

産業連関表とネットワーク DEA による 都道府県の効率分析

天達 洋文, 上田 徹

1. はじめに

物を作り、それを消費することが人の生活であり、経済活動である。1つの生産や消費などの経済活動は他の消費や生産を誘発する。これを産業連関と称している。生産も消費も一瞬でできることではないので、一定期間に、誰がいくら作り、誰がいくら消費したかを克明に記したものが産業連関表である。

誰が作り、誰が消費したかを表現するのに便利なマトリックス形式を産業連関表は使っている。この関係を逆に、誰が消費し、それを誰が作ったかをたどれば、自動車の生産が激減すると、どこに波及し、日本全体や世界全体がどのようなことになるか計算できる。産業連関表は、ノーベル経済学賞のワシーリ・レオンチェフやリチャード・ストーンらの先駆的研究に始まり、産業連関分析や国民経済計算などに広く使われている。日本国内はもとより、UNIDO（国連工業開発機構）東京事務所によると世界のGDPの98%を占める国家や地域で産業連関表は作られている[1]。

マトリックス形式なので、コンピュータ処理しやすく、数理計画法でも容易に扱える。したがって、Data Envelopment Analysis (DEA, 包絡分析法)を産業連関表の分析に適用するとマクロ経済の分析ができて有益だと思うのだが、適用した報告は非常に少ない。少ない先行研究も、本研究とほとんど関係がないので、6節で簡単に触れる。

DEAは企業等の自己の行動を決定できる組織 (Decision Making Unit, DMU) 間の相対的効率を測定するツールである。しかし、従来のDEAは図1の

ようにDMUの外部との入力と出力のみを扱っている。これに対して、ネットワークDEAは外部との入出力と内部組織間の入出力とを用いて、組織全体の効率と各部門の効率を測定する手法である[2][3]。

しかし、従来のネットワークDEAは図2のような始点と終点を持つ組織を対象とすることが多い。産業連関表は生産と消費の関係をマトリックス形式で記述しており、図3のような組織を想定している。このような組織を“マトリックス型組織”と呼ぶことにする。

したがって、DEAを産業連関表に適用するには、マトリックス型組織を想定したDEAのアルゴリズムが必要である。また、図3で直感的に分かるように、マトリックス型組織は入出力の数が多いために、大部分のDMUの効率値は1になることが多く、相対的効率の評価ができない。この解決も必要である。

本稿は都道府県の効率比較を行う事例研究であるので、アルゴリズムの問題には極力立ち入らないつもりであるが、若干は触れざるを得ないのでご容赦願いたい。以降の構成は、次の2節で産業連関表の説明を行い、3節でマトリックス型組織を定義し、4節でマトリックス型組織の効率を測定するアルゴリズムを説明し、5節で都道府県の産業効率を比較して、特徴を検討する。最後に6節で先行研究を示し、まとめをする。

2. 都道府県の産業連関表

国内の産業連関表は中央省庁や各都道府県など多くの組織から発行されている。しかし、産業分類等に若干の差があり、原資料を利用するのは面倒である。本研究では文献[4]を用いた。

表1は産業連関表の例である。物を作る主体を部門と称し、米や麦類などの商品区分で表記するが、集約すると農林水産業などの産業区分で表記する（注：表1の移輸入の位置は通常の産業連関表とは異なる）。

表1は文献[4]の48部門表を、英国の経済学者Colin Clarkの産業区分を用いて3部門の表に編集し

あまたつ ひろふみ
成蹊大学 工学研究科情報処理専攻
うえだ とおる
成蹊大学 理工学部情報科学科
〒180-8633 武蔵野市吉祥寺 3-31-1
受付 09.4.21 採択 09.10.1

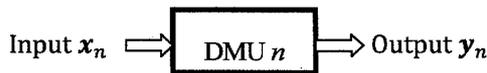


図1 Black box DEA が対象とする組織

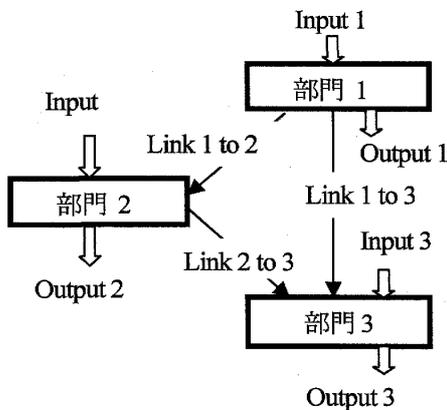


図2 ネットワーク DEA が対象とする組織

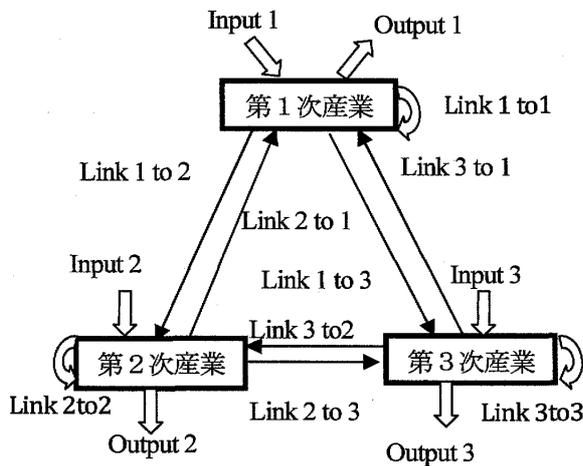


図3 マトリックス型組織

表1 産業連関表の例 (鹿児島県) 単位 十億円

	1次	2次	3次	消費	移輸出
第1次産業	75	354	15	56	279
第2次産業	151	942	660	746	1,332
第3次産業	102	691	1,209	3,502	604
雇用者所得	52	705	2148		
企業利潤	96	279	513		
移輸入	200	1,896	955		
県内生産額	595	3,292	5,381		

直した、部門は第1次産業（農林水産鉱業など）、第2次産業（製造業）、第3次産業（サービス産業）で表記している。消費は家計や政府や他県（移出）や海外（輸出）などの消費主体の種類別に表記するが、表1では、消費や移輸出として集約した。スペースの関係で多くの消費主体を省略した。物を作るには労働力

や企業の資源などが必要だが雇用者所得、企業利潤などの所得区分で表記する。また、県外や外国からの供給は移輸入として表記されている。消費主体同様に、多くの所得区分を省略した。

表1から鹿児島県の第2次産業は、県内の第1次産業の354十億円の物と第2次産業の942十億円の物と第3次産業の691十億円の物とを使い、705十億円相当の労働力を使い、279十億円相当の企業利潤（企業の資源）を使い、県外から1,896十億円の物を買って、3,292十億円の生産をしていることが分かる。生産した物は、県内の第1次産業が151十億円分、第2次産業が942十億円分、第3次産業が660十億円分を生産のために使い、746十億円分を個人や政府が消費し、県外に1,332十億円分の移輸出をしている。

表1で太線内は各部門間の需要と供給なので“内部入出力”，雇用者所得などは“外部入力”，消費などは“外部出力”と称する。

3. マトリックス型組織

図3は表1の内容を図で表現したものである。図3には第1次、第2次、第3次産業の3部門があり、各部門は外部入力 Input 1, 2, 3 と外部出力 Output 1, 2, 3 がある。各部門間には供給と需要の関係があり、この関係を“Linking activity”または単に“Link”と称する。“Link k to h ”は部門 k の内部出力が部門 h の内部入力であることを表している。

DEAでは、経験的に、DMUの数が入出力の数の3倍以上ないと、ほとんどのDMUの効率値が1になり、相対的評価ができないことが知られている[5]。マトリックス型組織の場合、各DMUに k 個の部門があり、各部門が m 個の外部入力と、同じ数の m 個の外部出力を持ち、 l 個の内部入力と、同じ数の l 個の内部出力があるとする（注： m 個の外部入力とは雇用所得と移輸入のような2種類の外部入力の意味である。他の入出力も同じである）。入出力の数の合計は $(m \times k + l \times k \times (k-1)) \times 2 + l \times k$ になる。例えば $k=3, m=2, l=1$ とすると合計は30になり、上の経験則からは90個以上のDMUが必要になる。本文の主題である都道府県の効率分析の場合、都道府県の数は47であり、ほとんどの県の効率値が1になると予想される。

この問題を解決するには次の2つの方法がある。

- 1) Andersen と Petersen[5] や 刀根[6] の超効率値のアルゴリズムをネットワーク DEA に拡張し

て、効率値1のDMU間の相対的効率の比較を可能にする。

2) 産業連関表の入出力の間には線形の仮定があるので、これを利用して部門数を減らす。表1では線形性を利用して48部門表を3部門表にした。

なお、以降では、ネットワークDEAでない従来のDEAを“Black box DEA (BB)”と称する。

4. マトリックス型組織に適用するネットワークDEAのアルゴリズム

Slacks based measure (SBM) モデルを用いて説明する。ただし、本文は事例研究であるので、アルゴリズムの説明は極力しない。ネットワークDEAのアルゴリズムの概要は次のようになる。

- 1) 各部門の外部入出力と内部入出力で生産可能領域の制約式を定義する。
- 2) 部門 k から部門 h への Link を移動する物資は部門 k では内部出力であり、部門 h では内部入力となる。この、部門 k の内部出力のあるべき量と部門 h の内部入力のあるべき量が等しくなるように Link 制約式を加える。
- 3) 効率値を外部入出力や内部入出力の過剰量や不足量 (スラック) と部門の重要性 (荷重) で定義する。

4.1 記号

- N : DMU の数
 DMU_n : n 番目の DMU. $n \in \{1, \dots, N\}$
 K : 1つのDMUにある部門の数. $k \in \{1, \dots, K\}$
 S_n^k : n 番目のDMUの k 番目の部門
 M^k : 部門 k の外部入力の数. $m \in \{1, \dots, M^k\}$
 R^k : 部門 k の外部出力の数. $r \in \{1, \dots, R^k\}$
 x_{mn}^k : 部門 S_n^k の m 番目の外部入力の数.
 $\mathbf{x}_n^k \equiv (x_{1n}^k, \dots, x_{M^kn}^k)^t$, $\mathbf{x}^k \equiv (\mathbf{x}_1^k, \dots, \mathbf{x}_N^k)$,
 $\mathbf{x}_n \equiv (\mathbf{x}_n^1, \dots, \mathbf{x}_n^K)$

以後、ベクトルの同様な記号は説明しない。

- s_m^{k-} : 外部入力 x_{mo}^k のスラック
 y_r^k : 部門 S_n^k の r 番目の外部出力の数
 s_r^{k+} : 外部出力 y_{ro}^k のスラック
 $L^{(k,h)}$: 部門 k と部門 h の間の link の数.
 $l \in \{1, \dots, L^{(k,h)}\}$
 $z_{ln}^{(k,h)}$: 部門 S_n^k から S_n^h への l 番目の link の量
 $L^{(*,h)} \equiv \sum_{k=1, k \neq h}^K L^{(k,h)}$: 部門 h への (他のすべての部門からの) link. $l \in \{1, \dots, L^{(*,h)}\}$
 以後、* を同じように使う。

$L^{(k,*)} \equiv \sum_{h=1, h \neq k}^K L^{(k,h)}$: 部門 k からの (他のすべての部門への) link. $l \in \{1, \dots, L^{(k,*)}\}$

- $z_{ln}^{(k,h)}$: 部門 S_n^k への l 番目の内部入力の量
 $s_l^{(k,h)-}$: 内部入力 $x_{lo}^{(k,h)}$ のスラック
 $z_{ln}^{(k,*)}$: 部門 S_n^k からの l 番目の link の内部出力の量
 $s_l^{(k,*)+}$: 内部出力 $y_{lo}^{(k,*)}$ のスラック
 w_n^k : DMU $_k$ での部門 S_n^k の比重 ($\sum_{k=1}^K w_n^k = 1$)

4.2 Black Box DEA モデル (BB) と Free Link network DEA モデル (FL)

同じ Link 上の内部入出力の量を、現在の量から自由に変えられる前提で相対効率値を測定するのが Free Link network DEA モデルである。本文では名称を“FL”と短縮する。

FLでのDMU $_o$ の効率値は次式の目的値 ρ である [3] :

$$\rho = \min_{\lambda, s^-, s^+} \frac{\sum_{k=1}^K w_o^k (1 - (1/M^k) \sum_{m=1}^{M^k} s_m^{k-} / x_{mo}^k)}{\sum_{k=1}^K w_o^k (1 + (1/R^k) \sum_{r=1}^{R^k} s_r^{k+} / y_{ro}^k)}$$

subject to

$$\mathbf{x}_o^k = \mathbf{x}^k \lambda^k + \mathbf{s}^{k-} \quad (k=1, \dots, K) \quad (1)$$

$$\mathbf{y}_o^k = \mathbf{y}^k \lambda^k - \mathbf{s}^{k+} \quad (k=1, \dots, K) \quad (2)$$

$$z^{(k,h)} \lambda^k = z^{(k,h)} \lambda^h \quad (\forall k, \forall h) \quad (3)$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0$$

部門 k の効率値は次式になる。

$$\frac{1 - (1/M^k) \sum_{m=1}^{M^k} s_m^{k-} / x_{mo}^k}{1 + (1/R^k) \sum_{r=1}^{R^k} s_r^{k+} / y_{ro}^k}$$

制約式(1), (2)が生産可能領域の制約式で、 \mathbf{s}^{k-} は外部入力の過剰量、 \mathbf{s}^{k+} は外部出力の不足量である。

内部入出力の過不足は次式で計算できる。

$$\text{内部入力の過剰量 (スラック)} : z_o^{(k,h)-} - z^{(k,h)} \lambda^h$$

$$\text{内部出力の不足量 (スラック)} : z^{(k,h)} \lambda^k - z_o^{(k,h)}$$

制約式(3)は Link 制約式である。

ベクトル λ の正値を持つ要素は、DMU $_o$ の見習うべき DMU を示している。

本式は規模の収穫一定 (Constant returns to scale) を仮定しているが、制約式 $\sum_{n=1}^N \lambda_n^k = 1$ を付加すれば規模の収穫可変 (Variable returns to scale) の仮定になる (このことは以下では触れない)。

文献[6]のモデルを拡張した、DMU $_o$ の超効率値は次式の目的値 ρ である。

$$\rho = \min_{\lambda, s^-, s^+} \frac{\sum_{k=1}^K w_o^k (1 + (1/M^k) \sum_{m=1}^{M^k} s_m^{k-} / x_{mo}^k)}{\sum_{k=1}^K w_o^k (1 - (1/R^k) \sum_{r=1}^{R^k} s_r^{k+} / y_{ro}^k)}$$

subject to

$$\mathbf{x}_o^k \geq \sum_{n=1, n \neq o}^N \mathbf{x}_n^k \lambda_n^k - \mathbf{s}^{k-} \quad (k=1, \dots, K)$$

$$\mathbf{y}_o^k \leq \sum_{n=1, n \neq o}^N \mathbf{y}_n^k \lambda_n^k + \mathbf{s}^{k+}$$

$$\sum_{n=1, n \neq o}^N z_n^{(k,h)} \lambda_n^k = \sum_{n=1, n \neq o}^N z_n^{(k,h)} \lambda_n^h$$

$$k \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0$$

部門 k の効率値は次式になる。

$$\frac{1 + (1/M^k) \sum_{m=1}^{M^k} s_m^{k-} / x_{m0}^k}{1 - (1/R^k) \sum_{r=1}^{R^k} s_r^{k+} / y_{r0}^k}$$

$$\text{内部入力のスラック} : \sum_{n=1, \neq 0}^N z_n^{(k,h)} \lambda_n^h - z_0^{(k,h)}$$

$$\text{内部出力のスラック} : z_0^{(k,h)} - \sum_{n=1, \neq 0}^N z_n^{(k,h)} \lambda_n^h$$

上式で $K=1$ と置き、Link 制約式 (3) を除くと Black box モデル (BB) を得る。

4.3 Link Slacks Evaluation モデル (LSE)

全産業の効率より、各産業部門の効率のほうが生活水準に強く影響する場合が多いと考えて、内部入出力のスラックスを効率値の評価に入れるのが Link Slacks Evaluation モデル (略して LSE) である。

DMU $_o$ の効率値は次式の目的値 ρ である。

$$\rho = \min_{\lambda, s^-, s^+, s^{(*,k)-}, s^{(*,k)+}} \frac{\sum_{k=1}^K w_o^k (1 - X_k)}{\sum_{k=1}^K w_o^k (1 + Y_k)}$$

ここで

$$X_k = \frac{1}{M^k + L^{(*,k)}} (\sum_{m=1}^{M^k} s_m^{k-} / x_{m0}^k + \sum_{l=1}^{L^{(*,k)}} s_l^{(*,k)-} / x_{l0}^{(*,k)})$$

$$Y_k = \frac{1}{R^k + L^{(k,*)}} (\sum_{r=1}^{R^k} s_r^{k+} / y_{r0}^k + \sum_{l=1}^{L^{(k,*)}} s_l^{(*,k)+} / y_{l0}^{(*,k)})$$

subject to

$$x_o^k = x^k \lambda^k + s^{k-} \quad (k=1, \dots, K)$$

$$y_o^k = y^k \lambda^k - s^{k+}$$

$$z_o^{(*,k)} \geq z^{(*,k)} \lambda^k + s^{(*,k)-}$$

$$z_o^{(k,*)} \leq z^{(k,*)} \lambda^k - s^{(k,*)+}$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0, s^{(*,k)-} \geq 0, s^{(k,*)+} \geq 0$$

Link 制約式

$$z^{(k,h)} \lambda^k = z^{(k,h)} \lambda^h \quad (\forall k, \forall h)$$

部門 k の効率は次式の値である。

$$(1 - X_k) / (1 + Y_k)$$

文献[6]のモデルを拡張した、DMU $_o$ の超効率値は次式の目的値 ρ である。

$$\rho = \min_{\lambda, s^-, s^+, s^{(*,k)-}, s^{(*,k)+}} \frac{\sum_{k=1}^K w_o^k (1 + X_k)}{\sum_{k=1}^K w_o^k (1 - Y_k)}$$

subject to

$$x_o^k \geq \sum_{n=1, \neq 0}^N x_n^k \lambda_n^k - s^{k-} \quad (k=1, \dots, K)$$

$$y_o^k \leq \sum_{n=1, \neq 0}^N y_n^k \lambda_n^k + s^{k+}$$

$$z_o^{(*,k)} \geq \sum_{n=1, \neq 0}^N z_n^{(*,k)} \lambda_n^k - s^{(*,k)-}$$

$$z_o^{(k,*)} \leq \sum_{n=1, \neq 0}^N z_n^{(k,*)} \lambda_n^k + s^{(k,*)+}$$

$$\sum_{n=1, \neq 0}^N z_n^{(k,h)} \lambda_n^k = \sum_{n=1, \neq 0}^N z_n^{(k,h)} \lambda_n^h \quad (\forall k, \forall h)$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0, s^{(*,k)-} \geq 0, s^{(k,*)+} \geq 0$$

部門 k の効率値は次式の値である。

$$(1 + X_k) / (1 - Y_k)$$

5. 都道府県の効率分析

本研究の主題である、都道府県の産業効率と特徴を考えることにしよう。

5.1 入出力データと部門の比重

産業連関表には多くの情報があり、目的に応じて入出力データと部門の比重を決められる。本文では、表1を参考に、外部入力に雇用者所得と企業利潤の和(“所得”という)と移輸入とし、外部出力データは消費と移輸出とし、内部入出力データは各産業部門間の供給と消費とする。

部門の比重は都道府県内の各部門の生産額の比率とする。表2は比重の例である。

表2 生産額の比重の例

	第1次産業	第2次産業	第3次産業
北海道	0.1124	0.4287	0.4588
青森	0.0761	0.4579	0.4660
岩手	0.0717	0.4727	0.4556
宮城	0.0638	0.4433	0.4813

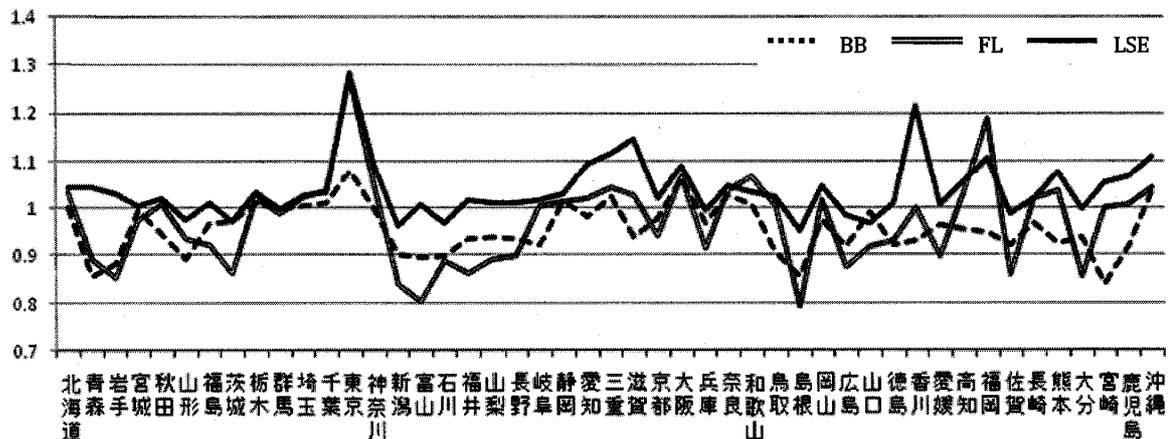


図4 都道府県の効率比較 (CRS)

5.2 都道府県の効率比較

図4は47都道府県の効率値比較である。以降は、規模の収穫一定(CRS)を仮定する。2009年春季OR学会でこの図をお見せしたところ、「効率値の差が少ないのは入出力の数が多いためか」とのご指摘を受けたが、その通りである。

表3はモデルごとの効率順位である。図5に所在地を描いた。図5では上位に同じ都道府県がある場合は上

表3 効率の順位

1~5位	BB	東京、大阪、沖縄、奈良、三重
	FL	東京、福岡、大阪、和歌山、神奈川
	LSE	東京、香川、滋賀、三重、沖縄
6~10	BB	静岡、栃木、千葉、和歌山、埼玉
	FL	沖縄、三重、奈良、千葉、熊本
	LSE	福岡、神奈川、愛知、大阪、熊本
42~47	BB	山形、岩手、青森、島根、宮崎
	FL	大分、岩手、新潟、富山、島根
	LSE	山形、石川、山口、新潟、島根

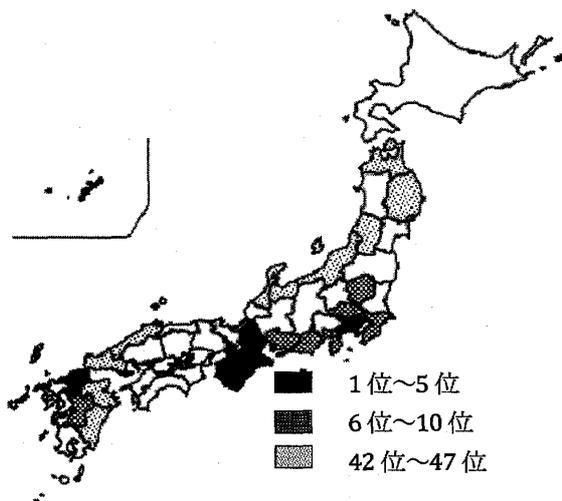


図5 効率の高い都道府県と低い県

位を順位とした。図5で見ると、効率値の高い都道府県は、沖縄県を除くと、いわゆる太平洋ベルト地帯とその周辺にあり、低い県は、東北、日本海、東九州にあることが分かる。

東京都は最高の効率値を得ている。理由の1つは、東京都には中央政府や多数の本社があることである[7]。

5.3 全体効率と部門効率

全体効率に、どの部門が影響しているのだろうか？例として、図6にLSEでの全体効率と各都道府県の生産額の比率 w_k^* で重み付けられた部門効率の関係を描いた。本図から、東京都、香川県、福岡県などは第3次産業が全体効率の向上に寄与しており、茨城県、栃木県、群馬県などの関東圏、静岡県、愛知県、三重県等の中京圏や滋賀県などは第2次産業の寄与が大きいことが分かる。

5.4 人口と面積と効率値の関係

都道府県は人口の増加とともに、行政効率が上がることが知られている[8]。行政効率は都道府県の予算規模を人口で割った値である。行政効率はその通りかもしれないが、さらに生活にかかわりの深い産業効率の視点から見た都道府県の人口や面積を検討してみる。

図7に、人口とFLで測定した効率の関係を描いた。この図はFLであるが、BBでもLSEでも同様な図になる。DEAは平均値の議論ではなく、最高の効率はどこかが主たる関心事なので、参考のために最高の効率の都道府県を破線で結んだ。人口の増加とともに、効率が上がるのが分かる。

同様に、都道府県は、その面積の増加とともに、行政効率が下がることが知られている。図8に、面積とDEAの効率の関係をLSEを用いて描いた。面積の増

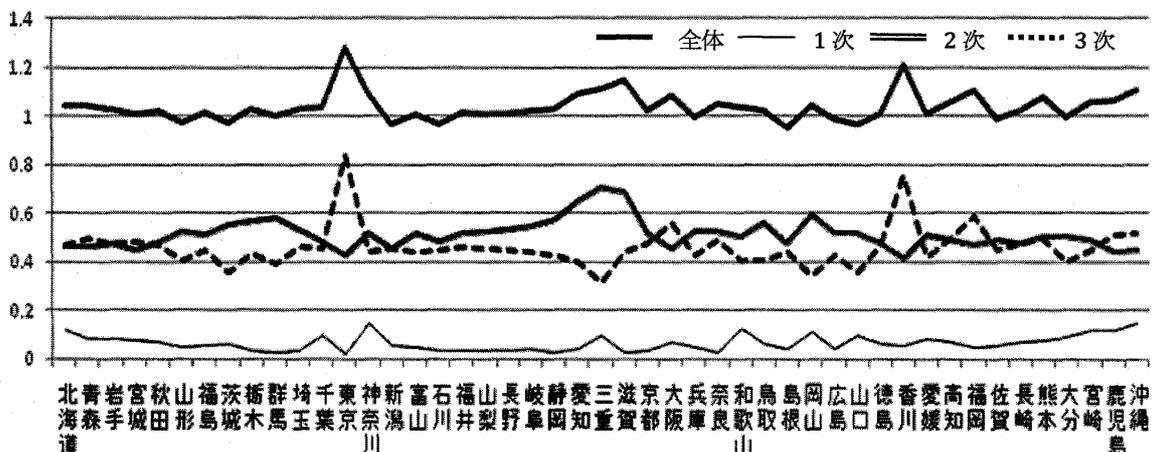


図6 LSEによる全体効率と生産量の比率 w_k^* で重み付けられた部門効率の関係

加とともに、効率が低下するのが分かる。

ところで、農業の効率には、北海道のように広い面積で機械化することが有利との考え方がある。内部入出力も外部入出力とみなして、BBで第1次産業での面積と効率の関係を描いたのが、図9である。日本の場合、第1次産業はほとんど農業であるので図9は農業の効率と面積の関係といってもよい。結果をみると、

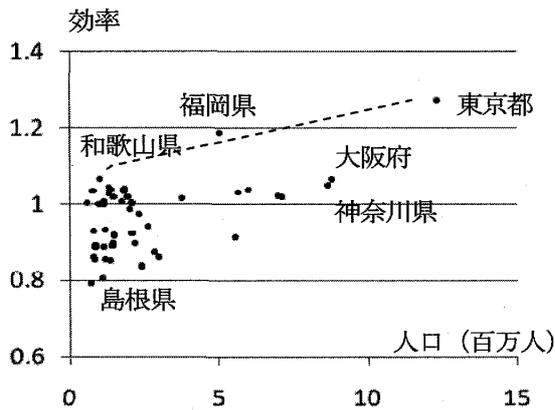


図7 人口と効率値の関係 (FL)

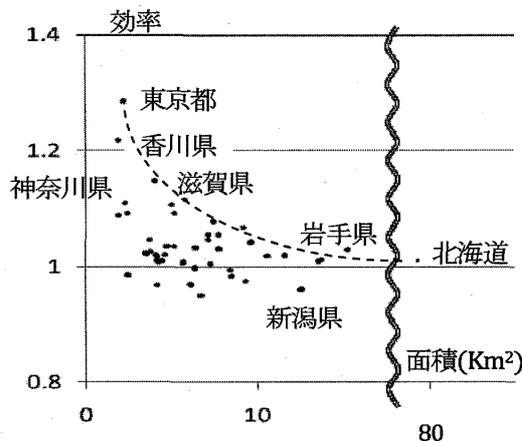


図8 面積と効率の関係 (LSE)

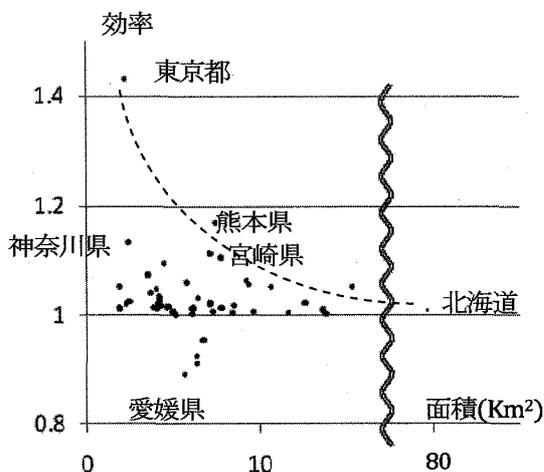


図9 第1次産業の面積と効率の関係 (BB)

東京都や神奈川県などの物流環境が整備されて市場に近いが、熊本県、高知県、宮崎県、鹿児島県などの温暖な地帯の効率がよく、面積の広い、北海道、岩手県、福島県、長野県などは上位にない。第1次産業でも面積が小さい都道府県が高効率の場合が多い。

5.5 効率改善の方策

図4で示したように、各モデルで効率値順位に差がある。各モデルは入出力が異なり、アルゴリズムも異なるので、差があっても当然であるが、モデルごとの効率や効率改善の方策を、いくつかの県を例に検討する。

1) 宮崎県のBBでの効率

- ① 県全体のBBでの効率は、入出力は内部組織の外部入出力の合計として計算する。県全体効率は効率値1のDMUに比べ移輸出量が38%不足しているために、47位である。
- ② 外部入出力は各部門への外部入出力とし、各部門の移輸出入と同じぐらいの規模である内部入出力を外部入出力と見なして各部門の効率を比較すると、第1次産業が5位、第2次産業が6位と高位で、第3次産業は36位である。第2次産業は外部入出力だけのBBだと42位である。
- ③ 宮崎県全体としてみると、効率は低いが、第2,3次産業の効率は高い。
- ④ 第2次産業の内部入出力を考慮した場合としない場合との乖離は、宮崎県には延岡市を中心に宮崎県の経済規模から見るとかなり大きな工場地帯があり、県内に雇用や資材の需要などを生んでいる結果と思われる。
- ⑤ 県全体と内部入出力を考慮した各部門の効率の乖離は、内部入出力を評価する重要性を示唆している。実際、全体と部分を総合的に評価するnetwork DEAは内部入出力を考慮するので、FLでは24位、内部入出力を評価するLSEでは11位である。

2) 島根県のFLでの効率

- ① 第1次産業が手本とするのは山形県(63%)と高知県(37%)で、第2次産業は熊本県(64%)と群馬県(29%)と三重県と東京都で、第3次産業は、高知県(83%)と香川県(10%)、埼玉県、福岡県である。
- ② 各産業の増減すべき入出力を図10に示した。県全体としては外部入出力の合計が増減すべき量で、移輸入と所得を各4%減らし消費と移輸出への供給を各2%と9%増やす必要がある。

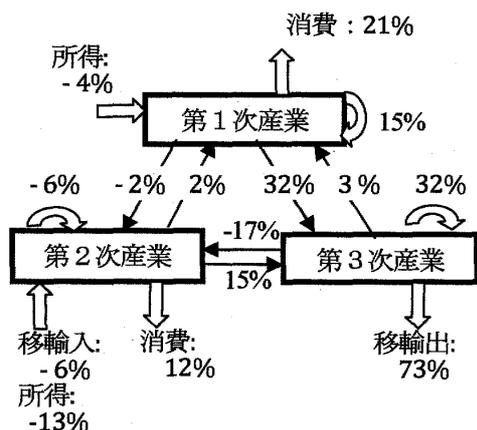


図10 島根県の効率改善

3) 新潟県のLSEによる効率

- ① 新潟県の全体効率値は0.97, 部門効率は, 第1次産業が1, 第2次産業が0.96, 第3次産業が0.98である.
- ② 手本とするのは, 第2次産業は秋田県(43%), 香川県(26%), 和歌山県(23%), 群馬県などで, 第3次産業は島根県(53%), 香川県(23%), 高知県(13%)などである. 第1次産業は効率値1なので手本はない.
- ③ 増減すべき外部入出力は, 第2次産業の移輸入が1%減, 所得が21%減であり, 第3次産業の移輸入の8%減である.

4) 香川県のLSEによる効率

LSEによる効率の最上位の東京都は先に述べたように本社や中央政府などの特殊事情があるので香川県を取り上げる. 香川県の全体効率は, 1.22で東京都に次ぐ効率である.

- ① 比較対象になっているのは, 第1次産業が山梨県(48%), 鹿児島県(25%), 茨城県(13%), 岐阜県(11%)などであり, 第2次産業が長崎県(28%), 福島県(26%), 秋田県(18%), 高知県(16%), 宮崎県(12%)など, 第3次産業は岩手県(61%), 秋田県(22%), 広島県(10%), 福岡県などである.
- ② 比較対象の県に比べて外部入出力の優れている点は, 第1次産業の所得が25%少なく, 移輸入が9%少なく, 第2次産業は所得が8%少なく, 消費への生産量が6%多く, 第3次産業は移輸出が62%多い.
- ③ 部門間では第2次産業から第3次産業への供給が34%多く, 第3次産業の第3次産業への供給

が52%多い.

- ④ 香川県の生産額の比重は第1次産業4%, 第2次産業40%, 第3次産業56%である.
- ⑤ 香川県の就業者1人あたりの生産性を見ると, 全国平均に対して, 農林水産業0.72, 製造業0.96に対して, 卸売業1.13, サービス業1.11と第3次産業は高い生産性である[9]. 高い生産性と過半を占める生産額が相まって, 第3次産業は県内他産業への需要でも, 県外への移出でも大きな比重を占め, 県全体の効率を押し上げていると推察される.

6. まとめ

1節で述べたように, 産業連関表はマクロ経済の基本資料であるが, DEAを適用して分析した例は少ない. Chiang他の研究は, Black Boxモデルを用いて建設部門がほかの部門からどのような影響を受けるかを分析している[10]. Jiang他の研究はBlack Boxモデルで, 各部門間の効率を比較している[11]. PrietoとZofioはOECD5カ国の効率を比較しているが, 5カ国中4カ国が効率値1で比較になっていない[12].

5節では, 産業連関表を用いた幾つかの産業分析を行った. 効率値と産業地帯の関係や, 効率値と人口と土地面積との関係は, 新しい視点と思う.

5.5節の効率改善の方策では, まず, 宮崎県を例に, 県全体の効率と県内部の効率に乖離があり, 県民の生活には県内部の効率を重視する必要があるので, ネットワークDEAが重要な手法であることを示した. 次に, 島根県と新潟県の効率改善の手本と改善方向を示した. 香川県については, 他県に比べ, 第3次産業において県内からの入力が大きく, 県外への出力が多い産業構造であり, 香川県の公表資料から, 第3次産業自体も効率が高いことを説明した. このように, 都道府県の内部の産業間の入出力を考慮することで, より深く各都道府県の特徴をつかめることを示した.

なお, ある部門の入出力の変化は, 他の部門に波及し, 効率に影響する可能性があるが, 本文では考慮していない.

謝辞 2節で述べたように, 国内の産業連関表は多くの組織から発行されていますが, 産業分類等に若干の差があり, 原資料を利用するのは面倒です. 本文では電力中央総合研究所の人見和美氏の作成された産業連

関表を使わせていただきました。謝意を表します。

参考文献

- [1] 木地孝之, 「産業連関のすすめ」, 慶応大学商学部, 2003.
- [2] P. Bogetoft, R. Färe and S. Grosskopf, “Thoughts about Network DEA,” *Proceedings of DEA Symposium 2008*, (2008), 1-4.
- [3] K. Tone and M. Tsutsui, “Network DEA: A slacks-based measure approach,” *European Journal of Operations Research*, 197 (2009), 243-252.
- [4] 人見和美, 「47都道府県多地域産業連関表の開発」, 『電力中央研究所報告』, Y07035, 2008.
- [5] W. W. Cooper, L. M. Seiford and T. Tone, “Data Envelopment Analysis,” second edition, Springer, 2007.
- [6] K. Tone, “A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis,” *European Journal of Operations Research*, 143 (2002), 32-41.
- [7] 東京都総務局統計部, 『平成12年(2000年)東京都産業連関表概要』, 2006.
- [8] 大塚彰浩, 人見和美, 「地域統合に伴う財政支出効率化に関する実証分析」, 『電力中央研究所報告』, T06004, 2007.
- [9] 香川県政策部統計調査課, 『平成18年度香川県県民経済計算推計結果の概要』, 2008.
- [10] Y. H. Chiang, E. W. Cheng and B. S. Tang, “Examining repercussions of consumptions and inputs placed on construction sector by use of I-O tables and DEA,” *Building and Environment*, Vol. 41, No. 1 (2006), 1-11.
- [11] B. Jiang, S. Liu and Q. Wang, “Integration of DEA with input-output table for national economy efficiency analysis,” *International Journal of Services, Economics and Management*, Vol. 1, No. 1 (2007), 88-97.
- [12] A. M. Prieto and J. L. Zofio, “Network DEA efficiency in input-output models: With an application to OECD countries,” *European Journal of Operations Research*, 178 (2007), 292-304.