

37. 包絡分析法を用いた公営バスの 多角的な視点による効率性の評価

古瀬 正次^{1*}・平野 大輔²・大西 暁生³

¹東京都市大学環境情報学部 学部生（〒224-8551 神奈川県横浜市都筑区牛久保西三丁目3-1）

²東京都市大学環境情報学部 学部生（〒224-8551 神奈川県横浜市都筑区牛久保西三丁目3-1）

³東京都市大学環境学部 准教授（〒224-8551 神奈川県横浜市都筑区牛久保西三丁目3-1）

* E-mail: g1131179@tcu.ac.jp

日本の公営バス事業は、自家用車の普及に伴う道路混雑による輸送効率の低下で、利用者が減少していることが問題視されている。また、燃料消費量を抑え、地球環境に配慮した効率の良い運行が、企業の果たすべき責任である。

本研究では、定量的に事業の効率性を分析・評価できる包絡分析法を用いることにより、生産面、経営面、サービス水準面、道路混雑面、環境配慮面の5つの多角的な視点から分析・評価を行った。その結果、従業員数が少ない南アルプス市が全ての面で効率的であるとされ、道路混雑面では平均時速が速い松浦市などが、環境配慮面では低公害車両導入台数が多い横浜市などが効率的であった。

Key Words : *public transportation planning, efficiency analysis, environmental consideration*

1. はじめに

現代の日本における公営バスは、自家用車の普及に伴う道路混雑により、定時制が失われ、輸送効率が低下し、利用者の減少がより一層進んでいる。そのため、経営状況は悪化の一途をたどっている。また、2000年（平成12年）の道路運送法改正により、乗合バス事業の規制緩和が行われると、自由に事業参入できるようになり、赤字路線の減便や廃止が進み、公共交通が失われていく地域が発生するようになった。

こうした背景により、輸送効率が低下していくと、燃料を必要以上に使用することで、燃料費が経営効率を悪化させるだけでなく、排気ガスによる地球環境への影響も危惧される。現代社会では、地球環境に配慮した経営を行うことが企業の責任となっている。特に、道路が混雑していると、車両は速度を落として走行するため、必要以上に燃料を消費する。さらに、渋滞で停止している際には、走行していないにも関わらず、燃料を消費している。

近年、このような渋滞が多く発生しやすいと考えられる都市部の公営バスを中心に、地球環境への配慮として

低公害車を導入する自治体が多くなっている。つまり、地域住民の足を確保しつつ、地球環境への対策を行っている。しかし、導入により経営効率に影響していないか、また実際に環境性能の効率はよくなっているかについて考える必要がある。

公営バス事業の効率性評価の先行研究として、平井ら¹⁾は、人口減少や少子高齢化に焦点を当て、交通サービスの「生産面」、「経営面」、福祉車両の導入台数による「サービス水準面」の3つの視点によって2006年（平成18年）当時のデータを使用し効率性評価を行なった。この結果、厳しい状況にある地方財政の非効率的な面について示した。しかし、道路混雑により輸送効率が低下しているという点や、現代社会における企業の責任である地球環境への配慮の側面については加味されていない。さらに、この当時から8年が経過しており、最新のデータを使用して、再度考察する必要がある。

そのため本研究では、「生産面」、「経営面」、「サービス水準面」の3つの視点だけではなく、バスの平均時速による「道路混雑面」、低公害車両の導入台数による「環境配慮面」を加えた5つの視点から、最新のデータを使用し、さらに多角的な評価を行うこととする。

2. 包絡分析法の概説

包絡分析法はDEA（DEA：Data Envelopment Analysis）と呼ばれ、Charns *et al.*²⁾によって開発された事業活動の評価手法である³⁾。本研究では、各事業体の生産規模に応じて評価を行うBCC（Banker-Charnes-Cooper）モデルを用いる。

包絡分析法は最も優れたパフォーマンスを示す事業体（DMU Decision Making Unit：意思決定主体）をもとに効率的フロンティアを計測し、このフロンティアを1つのベンチマークとして他のDMUを相対的に評価する手法である⁴⁾。

包絡分析法における特徴としては、生産関数を特定化する必要がなく、ノンパラメトリックに生産フロンティアを推計する特徴がある。また、入力・出力のデータのみで効率性を計測することができる。さらに、事前に重み付けをする必要がなく、可変ウエイトによる分析であるという点も特徴である。そして、効率値（ θ ）は $0 \leq \theta \leq 1$ の範囲で表される。以上の点から、包絡分析法は定量的に効率化への改善案の提示が可能となる。

包絡分析法は、複数の事業体、それぞれについて比率尺度で効率性を測定していく。任意の事業体 k の効率値は以下の式(1)で示される分数計画問題を解くことによって求めることができる⁵⁾。

$$\text{Max } \theta = \frac{u_1 y_{1k} + u_2 y_{2k} + \dots + u_s y_{sk}}{v_1 x_{1k} + v_2 x_{2k} + \dots + v_m x_{mk}} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0, \quad u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

θ ：効率値、 n ：事業体数、 m ：入力項目数、 s ：出力項目数、 x_{ik} ：事業体 k の i 番目の入力、 x_j ：事業体 j の i 番目の入力、 v_i ：事業体 k の i 番目の入力ウエイト、 y_{rk} ：事業体 k の r 番目の出力、 y_{rj} ：事業体 j の r 番目の出力、 u_r ：事業体 k の r 番目の出力ウエイト

BCCモデルは、各事業体の生産規模に応じて評価を行う。つまり、規模に関して収穫可変の仮定をおく。そのため、技術の効率値が純粋に計測される。図-1において効率的な事業体としてB、C、Dの3点がクローズアップされ、これらの点を結ぶ折れ線が効率的フロンティアとなる。効率的フロンティアより下側の領域は生産可能集合と呼ばれ、この中にある事業体はすべて非効率と見なされる。A点はC点の存在によって非効率となっており、C点をA点の参照集合と呼ぶ⁶⁾。

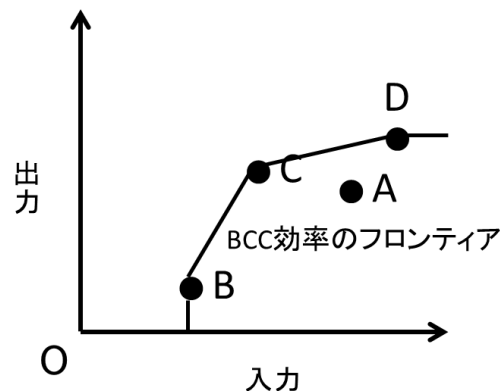


図-1 BCCモデルによる効率的フロンティア

$$\begin{aligned} \text{Max } & \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + \sigma \\ \text{s.t. } & - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + \sigma \leq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (2) \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \\ & v_i \geq 0 (i=1, 2, \dots, m), \quad u_r \geq 0 (r=1, 2, \dots, s) \\ & \sigma : \text{制約なし} \end{aligned}$$

3. 分析方法と使用したデータ

(1) 分析方法

公営バス事業の効率性評価の先行研究としては、宮良・福重⁴⁾が挙げられる。この研究においては、バス事業の技術的な効率性と採算性を重視し、入力データに人口1人あたりの総費用、面積あたりの営業キロ数を与え、出力データに人口1人あたりの年間総輸送人員、人口1人あたりの輸送収入を用いている。各変数を人口あたり・面積あたりとしている理由は、各市町村の規模の違いを考慮したためである。

効率性の定義は極めて不明確であり、包絡分析法では選んだデータによって結果が左右される可能性がある。

本研究では、公営バス事業の効率性を「生産面」、「経営面」、「サービス水準面」、「道路混雑面」、「環境配慮面」の5つの視点から捉える。多角的な指標による事業主体の評価を行うことで、データ選択によって左右される結果に対する批判を排除するとともに、本方法の公営バス事業の適用の有効性を確認する。

2011年度（平成23年度）現在、公営バス事業者数は、35事業者存在するが、本研究での対象事業者は、表-1の通りである。

表-1 本研究の分析対象

分類	事業者	事業者数
都道府県	東京都・長崎県	1都1県
政令市	仙台市・横浜市・ 川崎市・名古屋市・ 京都市・大阪市・ 神戸市・北九州市	8政令市
市町村	苫小牧市・青森市・ 八戸市・南アルプス 市・ 伊那市・高槻市・ 尼崎市・伊丹市・ 松江市・呉市・宇部 市・ 岩国市・徳島市・ 鳴門市・小松島市・ 佐賀市・佐世保市・ 松浦市・熊本市・ 鹿児島市・薩摩川内 市・ 三宅村・八丈町	21市1町1 村
企業団	沖永良部バス企業団	1企業団
合計		34事業者

表-2 使用したデータ

効率性	入力			出力
生産面	従業員数 (労働) (人)	車両台数 (資本) (両)	中間 投入額 (千円)	年間延べ人キロ (千人キロ)
経営面				営業収入 (千円)
サービス 水準面				福祉車両台数 (両)
道路 混雑面				平均時速 (km)
環境 配慮面				低公害車両台数 (両)

(2) 使用したデータ

分析に使用したデータを表-2に示す。使用したデータは全て総務省自治財政局編、「地方公営企業年鑑第59集・平成23年度版」⁹⁾から得た。変数の選択については、平井ら¹⁾の研究を参考とし、従業員数には損益勘定所属職員数と資本勘定所属職員の合計、中間投入には動力費又は燃料油脂費、光熱水費、通信運搬費、修繕費、委託料、その他の合計額を用いた。

(3) 分析結果

a) 生産面の効率性

生産面の効率性の結果を図-2に示す。効率値が高かったのは、東京都（1.00：効率値を表す）、京都市（1.00）、南アルプス市（1.00）であった。一方で、効

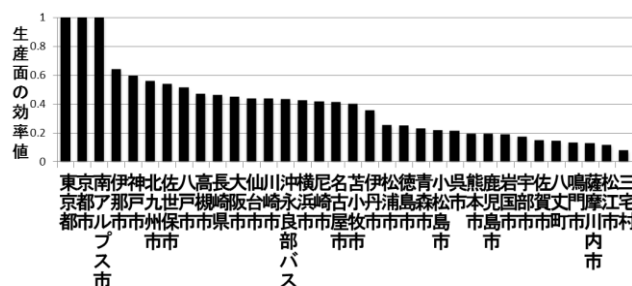


図-2 生産面の効率値の結果

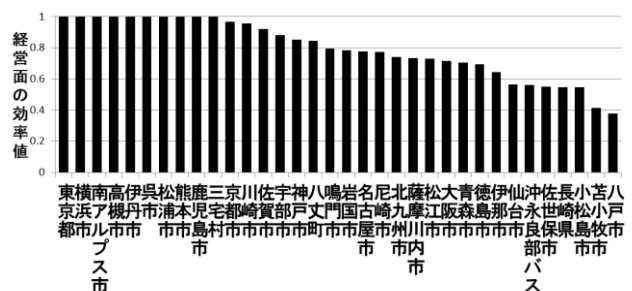


図-3 経営面の効率値の結果

率値が低かったのは、薩摩川内市（0.13）、松江市（0.12）、三宅村（0.08）であった。

東京都と京都市は、他の事業者に比べ年間延べ人キロの値が高いため、より多くの乗客を乗せていることになり、そのため効率値が高いと考えられる。また、南アルプス市は従業員数が少ないため、効率値が高いと考えられる。薩摩川内市と三宅村は、年間延べ人キロの値が低い上に従業員数が多いことが、効率値が低い要因と考えられる。また、松江市は、従業員数が少ない上に年間延べ人キロの値が高いため、効率値が低いと考えられる。

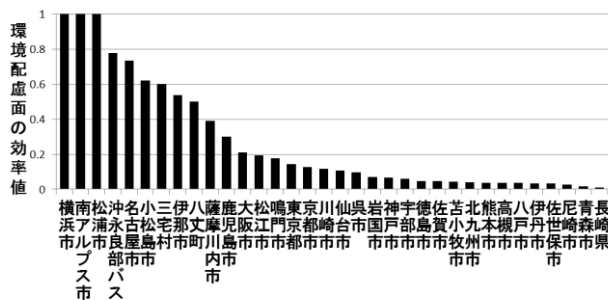
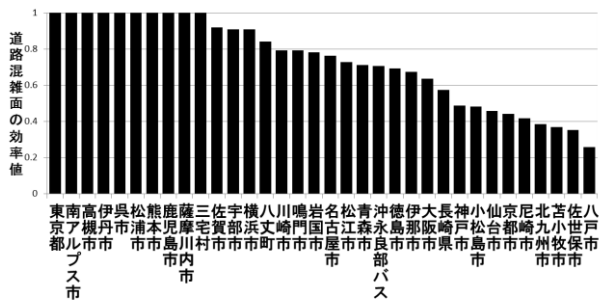
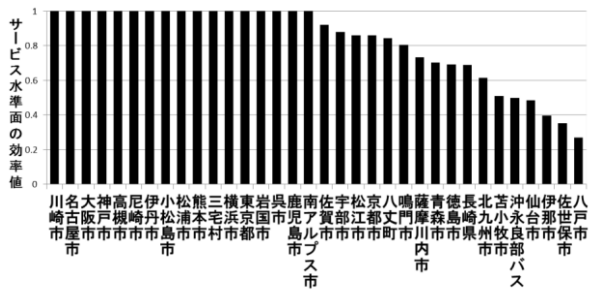
b) 経営面の効率性

経営面の効率性の結果を図-3に示す。効率値が高かったのは、東京都（1.00）、横浜市（1.00）、鹿児島市（1.00）であった。一方で、効率値が低かったのは、小松島市（0.55）、苫小牧市（0.41）、八戸市（0.38）であった。

東京都と横浜市は、他の事業者に比べ営業収入が多かったため、効率値が高かったと考えられる。また、鹿児島市は、従業員数が少ない上に営業収入が多かったことにより、効率値が高いと考えられる。小松島市、苫小牧市、八戸市は、中間投入額が多い上に営業収入が少ないため、効率値が低いと考えられる。

c) サービス水準面の効率性

サービス水準面の結果を図-4に示す。効率値が高かったのは、川崎市（1.00）、名古屋市（1.00）、東京都（1.00）であった。一方で、効率値が低かったのは、伊那市（0.40）、佐世保市（0.35）、八戸市（0.27）であっ



た.

川崎市、大阪市、神戸市、高槻市、尼崎市、小松島市、松浦市の6事業者は、全車両が福祉車両であったため、効率値が高いと考えられる。伊那市、佐世保市、八戸市は、福祉車両台数の割合が少ないことが、効率値が低い要因と考えられる。

d) 道路混雑面の効率性

道路混雑面の効率性の結果を図-5に示す。効率値が高かったのは、松浦市（1.00）、薩摩川内市（1.00）、三宅村（1.00）であった。一方で、効率値が低かったのは、苫小牧市（0.37）、佐世保市（0.35）、八戸市（0.26）であった。

松浦市，薩摩川内市，三宅村は，平均時速が速いことにより，効率値が高い要因と考えられる．また，苫小牧市，佐世保市，八戸市は，中間投入額が多い上に平均時速が遅いため，効率値が低いと考えられる．

e) 環境配慮面の効率性

環境配慮面の効率性の結果を図-6 に示す。効率値が高かったのは、横浜市（1.00）、南アルプス市（1.00）、

松浦市（1.00）であった。一方で、効率値が低かったのは、尼崎市（0.03），青森市（0.02），長崎県（0.01）であった。

横浜市は、全車両が低公害車両であるため、効率値が高かったと考えられる。また、南アルプス市、松浦市は、車両台数が少ないため、効率値が高かったと考えられる。尼崎市、青森市、長崎県は、低公害車を導入していない上に車両台数が多く、また、中間投入額が多いことから、効率値が低いと考えられる。

表-3 に、各指標別に効率的であった事業者を示す。
黒い丸印は、効率値が1.00であった事業者および指標
である。

全ての指標で効率的であったのは南アルプス市である。他に環境配慮面と道路混雑面の両方が効率的であったのは松浦市で、3指標以上効率的であったのは、南アルプス市を含め9事業者であった。環境配慮面で最も効率的であった横浜市は、道路混雑面の視点からは効率的ではなかった。高槻市、伊丹市、呉市、熊本市、鹿児島市の5事業者は、経営面、環境配慮面、道路混雑面の3つの指標が効率的であったため、共通点のある事業者であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、包絡分析法を用い、多角的な視点から公営バス事業の評価を行った。平井ら¹⁾の研究においても、「サービス水準面」によって、人口減少や少子高齢化といった現代の問題について触れながら、2006年（平成18年）当時の状況について述べられていた。しかし、ここでは低公害車の導入台数により、企業が責任を果たしているかを表す「環境配慮面」、走行する平均時速から道路の混雑しているかを表す「道路混雑面」の2つの指標を加え、最新のデータを使用することにより、多角的な視点から分析・評価した。しかし、低公害車を多く導入しているにもかかわらず効率値が1に満たなかった事業者や、道路が混雑している都市部の事業者でも効率値が1となり、非効率のまたは効率的であった要因については、今回の研究では分析することができなかった。

環境への影響についても、現代社会の問題である。都心回帰現象により、今後ますます都市部における道路混雑について考える必要がある。また、環境への配慮として企業がとった行動である「低公害車の導入」が、必ずしも環境配慮の面で効率的に至るとは限らないということになる。バス事業が環境に悪影響を及ぼす要因が何であるのか、またその要因がなぜ環境に悪影響を及ぼすのかを、今後もさらに検討していく必要がある。

表-3 視点別の効率的事業者のまとめ

都道府県	事業者	人口規模 (H22)(人) ⁶⁾	効率的な事業者				
			生産面	経営面	サービス水準	環境配慮	道路混雑
	東京都	13,159,388	●	●	●		●
神奈川県	川崎市	1,425,512			●		
神奈川県	横浜市	3,688,773		●	●	●	
山梨県	南アルプス市	72,635	●	●	●	●	●
愛知県	名古屋市	2,263,894			●		
京都府	京都市	1,474,015	●				
大阪府	大阪市	2,665,314			●		
大阪府	高槻市	357,359		●	●		●
兵庫県	神戸市	1,544,200			●		
兵庫県	尼崎市	453,748			●		
兵庫県	伊丹市	196,127		●	●		●
広島県	呉市	239,973		●	●		●
山口県	岩国市	143,857			●		
徳島県	小松島市	40,614			●		
長崎県	松浦市	25,145		●	●	●	●
熊本県	熊本市	734,474		●	●		●
鹿児島県	鹿児島市	605,846		●	●		●
鹿児島県	薩摩川内市	99,589					●
東京都	三宅村	2,676		●	●		

参考文献

- 1) 平井健二，小池淳司，喜多秀行：DEA 手法による公営バス事業の効率性分析，第 38 回土木計画学研究発表会・講演集，2008.
- 2) Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes.: Measuring Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operations Research, 2, pp.429-444, 1978.
- 3) 大西暁生，森杉雅史，石峰，韓驥，白川博章，井村秀文：包絡分析法を用いた黄河流域の地域別農業用水効率性の評価に関する研究，環境情報科学論文集，Vol.21, pp.543-548, 2007.
- 4) 宮良いずみ，福重元嗣：公営バス事業の効率性評価，会計検査研究，Vol.26, pp.25-43, 2003.
- 5) 総務省自治財政局編：地方公営企業年鑑（平成 23 年 4 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日）第 59 集
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/kouei23/index.html
- 6) 総務省統計局：平成 22 年国勢調査 都道府県・市区町村別人口統計表
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001037709&cyclo=0>