

戦後日本における紡績業の生産構造と効率性

野田真哉*・新見幸子**・細川光浩・福井正康

* 株式会社 富士薬品

** 株式会社 大進本店

福山平成大学経営学部経営情報学科

概要

我々は日本の戦後から平成期にかけての、主要紡績企業 8 社の生産構造を Cobb-Douglas 型生産関数に基づいて特定し、包絡分析法 (DEA) により生産効率性を検討して、これら 2 つの分析結果の関係を論じた。

キーワード

戦後、紡績業、生産構造、生産関数、生産効率、包絡分析法、DEA、統計

1章 はじめに

この論文は、日本の戦後から平成期にかけての、主要紡績企業 8 社（鐘淵紡績、倉敷紡績、日清紡績、東洋紡績、ユニチカ、大和紡績、敷島紡績、富士紡績）の生産構造を Cobb-Douglas 型生産関数に基づいて特定し¹⁾、包絡分析法（DEA）によって生産効率性を検討して²⁾、それとの結果相互の関係について考察を加えたものである。

データは、福井、田中、矢倉のデータベース^{3,4)}の一部と、新たに上記 8 社の 1950 年から 1996 年までの有価証券報告書の会計データを加えて作成した。ただし、データベース内で 1950 年から 1974 年までは会計データが 2 年毎で上期、下期に分割されているため、使用するデータは、統一性を考え、全て 2 年毎のデータとし、売上高は上期と下期の合計、総資産と従業員数は上期と下期の平均を使用した。1976 年から 1996 年までは通年のデータが存在するので、その年のデータを用いている。

生産構造に関する分析方法は、発展途上の軽工業の生産関数として有名な Cobb-Douglas 型生産関数⁵⁾を仮定して重回帰分析を行い、その結果から生産構造モデルを構築するように進める。

生産関数は生産量を Y 、生産要素のうち資本量を K 、労働量を L とすると $Y = f(K, L)$ の形で表わされることが多い。特に Cobb-Douglas 型生産関数は、 α 、 β 、 γ をパラメータとして以下の形で表わされる。

$$Y = \gamma K^\alpha L^\beta \quad (1)$$

我々はこの生産関数の形を仮定して、パラメータを特定するために以下のように上式の対数をとり、

$$\log Y = \alpha \log K + \beta \log L + \log \gamma \quad (2)$$

生産量 Y を売上高（円）、資本量 K を総資産（円）、労働量 L を従業員数（人）に選んで重回帰分析を行った。

DEA は事業体（DMU）に関して、得意な分野を評価するという姿勢で、その投入と産出における効率性（生産効率性と呼ぶ）を求める分析手法である^{6,7)}。ある DMU の効率 θ は一般にその DMU の r 個の入力変数値 x_i とパラメータ v_i の線形結合（投入）と s 個の出力変数値 y_j とパラメータ u_j の線形結合（産出）の比として以下のように表わされるが、

$$\theta = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_j}{\sum_{i=1}^r v_i x_i} \quad (3)$$

そのパラメータは対象とする DMU の効率を指定された制約の中で最大化するように決定される。この制約の取り方によって、DEA にはいくつかのモデルが提案されている。DEA の計算には、社会システム分析ソフトウェア College Analysis⁸⁾ を用いている。

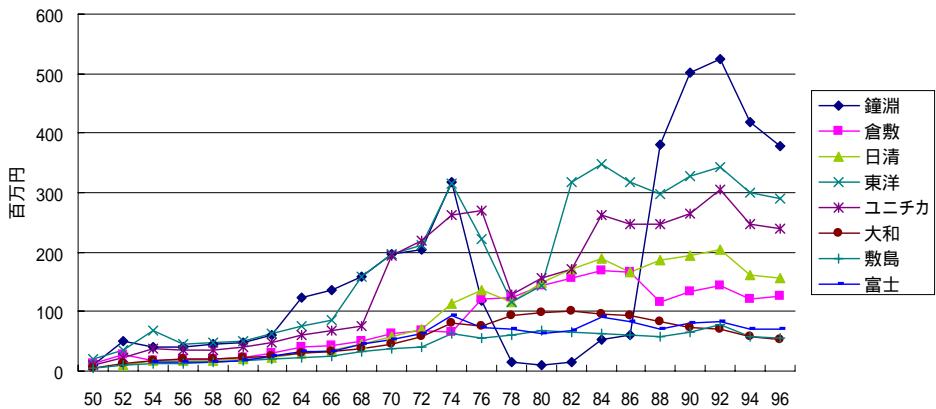


図 1a 売上高の年次推移

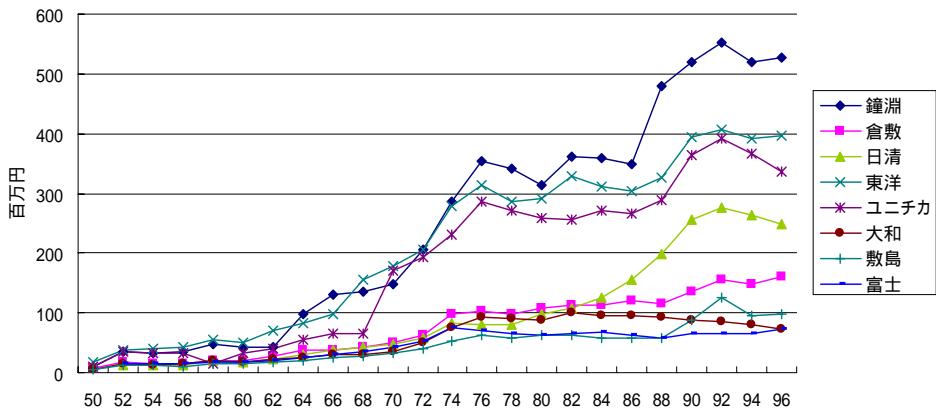


図 1b 総資産の年次推移

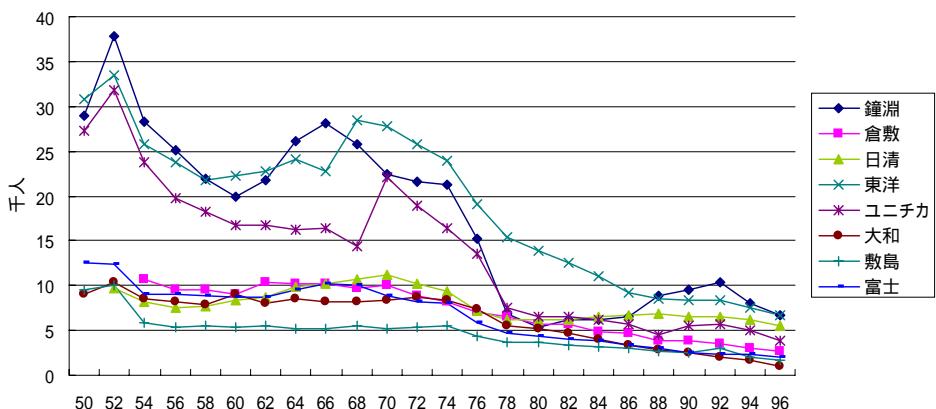


図 1c 従業員数の年次推移

生産関数と DEA の分析結果は 2 章以降で紹介することにして、ここではまず利用するデータ

について個別にその年次推移を見ておこう。図 1a は売上高の年次推移、図 1b は総資産の年次推移、図 1c は従業員数の年次推移になっている。これらの図を見ると、鐘淵紡績、東洋紡績、ユニチカのように変動が大きい企業と大和紡績や敷島紡績のように変動が比較的小さい企業があることが分かる。また、売上高において変動が大きい企業は概してその他においても変動が大きくなっている。この変動の大きさは企業の他業種への移行や分社化などにも起因し、特に鐘淵紡績ではその変動が大きくなっている。図 1 では 1950 年以降のデータを用いているが、2 章からの分析には欠損値を除くためと戦後の混乱期を避けるために、1954 年以降のデータを使用することにする。

2 章 生産構造

この章では 1 章で述べた Cobb-Douglas 型生産関数に基づきパラメータの特定を試みる¹⁾。1954 年から 1996 年までの企業毎のデータから、(2) 式に従って重回帰分析を行った結果が表 1 である。

表 1 1954 年～1996 年企業毎の重回帰分析結果（各企業データ数 22）

	(p)	(p)	log (p)	寄与率
鐘淵紡績	1.3949 (0.0000)	2.0016 (0.0001)	-11.810 (0.0053)	0.5984
倉敷紡績	0.9983 (0.0000)	0.1351 (0.4465)	-0.4607 (0.7385)	0.9403
日清紡績	0.8663 (0.0000)	-0.1507 (0.6766)	1.6729 (0.3644)	0.9189
東洋紡績	0.8686 (0.0000)	0.0363 (0.8381)	0.8807 (0.5636)	0.8748
ユニチカ	0.8400 (0.0000)	0.1827 (0.1323)	0.5430 (0.5804)	0.9374
大和紡績	0.9228 (0.0000)	0.1898 (0.0002)	-0.0974 (0.8136)	0.9762
敷島紡績	0.9302 (0.0000)	0.3647 (0.0223)	-0.7910 (0.4543)	0.9456
富士紡績	1.1173 (0.0000)	0.0545 (0.3945)	-1.0462 (0.1281)	0.9704

表 1 では (p) , $\log(p)$ の値の他に、これらの値を 0 と比較した場合の検定確率値を括弧の中に表示した。また、重相関係数の 2 乗で定義される寄与率（重決定係数）の値も示した。これによると、約 40 年間のデータであるにも関わらず、極めて良い精度で Cobb-Douglas 型生産関数が成り立っている。特に倉敷紡績、大和紡績、敷島紡績、富士紡績など繊維業占有率の高い企業ではこのモデルに良く適合している。ただ鐘淵紡績については 1 章でも述べたように分社化や他業種への転換を行なっており、モデルからのずれが大きい。

表 1 の分析結果は会計データをそのまま使用したものである。しかし、約 40 年間に渡るデータであるので、物価指数を考慮する必要もあると考えられる。そこで 1960 年から 1996 年まで、売上高と総資産を総合卸売物価指数で割って再度分析を行なってみた。結果に特に大きな変更はないものの、鐘淵紡績を除いて寄与率が 0.1 から 0.3 程度低下した。これ以上物価を細かく考えることは実際上不可能であるし、一致性の良さと簡単さを考えて、今後は物価指数を含まない

いものを利用することにする。

さて、鐘淵紡績を除く各社がかなりの精度で、Cobb-Douglas 型の生産関数に従うことが分かったが、これは 1 企業内のことなのか、それとも全社を通じて 1 つの生産関数にまとめられるものなのか興味が湧く。そこで、これら 7 社の全年度のデータを用いて重回帰分析を行なってみた。その結果、表 2 で与えられるような非常に興味深い結果を得た。

表 2 1954 年～1996 年鐘紡を除いた重回帰分析結果 (データ数 154)

(p)	(p)	log (p)	寄与率
0.8685 (0.0000)	0.0632 (0.0182)	0.7976 (0.0000)	0.9401

これによると 7 社全年度に渡って生産関数はほぼ 1 つの Cobb-Douglas 型生産関数で表わされることが分かった。この精度を視覚的に見るために売上高の対数値とその予測値の散布図を図 2 に表わす。縦軸は売上高の対数値で、横軸はその予測値である。

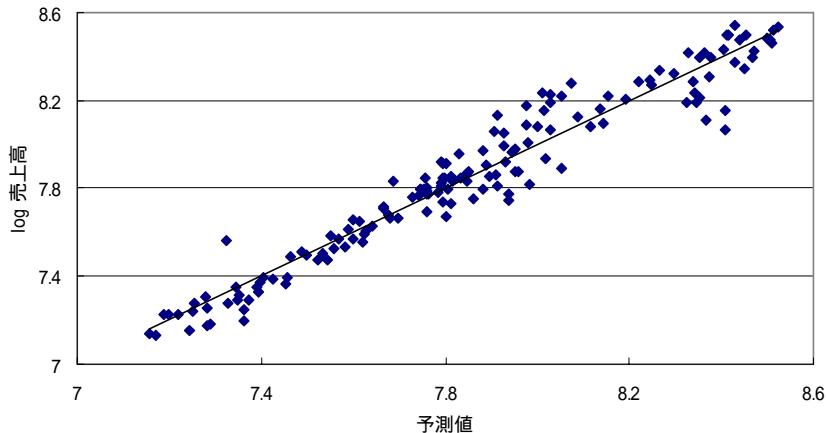


図 2 売上高の対数値とその予測値の散布図

表 2 の結論からもう 1 つ興味ある結果が読み取れる。我々が用いた Cobb-Douglas 型生産関数の場合、資本量と労働量を c 倍にすると生産量は $c^{\alpha+\beta}$ 倍となり、 $\alpha + \beta > 1$ で規模の収穫遞増、 $\alpha + \beta < 1$ で規模の収穫遞減、 $\alpha + \beta = 1$ で規模の収穫一定のモデルとなる。上記の計算結果では、 $\alpha + \beta = 0.9317$ となり、規模の収穫一定に近いモデルになっている。このことは次章で DEA モデルを選択するときの指針になる。

Cobb-Douglas 型生産関数について(2)式は以下のようにも書ける。

$$\log(K/Y) = -\frac{\beta}{\alpha} \log(L/Y) - \frac{\log \gamma}{\alpha} + \frac{1-\alpha-\beta}{\alpha} \log Y \quad (4)$$

特に $\alpha + \beta = 1$ の場合、軸として $\log(K/Y)$ と $\log(L/Y)$ を選ぶとグラフは直線になる。我々はこの直線性が比較的良い精度で成り立つのではないかと考えたが、実際にはある程度の直線性は示されるものの、期待するほどの結果は得られなかった。また、規模の収穫一定性からのず

れである $(1 - \alpha - \beta)/\alpha \cdot \log Y$ の補正を入れても散布図のばらつきはあまり変わらなかった。これは回帰分析の結果に与えられるように、回帰式が殆ど総資産に支配されており、従業員数の影響が弱いことに起因する。実際、総資産のみで回帰分析を行ってもほぼ同様の結果を得るので、従業員数は省略しても良いのではないかとさえ思われる。しかしそう後見るように、近年になって従業員数を無視することができなくなる状況が生じてくる。

少し細かくパラメータの変化を見るために、鐘淵紡績を除く 7 社のデータを 1954 年から 2 度のオイルショックが起きた中間の 1976 年までと 1978 年から 1996 年までとに 2 分割して同じ分析を行った。その結果が表 3 である。

表 3 2 分割したデータによる重回帰分析結果 (データ数 84・70)

	(p)	(p)	log (p)	寄与率
1954~1976	0.9192 (0.0000)	0.0534 (0.2203)	0.4456 (0.0150)	0.9589
1978~1996	0.6135 (0.0000)	0.2892 (0.0001)	2.0526 (0.0000)	0.8391

これをみると 1976 年以前は 1978 年以降に比べて寄与率がかなり高いことが分かるが、これは 1978 年以降における他業種への転換などの影響もあるのではないかと思われる。また、パラメータの値としては、資本量のパラメータである α から労働量のパラメータである β ヘウェイトが移ってきていているが、 $\alpha + \beta$ の値は 0.97 から 0.90 へとパラメータ単独の変化に比べて小さい。これは、1976 年以前に殆ど資本集約型であったものから、規模の収穫の一定性をある程度維持しながら、労働量が重要性を増してきたものと解釈できる。この結果から、安易に従業員数を無視して回帰式を考えることは差し控えたい。

3 章 DEA による生産効率性の検討

この章では DEA による生産効率性の検討を行なう²⁾。但し、2 章との統一性も考え、入力を総資産と従業員数に絞り、出力を売上高にしている。また、DEA のモデルでは、2 章で得た規模の収穫がほぼ一定であるという結果を利用し、CCR モデルを採用した。

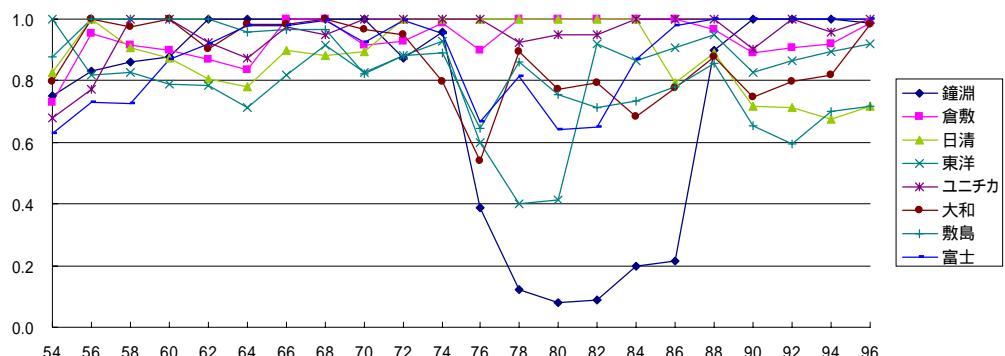


図 3 各年度毎の効率値の企業間比較

最初は各年度毎に 8 つの企業をそれぞれ DMU とみなして、各年度で企業間の効率比較を行う。結果は各企業毎の折れ線グラフとして、図 3 に示す。鐘淵紡績と東洋紡績で大きな落ち込みがあるものの、各企業とも年度を通して比較的高い値を示している。特に倉敷紡績とユニチカは全年度の平均で 0.93 を上回り、他社に比べて良い結果となっている。

次に、企業毎に各年度のデータを 1 つの DMU にして効率を計算し、結果をまとめて図 4 に表わす。

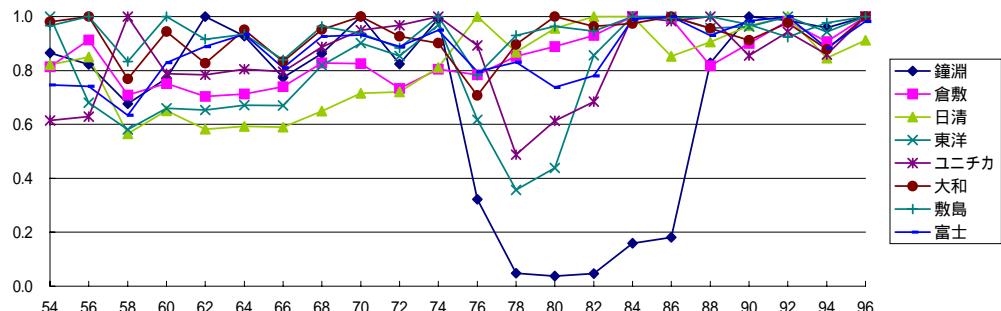


図 4 各企業毎の効率値の推移

直感的に考えれば、生産効率性は時代と共に改善されて行くものと考えられるが、中には 1950 年代に効率値 1 を示している企業もある。一部の企業で効率値の大きな低下をもたらした 1970 年代後半から 1980 年代前半を除けば、効率に大きな変化があるとは言えない。参考のために効率値の各年度毎の平均を取ったグラフを図 5 に示す。

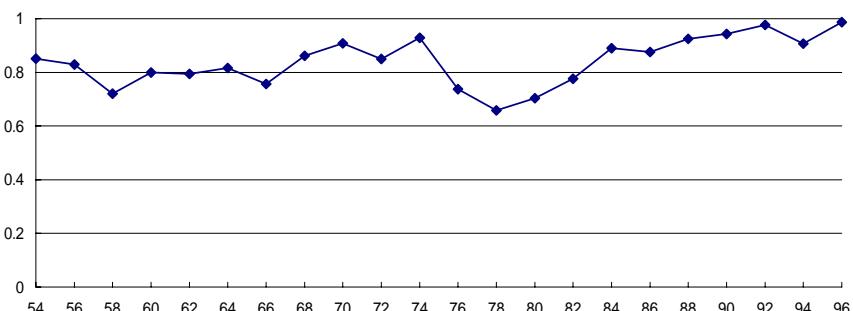


図 5 各企業毎の効率値の平均

この結果は、良い点を評価する DEA 自身の評価法によるものと考えられ、各年代において企業は生産効率性改善の努力をしているものと解釈したい。

次に各社各年度のデータを 1 つの DMU とみなして、全社全年度を通した生産効率性を求めてみる。分かり易いように 1 つの企業を折れ線グラフでつないで表示したものが図 6 である。

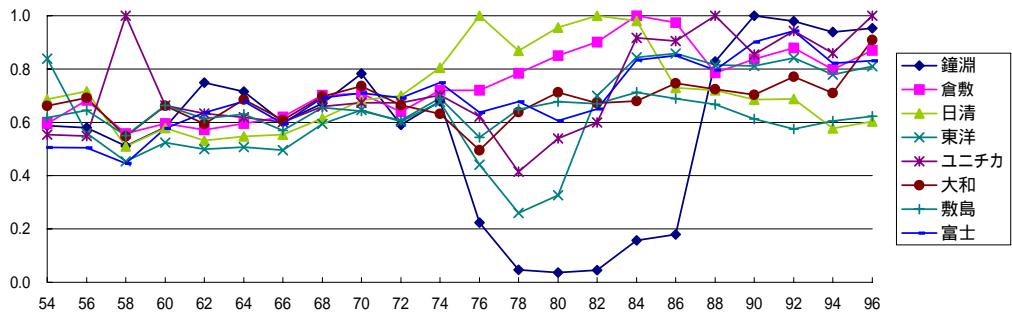


図 6 全社全年度を通してみた効率値

これによると 1970 年代前半までは各社とも効率値 0.6 程度でほぼ同一であったものが、その後各社のばらつきが大きくなっている。企業毎にみた場合、1988 年以降各社とも効率値が 1 に近づくが、全社で比較した場合、他社と効率が比較されるので、ばらつきが生じている。

各年度毎の平均をみると効率値の推移は図 7 のように与えられる。

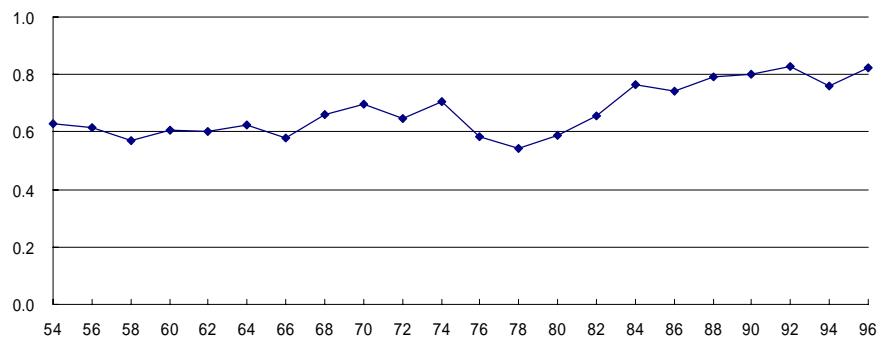


図 7 全社全年度を通してみた効率値の平均

この図をみると全体で比較した分だけ以前の効率より下がってはいるが、傾向としては図 5 と同様である。

我々は入力変数を 2 つ、出力変数を 1 つ選んだが、これには 2 章の分析に合わせる以外にもう 1 つ理由があった。この場合、軸をうまく取ると、効率的フロンティアが軸に近い DMU を結ぶ線分として表わされ、効率が、原点から各 DMU までの距離と効率的フロンティアまでの距離の比で与えられる。即ち、2 次元の散布図上で効率値を直接観察することができる。結果を図 8 に示す。ここでは細部をはっきりさせるために、総資産 / 売上が 2.5 以上のデータは省いている。これは鐘淵紡績の 1976 年から 1986 年の部分であり、効率的フロンティアには直接影響しない。

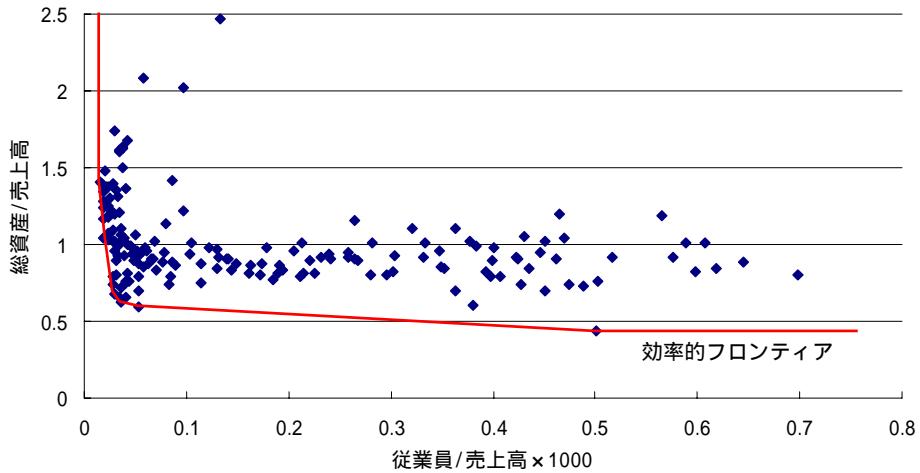


図 8 データと効率的フロンティア

さて DEA で効率を計算する場合に、各因子はどの程度の重要性を持つだろうか。これはパラメータ v_i に対象とする DMU の入力変数値 x_i を掛けた仮想入力 $v_i x_i$ とパラメータ u_j に出力変数値 y_j を掛けた仮想出力 $u_j y_j$ の値を調べることによって分かる。この分析の場合は 2 入力、1 出力であることから、出力が固定されており、入力のみの重要性が検討できる。ここでは全社全年度を対象とした効率値を求める際の総資産に関する仮想入力の値の推移を図 9 に示す。従業員数に関する仮想入力の値は 1 から総資産の仮想入力の値を引いて得られる。

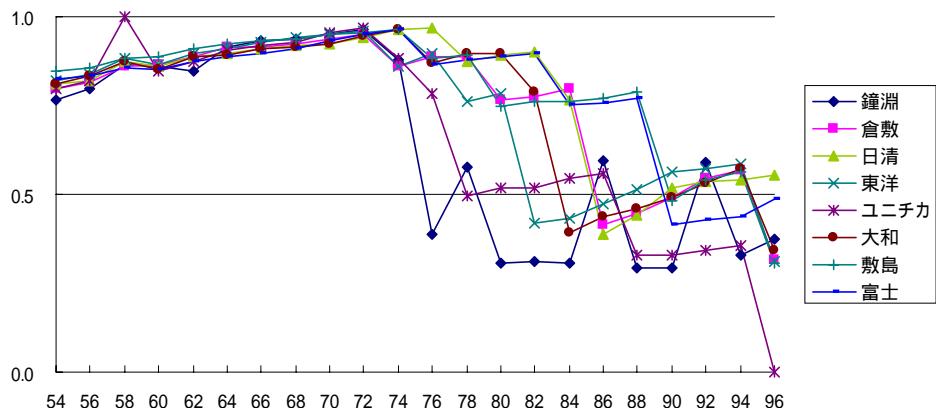


図 9 総資産についての仮想入力の推移

これをみると 70 年代後半から、総資産に関する仮想入力の値が 0.5 を下回る企業が目立ってくる。即ち効率を決める際の重要性は年代の変化と共に、総資産から従業員数に移り変わっている。これは図 1 で売上高や総資産が増えているにも関わらず、従業員数は減少していることに起因しているものと思われる。

このことをもう少し分かり易く表わすために、データを 1954 年から 1976 年と 1978 年から 1996 年に分けて再度プロットしてみた。図 10 にその結果を示す。

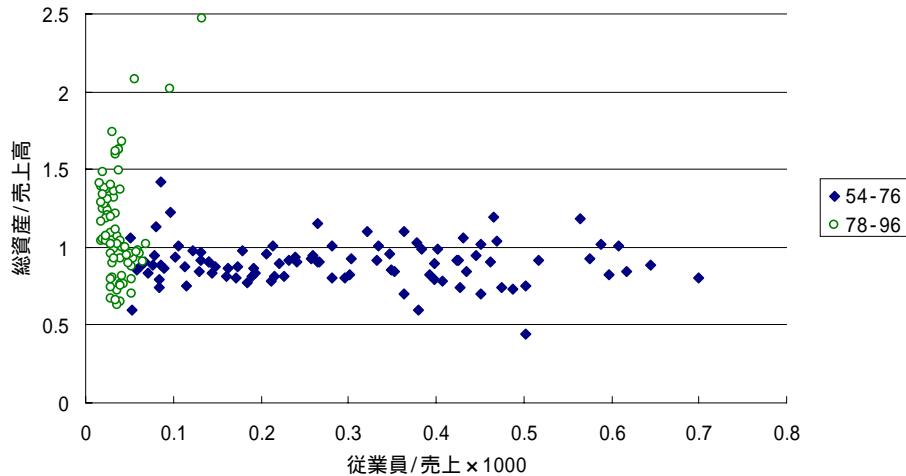


図 10 仮想入力の解釈

これを見ると明らかに、1976 年以前のデータは下側横軸方向に広がっており、1978 年以降は左側縦軸方向に広がっている。これは、効率に対して 1976 年以前のデータは縦軸方向の変動が大きな影響を持ち、1978 年以降のデータは横軸方向の変動が大きな影響を持っていることを表わしている。即ち、効率への重要性は総資産から従業員数に移り変わっていることが理解できる。

DEA では、売上高、総資産、従業員数の関係がほぼ規模の収穫一定の Cobb-Douglas 型生産関数に従っていれば、各年度の効率は殆ど 1 に近くなる。これはこの生産関数が、軸の取り方を

図 8 や図 10 と同じにした場合、

$$K/Y \approx \gamma^{-1/\alpha} (L/Y)^{-(1-\alpha)/\alpha} \quad (5)$$

と表わされることから理解できるが、現実には生産関数に対する従業員数の重要度が低いためにはばらつきが生じている。

4 章 おわりに

この論文では、生産量に売上高、資本量に総資産、労働量に従業員数を用いて、主要紡績企業 8 社の生産構造について生産関数の形から検討を行い、続いて DEA を用いて生産効率性を測定し、両者の関係を明らかにした。

分析は Cobb-Douglas 型生産関数を用いて、その対数をとり、重回帰分析を行う方法を用いた。この分析結果から、鐘淵紡績以外の企業の生産構造は、ほぼこの生産関数の形によって表すことができると考えられる。また、これに物価指数を含めても同じような結果が得られた。さら

に、鐘淵紡績を除く 7 社で全年度のデータにより、重回帰分析を行ったところ、ほぼ完全に 1 つの生産関数の形で表わされることも明らかになった。Cobb-Douglas 型生産関数のパラメータの値は、 $\alpha + \beta \approx 1$ ， $\alpha \gg \beta$ となり、戦後の紡績企業は規模の収穫がほぼ一定の資本集約型の産業であることが分かった。

次に発展途上国から高度成長国への経済レベルの変化を考え、2 度のオイルショックの中間の 1976 年を境に期間を分割して同じ分析を行ってみた。その結果、全体を通してみた分析と比べてさらに細かな構造が得られた。即ち 1976 年以前は生産関数が総資産のみで与えられる資本集約型であったが、1978 年以降には従業員数のウェイトが高まっているのである。また、大きな変化ではないが、少しずつ規模の収穫一定型から規模の収穫遞減型になっているように思われる。

次に我々は、企業の生産効率性を DEA を用いて測定した。参考文献 2) では入力変数として総資産、資本金、従業員数をとり、出力変数として売上高をとて効率を計算しているが、ここでは、参考文献 1) の結果との関係から、入力変数から資本金は取り除いた。しかし、効率の計算結果に大きな変更はなかった。ここで DEA のモデルとしては、規模の収穫がほぼ一定であることから、CCR モデルを用いている。

DEA による分析では、まず各年度の企業間比較を行ってみたが、倉敷紡績とユニチカが平均的に良い結果を得た。次に、各企業について年度間比較を行い、最後に全年度全企業を対象として効率を求めてみた。その結果、企業毎に見ても、全企業を対象としても、効率の値は年度によって大きな変化は見られなかった。平均的に見ると徐々に良くなっているように見えるが、企業毎のばらつきが大きい。しかしこの効率の評価には注意すべきことがある。効率の値は同じでも、効率の評価に関して、DEA の特徴に関係する大きな変化が見られる。即ち、1976 年以前では総資産が、1978 年以降では従業員数が効率の評価に大きな影響を持っているのである。これは、図 10 に見るように、年代によるデータの分布に大きな変化が見られることに起因する。DEA の効率的フロンティアはこれらのデータを文字通り包み込むように与えられるので、同じ効率でもその内容が大きく異なることも考えられる。

全体を通して読み取れることは、まず生産構造がほぼ規模の収穫一定の Cobb-Douglas 型生産関数で与えられることが重要である。これによって、ばらつきはあるものの、全年度に渡り DEA の効率がある程度高い値に保たれているように思われる。ただ年代を通してみると生産構造も効率評価に対する資本量や労働量の重要性も変化を見せていることは上に述べたとおりである。

参考文献

- 1) 野田真哉，戦後日本における紡績業の生産構造，福山平成大学大学院修士論文，2002 .

- 2) 新見幸子 , 戦後日本における紡績業の生産性効率 , 福山平成大学大学院修士論文 , 2002 .
- 3) 福井正康・田中三樹・矢倉伸太郎 , わが国戦前の綿紡績データベースシステムの構築 , 福山平成大学経営情報研究 , 1997 , 65-80 .
- 4) 福井正康・田中三樹・矢倉伸太郎 , 「所有・支配・経営」からみた日本企業の百年 - 紡績経営データベースシステムの構築 - 福山平成大学経営情報研究 , 1999 , 83-96 .
- 5) 経済学入門業書 10 , 経済発展理論 , 鳥居泰彦 , 東洋経済新報社 , 1979 , 270-276 .
- 6) 刀根薰 , 経営効率性の測定と改善 , 日科技連 , 1993 .
- 7) A.Charnes, W.W.Cooper and E.Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", European Journal of Operational Research, 2, 1978, 429-444.
- 8) 福井正康・細川光浩 , 社会システム分析のための統合化プログラム 6 - DEA・実験計画法・グラスター分析 - , 福山平成大学経営学部紀要 , 第 7 号 , 2002 , 65-83 .
- 9) 日本銀行調査統計局 , 1995 年基準卸売物価指数の解説 .

Production Structure and Efficiency of Japanese Spinning Industry after the War

Shinya NODA*, Sachiko NIIMI**, Mitsuhiro HOSOKAWA
and Masayasu FUKUI

* Fujiyakuhin Co. Ltd.

** Daishinhonten Co. Ltd.

Department of Management Information, Faculty of Management,
Fukuyama Heisei University

Abstract

We specify the production structure of Japanese leading spinning companies after the second world war using the Cobb-Douglas production function, investigate the production efficiency of these companies by means of the data envelopment analysis (DEA) and discuss the relation between these results.

Keywords

after the war, spinning industry, production structure, production efficiency, data envelopment analysis, DEA, statistics