Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-12-05

アメリカ地方バス交通の効率性・有効性と地方交通のマネジメントの在り方 : ネットワーク包絡分析法を用いて

松尾, 美和

(Citation)
都市計画論文集,50(3):738-745

(Issue Date)
2015

(Resource Type)
journal article

(Version)
Version of Record

(Rights)
本著作物の著作権は日本都市計画学会に帰属します。本著作物は著作者である日本都市計画学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」に従うことをお願いいたします。

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/90003717

68. アメリカ地方バス交通の効率性・有効性と地方交通のマネジメントの在り方
- ネットワーク包絡分析法を用いて

Efficiency and Effectiveness of Rural Bus Transit, and Rural Transit Management System
- Evaluation Based on Network Data Envelopment Analysis

松尾 美和 1*
Matsuo, Miwa1*

This paper assesses relationships between organizational characteristics of rural transit and performance of rural bus transit in the U.S. Performance of transits are evaluated as a combination of service production efficiency and service reach-out (consumption) effectiveness, using network data envelopment analysis. The analysis finds that none achieve high technical efficiency both in production and consumption, while there exists a desirable operation scale that can attain high scale efficiency for both. Public organizations and municipal organizations area are inefficient in production, while they are effective in consumption. The finding is irrelevant to the service volume, suggesting that economic incentive, institutional capacity, or local knowledge affects the performance. Last, service effectiveness is outstandingly high for tourist transit, suggesting that different evaluation standard should be applied for tourist services.
Keywords: Rural Transit, Data Envelopment Analysis, Regional Transportation Planning Organization, United States
地方公共交通, 包絡分析法, 地域交通計画機構, アメリカ合衆国

1. アメリカの地方交通の現状と，公共交通の事業評価

地方交通はその需要密度の低さから補助金への依存度が高く，その支給の是非の判断の為に客観的な指標に基づいた公正な事業評価基準を必要としている．殊にアメリカでは 2012 年より Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act （MAP-21）が施行され，各州や都市圏レベルの交通政策決定において，結果主導型でパフォーマンスベースの意思決定をすることが求められている．

公共交通のパフォーマンス評価は Fielding[1)]以来，交通事業の最終生産物を乗車数（もしくは乗車量）と位置づけ，サービス生産の効率性と，生産されたサービスがどれだけ消費されたかという有効性の二つの面を総合的に評価することとされている．具体的には，生産効率性（あるいは単に効率性）は労働・資本・燃料などの入力要素に比してどれだけの運行実績（中間出力）があるかを評価する．サービスの有効性（あるいは単に有効性）では，提供された運行サービス（中間出力）がどれだけ消費されたか（最終出力）を評価する．補助金を受けている事業では，これら二つの点はいずれもモニタリングの必要性が高い．まず，補助金の支給で生産効率改善のインセンティブが働きにくい事業では, 生産効率性の評価は客観的に評価･監督する必要がある．また，公的資金が実際にどれだけサービスを必要とする人に届いたか（公的資金使途の有効性）の説明責任を果たすために，サービス生産者もしくは補助金を支給する政府がサービスの供給量に対する消費量の評価をする必要がある為である．

アメリカの地方交通についても，今後 MAP-21 の要求するパフォーマンスベースの意思決定を行っていくためには効率性と有効性の両面を兼ね備えた客観的な指標の構築が必要とされている．しかし，実際には事業者間の単純な比較は難しく，公正な評価は容易ではない．単純な比較が不可能である理由の第一は，地方バス事業の性格の多様性である．アメリカにおいての交通政策において“Rural Transport”とよばれるものには都市圏に属さない全地域の交通が含まれており，地域の属性は非常に幅広い．農山村地域だけではなく，都市圏周縁の低密開発地，アメリカ原住民の居留地，国立公園，リゾート地なども含まれる為，地域のニーズも提供されるサービスも多様なものがひとまとめに Rural Transport として扱われているのが現状である．

第二に，アメリカの地方交通はその計画や運営のマネジメントの在り方も各州で異なる為，その州レベルでの地方交通マネジメントシステムの違いが個々の事業に及ぼす影響も無視できないことが挙げられる．都市圏では交通計画は各都市圏の Metropolitan Planning Organization (MPO) が主体となって交通計画の策定にあたることが連邦法によって義務付けられているが，地方ではそのような主体であるところの Regional Transportation Planning Organization （RTPO）の設置否は各州に任されている. 現在は 32 の州で RTPO が設置されているが，管轄の地理的範囲の定義も業務内容も各州で異なり，RTPO あるいは地方交通計画のあるべき姿についての合意が形成されているとは言い難い.

以上を踏まえ本研究では，多様なアメリカ地方交通において, 計画･運行などのマネジメント体制の違いや計画主体の管轄地域規模の違いが，効率性・有効性の違いとどのように関係しているのかを解析する．具体的には，事業者の種別や事業エリア別（補注:1）での事業の効率性･有効性の違いを分析することを通して, より適切な地方交通の計画･運行の在り方，及び，公正な評価指標の在り方について考察する.

*正会員・早稲田大学高等研究所（Waseda University, Institute for Advanced Study）

2. ネットワーク包絡分析法(NDEA)の概要

生産要素と生産物の関係を評価するに当たっては大きくパラメトリック手法とノンパラメトリック手法の二つのアプローチがあるが，本研究では効率性と有効性の二つの指標を同時に，そして総合的に評価するため，包絡分析法（DEA）の一種であるネットワーク包絡分析法（NDEA）を用いる．

包絡分析法は世界的に交通事業を含む様々な公共事業の評価に用いられてきており，アメリカのバス事業者についてはChu ら[2]がDEAを用いて都市圏バス交通の効率性と有効性を独立に計測し，Viton[3]が効率性の変化を研究したことが知られている．より近年の研究では，アメリカの鉄道事業にDEA を適用した研究[4]や，台湾のバス交通の効率性分析により複雑なDEA 手法を適用した事例[5]などがあり，DEA の手法の発展に伴って，生産効率だけでなく有効性を考慮した事業評価が行われてきた．

DEA では既存事業体（Decision making unit, DMU）の入力要素と出力要素の比率尺度を比較し，最も優れたパフォーマンスを示したものを効率性1として他のDMU の効率性を相対的に比較する．効率値の算出では，出力を一定として入力の削減可能性を計測する入力指向 DEA と入力を一定として出力の増加可能性を計測する出力指向 DEA がある．入力指向･出力指向のいずれのアプローチにおいても，規模の収益一定（CRS）としての効率値（CCR モデル[6]）のほか，規模の収益可変（VRS）として同規模事業間での比較効率値を算出することも可能であり(BCC モデル[7])，事業規模の変化による効率的フロンティアの変化を分析することもできる．

NDEA は，複数の生産ステージをもち，前ステージの出力が次のステージの入力であるようなケースに用いられる手法である．このような場合，中間出力を考慮しないで初期入力と最終出力のみで DEA 分析を行うと，実際には個別のステージで非効率な生産を行っているDMU が効率フロンティアを形成するように見えてしまう可能性がある．また，個々のステージに独立に DEA を適用するのも同様に不適切な分析結果をもたらすことが知られている．例えば，第一段階の効率値をあげようと一定入力のまま中間出力を下げようとすると，第二段階の入力が同時に下がってしまうため，最終出力が一定の場合第二段階の効率が下がってしまい，結果，別の非効率を生み出しているというようなことがありうるためである．よって，二つのステージの効率性問題を NDEA を用いて同時に解くことが必要とされる．

NDEA の中でもKao ら[8][9]の研究によって確立された単純二段階比率的NDEA モデルは，第一段階の全ての出力が第二段階の全ての入力であるようなケースに適用され，直感的な定義であるがゆえに様々に応用されている．以下，Kao ら[6][7]従って規模の収益一定及び規模の収益可変の場合の効率性を定義する．

DMU_j (j=1,…,n) は2段階のステージで生産活動を行っており，第一段階で入力要素 x_{ij} (i=1,…,m) から中間出力要素 z_{dj} (d=1,…,D) を生産し，第二段階でその中間出力要素から最終出力要素 y_{rj} (r=1,…,s) を生産する．規模の収益一定を仮定すると，評価対象である DMU_0 の第一段階のステージ効率性 (E_0^1)，第二段階のステージ効率性 (E_0^2) は以下のように定式化される．

$$E_0^1 = max.\frac{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{d0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} \text{ and } E_0^2 = max.\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{d=1}^{D} \widetilde{w}_d z_{d0}} \quad (1)$$

s.t.
$$\frac{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1$$
$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{d=1}^{D} \widetilde{w}_d z_{dj}} \le 1 \quad (2)$$

w.r.t.
$$v_i, w_d, \widetilde{w}_d, u_r > 0,\ j = 1, \dots, \mathrm{n} \quad (3)$$

ここで v_i, u_r,は其々 x_i, y_r のウェイトであり，$w_d, \widetilde{w}_d$ は z_d のウェイトである．ここでKao らは $w_d = \widetilde{w}_d$ とし，システム全体の効率性を $E_0^S = E_0^1 * E_0^2$ と定義した．システム効率性（E_0^S）は入力指向 DEA により以下の式によって計算される．

$$E_0^S = max.\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} \quad (4)$$

s.t.
$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} \le 0$$
$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} = 1 \quad (5)$$

w.r.t.
$$v_i, w_d, u_r > \varepsilon,\ j = 1, \dots, \mathrm{n} \quad (6)$$

式 (4) から (6) に従って E_0^S を求めた後，E_0^1 もしくは E_0^2 に関する最大化問題を解いて各ステージの効率性を求める．E_0^1, E_0^2 の組み合わせが一意に定まるとは限らないので，いずれかのステージの最大化問題を優先して先に求める（Kao ら[9]）．本研究ではステージ1の最大化問題を優先する．（補注:2）

ここで更に規模の効率可変としたときの効率性を技術効率性と呼ぶ．第一段階のステージ技術効率性，第二段階のステージ技術効率性をそれぞれ T_0^1, T_0^2 とし，システム全体の技術効率性を $T_0^S = T_0^1 * T_0^2$ する．この時，二つのステージ両方を入力指向，または出力指向にすることは計算上不可能であるため，中間出力を一定として第一段階を入力指向DEA，第二段階を出力指向DEA として測ることが必要となる（Kao ら[7]）．この時，夫々のステージは独立に効率性が計算できることがKao ら[7]によって示されており，T_0^1 は以下のように定式化される．

$$T_0^1 = Max.\sum_{d=1}^{D} \widehat{w}_d Z_{d0} - \widehat{w}_0 \quad (7)$$

s.t.
$$\sum_{i=1}^{m} v_i X_{i0} = 1$$
$$\sum_{d=1}^{D} \widehat{w}_d Z_{d0} - \widehat{w}_0 - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{i0} \le 0$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - E_0^S \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} = 0, r=1,\dots,s$$
$$\sum_{d=1}^{D} w_d Z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} \le 0, j=1,\dots,\mathrm{N}$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - \sum_{d=1}^{D} w_d Z_{dj} \le 0 \quad (8)$$

w.r.t.
$$v_i, w_d, \widehat{w}_d, u_r \ge 0,$$
$$i = 1, \dots, m, \quad d = 1, \dots, D, \quad r = 1, \dots, s$$
$$\widehat{w}_0 \text{ is unrestricted in sign} \quad (9)$$

また $T_0^2 = 1/\phi$ は，以下のように定式化される．

$$\phi = Min.\sum_{d=1}^{D} \overline{w}_d Z_{d0} + \overline{w}_0 \quad (10)$$

s.t. $\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} = 1$

$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{r0} - \sum_{d=1}^{D} \bar{w}_d Z_{d0} - \bar{w}_0 \leq 0$

$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - E_0^S \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} = 0, \quad r=1,\ldots,s$

$\sum_{d=1}^{D} w_d Z_{dj} - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} \leq 0, \; j=1,\ldots,\mathrm{N}$

$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - \sum_{d=1}^{D} w_d Z_{dj} \leq 0$ (11)

w.r.t. $v_i, w_d, \bar{w}_d, u_r \geq 0,$

$i = 1, \ldots, m, \quad d = 1, \ldots, D, \quad r = 1, \ldots, s$

$\bar{w}_0$ is unrestricted in sign (12)

各ステージの規模の変化に伴う効率フロンティアの変化は規模効率性と呼ばれ，規模の収益一定で測定された効率性と，規模の収益可変で測定された効率性の比で表される．

$$S_0^1 = E_0^1 / T_0^1$$
$$S_0^2 = E_0^2 / T_0^2 \quad (13)$$

3. 地方バス交通のデータの内訳と事業評価要素

本研究で用いた事業および収支データは Rural National Transit Database （RNTD）より取得した．RNTD では路線バスとオンデマンドバスなど複数サービスを提供している事業者については事業収支の内訳が不明であるため，本研究の分析対象は路線バス事業を専業としている事業者に絞っている．プエルトリコを除くアメリカ国内において，過疎地交通事業補助金を受領している路線バス専業事業者は

表 1 アメリカ連邦政府の地方交通補助金を受領しているバス交通専業事業者の業態内訳

		入力		中間出力(サービス出力)		最終出力(サービス消費)
		車両数	営業費用(US$1,000)	年間延営業運行時間 (1,000時間)	実車マイル (1,000マイル)	延年間乗客数 (1,000人)
	事業者	平均 最小/最大 分散	平均 最小/最大 分散	平均 最小/最大 分散	平均 最小/最大 分散	平均 最小/最大 分散
総計	166	9.9	821.2	14.5	272.0	112.2
事業者タイプ別						
公営	144	9.7	858.9	14.7	268.7	120.6
州交通局	2	12.0 min: 2 / max: 22 std: 14.1	373.5 min: 51.1 / max: 695.9 std: 455.9	10.8 min: 1.1 / max: 20.5 std: 13.7	234.9 min: 17.3 / max: 452.4 std: 307.6	37.1 min: 1.9 / max: 72.2 std: 49.8
部族	33	6.8 min: 1 / max: 34 std: 8.0	483.1 min: 33.9 / max: 2,072.3 std: 531.2	8.3 min: 0.6 / max: 35.8 std: 8.8	194.8 min: 4.5 / max: 899.3 std: 235.6	30.7 min: 0.5 / max: 226.6 std: 46.4
その他	109	10.5 min: 1 / max: 37 std: 7.9	981.5 min: 27.1 / max: 5,341.2 std: 950.4	16.7 min: 0.2 / max: 91.5 std: 15.4	291.7 min: 8.4 / max: 1,855.6 std: 286.8	149.3 min: 1.3 / max: 1,281.7 std: 199.9
民営	22	11.0	574.6	13.2	293.7	57.6
営利	4	5.0 min: 2 / max: 11 std: 4.1	419.1 min: 286.3 / max: 557.4 std: 139.1	7.8 min: 3.7 / max: 15.2 std: 5.0	129.1 min: 118.9 / max: 140.9 std: 11.4	39.7 min: 6.9 / max: 80.6 std: 33.2
非営利	18	12.3 min: 1 / max: 47 std: 12.7	609.1 min: 30.9 / max: 2,182.2 std: 630.8	14.4 min: 0.3 / max: 48.8 std: 14.3	330.3 min: 18.0 / max: 1,903.6 std: 470.8	61.6 min: 0.5 / max: 380.7 std: 90.4
事業地域別						
市町村	34	9.2 min: 2 / max: 29 std: 6.9	658.2 min: 54.7 / max: 2,086.1 std: 535.9	11.9 min: 1.2 / max: 32.5 std: 9.6	173.2 min: 18.0 / max: 528.6 std: 148.8	125.1 min: 6.9 / max: 561.5 std: 139.6
単一郡	82	10.3 min: 1 / max: 37 std: 8.9	996.4 min: 27.1 / max: 5,341.2 std: 1,060.4	17.0 min: 0.2 / max: 91.5 std: 17.0	304.4 min: 4.5 / max: 1,855.6 std: 320.0	141.8 min: 0.5 / max: 1,281.7 std: 216.9
複数郡	25	14.3 min: 1 / max: 47 std: 10.3	901.9 min: 33.9 / max: 1,953.1 std: 620.6	17.9 min: 1.4 / max: 48.8 std: 12.4	421.8 min: 15.3 / max: 1,903.6 std: 402.3	83.8 min: 1.4 / max: 380.7 std: 89.1
居留地	24	5.2 min: 1 / max: 27 std: 5.5	401.4 min: 38.4 / max: 2,065.1 std: 408.2	6.8 min: 0.6 / max: 24.0 std: 6.1	155.9 min: 12.6 / max: 737.0 std: 165.2	27.3 min: 1.1 / max: 226.6 std: 45.9
RTPOの有無						
RTPO有	133	11.9 min: 1 / max: 47 std: 8.3	864.0 min: 27.1 / max: 5,341.2 std: 817.3	15.2 min: 0.2 / max: 91.5 std: 14.5	282.8 min: 8.4 / max: 1,903.6 std: 312.4	122.5 min: 0.5 / max: 875.8 std: 147.1
RTPO無	33	9.4 min: 1 / max: 34 std: 9.9	810.6 min: 34.5 / max: 5,198.1 std: 1,027.8	14.4 min: 0.6 / max: 52.2 std: 13.5	269.3 min: 4.5 / max: 815.7 std: 251.4	109.7 min: 0.5 / max: 1,281.7 std: 257.0

166 あり，そのうち 144 事業者が公営，22 が民営（民間委託）である（表 1）．公営のうち 33 事業者がアメリカ原住民の部族事
業者（補注:3），2 事業者が州の交通局，残りの 109 事業者はその他となっている．民営事業者は 4 事業者を除き全て非営利事業者である．また，事業者を管理区域別に分けると，単一郡レベルでの事業者が最も多く半数近くに上り，次いで市町村レベル，複数の郡にまたがるリージョンレベル，そしてアメリカ原住民の居留地となっている．

これらの事業体について，取得可能なデータから入力要素として車両数（Fleet Size）と営業費用(Operating Costs)，中間出力（サービス出力）として年間延営業運行時間（Revenue Vehicle Hour）と年間実車営業マイル（Revenue Vehicle Mile），最終出力（サービス消費）として延年間乗客数（Unlinked Passenger Trips）を用いて事業内容を分析する．（補注: 4）なお，延運行時間と年間実車営業マイルには正の相関があるが，過疎地交通は多様な事業者を含んでおり，例えばローカルサービスが中心の市町村事業者では平均時速 14.5 マイル，都市間サービスが中心の複数州事業者では平均時速 23.5 マイルと，運行スピードが大きく異なる．よって両方を勘案することでローカル路線と都市間路線のいずれかに偏向することを避ける．（補注: 5）

それぞれの事業規模を比較すると，平均車両数で 10 台前後の小規模のものが多い．また，事業者間での規模のばらつきが大きく，カテゴリー間の平均差は有意ではないことがわかる．このため，NDEA によって事業規模を勘案しなければはっきりしたことは言えないが，公営は民営よりもより多くの営業費用をかける傾向にあること，より多くの乗客を集めている様子が伺われる．運行エリア別に見ると，郡レベル及び複数郡レベルでのサービスでは，一部の事業者が実際の車両数・営業費用・延営業運行時間・年間実車マイルのいずれも大きく規模が大きいため，平均が引き上げられていることがわかる．乗客数の面で言うと事業の管轄エリアが広いほど乗客数が多いとは限らない様子である．実際の路線図を公開している事業者を調査すると，複数郡を管轄しているといっても路線網は粗であることが多く，広域の事業者ほどローカル交通ではなく都市間交通としてのバス事業を供給している実態がある．その為，ローカル路線と都市間路線の需要の差が乗客数に影響している可能性が考えられる．アメリカ原住民の居留地エリアの交通事業（補注: 6）では全般に規模が小さく，車両数で 5 台程度，延年間乗客数も 3 万人程度である．最後に，RTPO のある州とない州の事業者を比較すると，両者にほとんど違いはない．

4. 効率性・有効性とサービス特色

(1) 事業者種別の生産効率性･サービス有効性分布

全ての RNTD に含まれるバス専業事業者について NDEA を適用した結果が表 2 である．全体の平均を見ると，規模の収益一定のシステム効率性（E^S）が 0.06 と非常に低い．それは，生産効率性（E^1）が平均 0.42 と低いのに加えて，サービスの有効性（E^2）が 0.16 と非常に低いためである．

事業効率性の低さは，技術効率性（T^1, T^2）のばらつきによるところが大きい．規模効率性（S^1, S^2）の平均は 0.79, 0.73 と比較的高く，事業規模による効率性フロンティアの変化が比較的少ないことを示している．それに対して技術効率性（T^1, T^2）は特にサービス消費（事業の有効性, T^2）において非常に平均が低い．これは，高い集客力を誇るごく一部の事例が効率性フロンティアを形成していて，その他の事業者の集客状況はこれらの効率性フロンティアの事例とはかけ離れた低い状態にあることを示している．

表 2 規模の収益一定の効率性(E)及び，規模の収益可変の技術効率性(T)，規模効率性(S)の比較

	CRS 効率性			VRS技術効率性			規模効率性		
	Es	E1	E2	Ts	T1	T2	Ss	S1	S2
総計	0.06	0.42	0.16	0.12	0.54	0.23	0.59	0.79	0.73
事業者タイプ別									
公営	0.06	0.40	0.17	0.12	0.52	0.24	0.59	0.79	0.73
州交通局	0.03	0.46	0.06	0.06	0.70	0.08	0.49	0.65	0.75
部族	0.03	0.47	0.07	0.09	0.63	0.13	0.50	0.76	0.64
その他	0.07	0.38	0.21	0.13	0.49	0.28	0.62	0.81	0.75
民営	0.04	0.50	0.09	0.09	0.65	0.13	0.59	0.80	0.72
営利	0.06	0.46	0.12	0.11	0.56	0.18	0.56	0.83	0.67
非営利	0.04	0.51	0.08	0.08	0.67	0.12	0.60	0.79	0.73
事業エリア別									
市町村	0.08	0.36	0.25	0.12	0.44	0.31	0.70	0.83	0.84
単一郡	0.07	0.41	0.18	0.14	0.55	0.26	0.58	0.78	0.72
複数郡	0.04	0.46	0.08	0.08	0.59	0.13	0.56	0.81	0.69
居留地	0.03	0.49	0.07	0.06	0.59	0.11	0.51	0.78	0.65
RTPOの有無									
RTPO有	0.06	0.41	0.17	0.11	0.53	0.23	0.60	0.80	0.73
RTPO無	0.05	0.43	0.12	0.12	0.58	0.20	0.57	0.76	0.71

事業者タイプ別に見ると，公営バスの生産効率性（E^1）は民営のそれより有意に低いが（コルモゴロフ-スミルノフ検定 p 値: 0.00263），サービス有効性（E^2）は有意に高い（同 0.0109）．この違いは技術効率性（T^1, T^2）の差に起因しており，規模効率性（S^1, S^2）には優位な差はない．ただし，公営事業者でも州交通局や部族交通事業者は，生産効率（E^1）は高いがサービス有効性（E^2）が低い傾向にある．公営サービスの生産効率性（E^1）の低さが，技術効率性（T^1, T^2）に由来していることから，公営サービスでは生産効率を上げるインセンティブが十分に働いておらず，同様の規模のバス事業であっても，入力要素削減もしくはサービス出力増大の余地があることが示されている．また，公営事業者の方が民営よりもサービス有効性（E^2）が技術効率性（T^2）由来で高い点については，公営の有効性が高いというよりは民営の有効性が低いことに原因があるのではないかと考察する．交通事業の民間委託では，事業規模及び運賃を契約時に取り決めた上でそれに従って民営業者

が運行をし，損失を補助金で補填することが多い．その委託契約時に乗客増加努力に対するインセンティブの付与の仕方は様々な形態があるが，一般に補助金を支給する事業で民営業者が大きな利益を上げることは不適切であるとされるため，あまり大きなインセンティブを与えることはできない．このような背景を踏まえると，民営事業者が公営事業者に比べて技術有効性（T^2）が低いということは，乗客を集めることに対するインセンティブが十分に機能していない可能性を示唆していると考えられる．

次に事業エリア別で比べると，生産効率（E^1）は市町村レベルのサービスでは低く，単一郡，複数郡と事業エリアが広くなるごとに高くなる．反対にサービス有効性（E^2）は市町村レベルのサービスで高く，単一郡，複数郡と事業エリアが広くなるに従って低くなる．特筆すべきは，このうちCRS生産効率値（E^1）の差は技術効率性（T^1,）によるものであって規模効率性（S^1）によるものではない点である．即ち，T^1の事業エリア間の差は有意だが（クラスカル･ウォリス検定で p 値 0.0167），S^1の差は有意ではない（同0.641）．即ち，市町村レベルのバス事業では事業規模も小さくなりがちだが，規模効率性（S^1）の差が有意でないことから事業規模の小ささ自体が問題なのではなく，事業者の経営能力など技術効率性（T^1）の問題であることが読み取れる．それに対してサービス有効性（（E^2）の差は技術効率性（T^2）と規模効率性（S^2）の両面によるものである（同9.27e-4と0.000218）．自治体の運行計画がより地域の需要を反映している点と,ローカルサービスと都市間サービスの質の違いの両方が反映されて有効性の差になっているものと考えられる．最後に,アメリカ原住民居留地のサービスは生産効率性（E^1）が高く有効性（E^2）が低い．居留地の広さは様々であり詳細は不明だが，複数郡の大規模サービスと同様の傾向を示している点は興味深い．

RTPO のある州とない州で比較をすると，両者にほとんど差はないように見えるが, システム効率性(E^S)および, CRS 有効性（E^2），VRS 技術有効性（T^2）は RTPO のある州でより高く，差は有意である（コルモゴロフ-スミルノフ検定 p 値は夫々 0.00876, 0.00217, 0.00522）．生産効率性（E^1 , T^1）及び規模効率性（S^1 , S^2）には優位な差はなく，RTPO のある州の事業者はより集客力があることがわかる．

(2) 生産効率性･サービス有効性の関係と事業規模

図1から3は ステージ1と2のCRS効率性(E^1 , E^2)，VRS 技術効率性（T^1 , T^2），規模効率性（S^1 , S^2）の関係について表したものである．CRS 効率性（E^1 , E^2）及び VRS 技術効率性（T^1 , T^2）ではサービス生産時と消費時の効率値は負の相関を持っており（図 1，2），それぞれ相関係数は-0.28（p 値: 0.000212）と-0.14（p 値: 0.0595）となっている．即ち生産効率性（E^1）が高い事業者ではサービスの有効性（E^2）は低い傾向にあり，それもシステム効率性が全体的に低い一因となっている．これは技術効率値T^1 , T^2を同時に高める事が難しいためである（図2）．それに対してステージ 1 と 2 の規模効率性は正の相関を持っており（相関係数 0.42, p 値:1.30e-8），事業規模に関してはサービスの生産と消費の効率性（S^1 , S^2）を同時に高めるような適正規模が存在すると見られる（図3）．

事業者の営業エリア別で見ると，ステージ 1 と 2 両方の CRS 効率性（E^1 , E^2）が高い事業者は市町村レベルの事業者及び単一郡レベルの事業者が占めており，複数郡レベル及びアメリカ原住民居留地の事業者は非常にサービス有効性（E^2）が低い（図 1）．VRS 技術効率性（T^1 , T^2）でもその傾向は同じである．T^1 , T^2 ともに高いのは市町村レベル及び単一郡レベルの事業者で，複数郡レベル及びアメ

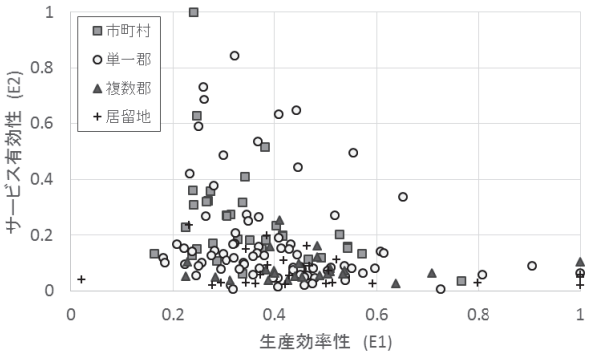

図 1　CRS 生産効率性とサービス有効性

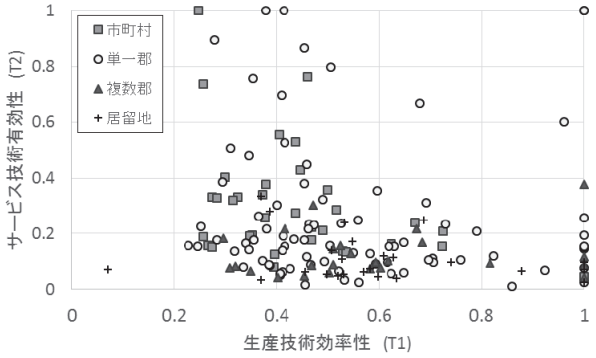

図 2　VRS 生産技術効率性とサービス技術有効性

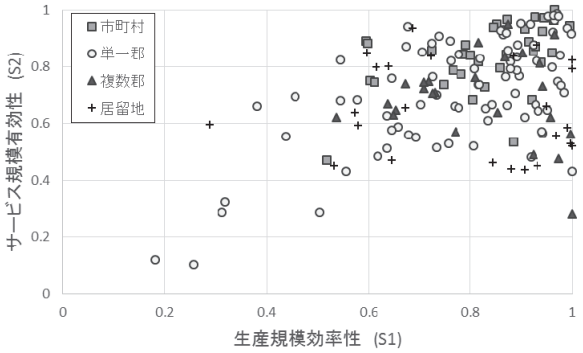

図 3　生産規模効率性とサービス規模有効性

リカ原住民居留地の事業者は生産技術効率（T^1）が高い事例はあってもサービス技術有効性（T^2）が一様に低い（図2）．規模効率性（S^1, S^2）に関しては，単一郡レベルでS^1, S^2ともに非常に低い例が散見されるが，基本的に全てのタイプの事業者が比較的高いスコアを記録している．

次に，事業の運行規模とシステム全体での規模効率性（S^S）を比較したのが図 4 と図 5 である．システム規模効率性（S^S）はいずれの図でも逆U字型を示しており，年間延営業時間で7千から1万7千時間，若しくは年間実車営業マイル20万マイル程度のサービスで最も高い．

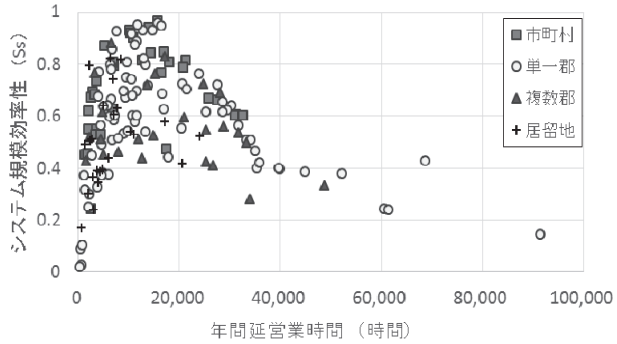

図 4　システム規模効率性と年間延営業時間

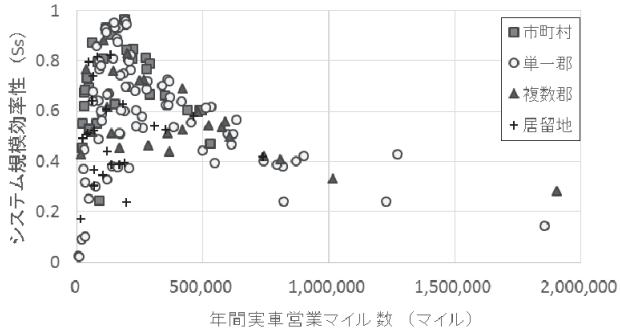

図 5　システム規模効率性と年間実車営業マイル

図3でステージ1と2の規模効率性の正の相関が示されたが，それら二つの総合指標であるシステム規模効率性はこのような延営業時間7千から1万7千時間，年間実車営業マイル 20 万マイル程度の事業において最大化され，最も効率の良い事業規模となることがわかる．内部でのばらつきはあるものの，この傾向は一部の効率性の高い事業者だけでなく全般に見られ，それよりも小さい事業規模では大きくなるほど規模効率性は急激に上がり，逆にその規模を超えると規模効率性はゆるやかに下がる．但し非常に小さな規模及び非常に大規模の事業者では，規模効率性の解釈に注意が必要である．このような特殊な事業者は，その規模の特殊性の為に自動的にその事業者自身が VRS 技術効率性（T^1, T^2）のフロンティアを形成することとなるため，規模効率性（S^1, S^2）がCRS効率性（E^1, E^2）そのものをあらわすためである．

市町村･単一郡･複数郡などの事業エリアの大きさはサービスの規模（延営業時間及び年間実車営業マイル）とはあまり関係なく，事業主が市町村レベルだからといってサービス規模が小さいとも限らないし，複数郡だからといって大規模とも限らない．ただ，図 3 で見られた規模効率性（S^1, S^2）の低い単一郡レベル事業者は，図4及び図5から非常に小規模なサービスまたは非常に大規模なサービスを展開している事業者であることがわかる．これらは極端に小さな（大きな）サービスである為，先ほど述べたように，規模効率値をそのままに解釈することはできない．しかし，その前後の傾向を見るに，こういった極端に小さい，または大きい事例では規模効率性が低いとみなすことができるだろう．

(3) 効率性･有効性が特に高い事例のケーススタディ

それでは，生産効率性及びサービス有効性にはどのような事例で高くなるのか．特に，サービス有効性（E^2）は特殊な事例が高い集客力を誇り効率性フロンティアを形成しているように見受けられるが，その効率性フロンティア上にある事業者はどのような特徴を持っているのか．

表 3　生産効率性･サービス有効性が特に高い事例

	事業社名	州	事業者タイプ	事業エリア	Es	E1	E2	車両数	営業費用（$1,000）	延年間営業時間（千時間）	年間実車営業マイル（千マイル）	延年間乗客数（千人）
E1=1（上位5事業者）	Reno Sparks Indian Colony	NV	公営（部族）	居留地	0.058	1	0.058	3	116	6	134	134
	Confederated Tribes of the Colville Reservation	WA	公営（部族）	居留地	0.021	1	0.021	3	38	2	44	44
	COCOPAH INDIAN TRIBE	AZ	公営（部族）	居留地	0.051	1	0.051	1	300	24	65	65
	Oswego County-Oswego County Opportunities, Inc.	NY	公営（その他）	単一州	0.065	1	0.065	5	5,341	69	1,273	1,273
	VRT-Staunton Region	VA	民営（非営利）	居留地	0.106	1	0.106	17	1,840	34	1,904	1,904
E2上位5事業者	Mountain Express	CO	公営（その他）	単一州	0.240	0.240	1	4	1,147	9	126	126
	City of Gatlinburg	CO	公営（その他）	単一州	0.272	0.322	0.844	13	1,456	24	212	212
	Town of Breckenridge	TN	公営（その他）	単一州	0.191	0.260	0.734	26	1,395	28	367	367
	City of Glenwood Springs	CO	公営（その他）	市町村	0.179	0.261	0.688	13	1,137	16	189	189
	City of South Padre Island	TX	公営（その他）	単一州	0.286	0.442	0.647	10	1,045	21	358	358

表 3 は CRS 生産効率性・サービス有効性（E^1, E^2）において上位となった事業者の概要である. 生産効率性（E^1）において上位に来ている事例を見ると，車両数が非常に少ないアメリカ原住民居留地の事例が多い．それに対し，Oswego County と VRT-Staunton Region の事業者は，車両数もしくは営業費用のいずれか一方を抑えることで，都市間を結ぶ広域交通事業の中での効率性フロンティアを形成している．

これらの事業者の生産効率性（E^1）は高いが，サービス有効性（E^2）は低い．限られた入力要素のなかでかなりのサービス量を捻出しているものの，実際には利用者が少ないのが現状である．たとえば，Oswego County は Fulton など主要都市を中心に 13 路線の都市間サービスを運行しているが，そのうち 10 路線が午前と午後に各 1 便ずつしか運行されていない（図 6）．広い範囲をカバーしてはいるものの，需要の低い路線を維持する為に少ない車両で各路線とも最低限の運行頻度となており，利便性はかなり低い状況にあることがわかる．VRT-Staunton Region では Staunton 市内交通と周辺の都市間交通の両方を担っており，Staunton 市内は観光客も見込まれるようである．このため，コンパクトで密な運行エリアのデザインが可能であり，そのために比較的効率のよい生産が可能となっていると考えられる．また，有効性も 0.1 と値としては低めながらもほかの事例と比較すると高い．観光需要も含めたローカル需要の密度の高さにより，運行頻度はより多く，乗客数も多い結果となっていると思われる．

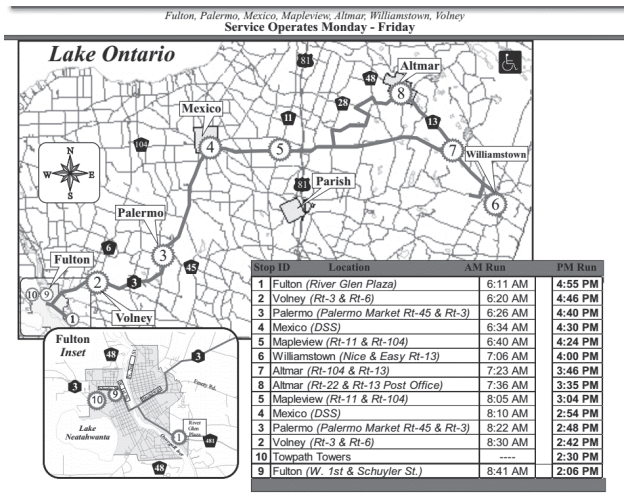

図 6　Oswego County の都市間バス路線（補注 7）

サービス有効性の高い 5 事業者については，すべてが部族交通でも州交通局でもない公営事業体であり，うち 4 つが単一州レベルでのサービスである. その地域性を見ると，全ての事業者のサービスエリアがリゾート地であり，地方交通の中でも特殊な地域の交通であることがわかる．例えば有効性の効率フロンティアを形成している Mountain Express は，コロラドのリゾート拠点都市からスキー場など山のレジャースポットへのシャトルバスであり，Gatlinburg, Breckenridge，Glenwood Springs も同様である．South Padre Island は海のリゾート地であり，観光客向けのシャトルバスの性格がかなり強い．観光客の来訪シーズンは特定の時期に集中しており，その行き先は地元住民と比べてかなり地理的に集約している傾向にあるために非常に高いサービス有効性（E^2）が確保できていると思われる．

このような観光交通も一般の地方公共交通と同じ連邦補助金を受けて運営されているために，実際にパフォーマンスベースでの補助金の支給が検討される際には，同じ土俵で評価されてしまう可能性がある．また，乗客数統計を取る際には，観光客利用者と地元住民利用者を区別することはできないため，両者を事前に客観的基準で区別することは難しい．しかしながら，地方バス交通を比較する際にはこのような特殊事例を効率性フロンティアとして扱うことは不適当であることは明白である．事業評価の際には観光交通と小規模都市及び過疎地の生活路線を分ける基準を設け，両者を分けて評価をしてゆく必要があるだろう．

5. 結論

本研究ではネットワーク包絡分析法を用いることで，アメリカ地方バス交通の生産効率性とサービスの有効性を包括的に評価し, それらの指標と事業主体・事業エリアの特性の関係について考察した．高い生産効率性（E^1）とサービスの有効性（E^2）を両立している事例はなく，手元の限られた車両数及び営業費用の中でサービス供給量を多くしている主体でも，なかなかその供給量に見合う需要を喚起できていない現実が見て取れる．しかし，生産効率性とサービスの有効性の規模効率を同時に高める事業規模は存在し, 延営業時間 7 千から 1 万 7 千時間, 年間実車営業マイル 20 万マイル程度の事業において最もシステムの規模効率が高められることが示された.

また，パフォーマンス向上に当たっては，事業者の生産効率改善・集客へのインセンティブ設計や, 組織のキャパシティ向上, 地域に密着した情報が重要になると考えられる. 公営の場合は，補助金に依存する中でも生産効率改善へのインセンティブを与えるよう制度設計を行う必要があり，民間に委託する場合は，集客努力を喚起するような契約のあり方を考えてゆく必要がある．市町村レベルの事業者は地域に対する知見を活かして（高い技術有効性T^2によって）有効なサービスを提供する傾向にあるが，生産性改善を行うノウハウの蓄積が不十分であるように見受けられる（技術効率性T^1が低い）．州レベル・RTPO レベル，あるいは連邦レベルでそのようなノウハウの蓄積を行うことで生産効率を上げ，より効率的で有効なバスサービスの提供が可能になると思われる.

最後に，今後 MAP-21 に基づいてパフォーマンスベースで交通事業投資の意思決定を行う際には，事業の特色を踏まえた評価のあり方を考える必要がある．本研究により市町村内バス交通の方が広域の都市間バス交通よりも集客力

が高い(規模有効性S^2が高い)傾向にあるであろうこと，そしてリゾート拠点都市での都市内バス交通の方が，集客力が突出して高い傾向にあることが示された．しかし，それはリゾート地でのバス事業が都市間長距離路線に比べて社会的意義が大きいことを示しているわけではなく，それらが同じ補助金を受給しているからといって同じ基準で評価することは不適当である．またリゾート地のバス交通の事業評価が突出して高くなってしまうということは，有効性の指標として単純に乗客の数を用いることの欠点も示していると考えられる．実際には観光路線であるか否かを客観的に示す統計はなく両者の区別を行うことは難しいうえ，細かい利用者属性をデータとして収集することは現実的ではない．しかしながら，地方バス交通の生活路線としての有効性，あるいは交通弱者の足としての有効性を適切に評価するためには，適切な事業分類基準を考える必要があり，その上で可能な範囲で交通弱者の需要の充足率を把握する努力をしてゆかねばならない．

補注

(1) ここでの事業エリアとは事業者が自己申告したものであるが，管轄区域の意味合いが強く，必ずしも運行区域を示さない．例えば，複数郡を事業エリアと申告していても実際の運行エリアはごく少数の主要都市の交通のみという場合もままある．運行しているネットワークの地理的情報も重要な情報であるが，データとして手に入らない場合も多いため，本研究では管轄区域の広さ（計画･管理をどの地理的レベルで行うか）が事業の効率性･有効性に与える影響を考察する．管轄区域の広さの影響も，MPO に対応する RTPO のあるべき規模を考える上では重要な点であると考える．

(2) E_0^1, E_0^2 の組み合わせが一意に定まらない可能性はあるものの，実際にはそのような事例は多くない可能性が Kao ら[7]によって示されている．本研究でのステージ別効率性の計算では，全ての事例において解の組み合わせは一意に定まっており，ステージ 2 の最大化問題を優先して計算した場合でも結果は全く同一である．

(3) 部族事業者は，アメリカ原住民の自治政府が管轄しているため，公式統計上公営事業者扱いである．

(4) バスの運行本数なども重要なサービス供給の指標であるが，採用した指標以上のデータは取得できないため考慮されていない．

(5) 既往研究ではいずれか一方のみを用いるものが多いが，本研究のデータを使用して検証したところ，いずれかを用いる場合と両方を用いる場合では，分析結果に統計的に有意な差が認められた．

(6) 事業者がアメリカ原住民の部族機関であることと，運行エリアがアメリカ原住民の居留地であることは必ずしも一致しない．居留地を運行する 24 事業者はすべて部族機関であるが，部族機関がそれより狭い範囲・広い範囲での運行をすることもある．

(7) Oswego County Opportunities のウェブサイトより取得．http://www.oco.org/transportation

参考・引用文献

1) Fielding, G.: Managing public transit strategically: a comprehensive approach to strengthening service and monitoring performance 1987
2) Chu, X., Fielding, G., Lamar, B.: Measuring transit performance using data envelopment analysis, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol.26, No.3, pp223-230. 1992
3) Viton, P.: Changes in multi-mode bus transit efficiency, 1988-1992, Transportation, Vol.25, No.1, pp1-21. 1998
4) Mallikarjun, S., Lewis, H., Sexton, T.: Measuring and managing the productivity of US public transit systems: an unoriented network DEA, Managing Service Productivity, 48, 74-88.
5) Yu, M.., Fan, C.: Measuring performance of multimode bus transit: a mixed structure network DEA model, Transportation Research Part E, Vol.45, Vo.3, pp501-515. 2009
6) Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E.: Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research, Vol.2, No. 6, 429-444, 1979
7) Banker, R. Charnes, A., Cooper, W.: Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, Management Science, Vol.30, No.9, pp1078-1092. 1984
8) Kao, C., Hwang., S.N.: Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis -An application to non-life insurance companies in Taiwan-, European Journal of Operational Research, Vol.185, No.1 pp418-429, 2008
9) Kao, C. & Hwang, S.N.: Decomposition of technical and scale efficiencies in two-stage production systems, European Journal of Operational Research, Vol.211, No.3 pp515-519, 2011