

広西壮族自治区における

工業企業の効率性と生産性の計測

財団法人国際東アジア研究センター上級研究員 坂本 博

Working Paper Series Vol. 2005-07

2005年8月

この Working Paper の内容は著者によるものであり、必ずしも当センターの見解を反映したものではない。なお、一部といえども無断で引用、再録されてはならない。

財団法人 **国際東アジア研究センター**  
ペンシルベニア大学協同研究施設

## 広西壮族自治区における工業企業の効率性と生産性の計測<sup>†</sup>

国際東アジア研究センター 上級研究員 坂本 博\*

### 要旨

中国の経済成長を支えているのは、主に工業部門の成長である。したがって、経済成長が遅れている広西壮族自治区にとって、工業部門の成長は重要な課題である。

本稿は、1995 年以降のデータを用いて、広西壮族自治区の大中型工業企業の効率性と生産性を計測したものである。データは限られているが、インプットとアウトプットのデータが 2 種類ずつあるので、包絡分析法 (DEA) を用いた。まず、計測された効率値の平均が 0.5 を下回っていることが明らかとなった。これは相対的に非効率な企業が多数存在することを意味する。また、Malmquist 生産性指数を計測しても、全体的に大きな生産性の改善は見られなかった。この点はサンプルを 12 産業に分類した場合でも大きく変わらなかった。

第九次五カ年計画以降、インプット重視の粗放型の成長から効率性重視の集約型の成長への変革が言われ、国有企業の改革も盛んに言われてきたが、この分析結果から見るに、広西壮族自治区の工業企業の生産性の改善が見られず、効率的に工業を発展させることの難しさを物語っている。

---

<sup>†</sup> 本稿は、第 40 回日本地域学会年次大会での報告をもとに内容を大幅に改定、修正したものである。本稿の作成において、北星学園大学の鈴木克典氏、流通科学大学の中山徳良氏、東京工業大学の樋口洋一郎氏、および 3 名の匿名のレフリーからコメントをいただいた。これらについてはこの場を借りて感謝したい。

\* 国際東アジア研究センター 上級研究員

〒803-0814 北九州市小倉北区大手町 1 1 - 4

E-mail: sakamoto@icsead.or.jp

## 1. はじめに

中国の経済発展における工業部門を含めた第二次産業の役割は大きい。2002 年において、中国の GDP に占める第二次産業の比率は 50% を超え、成長率で見ても第二次産業の成長率は GDP の成長率を常に上回っている（国家統計局 [10]）。

しかしながら、こういった産業構造は地域間で異なる。その中で興味深い地域として広西壮族自治区がある。広西は、東部沿海地域に属しているが、GDP に占める三次産業の比率が順に 24.3、35.2、40.5% と、第一次産業の比率が依然高く、第二次産業の比率は高くない。その理由として、広西の隣接地域が広東省であるといった地理的な要因が大きい。広東の工業は、珠江デルタに集中しているが、広西は珠江デルタの周辺地域の更に周辺に位置する。このような広東と広西の関係は核（広東）一周辺（広西）の関係として見ることもできる。つまり、工業部門が広東に集中し、広西は伝統的な部門が残るといった関係である。例えば、広東に電気・電子産業などが集積するにつれ、製糖業といった産業の全国一の座が、1993 年以降広西に移っている。また、広東に工業が集中することは、工業労働者を中心とした人口移動を引き起こしている。実際、人口移動は、広東の純移入に対して、広西は純移出となっており、しかも広西の省外人口移動の大半が広東に向かっていることから、広西が広東の工業労働者の有力な供給源となっている（坂本、戴 [16]）。

とはいえ、このような核一周辺の動きによって広西に工業部門が全くなくなることは考えられない。広西の経済成長の原動力も工業部門にあるからである。広西は製糖業以外にもアルミニウム等、有色金属が豊富で、一次産品とあわせてこれらの加工工業が有力である。また、小規模ながら自動車産業も存在し、これも産業の柱である（広西政府網 [8]）。

そこで、広西の工業部門の現状について分析を試みたい。各種統計資料を通じて広西の工業部門の現状を把握することはそれほど難しいことではないが、多くの分析が記述分析にとどまっておき、十分とはいえない。広西の工業部門の発展が、労働や資本などの投入を増加した結果なのか、それとも生産性の上昇によるものかを検討したい。そのため、現状を把握するために投入一産出の効率性と生産性を計測する必要がある。

本稿は、広西自治区の過去数年間の工業企業のデータを用いて効率性と生産性を計測したものである。データはすべて広西統計年鑑に記載された公表データで、各企業について従業員数、資金総額、工業総生産高および産品売上収入のデータのみが利用可能である。これらのデータを駆使することによって分析可能な手法として包絡分析法 (DEA) がある。DEA とは、データの情報を基に生産可能性フロンティアを線形計画法で推計し、各データがフロンティア内部のどの位置にあるかによって、効率性を計測する手法である。一方、生産関数または生産可能性フロンティアを計量的に推計し、効率性を計測する方法も考えられるが、本稿では計量分析を試みるにはデータが不十分であるため、

この手法は採用していない。いずれの場合もフロンティア線上にあるデータは効率性が最も高く、フロンティア線上から離れるほど非効率だと判断できる。さらに DEA を用いて全要素生産性としての Malmquist 生産性指数が計測可能である。

DEA を用いた効率性分析は日本のデータについてはかなり多く報告されている。本稿に関連する研究事例として、福重他 [6] は、後に述べる DEA の各種モデルによる計測結果の比較から、日本の鉄鋼業における規模の経済性を検討している。中山 [12] は、兵庫県における水道事業の効率性と生産性を、DEA を用いた Malmquist 生産性指数を計測することによって分析している。しかしながら、中国のデータについては意外と少ないことが分かる。例えば、Chen [3] は繊維、化学、冶金産業の集計データを用いて、一つの 5 年計画を 1 期間として、4 期間にわたって生産性の変化を計測し、安定した生産性の向上が見られなかったと考察している。Mao and Koo [11] は中国各地域の農業の生産性を計測し、生産性の上昇傾向を指摘している。Tong [18] では、マクロレベルの地域格差を分析している。さらに、Zheng et al. [19] では、国有企業のデータを用いて、国有企業の技術効率性の低さと、効率性の向上よりもむしろ技術変化による生産性の上昇を指摘している。一方、生産関数アプローチでは、大西、矢野 [14]、大塚他 [15] などが中国の企業データを用いて分析している。現時点でマイクロデータの入手は困難ではあるが、将来このようなデータが多数公開されることを見越せば、中国企業の効率性分析は今後研究余地のある分野である。本稿では、中国の中でも広西壮族自治区を取り上げることによって、未発達地域の工業企業の現状を知る一つの事例を提供したい。

そこで、以下では DEA による効率性と Malmquist 生産性指数の計測方法を紹介し、まず、データに記載されている広西自治区の大中型工業企業すべてを対象にした効率性と生産性を計測する。その後、分類可能な範囲で産業分類し、それぞれの産業について効率性と生産性を計測した。

## 2. 分析手法について

DEA は、線形計画法によって構築されたフロンティアに基づいて各サンプルの効率性の評価を行う手法である。まず、フロンティア上のサンプルは、最も効率的に生産を行っていることを示し、その効率値は 1 と定義される。一方、フロンティアからの乖離が大きいサンプルほど非効率な生産であることを示し、その効率値は 0 に近づく。よって効率性評価の基準となるフロンティアの推計が分析の鍵となる。ところで、DEA によるフロンティアの推計は、規模の経済性の仮定に基づき、規模に関する収穫一定を課した CCR モデル、収穫逡減を課した DRS モデル、収穫逡増を課した IRS モデル、収穫可変を課した BCC モデルおよびこれらを一般化した GRS モデルの 5 つが存在する。以下では、DEA のモデル構造を紹介しながら、これらのモデルの違いについて検討する。

刀根 [17] によると、DEA のモデル構造は、まず各事業主体（サンプル）を DMU (Decision Making Unit) と呼び、 $M$  個の要素を投入し、 $S$  個の要素を産出している  $N$  個の DMU を考える。一般的な DEA モデルにおいて、第  $i$  番目の DMU の効率値  $d_i(x_i, y_i, X, Y)$  は、

$$\begin{aligned}
 d_i(x_i, y_i, X, Y) &= \min \theta_i \\
 \text{s.t.} \quad & \theta_i \cdot x_i - X \cdot \lambda_i \geq 0 \\
 & y_i - Y \cdot \lambda_i \leq 0 \quad (1) \\
 & \lambda_i \geq 0 \\
 & u \leq e \cdot \lambda_i \leq v
 \end{aligned}$$

$\theta_i$  ……効率性指標

$x_i$  ……  $DMU_i$  の  $M \times 1$  の投入要素ベクトル

$y_i$  ……  $DMU_i$  の  $S \times 1$  の産出要素ベクトル

$X$  ……全  $DMU$  の  $M \times N$  の投入要素マトリックス

$Y$  ……全  $DMU$  の  $S \times N$  の産出要素マトリックス

$\lambda_i$  ……個々の  $DMU$  に対する  $N \times 1$  のウェイトベクトル

$e$  ……すべての要素が 1 である  $1 \times N$  ベクトル

の線形計画を解くことによって得られる。得られた効率値を  $\theta^*$  とすると、 $\theta^* = 1$  のとき効率的であり、フロンティア上のサンプルとなる。そして、ゼロに近いほど非効率的であることを意味する。これは、ウェイト付けされたフロンティアに達するための、各 DMU のインプットの効率値の最小を求めており、効率が悪いと、十分小さな効率値でもフロンティアに達することができることを意味している。また回帰分析と大きく異なる点として、DEA の場合、アウトプットは複数でも計測可能である。なお、ここではインプットに対する効率性の計測を示したが、アウトプットの対する効率性も同様に計測可能である。

さて、規模の経済性の仮定であるが、式中の  $u$  と  $v$  を適当に仮定することによって上記の 5 つのモデルを仮定することができる。表 1 はそれぞれのモデルに対応する  $u$  と  $v$  の仮定を示したものである。

(表 1 を挿入)

このうち、Charnes et al. [2] によって提案された DEA の最も基本的なモデルである CCR モデルが、 $\lambda$  に対する制約がもっとも弱く、Banker et al. [1] によって提案された BCC モデルが最も強いことが分かる。制約が強いということは、サンプルがそれだけ制約線上、すなわちフロンティア上に位置する可能性が高いことを意味し、これによっ

て多くのサンプルが効率値 1 となりやすいことを意味する。逆に CCR モデルの場合、制約が弱いため、効率値 1 となるサンプルは比較的少なくなる。したがって、効率値のサンプル平均は CCR モデルと BCC モデルとで、 $BCC \geq CCR$  の関係が成り立つ。また DRS モデル、IRS モデルおよび GRS モデルは  $\lambda$  に対する制約が CCR モデルと BCC モデルの中間に位置するため、これらのサンプル平均も CCR モデルと BCC モデルとの間で計測される。なお、これらのモデルの位置関係は福重他 [6] で詳しく議論されている。

DEA を使った Malmquist 生産性指数について、Färe et al. [5] による以下の形が一般的に採用されている (中山 [12]、Zheng et al. [19] など)。

$$m(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = \left[ \frac{d(x_{t+1}, y_{t+1}, X_t, Y_t)}{d(x_t, y_t, X_t, Y_t)} \cdot \frac{d(x_{t+1}, y_{t+1}, X_{t+1}, Y_{t+1})}{d(x_t, y_t, X_{t+1}, Y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

なお、ここでは DMU を示す  $i$  を省略し、時間を強調するための  $t$  を表記した。ところで、この式は以下の形に変形できる。

$$m(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = \frac{d(x_{t+1}, y_{t+1}, X_{t+1}, Y_{t+1})}{d(x_t, y_t, X_t, Y_t)} \cdot \left[ \frac{d(x_{t+1}, y_{t+1}, X_t, Y_t)}{d(x_{t+1}, y_{t+1}, X_{t+1}, Y_{t+1})} \cdot \frac{d(x_t, y_t, X_t, Y_t)}{d(x_t, y_t, X_{t+1}, Y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

このうち、右辺の括弧の前の部分が技術効率性変化を示しており、残りの部分は技術変化を示している。よって、

$$m(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = EC(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) \cdot TC(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) \quad (4)$$

と表わすことができる。なお、ここで  $EC(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1})$  は技術効率性変化を、 $TC(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1})$  は技術変化を示している。

(図 1 をページ上部に挿入)

この意味について、1 インプット、1 アウトプットの簡単なモデルで図示したものが図 1 である (Odeck [13] など)。各期におけるフロンティアは直線  $F(t)$ 、 $F(t+1)$  で、DMU の一つを点  $f(t)$ 、 $f(t+1)$  とする。それぞれの効率値は以下のようなになる。

$$d(x_t, y_t, X_t, Y_t) = OC/OD \quad (5-1)$$

$$d(x_t, y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = OA/OD \quad (5-2)$$

$$d(x_{t+1}, y_{t+1}, X_t, Y_t) = OE/OF \quad (5-3)$$

$$d(x_{t+1}, y_{t+1}, X_{t+1}, Y_{t+1}) = OB/OF \quad (5-4)$$

したがって、技術効率性変化、技術変化および Malmquist 生産性指数は以下のようになる。

$$EC(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = \frac{(OB/OF)}{(OC/OD)} \quad (6-1)$$

$$TC(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = \left[ \frac{(OC/OD)}{(OB/OF)} \cdot \frac{(OE/OF)}{(OA/OD)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6-2)$$

$$m(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = \left[ \frac{(OB/OF)}{(OC/OD)} \cdot \frac{(OE/OF)}{(OA/OD)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6-3)$$

技術効率性変化は、異時点間の効率性を直接比較したものである。また、効率的なフロンティアは時点間で異なるため、t+1 時点のフロンティアで評価した t 時点の DMU の効率性と、t 時点のフロンティアで評価した t+1 時点の DMU の効率性との比較を考え、これらから、異時点間の直接比較の部分を除いたものが、技術変化となる。そして、Malmquist 生産性指数は、異時点間の直接比較と、フロンティアを異時点間で交換することによって得た効率性の比較とを幾何平均でとらえたものとなる。

Malmquist 生産性指数を計測するための、異時点間の効率性変化は、上記と同様に線形計画法によって計算される。しかし、フロンティアを異時点間で交換した場合、DMU がフロンティアの外に位置する可能性がある点に注意しなければならない。これは、フロンティアを形成するインプットとアウトプットの行列の中に、効率性を計測するための DMU の情報が含まれていないためである。このような場合、計測値は 1 を超える。また、Grifell-Tatje and Lovell [7] は Malmquist 生産性指数の計測に際して、規模に関する収穫が可変 (VRS) の場合、正しい指数が得られないとして規模に関する収穫一定の CRS 制約を課すことを指摘している。このような理由から、DEA による Malmquist 生産性指数の計測では、規模の経済性を仮定することができず、収穫一定の CCR モデルを用いることになる。

最後に、効率性計測のためのソフトであるが、Coelli [4] の DEAP Version 2.1 などを用いて計測することができる。しかし、本稿では数理計画法に強い GAMS (General

Algebraic Modeling System <http://www.gams.com/>)を用いて計測した。

### 3. 工業企業全サンプルによる効率性と生産性の計測

本稿では、広西統計年鑑より 1995 年から 2001 年の広西壮族自治区における大中型工業企業のデータを用いた（広西壮族自治区統計局 [9]）。先に述べたように、各企業について従業員数、資金総額（流動資産と固定資産の合計）、工業総生産高（生産ベース）および産品売上収入（流通ベース）のデータのみが利用可能である。そして、従業員数と資金総額は投入要素、工業総生産高と産品売上収入は産出要素と解釈できるため、2 インプット、2 アウトプットの形で効率性を計測することができる。なお、工業総生産高は生産能力に対する効率性を意味し、産品売上収入は営業力に対する効率性を意味する。市場経済が浸透しているとはいえ、企業改革が思うように進んでおらず、市場を無視した生産活動が依然として行われ、生産と売上が必ずしも関連していない点、インプットに用いた資金総額が、売上にも影響を与える点から、生産と売上が区別する必要があると考えた。ただし、いずれのデータも付加価値データではないため、若干の問題を含んでいることは否めない。それらを踏まえた上で、本稿では両方の効率性を総合的に計測した。

まず、これらのデータから年次で区別したサンプルを採り、各年の工業企業全体の生産可能性フロンティアを形成することによって効率性を計測した。なお、ゼロデータや記録漏れのあるサンプルは除外している。工業企業全体の分析では、全体像を把握することを主眼とする。もちろんこれだと、産業間や地域間による生産技術の違いを無視したものとなる。しかし、ここではデータの種類が限られ、データからは産業間の特徴が捉えられないため、同じ技術のもとでの分析から始めても差支えがないと考える。また、ここでは規模の経済性を特定せず、すべてのモデルで計測し、それらを比較することにする。その際、GRS モデルは、刀根 [17] の事例に従い、 $u$  は 0.8、 $v$  は 1.2 と仮定した。 $u$  と  $v$  の仮定しだいでは他の 4 つのモデルのいずれかと同等になるため、これら 4 つのモデルに対して、中間的な規模の経済性となるように設定した。

（表 2 をページ上部に挿入）

表 2 は各時点におけるサンプル数、効率性の計測値の平均と標準偏差をそれぞれのモデルで計測したものである。まず、効率性の平均について、サンプル数が多いことにもよるが、どのモデルも平均が 0.5 に満たないことが分かる。また単純に年次比較した場合、1998 年ごろまでは平均の下降傾向が見られ、それ以降の上昇傾向が観察された。モデルの違いについては、ほとんどすべての年で  $BCC > IRS > GRS > DRS > CCR$  の順で計測値の平均が下降していることが分かる。これらの計測結果をもとに、福重他 [6] で

議論している規模の経済性の統計的検定を分析することができるが、これについては別の機会に譲りたい。これらの計測結果から考えられることは、最も効率的な企業に対して、非効率な企業が多いということである。DEA の特徴として、効率のいちばん優れたサンプルにフロンティアが引き上げられる形で相対的な効率性が計測される。そのため、絶対的には効率が決して悪くないとされる企業も、効率のより優れた企業に対しては効率が悪いという結果をもたらす。しかしながら、非効率な企業が多いといっても、相対指標であるため、これをもって全体が非効率であると判断することはできない。

続いて、Malmquist 生産性指数を計測した。Malmquist 生産性指数を計測するためには、サンプルがバランスドパネルの形で、各時点でそろっている必要がある。そこで、全サンプルのうち、全期間そろっているサンプルを取り出し、CCR モデルを用いて計測した。サンプルは、全部で 266 個に減少する。また、資金総額、工業総生産高および産品売上収入については 95 年価格を基準に実質化をしている。実質化の基準は、資金総額が固定資産投資価格指数、工業総生産高は小売価格指数、産品売上収入は消費価格指数で、いずれも広西統計年鑑に記載されている（広西壮族自治区統計局 [9]）。

（表 3 をページ上部に挿入）

表 3 は、266 のサンプルによる CCR モデルでの効率性の計測値の平均と標準偏差、さらに技術効率性変化（EC）、技術変化（TC）および Malmquist 生産性指数の計測値の平均と標準偏差を示したものである。全サンプルによる計測値と若干異なるが、効率性の平均値自体は 0.2 前後と非常に低い。

それぞれの変化について、1 を超えれば改善が見られたとみなされる。また最後の欄に 1995 年から 2001 年までの幾何平均を示した。また、標準偏差の極端に大きな結果が見られるが、報告されたデータの信頼性に問題があると見られる。具体的には、報告年次によって報告値が極端に変化している企業が存在するということである。この場合、生産性の変化が極端に計測される可能性がある。しかしながら本稿では、通常の回帰分析と異なり、普遍的な関数形を求めることを意図とせず、個別企業の企業成績に注目しているため、異常値のある企業もひとつの企業成績としてとらえている。変化はところどころで 1 を超えているが、期間中の幾何平均を見るかぎり、効率性変化のみ 1 を超えており、しかも 2%弱の低い伸びである。Malmquist 生産性指数が平均で 1 を切っていることから、生産性の向上があまり見られていないといえる。

#### 4. 12 産業による効率性と生産性の計測

これまでの議論は工業企業すべての効率性と生産性を同じフロンティアのもとで計測したものである。次に、より類似の技術環境のもとで計測するために、工業企業を産

業分類して、産業ごとのフロンティアから効率性と生産性を計測した。産業分類は生産性を計測した 266 企業の企業名と中国企事業名録全書編集委員会 [20] を参考に類推した。なお、分類不明もしくは分類したもののサンプル数が少ない産業については計測の対象外とし、ある程度サンプルが集まった産業に対して効率性と生産性を計測した。計測した産業は、採掘業、製糖業、食品・飲料、紡績業、造紙業、化学工業、医薬工業、セメント業、冶金工業、機械工業、自動車関連、電気・電子の 12 産業である。CCR モデルを用いて Malmquist 生産性指数を計測しているが、各産業に分類された企業の中でフロンティアが推計され、その中で一番効率的な企業が 1 と計測される。

(表 4 をページ上部に挿入)

表 4 は CCR モデルによる各年、各産業における効率性の計測値の平均、標準偏差をそれぞれ示したものである。各産業の横にはそれぞれの産業で計測したサンプル数を記述した。それぞれの産業の効率値の平均は、必ず効率値 1 の企業が存在し、サンプル数もかなり少なくなっているにもかかわらず、平均がおおむね 0.5 前後となっている。標準偏差を見てもどの産業も効率値のばらつきが大きいことが読み取れる。よって産業分類しても個別企業の間で効率性に大きな違いがあるといえる。また、全期間において、効率値 1 を計測した企業が、食品・飲料で 1、紡績で 2、医薬で 1、冶金で 2、自動車関連で 1 企業だけにとどまっており、最も効率的な企業が分析期間を通じて安定していないことも分かる。特に、最も効率的な企業が異時点間で変化した場合、相対的な基準が変わるため、平均が大きく変化することが考えられる。食品・飲料、機械の 1995 年から 1996 年にかけての平均の大幅な下落がその一例である。また、平均の変化について、全サンプルもしくは 266 サンプルの平均値で見られた 1998 年ごろまでの平均の下降方向から、その後反転する傾向について、その傾向が見られた産業が、採掘と食品・飲料の二つだけにとどまっている。製糖は全く逆で、1998 年まで平均が上昇傾向であったがその後下降している。他の産業については特に明確な傾向はなく、産業間で平均の変化が一様でないことがうかがえる。

(表 5 をページ上部に挿入)

表 5 は技術効率性変化 (EC) の計測値の平均、標準偏差を示したものである。最後の列は幾何平均である。1995 年から 1996 年にかけて平均値が上昇にしても下降にしても著しく変化している。なお、1995 年は第八次五カ年計画の最終年で、1996 年は第九次五カ年計画の最初の年である。計画達成のための無理な生産が反映された可能性が考えられる。しかし、分析期間中に見たとき、期間中の平均が 1 を超えた産業は製糖、造紙、医薬、電機・電子の四つにとどまっている。多くの産業で技術効率性の向上が見ら

れなかったといえる。

(表 6 をページ上部に挿入)

表 6 は技術変化 (TC) の計測値の平均、標準偏差を示したものである。技術効率性変化の計測値と異なり、造紙、機械を除くすべての産業で平均して効率性が上昇していることが分かる。しかし上昇度は低く、5%を超えたものは、食品・飲料、医薬、冶金の三つにとどまっている。技術進歩が見られるものの、それは緩慢であるといえる。

(表 7 をページ上部に挿入)

表 7 は Malmquist 生産性指数の計測値の平均、標準偏差を示したものである。採掘、製糖、造紙、化学、医薬、冶金、電気・電子が期間平均で生産性を上げているが、期間を通じて生産性が向上したわけではなく、必ずどこかの年で生産性を落としている。また、生産性の向上も医薬の 8.8%を除けば、それほど向上したとはいえない。

これらの結果から、広西自治区の工業企業について、個別企業・産業では効率性・生産性の改善が見られるものの、平均的にはあまり改善されておらず、生産格差が縮小していないということがわかった。生産性の改善については、結局、企業が個別に労働と資本を如何に効率的に使用するかという問題に落ち着く。企業改革により、有力な私企業が出てきているが、中国の企業の多くは国有企業で、市場経済に即した企業行動が行われている可能性は低い。例えば、国有企業は企業内で病院や学校などの社会福祉施設が存在し、これらの存在が企業競争力に大きな影響を与えている。また市場競争が激化している産業もあり、生産能力の割には生産量や販売量が伴わない企業も多い。つまり、最新の設備を導入したものの、稼動していないといった状況である。しかしながら、DEA は用いられたサンプルの相対値で効率値を計測したものである。したがって、効率値が 1 となる効率的な企業が必ず存在し、それ以外の企業がそのレベルまで達していないということである。本稿では紙面の関係上個別企業の効率値を紹介していないが、個別企業・産業について詳しく検討する必要があることは言うまでもない。

## 5. 結びにかえて

本稿は、1995 年以降の広西壮族自治区の工業企業を対象に、DEA を用いて効率性と Malmquist 生産性指数を計測した。結果は、広西自治区の工業企業の平均的な生産性の向上はわずかなものに過ぎないということであった。96 年以降経済発展の量を求める「粗放型」から質を求める「集約型」へと盛んに言われていたにもかかわらず、「粗放型」の状態が続いていたことが伺える。もっとも DEA によるアプローチは、サンプル

の選定、モデルの選択によって結果が大きく左右され、これらに対して統計的な検定もできないため、結果自体はすべてを物語っているとはいえないだろう。また、相対指標であるため、中国の企業全体に対して、広西の企業が効率的なのかどうかはここからは何もいえない。課題を多く残しているが、生産性の向上がわずかであった点については、これを改善するための政策が必要だと考える。広西自治区は広東省と比べて、集積の経済の恩恵が見られず、外国資本による発展で不利なため、自治区内の限られた資源で効率的に工業生産を行っていく必要があるだろう。生産技術を広く普及させ、生産性を高めることが広西自治区の工業の発展、そして経済発展につながると思われる。

参考文献（アルファベット順、ただし中国語文献はピンインより）

- [1] Banker, R.D., Charnes, A., and Cooper, W.W., “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis,” *Management Science*, 30, 1984, pp.1078-1092.
- [2] Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E., “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *European Journal of Operations Research*, 2, 1978, pp.429-444.
- [3] Chen, Y., “A non-radial Malmquist productivity index with an illustrative application to Chinese major industries,” *International Journal of Production Economics*, 83, 2003, pp.27-35.
- [4] Coelli, T.J., “A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program,” CEPA Working Papers No.8/96, Department of Econometrics, University of New England, 1996.
- [5] Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., and Roos, P., “Productivity Development in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach,” in Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A.Y., and Seiford, L.M. eds., *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, Boston, Kluwer, 1994, pp.253-272.
- [6] 福重元嗣, 宮良いずみ, 各務和彦, “日本の鉄鋼業の生産構造に関する計量分析—DEAを用いた規模の経済性の検討—,” 『東アジアへの視点』, 2002年12月, pp.77-90.
- [7] Grifell-Tatje, E., and C.A.K. Lovell., “A Note on the Malmquist Productivity Index,” *Economic Letters*, 47, 1995, pp.169-175.
- [8] 広西政府網, “広西壮族自治区国民経済与社会発展第九個五年計画和 2010 年遠景目標綱要,” <http://www.gxi.gov.cn/feature/swjh/ljnh/index.htm>
- [9] 広西壮族自治区統計局, 『広西統計年鑑』, 各年版
- [10] 国家統計局, 『中国統計年鑑』, 2003 年版

- [11] Mao, W.N., and W.W. Koo., “Productivity growth, technological progress, and efficiency change in chinese agriculture after rural economic reforms: A DEA approach,” *China Economic Review*, 8(2), 1997, pp.157-174.
- [12] 中山徳良, “兵庫県における水道事業の効率性と生産性,” 『地域学研究』, 第 32 巻第 3 号, 2001 年, pp.161-173.
- [13] Odeck, J., “Assessing the relative efficiency and productivity growth of vehicle inspection services: An application of DEA and Malmquist indices,” *European Journal of Operational Research*, 126, 2000, pp.501-514.
- [14] 大西広, 矢野剛, 『中国経済の数量分析』, 世界思想社, 2003 年
- [15] 大塚啓二郎, 劉徳強, 村上直樹, 『中国のミクロ経済改革』, 日本経済新聞社, 1995 年
- [16] 坂本博, 戴二彪, “中国における省間人口移動の変容と規定要因 : 1985-2000,” 『応用地域学研究』, 第 9 号第 1 巻, 2004 年, pp.17-26.
- [17] 刀根薫, 『経営効率性の測定と改善』, 日科技連, 1993 年
- [18] Tong, C.S.P., “China’s Spatial Disparity Within the Context of Industrial Production Efficiency: A Macro Study by the Data-Envelopment Analysis (DEA) System,” *Asian Economic Journal*, 11(2), 1997, pp.207-217.
- [19] Zheng, J.H., Liu, X.X., and Bigsten, A., “Efficiency, technical progress, and best practice in Chinese state enterprises (1980-1994),” *Journal of Comparative Economics*, 31, 2003, pp.134-152.
- [20] 中国企事業名録全書編集委員会, 『中国企事業名録全書』, 開明出版社, 1993 年

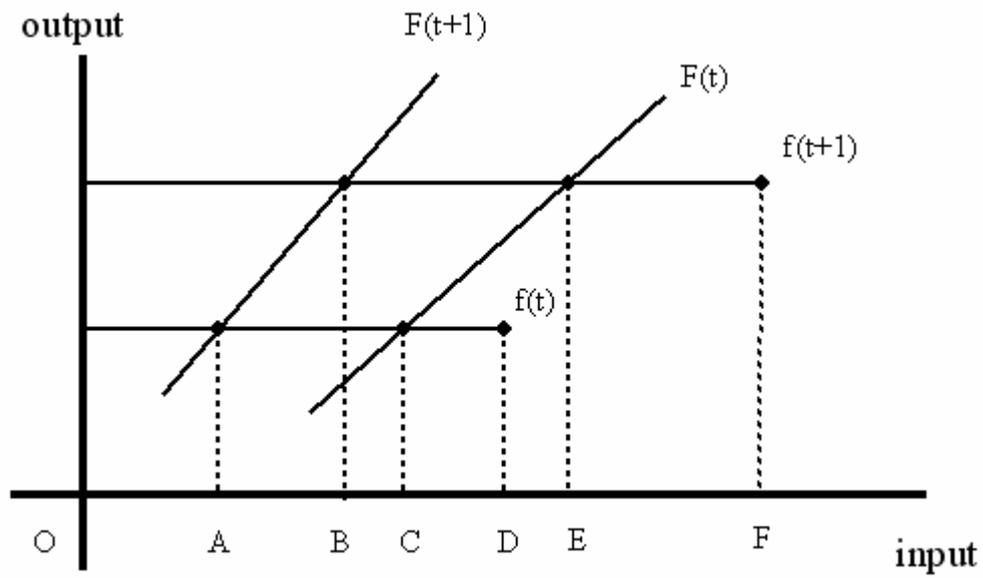


図1 異時点間の生産性比較 (Odeck [13]などを参考に筆者作成)

表1 それぞれのモデルに対応する  $u$  と  $v$  の仮定

	CCRモデル	DRSモデル	IRSモデル	BCCモデル	GRSモデル
$u$	0	0	1	1	$\exists 0 \leq u \leq 1$
$v$	$+\infty$	1	$+\infty$	1	$\exists 1 \leq v \leq +\infty$

筆者整理

表2 工業企業全サンプルによる各モデルでの効率性の計測値の平均と標準偏差

年	企業数	CCRモデル		BCCモデル		IRSモデル		DRSモデル		GRSモデル	
		平均	偏差								
1995	569	0.1900	0.1412	0.3261	0.1863	0.3199	0.1813	0.1963	0.1530	0.2889	0.1673
1996	556	0.1220	0.1178	0.2434	0.1767	0.2256	0.1639	0.1399	0.1481	0.2102	0.1568
1997	545	0.1322	0.1121	0.2093	0.1574	0.1971	0.1413	0.1444	0.1378	0.1891	0.1421
1998	557	0.1122	0.1242	0.1974	0.1767	0.1701	0.1407	0.1395	0.1733	0.1736	0.1637
1999	588	0.1621	0.1557	0.2625	0.2008	0.2390	0.1662	0.1857	0.2014	0.2329	0.1838
2000	525	0.1396	0.1459	0.3098	0.2122	0.2932	0.2007	0.1561	0.1764	0.2666	0.1872
2001	530	0.2135	0.1718	0.3243	0.1988	0.3123	0.1888	0.2255	0.1891	0.2927	0.1842

筆者計算

表3 266 サンプルによる効率性と生産性の計測値の平均と標準偏差 (CCRモデル)

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
CCRモデル効率値	0.2054	0.1337	0.1499	0.1438	0.1830	0.2233	0.2405
標準偏差	0.1518	0.1363	0.1298	0.1428	0.1546	0.1665	0.1718
年	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	95-01平均
技術効率性変化	0.6837	1.2736	0.9953	1.5340	1.3698	1.1212	1.0193
標準偏差	0.4048	0.8840	0.5077	1.7212	0.8065	0.3679	0.1311
技術変化	1.5752	0.7799	1.0979	0.7560	0.8542	0.9233	0.9530
標準偏差	0.2776	0.1569	0.2297	0.1349	0.0483	0.0560	0.0230
Malmquist生産性指数	1.0476	0.9658	1.0573	1.1098	1.1625	1.0338	0.9712
標準偏差	0.6413	0.6163	0.6421	1.0716	0.6534	0.3385	0.1252

筆者計算

表4 12産業CCRモデルによる効率性の計測値の平均と標準偏差

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
採掘業	18	0.6424	0.3400	0.2924	0.3730	0.5527	0.6086	0.6395
標準偏差		0.2623	0.2520	0.2462	0.2656	0.2876	0.2820	0.2701
製糖業	32	0.4712	0.5891	0.6332	0.6777	0.6423	0.6253	0.5972
標準偏差		0.2299	0.2542	0.2480	0.2453	0.2214	0.2750	0.2566
食品・飲料	21	0.4506	0.2817	0.2858	0.2905	0.2694	0.3077	0.3006
標準偏差		0.2544	0.3018	0.2628	0.2755	0.2752	0.3093	0.2818
紡績業	7	0.8943	0.7957	0.9076	0.8281	0.8566	0.7245	0.7593
標準偏差		0.1255	0.1909	0.1224	0.2295	0.1496	0.2757	0.2947
造紙業	11	0.8119	0.6238	0.6884	0.8304	0.7421	0.7547	0.8416
標準偏差		0.1790	0.2845	0.1988	0.1711	0.2217	0.1725	0.1666
化学工業	23	0.7285	0.5239	0.6551	0.6170	0.6278	0.6148	0.6465
標準偏差		0.2037	0.2369	0.2514	0.2518	0.2784	0.2862	0.2791
医薬工業	9	0.5885	0.6155	0.6493	0.5596	0.6360	0.6991	0.6945
標準偏差		0.2278	0.2337	0.2721	0.3020	0.2823	0.2660	0.2721
セメント業	17	0.7144	0.6906	0.7300	0.6747	0.7026	0.5836	0.6031
標準偏差		0.2149	0.2325	0.2292	0.2559	0.2350	0.2123	0.2363
冶金工業	10	0.7848	0.7979	0.7681	0.8007	0.7284	0.6616	0.6935
標準偏差		0.2634	0.2811	0.2929	0.2293	0.2919	0.2933	0.2890
機械工業	32	0.4379	0.2842	0.3691	0.4200	0.3365	0.3813	0.3226
標準偏差		0.2279	0.1844	0.2165	0.2047	0.2105	0.2181	0.2244
自動車関連	14	0.5647	0.4243	0.4375	0.3383	0.3539	0.4576	0.3880
標準偏差		0.3274	0.2903	0.2955	0.2444	0.2520	0.3045	0.2865
電気・電子	22	0.4503	0.5412	0.4172	0.3724	0.4090	0.6360	0.5120
標準偏差		0.1855	0.2426	0.2386	0.2441	0.2536	0.2488	0.2666

筆者計算 各産業の横の数字はサンプル数を示す。

表5 12産業の技術効率性変化の計測値の平均と標準偏差

		1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	1995-01平均
採掘業	18	0.5107	0.8545	1.3863	1.6740	1.2569	1.0655	0.9950
標準偏差		0.2298	0.2479	0.2971	0.7515	0.4994	0.2476	0.0929
製糖業	32	1.3653	1.1102	1.1091	1.0838	0.9845	0.9679	1.0329
標準偏差		0.5233	0.2418	0.2732	0.9702	0.2497	0.2993	0.1378
食品・飲料	21	0.5525	1.7028	1.0370	1.0090	1.4942	1.0525	0.8820
標準偏差		0.3553	2.7740	0.4021	0.5620	1.5994	0.4294	0.1400
紡績業	7	0.8910	1.1966	0.8978	1.1025	0.8446	1.0153	0.9559
標準偏差		0.1751	0.2957	0.1859	0.2871	0.2546	0.2075	0.1086
造紙業	11	0.7445	1.2956	1.2547	0.8818	1.0688	1.1355	1.0073
標準偏差		0.2441	0.5669	0.2756	0.1490	0.2441	0.1989	0.0370
化学工業	23	0.7341	1.3149	0.9986	1.0418	1.0266	1.1380	0.9718
標準偏差		0.2849	0.3621	0.5271	0.2808	0.3204	0.4639	0.0987
医薬工業	9	1.4042	1.0751	0.8897	1.2492	1.1808	0.9895	1.0306
標準偏差		1.4971	0.4313	0.3294	0.4634	0.3340	0.1086	0.0933
セメント業	17	0.9832	1.1264	1.0330	1.1625	0.8608	1.0738	0.9696
標準偏差		0.2811	0.3765	0.6923	0.5941	0.2644	0.3740	0.0806
冶金工業	10	1.0029	0.9421	1.2709	0.8809	0.9046	1.0880	0.9725
標準偏差		0.1844	0.1058	0.7493	0.1635	0.1584	0.3232	0.0344
機械工業	32	0.6788	1.4448	1.2302	0.7820	1.2154	0.8620	0.9462
標準偏差		0.2542	0.6778	0.3404	0.1804	0.4372	0.2439	0.1160
自動車関連	14	0.8215	1.0870	0.7951	1.0947	1.3254	0.7729	0.9052
標準偏差		0.3530	0.3563	0.2741	0.3042	0.5623	0.2318	0.1498
電気・電子	22	1.2465	0.7441	0.8533	1.4825	1.8365	0.7937	1.0211
標準偏差		0.3685	0.1840	0.2016	1.6812	0.7933	0.2337	0.1401

筆者計算 各産業の横の数字はサンプル数、最後の行は期間中の幾何平均を示す。

表6 12産業の技術変化の計測値の平均と標準偏差

		1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	1995-01平均
採掘業	18	2.0408	1.1423	0.7793	0.6586	0.9127	1.0084	1.0082
標準偏差		0.3691	0.0409	0.1841	0.0809	0.0517	0.0498	0.0804
製糖業	32	0.9991	0.9531	1.0255	1.0314	1.0282	1.0314	1.0020
標準偏差		0.1938	0.0308	0.0737	0.1448	0.1404	0.2123	0.0511
食品・飲料	21	2.2718	0.8678	0.9023	0.9940	0.9652	0.9183	1.0509
標準偏差		0.9090	0.2490	0.0564	0.1350	0.0447	0.0370	0.0311
紡績業	7	0.9679	0.7680	1.0114	1.2347	1.2557	0.9894	1.0172
標準偏差		0.1195	0.1408	0.1458	0.1355	0.0353	0.0597	0.0281
造紙業	11	1.4877	0.6736	0.8169	1.3480	1.1105	0.8873	0.9950
標準偏差		0.4468	0.1762	0.1048	0.2718	0.1278	0.0759	0.0296
化学工業	23	1.4527	0.7585	1.1095	0.9715	1.0977	0.9636	1.0282
標準偏差		0.3210	0.1657	0.1256	0.0564	0.0962	0.0979	0.0382
医薬工業	9	0.9894	1.0602	1.7042	0.7555	1.0458	1.1461	1.0552
標準偏差		0.0855	0.0955	0.8488	0.2266	0.0194	0.1406	0.0326
セメント業	17	1.0384	0.7190	1.1793	0.9790	1.3897	1.0334	1.0303
標準偏差		0.1400	0.1012	0.0735	0.1358	0.0925	0.0852	0.0159
冶金工業	10	0.9664	1.0416	1.1203	1.1567	1.3280	0.9459	1.0785
標準偏差		0.0723	0.0709	0.1084	0.1034	0.1965	0.2092	0.0526
機械工業	32	1.4652	0.6532	0.8040	1.2033	0.8531	1.2522	0.9896
標準偏差		0.1510	0.1883	0.0934	0.0342	0.1217	0.0454	0.0635
自動車関連	14	0.8604	1.0078	1.3725	0.9525	0.8805	1.3013	1.0421
標準偏差		0.1530	0.0687	0.0291	0.0333	0.0263	0.0779	0.0548
電気・電子	22	0.7045	1.3243	1.1145	1.1405	0.7333	1.3421	1.0156
標準偏差		0.1152	0.1912	0.0702	0.3018	0.0675	0.0944	0.0452

筆者計算 各産業の横の数字はサンプル数、最後の行は期間中の幾何平均を示す。

表7 12産業の Malmquist 生産性指数の計測値の平均と標準偏差

		1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	1995-01平均
採掘業	18	1.0647	0.9776	1.0698	1.0858	1.1492	1.0672	1.0007
標準偏差		0.5332	0.2879	0.3249	0.4443	0.4753	0.2284	0.0992
製糖業	32	1.3126	1.0586	1.1433	1.2521	1.0147	0.9943	1.0342
標準偏差		0.4205	0.2360	0.3259	1.8666	0.2605	0.3191	0.1373
食品・飲料	21	1.0871	1.2930	0.9346	0.9920	1.4315	0.9665	0.9254
標準偏差		0.7792	1.7371	0.3552	0.5228	1.5141	0.3914	0.1410
紡績業	7	0.8493	0.8980	0.8954	1.3482	1.0633	1.0062	0.9747
標準偏差		0.1287	0.1786	0.1914	0.3068	0.3252	0.2143	0.1299
造紙業	11	1.0792	0.8297	1.0210	1.1910	1.1843	1.0072	1.0019
標準偏差		0.5051	0.2685	0.2354	0.3324	0.2890	0.1993	0.0374
化学工業	23	1.0473	0.9956	1.1436	1.0139	1.1242	1.0840	1.0005
標準偏差		0.5112	0.3503	0.8065	0.2829	0.3614	0.4058	0.1241
医薬工業	9	1.3322	1.1306	1.6419	0.9192	1.2313	1.1304	1.0881
標準偏差		1.2845	0.4406	1.5433	0.3097	0.3322	0.1694	0.1103
セメント業	17	1.0205	0.8128	1.2081	1.1396	1.1926	1.1105	0.9993
標準偏差		0.3260	0.3103	0.7610	0.5894	0.3619	0.4064	0.0884
冶金工業	10	0.9687	0.9825	1.4082	1.0138	1.1827	1.0113	1.0485
標準偏差		0.1927	0.1404	0.8094	0.1836	0.1908	0.2908	0.0583
機械工業	32	1.0008	0.8819	0.9790	0.9404	1.0126	1.0832	0.9353
標準偏差		0.4331	0.3766	0.2486	0.2182	0.3216	0.3301	0.1245
自動車関連	14	0.7290	1.0960	1.0912	1.0441	1.1677	1.0093	0.9470
標準偏差		0.3467	0.3659	0.3717	0.3013	0.4923	0.3232	0.1791
電気・電子	22	0.8705	0.9760	0.9455	1.7610	1.3386	1.0660	1.0369
標準偏差		0.2337	0.2366	0.2040	2.5520	0.5768	0.3475	0.1439

筆者計算 各産業の横の数字はサンプル数、最後の行は期間中の幾何平均を示す。