

## DEAに基づく資源配分法の提案と道路公団分割への適用

01206310 静岡大学 関谷和之  
申請中 静岡大学 鈴木崇弘

## 1 序論

かつて公的企業であった日本電信電話公社や国鉄は、現在では地域ブロック毎に複数の事業体に分割民営化された。今日では、道路公団の分割が議論されている。

事業体の分割により各種経営資源もまた分割後に生じる複数の事業体へ配分する。各経営資源の各事業体への配分は、事業体間で公平であることが望まれる。本研究では、割当てられた経営資源の下で各事業体の経営活動の効率が一定、つまりどの事業体も効率的であれば、公平な配分であるとする。本研究では、各事業体の経営活動は入力から出力を産出する変換過程と見なし、その効率値を経営効率測定のための手法 DEA で測定する。

分割された各事業体での入出力値の多くは直ちに確定するが、不確定である入出力項目もある。例えば、道路公団の活動を道路建設を除いた道路利用管理サービスに限定し、入力項目を道路総延長距離と職員数、出力項目を通行収入とする。地域毎に公団が分割されたならば、分割された各事業体が管理する幹線に基づき道路総延長距離、通行収入の各データは事業体毎に確定可能である。しかし、職員数は経営上の判断で再配置可能であり、各事業体への配分職員数は分割案だけから導びかれるものではない。つまり、分割案決定後に各事業体の入力値が未知である入力項目は存在する。

本研究では事業体の分割後に不確定値を含む入力項目に対して、分割後の各事業体の経営効率が公平となる経営資源配分モデルを提案し、道路4公団再編分割案を分析し、その結果を報告する。

## 2 DEAによる資源配分モデル

事業体は  $m$  個の入力項目から  $s$  個の出力項目を産出し、分割によって  $n$  個の事業体が生じたとする。分割前の  $DMU_0$  とし、分割後の  $n$  個の事業体を  $DMU_1, \dots, DMU_n$  とする。各  $DMU_j$  の第  $i$  入力値を  $x_{ij}$ 、第  $r$  出力値を  $y_{rj}$  とし、各入出力値は  $x_{ij} > 0, y_{rj} > 0$  である。分割前後で入出力値の総和は不変であるとする。すなわち、

$$x_{i0} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad i = 1, \dots, m \quad (1)$$

$$y_{r0} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \quad r = 1, \dots, s \quad (2)$$

を仮定する。そこで、分割後の  $DMU_k$  の経営効率は

$$\begin{aligned} \max. \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \\ & v_i \geq 0, i = 1, \dots, m \text{ and} \\ & u_r \geq 0, r = 1, \dots, s \end{aligned} \quad (3)$$

で測定する。この問題 (3) は DEA の BCC 双対問題であり、その最適値を  $\eta_k$  とすると、 $\eta_k = 1$  であれば、 $DMU_k$  は効率的という。本研究では、 $\eta_1 = \dots = \eta_n = 1$  であれば、事業体間での資源配分は公平であるとし、さらに各  $DMU_k$  の問題 (3) に対して同一の正の最適解が存在すれば、それを公平な資源配分に対する共通ウエイトと呼ぶ。

分割後の全ての入出力値  $\{x_{ij} | i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n\} \cup \{y_{rj} | r = 1, \dots, s, j = 1, \dots, n\}$  が確定値である場合、つまり、問題 (3) で  $x_{ij}, y_{rj}$  が変数でなく固定された値の場合、事業体間での資源配分が公平であるとは限らない。さらに、公平な資源配分に対する共通ウエイトが存在するとは限らない。

## 3 不確定値を含むモデルと公平な資源配分

ある入力項目の入力値全体が不確定な場合を考えよう。一般性を失うことなく、この不確定な入力項目を第1項目とする。つまり、 $\{x_{1j} | j = 1, \dots, n\}$  は制約条件 (1) と正条件  $x_{1j} > 0$  を満たし、個々の  $DMU$  に対する問題 (3) に対して共通に与えるパラメータである。 $\{x_{1j} | j = 1, \dots, n\}$  以外の入出力値は各  $DMU$  に対する問題 (3) において固定値であり、これらを  $\{\bar{x}_{ij} | i \neq 1, j = 1, \dots, n\}$ ,  $\{\bar{y}_{rj} | r = 1, \dots, s, j = 1, \dots, n\}$  と記す。与えられたパラメータ  $\{x_{1j} | j = 1, \dots, n\}$  の下で各  $DMU_k$  に対して、

$$\begin{aligned} \max. \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_{rk}}{v_1 x_{1k} + \sum_{i=2}^m v_i \bar{x}_{ik}} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_{rj}}{v_1 x_{1j} + \sum_{i=2}^m v_i \bar{x}_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \\ & v_i \geq 0, i = 1, \dots, m \text{ and} \\ & u_r \geq 0, r = 1, \dots, s \end{aligned} \quad (4)$$

を解くことにより、その経営効率を (4) の最適値  $\eta_k$  で測定する。この  $\eta_k$  はパラメータ  $\{x_{1j} | j = 1, \dots, n\}$  の選び方で変化し、これらをうまく調整することにより  $\eta_1 = \dots = \eta_n = 1$  となれば、第2節と同様にその資源配分が公平であるとする。そこで、公平な資源配分とそれを与

える共通ウェイトを求めるには、

$$\begin{aligned} & \text{Find } [x_{11}, \dots, x_{1n}], [v_1, \dots, v_m], [u_1, \dots, u_s] \\ & \text{such that} \\ & \frac{\sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_{rj}}{v_1 x_{1j} + \sum_{i \neq 1} v_i \bar{x}_{ij}} = 1 \quad j = 1, \dots, n \\ & x_{10} = \sum_{j=1}^n x_{1j} \end{aligned} \quad (5)$$

を解けば良い。実際、(5)を満たす解を  $\bar{x}_{1j}$ ,  $\hat{v}_i$ ,  $\hat{u}_r$  とすると、 $x_{1j} = \bar{x}_{1j}$  とした問題 (4) の最適値  $\eta_k$  は  $\eta_1 = \dots = \eta_n = 1$  であり、 $[\hat{v}_1, \dots, \hat{v}_n]$  と  $[\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_n]$  とのペアはいかなる  $\text{DMU}_k$  に対して  $x_{1j} = \bar{x}_{1j}$  とした問題 (4) の最適解であることがわかる。逆に、公平な資源配分とそれを与える共通ウェイトは問題 (5) を満たす。

定理 1 問題 (5) を満たす解は存在する。

#### 4 道路公団の分割への適用

現在、民営化の議論の対象である道路公団は日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、本州四国連絡橋公団の 4 公団からなる。道路公団民営化推進委員会の提案する分割案では、これら道路 4 公団の資産と債務をすべて独立行政法人「日本道路保有機構」へ引き継がせ、それとは別に新たに地域ブロック毎に分割した 5 つの道路運営株式会社を設立する。それら道路運営株式会社は東日本、中日本、西日本、拡大首都高速、拡大阪神高速であり、それぞれを順に  $\text{DMU}_1$ ,  $\text{DMU}_2$ ,  $\text{DMU}_3$ ,  $\text{DMU}_4$ ,  $\text{DMU}_5$  とし、それらの管轄地域を表 1 で与える。

表 1: 各会社の管轄地域

DMU	管轄区域
$\text{DMU}_1$	北海道、東北、新潟、関東
$\text{DMU}_2$	東海四県 (東名、中央全線)
$\text{DMU}_3$	北陸三県、関西、中国、本四、四国、九州
$\text{DMU}_4$	現首都高、横浜ブルー、千葉ブルー
$\text{DMU}_5$	現阪高、名神、近畿道、阪和道、関空道

各 DMU の入力を職員数、道路総延長、出力を通行料収入とする。各 DMU の担当地域ブロックに含まれる高速道路から各 DMU 毎の道路総延長の値と通行料収入の値 (平成 14 年度の実績) は表 2 の通りである。

表 2: 各 DMU の入出力値

DMU	$\text{DMU}_1$	$\text{DMU}_2$	$\text{DMU}_3$	$\text{DMU}_4$	$\text{DMU}_5$
職員数	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$
道路総延長 (km)	3141	1252	3361	422	316
通行料収入 (億円)	6882	6484	5060	3590	2402

ここで、本州四国連絡橋公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団はそれぞれ  $\text{DMU}_3$ ,  $\text{DMU}_4$ ,  $\text{DMU}_5$  に含まれる。しかし、日本道路公団は特定の DMU に含まれないので日本道路公団の職員数を各 DMU に配分しなければならない。つまり、職員数は各 DMU の担当地域ブロックが決定しても不確定である。さらに、分割実施年度までに現在の総職員数から 9% 減少させなければならない。道路 4 公団に関するデータは表 3 に与える。

表 3: 道路 4 公団の職員数 (JH は日本道路公団)

道路公団	職員数 (9% 減)[人]	道路公団	職員数 (9% 減)[人]
JH 本社	435(396)	JH 静岡建設局	350(319)
JH 北海道支社	467(425)	JH 東京管理局	506(460)
JH 東北支社	910(828)	JH 東京管理局西局	409(372)
JH 北陸支社	576(524)	JH 東京管理局東局	414(377)
JH 中部支社	917(835)	JH 試験研究所	79(72)
JH 関西支社	1129(1027)	JH 総合研修所	20(18)
JH 中国支社	689(627)	首都高速道路公団	1389(1250)
JH 四国支社	434(395)	阪神高速道路公団	860(774)
JH 九州支社	785(714)	本州四国連絡橋公団	472(425)
JH 東京建設局	611(556)	計	11452(10394)

そこで、問題 (6) から公平な職員数配分を求める。

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j=1}^5 |v_1 x_{1j} + v_2 \bar{x}_{2j} - \alpha_j| \\ \text{s.t.} \quad & u_1 \bar{y}_{1j} - (v_1 x_{1j} + v_2 \bar{x}_{2j}) = 0 \quad j = 1, \dots, 5 \\ & \sum_{j=1}^5 x_{1j} = 10394 \\ & x_{11} \leq \frac{524}{10394} x_{11} + 3387 \\ & x_{12} \leq \frac{524}{10394} x_{12} + 2732 \\ & 425 \leq x_{13} \leq \frac{524}{10394} x_{13} + 4085 \\ & 1250 \leq x_{14} \leq \frac{524}{10394} x_{14} + 3392 \\ & 774 \leq x_{15} \leq \frac{524}{10394} x_{15} + 2906 \\ & v_1 \geq 0, v_2 \geq 0 \text{ and } u_1 \geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

第 1,2 制約式は問題 (5) の第 1,2 条件にそれぞれ対応する。各 DMU の管轄区域と現道路公団の管轄区域の包含関係に注目し、第 3 制約式から第 7 制約式の上限は現在の本社、研究所の合計を職員数の規模に応じた配分率と各 DMU を含む現道路公団の職員数の和とする。つまり、分割後の職員数が各 DMU を含む現道路公団の職員数を越えないことを保証する。また、日本道路保有機構は若干の経理職員がいればよいので、現日本道路公団本社より 10 名割当てとする。第 5 制約式から第 7 制約式の下限は本州四国連絡橋公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団の各職員全ては対応する DMU に異動可能であることを保証する。

各 DMU の規模  $v_1 x_{1j} + v_2 \bar{x}_{2j}$  と交通量  $\alpha_j$  (表 4) との差がなるべく一致するように、各  $\text{DMU}_j$  の差合計を目的関数として、その最小化をする。ここで  $v_1 = 1$  としても

表 4: DMU の交通量 (平成 13 年度実績 (万台))

DMU	$\text{DMU}_1$	$\text{DMU}_2$	$\text{DMU}_3$	$\text{DMU}_4$	$\text{DMU}_5$
交通量	51124	31486	92295	81745	49824

一般性を失わない。問題 (6) から得た最適な共通ウェイトは、 $v_1 = 1.00, v_2 = 0.12, u_1 = 0.47$  であり、この時の公平な職員数の配分は表 5 に与える。

表 5: 各 DMU への職員数配分

DMU	$\text{DMU}_1$	$\text{DMU}_2$	$\text{DMU}_3$	$\text{DMU}_4$	$\text{DMU}_5$
職員数 [人]	2929	2760	2154	1528	1023

なお、問題 (6) の実行可能解に対応するいかなる共通ウェイトに対して、分割民営化されない 3 公社 (名古屋高速道路公社、広島高速道路公社、福岡北九州高速道路公社) は非効率であった。