する。しかしこのままではほとんどの DMU の効率値は 1 になってしまう。 $\langle \text{LP}a \rangle$  ではウエイト  $u_r$  に任意の非負数を許しているが，ここではそれらの比が 18 人の審議員の与えた評価標準ウエイトの比の範囲になければならないと考える。

領域限定法は，入出力項目間のウエイトに上限と下限を与えることによって，従来の DEA で求められる可能性があった極端なウエイト付けを避けることを目的として提案された。本研究では，領域限定法を利用して，出力項目のウエイト  $u_1$  を基準に各出力項目のウエイトの範囲を限定する。

第 1 評価標準における ウエイトの最高値  $u_1^{\max}$ ，最低値  $u_1^{\min}$ ，  
第  $r$  評価標準における ウエイトの最高値  $u_r^{\max}$ ，最低値  $u_r^{\min}$   
とすると，この 2 項目間 (1 と  $r$ ) のウエイト間の比 ( $u_1/u_r$ ) は，

$$\frac{u_1^{\min}}{u_r^{\max}} \leq \frac{u_1}{u_r} \leq \frac{u_1^{\max}}{u_r^{\min}}$$

の範囲になければならない。これを  $\langle \text{LP}a \rangle$  の制約条件に加える。

このようにして評価値  $H_a$  に差があれば， $H_a$  によって候補地を選定できる。これはすべてのウエイトの評価者にとって納得いくものと考えられる。しかし，評価値に差が出なかった場合には，各項目  $r = 1 \sim 18$  について  $u_r^{\max}$ ， $u_r^{\min}$  を取り除き，次に大きいあるいは小さい， $u_r^{\max}$ ， $u_r^{\min}$  を取る。これは，極端な評価を取り除くもので，できるだけ多くの評価者にとって納得できるものと思われる。これを評価値に差が出るまで繰り返す。

## 6. 計算手順

- 手順 1 : 評価対象 (DMU)，出力項目値，18 人分のウエイトを入力する。  
 手順 2 : 線形計画問題  $\langle \text{LP}a \rangle$  を解いて，各候補地の評価値を算出する。  
 手順 3 : 審議会委員 18 人が選定標準ごとに与えたウエイトの (現在残っている) 最高値と最低値を用いて，各ウエイト間の比の領域を限定する。[今回用いた最高値，最低値は取り除く。]  
 手順 4 : 手順 2，3 (領域の限定と  $\langle \text{LP}a \rangle$  の計算) を，(18 人の審議員) / 2 = 9 回繰り返す。

## 7. 結果および考察

前節で説明した手順で行った移転候補地 10 地域の，9 回のウエイトを制限して得られた実験結果 (D 効率値) を表 1 に示す。

表1 各候補地のD効率値

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目
宮城	1	1	0.985	0.967	0.957	0.955	0.927	0.889	0.901
福島	1	1	0.993	0.918	0.962	0.948	0.936	0.895	0.887
栃木	1	0.998	0.975	1	0.997	0.99	0.971	1	0.968
福島・栃木	1	1	1	1	1	1	1	1	1
茨城	1	0.991	1	0.994	1	0.998	0.975	0.962	0.949
岐阜・愛知	1	1	1	0.986	1	1	1	1	1
静岡・愛知	1	1	0.978	0.999	0.994	0.977	0.952	0.942	0.921
三重	1	0.989	0.967	0.771	0.985	0.955	0.922	0.885	0.872
幾央	0.982	0.944	0.921	0.965	0.921	0.865	0.884	0.856	0.842
三重・幾央	0.988	0.951	0.823	0.949	0.772	0.923	0.895	0.863	0.845

回数が増すごとにD効率である候補地が(8→5→3→2)と減少してきている。D非効率の地域も回を追うごとに、効率値が下がっている。これは極端なウエイト付けができなくなったためであり、領域限定法の効果があらわれたといっている。しかしある候補地において、前回より値が上がるという逆転現象もみられた。これはウエイトを絞り込む過程で、選定規準の減少のされ方が一様でないからであろう。また3回目より、各事象でD効率である地域が2, 3カ所と落ちてきており、どの候補地が効率であるかが絞れてくる。“福島・栃木地域”は常に効率値が1であり、18人の審議委員の選定規準が与えた評価に最も抵抗のない候補地であるとわかる。“岐阜・愛知地域”も4回目でD非効率と出たが、ほかの事象でD効率と出ている。ここも“福島・栃木地域”と同様のことがいえる。

## 8. まとめ

本研究では、首都機能移転候補地評価方法としてDEAを適用することを提案した。また評価者により異なるウエイトを集約するために領域限定法を採用した。最初は何の候補地にとっても好意的になるようなウエイトを取ることににより、ほとんどの効率値が1である恐れがあった。しかし、18人の評価規準のウエイトを集約する方法のひとつとして、領域限定法を進めることにより候補地の効率、非効率がはっきり分かれる傾向がみえた。今後の課題として、ウエイトの制限と効率値にどのような相関があるか検証したい。

## 【参考文献】

- [1] 刀根 薫：経営効率性の測定と改善 - 包絡的分析法による - , 日科技連出版社, 1993.
- [2] 国土庁首都機能移転ホームページ：「<http://www.nla.go.jp/daishu/>」
- [3] TONE KAORU：A Comparative Site Evaluation Study for Relocation Government Agencies out of Tokyo, 2000年度 日本オペレーション・リサーチ学会 秋期研究発表会アブストラクト集, 142-143, 2000.
- [4] 木下 栄蔵：AHPによる首都機能移転地域選定に関する分析, オペレーションズ・リサーチ vol.45, no.2, 67-73, 2000.