

## コンポジット型費用関数を用いた製紙業における 規模と範囲の経済性の推計

上 田 雅 弘

大規模装置産業においては、生産規模の拡大によって平均費用が低下する規模の経済性の実現や、複数事業の展開による多品種生産のメリットである範囲の経済性の発揮が費用効率を向上させる源泉となる。その典型として、これまで日本の製紙業に関する生産性と費用効率の面から実証研究を積み重ねてきた。日本の製紙業界は1990年代から比較的大型の水平合併を繰り返しており、合併前後の相対的効率性を計測することで、合併の成果を判断する根拠とした。

本稿では日本の製紙業に関する規模と範囲の経済性に従来用いられてきたトランスログ型費用関数をより一般化したコンポジット型費用関数を用いた推計を試みた。コンポジット型費用関数は、トランスログ型費用関数では許容できなかった産出がゼロであるデータを含む系列を推定することができる形式的利点がある。トランスログ型費用関数とコンポジット型費用関数の計測によって、製紙業における規模と範囲の経済性を比較検討した。

計測の結果、コンポジット型費用関数による計測は高度に非線形のモデルであるため、トランスログ型費用関数に比べると、係数値の統計的有意性を得るのが難しく、初期値や変数の選択に影響される。また、推計結果から直接、規模と範囲の経済性を算出するわけではないため、従来から広く用いられているトランスログ型費用関数による計測が望ましいと判断できる。

### 1 序

大規模装置産業においては、生産規模の拡大によって平均費用が低下する規模の経済性 (Economies of Scale) の実現や、複数事業の展開による多品種生産のメリットである範囲の経済性 (Economies of Scope) の発揮が費用効率を向上させる源泉となる。その典型として、これまで日本の製紙業に関する生産性と費用効率の面から実証研究を積み重ねてきた。日本の製紙業界は1990年代から比較的大型の水平合併を繰り返しており、合併前後の相対的効率性を計測することで、合併の成果を判断する根拠としてきた。

たとえば上田 (2009) では、合併前後の製紙企業の多角化度の変化を考慮して、DEA を用いて生産面での効率性を分析し、上田 (2010) では費用効率の面からの効率

性を捉えた検証を行っている。さらに、Ueda (2019) では合併後消滅した企業データをシミュレーションして費用面からの合併効率を検証し、製紙業界の再編は概ね効率性の向上に寄与しているという結果を得ている。また上田 (2021) では、トランスログ型の一般化費用関数と確率的費用フロンティア (SFA) モデルによる製紙業界の非効率性の推定を行い、両モデルにおける非効率性の関係を明らかにしている。

さらに、効率性向上の源泉を規模と範囲の経済性に求め、その経済効果について費用関数を用いた上田 (2006) での静学分析と、上田 (2013) での動学分析を行っている。これら実証研究の成果から、市場のリーダーとなる大企業には規模の経済性が強く働き、中堅企業においても多品種生産を行う企業には、範囲の経済性の発揮が効率性の向上要因となることが確認されている。

本稿では、製紙業の規模と範囲の経済性に関する実証研究を充実するために、従来、費用関数の計測で頻繁に用いられるトランスログ型費用関数をより一般化した、コンポジット型費用関数を用いた推計を試みる。コンポジット型費用関数は、トランスログ型費用関数では許容できなかった産出がゼロであるデータを含む系列を推定することができる形式的利点がある。トランスログ型費用関数とコンポジット型費用関数の計測によって、製紙業における規模と範囲の経済性を比較検討する。

## 2 トランスログ型費用関数を用いた規模と範囲の経済性

伝統的な新古典派経済学によれば、生産費用は生産量と投入要素価格の関数である費用関数によって表現される。費用関数を推定するには、事前に関数型を特定化する必要がある。初期の研究においては、一般的な費用関数に一次のテイラー展開を施すことによって得られる Cobb and Douglas (1928) で提示された、いわゆるコブ・ダグラス型が採用された。その後、よりフレキシブルな関数型を求める研究が展開され、Diewert (1971) が一般化レオンチェフ生産関数を、Christensen et al. (1971) は二次のテイラー展開によるトランスログ型の計測式を提示し、その後も Christensen et al. (1973) および Christensen et al. (1975) で生産関数や効用関数などへの応用手法が展開された。

このトランスログ型を用いた費用関数の計測は、規模の経済性の推計だけでなく、多品種を生産する企業の費用構造を明らかにする範囲の経済性の検証に広く用いられている<sup>1)</sup>。規模と範囲の経済性を費用関数の推定によって確認する際には、主として生産物の費用に対する弾力性値に着目して判断される。しかし、トランスログ型の費用関数は

対数で定式化されるため、生産量がゼロである場合には解析できない。複数の生産物のうち、ひとつでも生産物がゼロとなるデータが存在する場合には、そのデータに対数をとることができないため、トランスログ型費用関数を使用した計測が不可能になる。

この問題を回避するために、Diewert and Wales (1987) はトランスログ型以外のいくつかのフレキシブルな関数形式を提案している。これらは例えば、Kumbhakar (1994) や Nemoto and Goto (2004) の電力事業の分析で用いられているような一般化マクファデン型費用関数を用いるもの、また一般化レオンチェフ型費用関数を用いた Torres and Morrison Paul (2006) で水道事業の分析に採用されている。さらに一般的な関数型を考慮したモデルとして、Pulley and Braunstein (1992) で展開されているコンポジット型費用関数を採用する研究がある。これら費用関数の形式では、産出物の変数を対数変換する必要がないため、複数生産物を前提に範囲の経済性を計測する際にゼロとなるデータがあっても、トランスログ型の費用関数のように解析できなくなるという問題が発生しない利点がある。

本稿では日本の製紙業における規模と範囲の経済性を検証するために、トランスログ型費用関数とコンポジット型費用関数による計測を試み、費用関数をそれぞれのモデルに定式化したとき、どのような計測上の問題点が生じるかを検討する。

ここではまず、トランスログ型費用関数を用いた計測手法について提示する。いま複数の生産物ベクトル  $Q(Q = q_1, \dots, q_m)$  と生産要素価格のベクトル  $W(W = w_1, \dots, w_n)$  で表現される企業の費用関数  $C$  を  $C = f(Q, W)$  とすれば、Christensen et al. (1973) によって提示されたトランスログ形式を費用関数に適用したモデルは、次のように表現される。

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \ln q_i + \sum_{k=1}^n \beta_k \ln w_k + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} q_i q_j \\ & + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \delta_{kl} \ln w_k \ln w_l + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \theta_{ik} \ln q_i \ln w_k \end{aligned} \quad (1)$$

このトランスログ費用関数は、一般的な費用関数について連続性を仮定するため、2階微分の項まで残した近似式である。したがって、パラメータには対称性の制約が課せられる。また、費用関数の性質として求められる生産要素価格に関する1次同次性 ( $\sum_{k=1}^n \beta_k = 1$ ,  $\sum_{l=1}^n \delta_{kl} = 0$ ,  $\sum_{k=1}^n \theta_{ik} = 0$ ) を制約条件に課す。費用最小化の条件である生産要素価格に関する単調性と凹性、および生産物に関する単調性は、パラメータの推定値から事後的に確認される。

このトランスログ型費用関数によって規模と範囲の経済性を推計する際には、従来、コストシェア方程式との連立方程式体系による計測がなされる。コストシェア方程式は、(1)式の費用関数に対して、シェパードのレンマを適用し、要素価格に関する1次微分を求める<sup>2)</sup>。すると、生産要素  $k$  のコストシェア方程式  $S_k$  は次のようになる。

$$S_k = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln w_k} = \beta_k + \sum_{l=1}^n \delta_{kl} \ln w_l + \sum_{i=1}^m \theta_{ik} \ln q_i \quad (2)$$

コストシェア方程式に関しては、自明であるがすべてのシェアを足し合わせると1になるという加法性制約があるため、実際の計測ではコストシェア方程式のうち任意の1本を省いて推計される。

規模の経済性とは、生産物の規模が  $\lambda$  倍になったとき、その費用が  $\lambda$  倍以下で済むような状況である。(1)式のトランスログ型費用関数においては複数生産物を想定しているため、規模の経済性については、すべての生産物が同時に  $\lambda$  倍されるような状況と、個々の生産物が  $\lambda$  倍されるような状況が考えられる。ここではすべての生産物が一律に  $\lambda$  倍される状況の規模の経済性を検討するため、次式で定義されるように、規模の弾力性の和が1以下のときに規模の経済性が認められることになる。

$$\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial C}{\partial q_i} \right) = \sum_{i=1}^m \alpha_i + \gamma_{ij} \ln q_i + \sum_{k=1}^n \theta_{ik} \ln w_k < 1 \quad (3)$$

範囲の経済性は、複数の財を各々別の企業で生産するよりも、1社がまとめて複数の財を生産したときの費用の方が低コストとなる状況である。Baumol et al. (1982) で提示された概念をもとに、次のような費用の補完性の置き換えることができる<sup>3)</sup>。

$$\frac{\partial^2 C}{\partial q_i \partial q_j} < 0 \quad (i \neq j, \quad i, j = 1 \cdots m) \quad (4)$$

(4)式は第  $i$  生産物と第  $j$  生産物がともに増加したときに、費用削減的な効果が働く場合を意味している。この(4)式を(1)式のトランスログ費用関数に適用すると、次のようになる。

$$\frac{\partial^2 C}{\partial q_i \partial q_j} = \left( \frac{C}{q_i q_j} \right) \left[ \gamma_{ij} + \left( \alpha_i + \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \ln q_j + \sum_{k=1}^n \theta_{ik} \ln w_k \right) \right. \\ \left. \left( \alpha_j + \sum_{i=1}^m \gamma_{ij} \ln q_i + \sum_{k=1}^n \theta_{jk} \ln w_k \right) \right] < 0 \quad (5)$$

したがって、範囲の経済性の発揮は、第  $i$  生産物と第  $j$  生産物の間に費用の補完性の有無によって判別できるので、次の関係式が成り立つ。

$$\gamma_{ij} + \left( \alpha_i + \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \ln q_j + \sum_{k=1}^n \beta_{ik} \ln w_k \right) \left( \alpha_j + \sum_{i=1}^m \gamma_{ij} \ln q_i + \sum_{k=1}^n \theta_{jk} \ln w_k \right) < 0 \quad (6)$$

トランスログ型費用関数を用いて規模と範囲の経済性を検証した研究は、これまで電力・ガス・水道などの規制産業や、銀行・保険などの金融業界などを主として豊富に存在する。しかし、トランスログ型費用関数の形式では、産出物の変数を対数変換する必要があるため、複数生産物を前提に範囲の経済性を計測する際にゼロとなるデータがあった場合、解析できなくなるという問題が発生する。

### 3 コンポジット型費用関数モデルを用いた規模と範囲の経済性

この問題を解決したのがコンポジット型費用関数である。コンポジット型費用関数は、Pulley and Braunstein (1992) で初めて提示された関数形式で、費用関数の計測で頻繁に用いられるトランスログ型費用関数では許容できなかった、産出がゼロであるデータを含む系列を推定することが可能である形式的利点がある。また、標準的なトランスログ型費用関数や一般化トランスログ型費用関数よりも、さらに一般的な関数形となっている。Pulley and Braunstein (1992) では、これを用いて費用関数の一般的な定式化を試みている。

以下では Pulley and Braunstein (1992) に沿ってコンポジット型費用関数による計測モデルを展開する。いま次のような変換形式が成り立つとしよう。

$$y^{(\phi)} = (y^\phi - 1)/\phi \quad \text{for } \phi \neq 0 \\ y^{(\phi)} = \ln y \quad \text{for } \phi = 0$$

このとき、複数の生産物  $q_i$  と生産要素価格  $w_k$  で表現される企業の費用関数  $C$  を

$C^{(\phi)} = f^{(\phi)}(q_i, \ln w_k)$  とすれば, Box-Cox (1964) で展開された変換型を用いて, 一般性を失わず次のように定式化できる。

$$C^{(\phi)} = \left\{ \exp \left[ \left( \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i q_i^{(\pi)} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} q_i^{(\pi)} q_j^{(\pi)} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \theta_{ik} q_i^{(\pi)} \ln w_k \right)^{(\tau)} \right] \cdot \exp \left( \beta_0 + \sum_{k=1}^n \beta_k \ln w_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \delta_{kl} \ln w_k \ln w_l + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \beta_{ik} q_i^{(\pi)} \ln w_k \right) \right\}^{\phi} \quad (7)$$

この式に  $\phi = 0$ ,  $\pi = 0$ ,  $\tau = 1$  を代入すると, 標準的なトランスログ費用関数となる。また,  $\phi = 0$ ,  $\pi = 1$ ,  $\tau = 1$  を代入すると, 一般化トランスログ費用関数になる。さらに,  $\phi = 0$ ,  $\pi = 1$ ,  $\tau = 0$  を代入すると, 次のような対数形で表現されたコンポジット費用関数が導出される<sup>4)</sup>。

$$\ln C = \ln \left( \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i q_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} q_i q_j + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \theta_{ik} q_i \ln w_k \right) + \beta_0 + \sum_{k=1}^n \beta_k \ln w_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \delta_{kl} \ln w_k \ln w_l + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \theta_{ik} q_i \ln w_k \quad (8)$$

Pulley and Braunstein (1992) が指摘するように, トランスログ費用関数とコンポジット費用関数は,  $C^{(\phi)}$  の式の入れ子形式となっている<sup>5)</sup>。コンポジット型費用関数の定式化を確認してもわかるように, 産出物を直接対数変換する必要がないので, 複数生産物でデータがゼロとなるケースにおいても, それを含めて範囲の経済性を推定することができる。ここにコンポジット型費用関数を採用する利点がある。例えば Fraquelli et al. (2004) のイタリアの規制産業を対象にした研究によれば, コンポジット費用関数はトランスログ型費用関数や一般化トランスログ型費用関数よりも, 現実の経済的説明力や適合性が高いとされている。

従来の規模と範囲の経済性を計測した実証研究においては, 同一変数の二次形式で表現される費用関数による単一方程式で発生する多重共線性を避けるために, シェパードのレンマによって導かれるシェア方程式を用いて, 連立方程式体系による計測が採用されることが多い。コンポジット型費用関数のシェア方程式は次のようになる。

$$S_k = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln w_k} = \left( \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i q_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} q_i q_j + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \theta_{ik} q_i \ln w_k \right)^{-1} \cdot \left( \sum_{i=1}^m \theta_{ik} q_i \right) + \beta_k + \sum_{l=1}^n \delta_{kl} \ln w_l + \sum_{i=1}^m \theta_{ik} q_i \quad (9)$$

なお、Pulley and Braunstein (1992) では、モデルの適合度を向上させるために、 $\beta_0$ 、 $\beta_{ik}$  が計測式から除外されている<sup>6)</sup>。

コンポジット型費用関数にはこれまで説明した利点はあるものの、もとは特定化された関数から導きかかれたものである。他方、トランスログ型費用関数は、一般的な費用関数  $C = f(q_i, w_k)$  をテイラー展開の二次近似によって導出されており、一般的な費用関数を特定化する際に数学的な導出過程を展開できる。コンポジット型費用関数はトランスログ型費用関数のような理論的背景は持たない<sup>7)</sup>。

しかも、コンポジット型費用関数において、範囲の経済性を測る指標は、こうした費用関数の計測とは独立に算出される。Pulley and Braunstein (1992) では、規模の経済性指標 (*COMSCALE*) と範囲の経済性指標 (*COMSCOPE*) は次のように与えられる<sup>8)</sup>。

$$COMSCALE = \frac{C}{\sum_{i=1}^m q_i MC_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \epsilon_{q_i}} \quad (10)$$

$$COMSCOPE = \frac{C(q_1, 0, \dots, 0, w_i) + C(0, q_2, \dots, 0, w_i) + \dots + C(0, \dots, 0, q_m, w_i) - C(q_1, q_2, \dots, q_m, w_i)}{C(q_1, q_2, \dots, q_m, w_i)} \quad (11)$$

コンポジット型費用関数を用いた先行研究も、電気・ガス・水道などの規制産業や銀行・保険業などの金融業を対象にした国内外の実証研究が多い<sup>9)</sup>。嚆矢となる Pulley and Braunstein (1992) は、米国の銀行業において預金、住宅ローン、企業向け融資、クレジットカードローンの4つのサービスに範囲の経済性の発揮による費用効率を認めている。また Bloch et al. (2001) では、オーストラリアの電気通事業における長距離通信と地域通信の開における範囲の経済性について否定的な結果を得ている。また Fraquelli et al. (2004) ではイタリアの電気、ガス、水道の複合事業を営む企業の範囲の経済性を計測しており、小規模な事業者ほど範囲の経済性が発揮されていることを確認している。さらに Fraquelli et al. (2005) では、電気事業の発電と配電の垂直統合の経済性は存在せず、むしろ非効率性が発生していることが検証されている。

他方、日本の産業を対象としてコンポジット型費用関数を適用した実証研究は少ない。Hirao and Inoue (2004) が、日本の損害保険業界における損害保険と生命保険の範囲の経済性を計測しており、両サービスにおける範囲の経済性は存在することを検証している。さらに Urakami and Tanaka (2009) が日本の水道事業における浄水部門と配水部門の垂直統合の経済性の分析を行っており、結果として垂直統合の経済性は存在する

と結論付けている<sup>10)</sup>。また衣笠・中山（2011）は日本の放送事業におけるテレビ放送とラジオ放送の範囲の経済性を計測しており、結論として地方局においてテレビ放送とラジオ放送のサービスの間に範囲の経済性が存在することが確認されたとしている。

このようにコンポジット型費用関数を用いた研究事例は少ない。その原因には、ゼロデータを利用できる明快なメリットがありながら、推定には要素価格に二重に対数が掛けられるため、複雑な計測になり計算ができないことがあげられる。本稿ではこのような計測上の難点を克服し、トランスログ型費用関数よりも一般的であると評価されているコンポジット型費用関数が、日本の製紙業における規模と範囲の経済性を分析する道具として有効であるのか検証する。

#### 4 製紙業界の再編と現況

日本の製紙業界は1990年代に大型合併が相次ぎ、規模の経済性を追求する一方で、過剰設備を廃棄してきた。しかし、長期的な不況によって国内需要は低迷し、いまだ余剰設備を抱えている。製紙各社は国内需要の減退を海外事業で補ってきたが、近年ではバイオマスを活用した電力事業への参入や、セルロースナノファイバー（CNF）などの新素材の開発による幅広い産業分野への用途開発を進めている。

1990年代以降の製紙業界における再編を概観すると、王子製紙は1993年10月に神崎製紙と合併し新王子製紙と改称したが、1996年10月には本州製紙と合併して、再び王子製紙の社名が復活した。その後、関連会社の板紙企業を統合再編した後、2012年10月には持株会社である王子ホールディングスを設立している。

日本製紙はもともと十條製紙と名乗っていたが、1993年4月の山陽国策パルプとの合併を機に日本製紙と改名した。さらに日本製紙は2001年4月、大昭和製紙と統合して持株会社を設立後、2012年10月には板紙部門と加工紙・化学製品分野を再編成し、2013年4月には日本製紙グループ本社として事業会社へ移行し現在に至っている。

中堅企業では、2007年7月に東海パルプと特種製紙が持株会社方式で経営統合の後、2010年4月に正式合併し特種東海製紙が発足している。また北越製紙は2011年4月には紀州製紙を事業統合している。さらに2012年8月には大王製紙の株式を取得して持分法適用関連会社とした。そして2018年には北越コーポレーションに商号を変更している。三菱製紙、中越パルプ工業、特種東海製紙は存続しているものの、王子ホールディングスはそれら企業の大株主となっている。



2020年度における製紙大手2社と中堅企業の連結売上高は、王子製紙が1兆3590億円、日本製紙は1兆73億円であり、業界第3位の大王製紙は5,629億円、4位の北越コーポレーションが2,225億円となっている。これらに次いで、三菱製紙1,623億円、中越パルプ工業819億円、特種東海製紙764億円であり、これらの企業は洋紙と板紙を生産している。また板紙専業の最大手であるレンゴーの売上高は6,807億円となっている。

こうした製紙業界の合併については、これまで生産性と費用効率の面から実証研究を積み重ねてきた。上田（2009）では、合併前後の製紙企業の多角化度の変化を考慮して、生産面からDEAアプローチによる効率性の変化を検証している。また上田（2010）では費用効率面からのDEAによって、製紙業界における合併の成否を捉えている。さらに、Ueda（2019）では、合併後に消滅した企業のデータをシミュレーションして、合併前後の費用効率を比較し、1990年代から相次いだ製紙業界の合併について肯定的な結論を導いている。

さらに企業ごとの規模と範囲の経済性について、上田（2006）での静学分析と上田（2013）での動学分析を行っている。その結果、市場のリーダーとなる大企業には規模の経済性が強く働き、中堅企業においても多品種生産を行う企業には、範囲の経済性の発揮が効率性の向上要因となることが確認され、合併による効率性向上の要因が規模と範囲の経済性の発揮に見出されている。

図1 洋紙生産量と洋紙生産量成長率

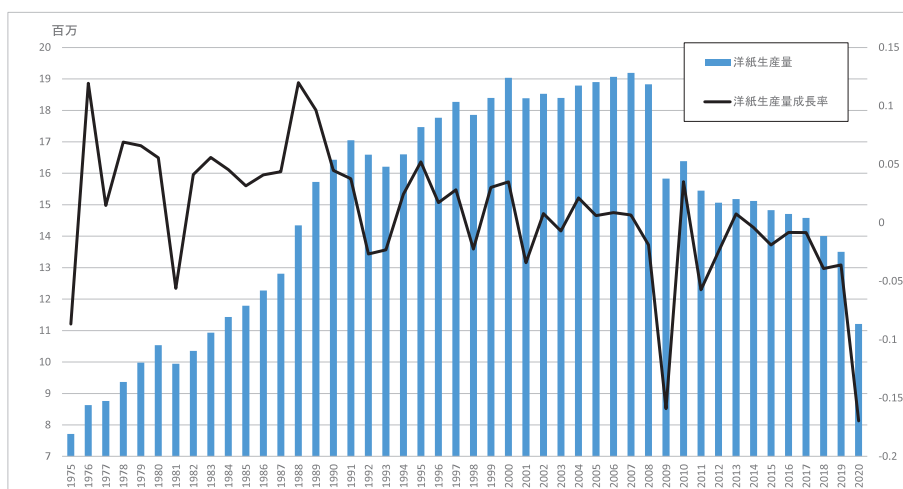


図2 洋紙国内出荷量と実質洋紙単価

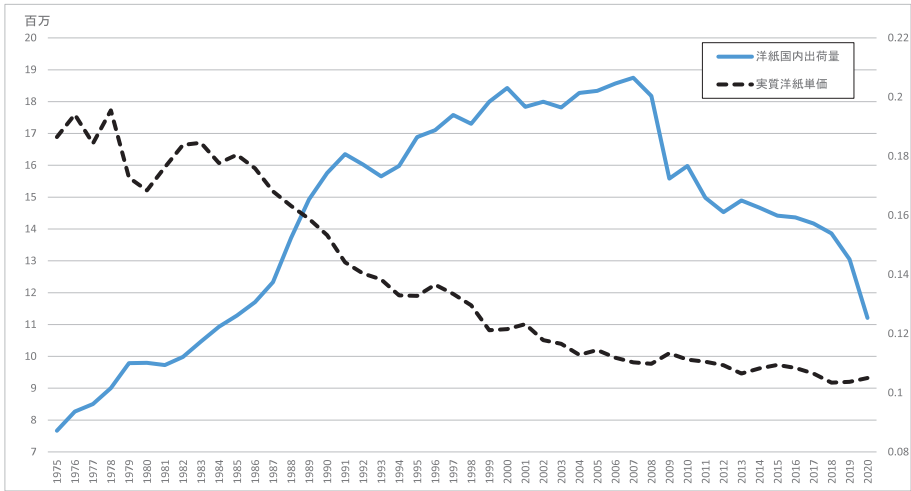
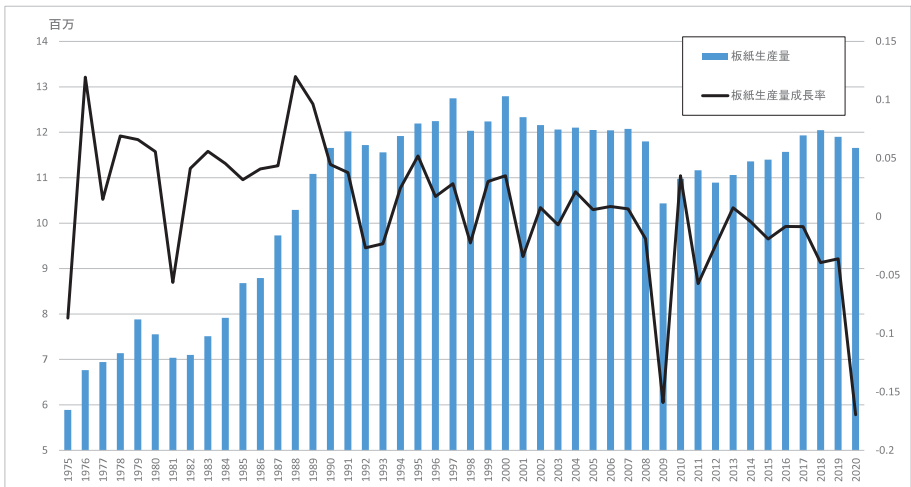


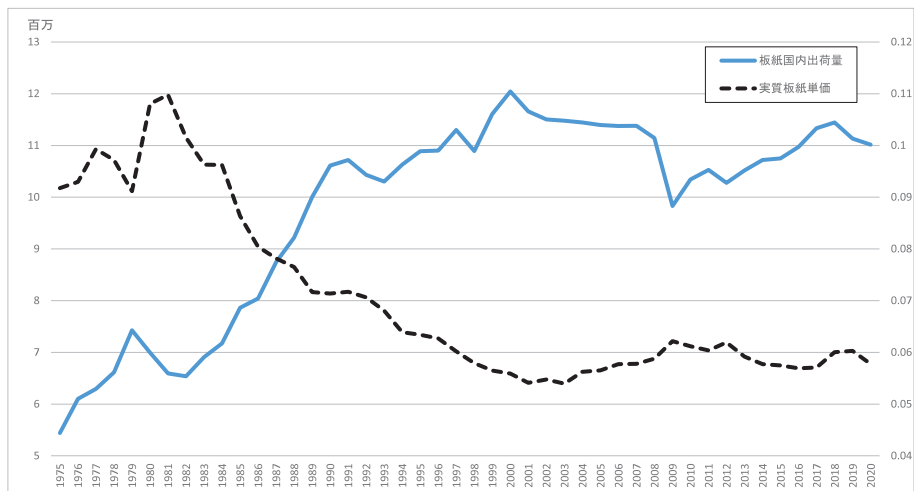
図3 板紙生産量と板紙生産量成長率



ここで洋紙と板紙に関する市況を概観する。日本の製紙業は典型的な内需型の産業である。2020年実績で、生産量に対する輸入の割合は、洋紙で10%程度、板紙では3%以下であり、輸出についても洋紙・板紙とも10%程度となっている。洋紙には新聞用紙、印刷情報用紙、包装用紙、衛生用紙、雑種紙などがあり、板紙には段ボール原紙、紙器用板紙などが分類される。

図1には1975年から2020年までの洋紙の生産量と成長率を示している。これを見ると、1990年のいわゆるバブル崩壊までは拡大傾向が続いたが、その後は2008年までは

図4 板紙国内出荷量と実質板紙単価



3,000万トン台で推移した。しかし2008年のリーマン・ショックを期に、生産量は大きく減少に転じ、新型コロナウイルスの感染拡大による影響から、2020年時点では1980年代初頭の1,000万トン程度の水準まで生産量が激減している。

図2には洋紙の国内出荷量と市場価格の動向を示している。内需主導型産業であるため、国内需要量は生産量と同調的な動きが見られる。ここでは市場価格として『紙生産動態統計（経済産業省）』から得た洋紙の国内出荷量をその出荷額で割った名目単価を、紙パルプの「企業物価指数（日本銀行）」でデフレートした「実質単価」の推移を提示している。これを見ると、紙の単価は1980年初頭から市場の拡大を背景に低下しており、さらには業界の再編が盛んになった1990年代以降においても経年的に低下している。つまり、1990年代以降の大型合併による価格上昇は観察されず、市場の寡占化の弊害として懸念される、市場価格の上昇は生じていないことがわかる。

図3では板紙の生産量とその成長率を提示しているが、洋紙は2000年代まで需要の拡大が見られた一方で、板紙の需要は1990年代から既に横ばいの状況にある。2008年に大幅な需要の現状を経験した後にやや持ち直す傾向にあったが、2020年には需要は激減している。

図4には板紙の国内出荷量と市場価格の動向を示している。板紙の実質単価の算出は洋紙同様で、国内出荷量を出荷額で割った名目単価を企業物価指数で除して実質化している。これを見ると、1980年から2000年まで国内需要の拡大を背景に実質価格は傾向的に低下しているが、2000年以降は国内需要が大きく変動し、価格水準もやや上昇し

図5 各社洋紙生産量

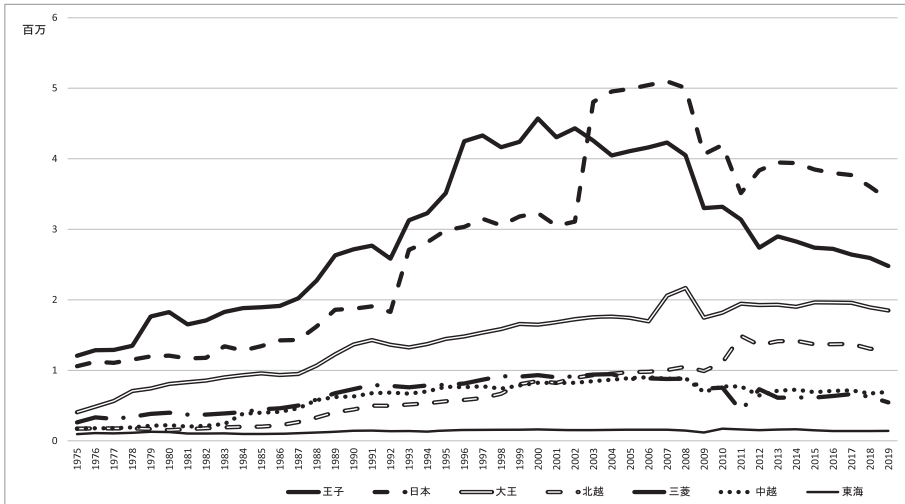
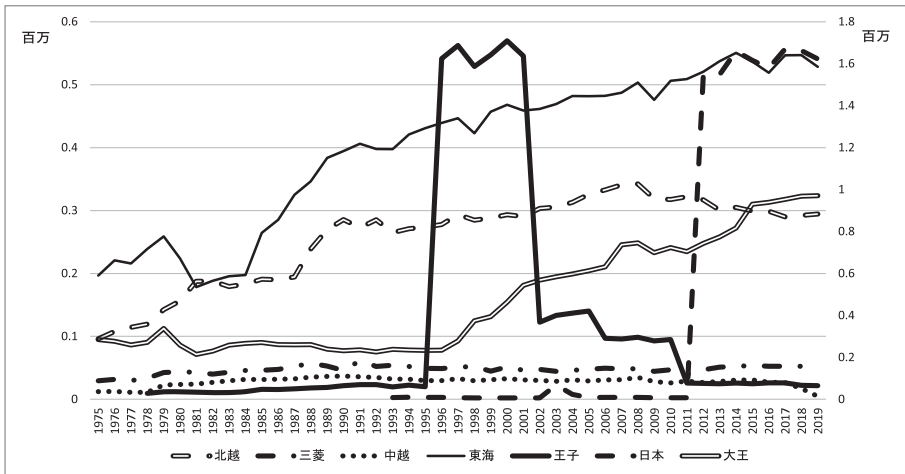


図6 各社板紙生産量



ていることがわかる。

本稿の分析では、製紙業界の主要企業として、王子製紙、日本製紙、大王製紙、北越製紙、三菱製紙、中越パルプ工業、東海パルプの7社（旧社名表記）を対象とする。これらの企業に関する洋紙と板紙の生産実績を確認しておく。

図5には分析対象となる製紙企業に関する、洋紙の生産量を示している。これを見ると、上位2強と中堅企業の規模の差が歴然と認識できる。王子製紙は1993年の神崎製紙との合併時、1996年の本州製紙との合併時に生産量が大きく増加していることが確

認できる。同様に、日本製紙は1993年の山陽国策パルプとの合併時と、2003年の大昭和製紙との統合再編時に生産量が増大している。大王製紙も2007年に名古屋パルプとの合併時にやや生産量に変化が見られるが、その後は傾向的な動きに戻る。北越製紙は2011年に紀州製紙と完全事業統合するため、その影響が生産量の増大に反映している。

図6には王子製紙と日本製紙の上位2強生産量を右の軸に、その他企業を左の軸にとった板紙の生産量を提示している。日本製紙は大型合併時に大きく板紙生産量が増大、その後の事業整理によって板紙企業を分社化しているため変動が大きくなっている。板紙については、大王製紙、東海パルプの生産が順調に推移しており、北越製紙は2008年以降やや停滞気味である。

## 5 トランスログ型費用関数と

### コンポジット型費用関数による規模と範囲の経済性の計測

ここで、トランスログ型費用関数とコンポジット型費用関数を用いて、製紙業界の主要企業に関する規模と範囲の経済性の計測を試みる。分析期間は第1次オイルショック後の比較的安定しているデータが得られる1975年度から、日経NEEDS財務データで製造原価明細書単独決算のデータが揃う2012年度までの年度データを用いる<sup>11)</sup>。分析対象となる主要企業は、分析期間を通じて存在する、王子製紙、日本製紙、大王製紙、北越製紙、三菱製紙、中越パルプ工業、東海パルプの7社とする(旧社名表記)。

計測に使用する変数の加工方法を表1にまとめている。まず生産要素として、資本設備( $K$ )は貸借対照表の償却対象有形固定資産とし、資本コスト( $w_K$ )は減価償却率(減価償却/償却対象有形固定資産)で定義し、民間企業設備デフレーター(日本銀行)で実質化している<sup>12)</sup>。労働( $L$ )は期末従業員数であり、賃金( $w_L$ )は損益計算書に記載された人件費および福利厚生費に製造原価明細書に記載された労務費を足し合わせた金額を、期末従業員数で除した一人あたり賃金を用い、製造業の名目賃金指数(厚生労働省)で実質化した。物的な原材料( $M$ )には製造原価明細書に計上された原材料費と経費を足し合わせ、紙・パルプの投入指数(日本銀行)で実質化した値を使用する。実際の計測では、原材料価格( $w_M$ )は実質原材料( $M$ )を売上高で除した、売上高単位当たりの原材料費で定義している。総費用( $C$ )を計算する際には、 $C = w_K K + w_L L + M$ で算出している。

ここで範囲の経済性の計測を想定して、「洋紙( $q_1$ )」と「板紙その他加工品( $q_2$ )」

表1 変数の定義

項目	記号	データ	実質化デフレータ
資本設備	(K)	償却対象有形固定資産	民間企業設備デフレータ(日銀)
労働	(L)	期末従業員数	
原材料	(M)	原材料費+経費	紙パルプ投入価格指数(日銀)
第1生産物	( $q_1$ )	洋紙生産量×実質洋紙価格	紙パルプ企業物価指数(日銀)
第2生産物	( $q_2$ )	実質売上高-( $q_1$ )	紙パルプ企業物価指数(日銀)
資本コスト	( $w_K$ )	減価償却費/償却対象有形固定資産	民間企業設備デフレータ(日銀)
1人あたり賃金	( $w_L$ )	(人件費+労務費)/期末従業員数	製造業名目賃金指数(厚労省)
原材料価格	( $w_M$ )	(原材料費+経費)/売上高	紙パルプ投入価格指数(日銀)
総費用	(C)	$C=w_K \cdot K + w_L \cdot L + M$	

の2種類の生産物を設定する。生産物として実際に用いる変数は、各社の洋紙と板紙の生産量(トン)に、洋紙と板紙の年度ごとの1トンあたりの実質価格を掛けた値を用いている。この実質価格は経済産業省の生産動態統計月報から生産量あたりの単価を計算し、さらに日本銀行が提供する紙パルプの企業物価指数(2015年指数を用いて1990=1基準として算出)で割った値を使用している。計測で用いる「洋紙( $q_1$ )」と「板紙その他加工品( $q_2$ )」のデータを作成するために、ここでは各企業の売上高を紙パルプの企業物価指数で割った実質売上高から実質化した洋紙生産額( $q_1$ )を引いた値を、実質板紙その他加工品の生産額( $q_2$ )としてデータを作成した。

ここでまず、トランスログ型費用関数の計測モデルを提示する。ここでは製紙企業が資本( $K$ )、労働( $L$ )、原材料および経費( $M$ )の3つの生産要素を投入し、洋紙( $q_1$ )と、板紙その他加工品( $q_2$ )という2種類の産出物を生産する状況を想定する。要素価格をそれぞれ資本価格( $w_K$ )、従業員ひとりあたり賃金( $w_L$ )、売上高あたりの原材料および経費( $w_M$ )で定義する。このとき費用関数は $C = f(q_1, q_2, w_K, w_L, w_M)$ と表すことができるので、これをテイラー展開して二次近似すると、次のようなトランスログ型費用関数を定義することができる。

$$\begin{aligned}
 \ln C = & a_0 + a_1 \ln q_1 + a_2 \ln q_2 + \beta_K \ln w_K + \beta_L \ln w_L + \beta_M \ln w_M + \frac{1}{2} \gamma_{11} (\ln q_1)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{22} (\ln q_2)^2 \\
 & + \gamma_{12} \ln q_1 \cdot \ln q_2 + \frac{1}{2} \delta_{KK} (\ln w_K)^2 + \frac{1}{2} \delta_{LL} (\ln w_L)^2 + \frac{1}{2} \delta_{MM} (\ln w_M)^2 + \delta_{KL} \ln w_K \\
 & \cdot \ln w_L + \delta_{KM} \ln w_K \cdot \ln w_M + \delta_{LM} \ln w_L \cdot \ln w_M + \theta_{1K} \ln q_1 \cdot \ln w_K + \theta_{1L} \ln q_1 \cdot \ln w_L \\
 & + \theta_{1M} \ln q_1 \cdot \ln w_M + \theta_{2K} \ln q_2 \cdot \ln w_K + \theta_{2L} \ln q_2 \cdot \ln w_L + \theta_{2M} \ln q_2 \cdot \ln w_M
 \end{aligned} \quad (12)$$

実際の計測では、(11)式の費用関数に加えて、以下に示す(12)式の資本コスト

( $w_K$ ) のコストシェア方程式と (13) 式の賃金 ( $w_L$ ) に関するコストシェア方程式を合わせた 3 本のモデルを、最尤法 (完全情報最尤推定法) でシステム推計してそれぞれの係数値を得る<sup>13)</sup>。

$$S_K = \beta_K + \delta_{KK} \ln w_K + \delta_{KL} \ln w_L + \delta_{KM} \ln w_M + \theta_{1K} \ln q_1 + \theta_{2K} \ln q_2 \quad (13)$$

$$S_L = \beta_L + \delta_{LL} \ln w_L + \delta_{LK} \ln w_K + \delta_{LM} \ln w_M + \theta_{1L} \ln q_1 + \theta_{2L} \ln q_2 \quad (14)$$

計測ではそれぞれの企業に関して合併を考慮したダミー変数を導入している<sup>14)</sup>。さらにトランスログ型費用関数の計測によって得たそれぞれの係数値を初期値として、コンポジット型費用関数を推計する。コンポジット型費用関数の計測モデルは次のようになる。

$$\begin{aligned} \ln C = & \ln \left( \alpha_0 + \alpha_1 q_1 + \alpha_2 q_2 + \frac{1}{2} \gamma_{11} q_1 q_1 + \frac{1}{2} \gamma_{22} q_2 q_2 + \gamma_{12} q_1 q_2 + \theta_{1K} q_1 \ln w_K + \theta_{1L} q_1 \ln w_L \right. \\ & \left. + \theta_{1M} q_1 \ln w_M + \theta_{2K} q_2 \ln w_K + \theta_{2L} q_2 \ln w_L + \theta_{2M} q_2 \ln w_M \right) + \beta_0 + \beta_K \ln w_K + \beta_L \ln w_L + \beta_M \ln w_M \\ & + \frac{1}{2} \delta_{KK} \ln w_K \ln w_K + \frac{1}{2} \delta_{LL} \ln w_L \ln w_L + \frac{1}{2} \delta_{MM} \ln w_M \ln w_M + \frac{1}{2} \delta_{KL} \ln w_K \ln w_L + \frac{1}{2} \delta_{KM} \ln w_K \ln w_M \\ & + \frac{1}{2} \delta_{LM} \ln w_L \ln w_M + \theta_{1K} q_1 \ln w_K + \theta_{1L} q_1 \ln w_L + \theta_{1M} q_1 \ln w_M + \theta_{2K} q_2 \ln w_K \\ & + \theta_{2L} q_2 \ln w_L + \theta_{2M} q_2 \ln w_M \end{aligned} \quad (15)$$

コンポジット型費用関数のコストシェア方程式は次の通りである。

$$\begin{aligned} S_K = & \left( \alpha_0 + \alpha_1 q_1 + \alpha_2 q_2 + \frac{1}{2} \gamma_{11} q_1 q_1 + \frac{1}{2} \gamma_{22} q_2 q_2 + \gamma_{12} q_1 q_2 + \theta_{1K} q_1 \ln w_K + \theta_{1L} q_1 \ln w_L + \theta_{1M} q_1 \ln w_M \right. \\ & \left. + \theta_{2K} q_2 \ln w_K + \theta_{2L} q_2 \ln w_L + \theta_{2M} q_2 \ln w_M \right)^{-1} \cdot (\theta_{1K} q_1 + \theta_{2K} q_2) + \beta_K + \delta_{KK} \ln w_K + \delta_{KL} \ln w_L \\ & + \delta_{KM} \ln w_M + \theta_{1K} q_1 + \theta_{2K} q_2 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} S_L = & \left( \alpha_0 + \alpha_1 q_1 + \alpha_2 q_2 + \frac{1}{2} \gamma_{11} q_1 q_1 + \frac{1}{2} \gamma_{22} q_2 q_2 + \gamma_{12} q_1 q_2 + \theta_{1K} q_1 \ln w_L + \theta_{1L} q_1 \ln w_L + \theta_{1M} q_1 \ln w_M \right. \\ & \left. + \theta_{2K} q_2 \ln w_K + \theta_{2L} q_2 \ln w_L + \theta_{2M} q_2 \ln w_M \right)^{-1} \cdot (\theta_{1K} q_1 + \theta_{2L} q_2) + \beta_L + \delta_{LL} \ln w_L + \delta_{KL} \ln w_L \\ & + \delta_{LM} \ln w_M + \theta_{1L} q_1 + \theta_{2L} q_2 \end{aligned} \quad (17)$$

なお、実際の計測においては、生産要素価格に関する一次同次性、 $\beta_K + \beta_L + \beta_M = 1$ 、 $\delta_{KK} + \delta_{KL} + \delta_{KM} = 0$ 、 $\delta_{LL} + \delta_{KL} + \delta_{LM} = 0$ 、 $\delta_{MM} + \delta_{KM} + \delta_{LM} = 0$  と、生産物の費用に関

する同次性  $\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{22} = 0$  を事前に制約条件として設定している。また、費用関数が適切な性質を持つための条件として、交叉項の対称性、生産物と生産要素に関する単調性、生産要素価格に関する一次同次性、2階の条件を満たすことがあげられるが、これらの条件については計測後の推定値を確認する。

上記のトランスログ型費用関数とコンポジット型費用関数を計測した結果を、表2と表3に掲載している。実際の計測では、費用関数の説明変数を平均値で除してセンタリングし、さらに変数によってはその値に対数を取るためため、費用関数の近似点を平均値の周りでテイラー展開していると考える。すると、 $\ln q_i = 0, \ln w_k = 0$  で評価されるため、(3)式で計算される規模の弾力性について、次のSCALE指標で規模の経済性を定義する<sup>15)</sup>。

$$SCALE = \sum_{i=1}^2 \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y_i} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y_1} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y_2} = \alpha_1 + \alpha_2 < 1 \quad (18)$$

同様に、(5)式に示される範囲の経済性の十分条件となっている費用の補完性を、次のSCOPE指標で提示する。

$$SCOPE = \frac{\partial^2 C}{\partial y_1 \partial y_2} = \gamma_{12} + \alpha_1 \cdot \alpha_2 < 0 \quad (19)$$

ここで計測結果を検討する。まず表2に示したトランスログ型費用関数の結果を見ると、産出物に関する単調性を満たさないのは、中越パルプ工業の第2生産物の係数値  $\alpha_2$  がマイナスとなっている点であるが、それ以外についてはすべての企業で統計的に有意にプラスの値をとっている。要素価格に関する1次条件についても、 $\beta_K, \beta_L, \beta_M$  の値は有意にプラスである。生産物に関する2次条件については、王子製紙の第2生産物以外はプラスの係数値が得られている。交叉項については範囲の経済性をチェックする計算過程で利用されるが、それぞれの企業で係数値の正負が異なる。生産要素価格に関する2次項についても、王子製紙の資本価格以外のすべての企業でプラスに有意な値が得られている。概して、トランスログ型費用関数による計測は良好であると判断できる。

次に各社の計測結果を検討する。王子製紙は第1生産物と定義した洋紙生産の係数値  $\alpha_1$  と第2生産物とした板紙その他加工品の係数値変数  $\alpha_2$  がプラスで統計的に有意に意味ある値をとっている。しかし、規模の経済性指標であるSCALEを計算してみると



1.075 となり、規模の経済性の発揮は認められない。理論的には規模の経済性が発揮されないなかで範囲の経済性は成り立たないが、計測結果においても *SCOPE* 指標は 0.197 となり、プラスの値になっているため範囲の経済性も認められない。日本製紙については、*SCALE* 指標が 0.845 であり規模の経済性の発揮が十分認められる。しかし、*SCALE* 指標は 0.056 であり、範囲の経済性の発揮が統計的には検証できなかった。

大王製紙の *SCALE* 指標は 0.903 となり、規模の経済性は認められる。しかし *SCALE* 指標は 0.016 と算出されマイナスとはならず、範囲の経済性は僅かの差で確認できない。上田 (2006) や上田 (2013) では、大王製紙は常に範囲の経済性が確認されていたことを考慮すれば、分析期間を長く取り、変数の定義も異なることが影響していると推察される。これに対して、北越製紙の *SCALE* 指標は 0.894 で規模の経済性が認められ、*SCALE* 指標もマイナス 0.056 となるため、範囲の経済性の発揮が統計的に有意に確認される。

三菱製紙の *SCALE* 指標は 1.031 であり規模の経済性が認められず、*SCALE* 指標も

表 2 トランスログ型費用関数の計測結果

Param	王子製紙		日本製紙		大王製紙		北越製紙		三菱製紙		中越パルプ		東海パルプ	
	Coeff	P-value	Coeff	P-value	Coeff	P-value	Coeff	P-value	Coeff	P-value	Coeff	P-value	Coeff	P-value
$\alpha_0$	-0.004	[.861]	-0.011	[.764]	0.050	[.000]	-0.021	[.141]	0.001	[.950]	-0.008	[.221]	0.004	[.795]
$\alpha_1$	0.895	[.000]	0.606	[.000]	0.632	[.000]	0.639	[.000]	0.568	[.000]	0.918	[.000]	0.228	[.000]
$\alpha_2$	0.180	[.000]	0.239	[.000]	0.271	[.000]	0.255	[.000]	0.463	[.000]	-0.022	[.296]	0.631	[.000]
$\beta_K$	0.097	[.000]	0.083	[.000]	0.085	[.000]	0.088	[.000]	0.072	[.000]	0.072	[.000]	0.079	[.000]
$\beta_L$	0.148	[.000]	0.201	[.000]	0.135	[.000]	0.095	[.000]	0.175	[.000]	0.156	[.000]	0.143	[.000]
$\beta_M$	0.756	[.000]	0.716	[.000]	0.781	[.000]	0.817	[.000]	0.753	[.000]	0.772	[.000]	0.778	[.000]
$\gamma_{11}$	-0.525	[.430]	0.049	[.698]	0.150	[.024]	0.238	[.000]	0.224	[.002]	0.028	[.240]	0.313	[.000]
$\gamma_{22}$	0.069	[.062]	0.105	[.000]	0.170	[.000]	0.079	[.611]	0.225	[.000]	0.039	[.004]	0.228	[.000]
$\gamma_{12}$	0.036	[.811]	-0.089	[.097]	-0.155	[.000]	-0.219	[.002]	-0.244	[.000]	-0.029	[.000]	-0.227	[.000]
$\delta_{KK}$	-0.025	[.530]	0.090	[.014]	0.063	[.000]	0.098	[.000]	-0.026	[.541]	0.015	[.318]	0.036	[.000]
$\delta_{LL}$	0.087	[.045]	0.174	[.000]	0.101	[.000]	0.164	[.007]	0.042	[.175]	0.073	[.000]	0.090	[.000]
$\delta_{MM}$	0.171	[.001]	0.170	[.000]	0.180	[.000]	0.166	[.000]	0.179	[.000]	0.173	[.000]	0.174	[.000]
$\delta_{KL}$	0.055	[.249]	-0.047	[.133]	0.008	[.360]	-0.049	[.182]	0.082	[.019]	0.043	[.002]	0.024	[.001]
$\delta_{KM}$	-0.029	[.298]	-0.043	[.002]	-0.071	[.000]	-0.050	[.052]	-0.056	[.000]	-0.058	[.000]	-0.060	[.000]
$\delta_{LM}$	-0.142	[.000]	-0.127	[.000]	-0.109	[.000]	-0.116	[.003]	-0.123	[.000]	-0.116	[.000]	-0.114	[.000]
$\theta_{1K}$	0.017	[.756]	0.049	[.000]	0.023	[.485]	0.046	[.023]	0.046	[.015]	0.010	[.385]	-0.049	[.000]
$\theta_{1L}$	0.018	[.841]	-0.106	[.308]	-0.058	[.000]	-0.086	[.000]	-0.043	[.354]	-0.045	[.118]	-0.069	[.001]
$\theta_{1M}$	-0.035	[.726]	0.056	[.559]	0.035	[.333]	0.040	[.208]	-0.003	[.959]	0.035	[.101]	0.117	[.000]
$\theta_{2K}$	0.010	[.431]	-0.011	[.272]	-0.008	[.396]	-0.014	[.497]	-0.034	[.174]	-0.001	[.950]	-0.005	[.442]
$\theta_{2L}$	-0.015	[.535]	0.004	[.941]	-0.023	[.000]	-0.037	[.273]	0.065	[.092]	-0.042	[.009]	0.013	[.477]
$\theta_{2M}$	0.005	[.806]	0.008	[.859]	0.031	[.015]	0.051	[.048]	-0.031	[.441]	0.043	[.017]	-0.008	[.676]
D93	-0.006	[.638]	0.038	[.041]										
D96	0.027	[.080]												
D02	-0.006	[.638]												
D03			0.051	[.011]										
SCALE	1.075		0.845		0.903		0.894		1.031		0.896		0.858	
SCOPE	0.197		0.056		0.016		-0.056		0.019		-0.050		-0.084	



値をとっているものが多い。

コンポジット型費用関数での規模と範囲の経済性に関する計測結果は、規模の経済性についてはすべての企業で満たされず、範囲の経済性についても生産物の交叉項  $\gamma_{12}$  がマイナスで得られているものもあるが、すべて統計的有意性をもたない係数値となっている。要素価格の2次項にも統計的有意性に欠ける係数が多く、全体的に不安定なものとなっている。

## 6 結 論

本稿では、範囲の経済性や垂直統合の経済性の分析において用いられているコンポジット型費用関数によって製紙業の規模と範囲の経済性を推計し、トランスログ型費用関数との相違点を確認しながら検討することを目的とした。生産物には「洋紙」とそれ以外の生産物として「板紙その他」の2種類の生産物を想定して変数を加工し、資本、労働、原料という3種類の投入要素を前提に要素価格を定義した計測を試みた。

実際の計測では、トランスログ型費用関数の推計結果をもとに初期値を計算して、コンポジット型費用関数を推定した。その結果コンポジット型費用関数の推計においては費用関数における生産物の単調性は満たされているが、規模の経済性の発揮を確認することができず、トランスログ型費用関数の計測結果に見られたような統計的有意性に支持される良好な係数値を得ることができなかった。範囲の経済性についても、生産物の交叉項がマイナスになっていることによって費用の補完性が観察されるものもあるが、統計的には有意性を持たず、範囲の経済性の機能を確認することができない結果となった。

コンポジット型費用関数による計測は、従来から広く用いられてきたトランスログ型費用関数による計測に比べると、2次項の統計的有意性を得るのが難しく、初期値や変数の選択に影響される。トランスログ型費用関数では、変数を対数変換する必要があるため、複数生産物における産出量のゼロデータを扱うことができないが、コンポジット型費用関数は産出量を対数変換する必要がない実証モデルであることから、ゼロデータが存在する場合に範囲の経済性を計測することが可能となる。コンポジット型費用関数を採用する意義はここにあるが、コンポジット型費用関数は高度に非線形のモデルになっており、計算過程でゼロデータがあることによって推定値を得ることができず、実際の計測では大いに工夫が必要である。

長期的な不況で紙需要は激減し、製紙企業では生産能力の削減を余儀なくされている。海外需要へのシフトも進むが、収益構造の根本的な転換が不可避となっている。製紙企業では近年、バイオマス発電などの新技術による新たな分野への進出と、セルロースナノファイバー（CNF）など新素材の開発と実現に向けた本格的なイノベーションが活発である。製紙業界の生産性上昇と費用効率の向上には、そもそも洋紙と板紙という範囲の経済性ではなく、紙と新素材との範囲の経済性を発揮する技術を進展させることが不可欠である。

\*本稿は同志社大学人文科学研究所第20期第16部門研究の助成を受けている。また本稿作成にあたり、同志社大学商学部上田雅弘演習生の六角玲衣さんには、データ作業の過程で多大な助力をいただいた。ここに記して感謝します。なおあり得べき誤謬はすべて筆者の責任です。

#### 注

- 1) 本稿の費用関数の先行研究に関するサーベイは、浦上（2011）を参照している。とりわけトランスログ型費用関数については浦上（2011）pp.177-178に詳しく論じられている。
- 2) シェパードのレンマとは、費用関数の要素価格に対する1次微分が要素シェアになるという関係式である。従来、規模と範囲の経済性の計測では、多重共線性を避けるために費用関数とシェア方程式が同時推計されることが多い。
- 3) 費用の補完性は範囲の経済性の十分条件である。詳しくは粕谷（1993）p.53を参照。
- 4) トランスログ型費用関数、一般化トランスログ型費用関数への展開については、Pulley and Braunstein（1992）p.222で詳細に提示されている。
- 5) コンポジット型費用関数の汎用性については、Pulley and Braunstein（1992）p.222で説明されている。
- 6) Pulley and Braunstein（1992）p.227に記述されている。
- 7) このコンポジット型費用関数の解釈は、浦上（2011）p.180で指摘されている。
- 8) ここに示した規模と範囲の経済性指標の詳細については、Pulley and Braunstein（1992）pp.226-227を参照。
- 9) コンポジット型費用関数の内外の先行研究については浦上（2011）で詳しくまとめられており、本稿のレビューはこれを参照している。
- 10) この報告については口頭発表であるが計測結果が公表されていたため、その内容と浦上（2011）の説明を参考に記述している。
- 11) 王子製紙と日本製紙については、それぞれ持株会社への移行とグループ再編の影響で2012年度のデータが得られないため、2011年度までの分析になっている。

- 12) 資本コストとして減価償却率を用いる場合、期末の減価償却を期首の償却対象有形固定資産で除するのが適当であるが、ここでは合併前後の複雑な計算を考慮して、期末の(減価償却/償却対象有形固定資産)で概算している。
- 13) 従来の規模と範囲の経済性に関する実証研究では、連立方程式の性質から推定方法としてSURが用いられるが、本稿ではコンポジット型費用関数の推定を最尤法で得るために、初期値も完全情報最尤法によって計測している。
- 14) 本稿でのトランスログ型費用関数とコンポジット型費用関数の計測にはTSP 5.1を用いている。
- 15) トランスログの近似点には平均値を用いて、説明変数は平均からの乖離をとることが多い。また、近似点に変数ごとに異なってよいことは、広田・筒井(1992) p.141など参照。

#### 参考文献

- Baumol W. J., J. C. Panzar and R. D. Willig (1982), 'Contestable Markets and the Theory of Industry Structure', Harcourt Brace Jovanovich, New York.
- Box, G. E. P. and D. R. (1964), "Cox An Analysis of Transformations", *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 26, pp.211-252.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgenson and L. J. Lau (1971), "Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function," *Econometrica* 39, pp.255-256.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgenson and L. J. Lau, (1973) "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", *The Review of Economics and Statistics*, 55, pp.28-45.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgenson and L. J. Lau, (1975) "Transcendental Logarithmic Utility Functions", *The American Economic Review*, 65, pp.367-383.
- Cobb, C. W., and P. H. Douglas (1928), "A Theory of Production," *American Economic Review Papers and Proceedings*, 18 Supplement, pp.139-165.
- Diewert, W. E. (1971) "An Application of the Shepard Duality Theorem: A Generalized Leontief Production Function", *International Journal of Political Economy*, 79, pp.481-507.
- Diewert, W. E. and T. J. Wales (1987) "Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions", *Econometrica*, 55, pp.43-68.
- Fraquelli, G., M. Piacenza and D. Vannoni (2004), "Scope and scale economies in multi-utilities evidence from gas, water and electricity combinations", *Applied Economics*, 36, pp.2045-2057.
- Fraquelli, G., M. Piacenza and D. Vannoni (2005), "Cost Savings from Generation and Distribution with an Application to Italian Electric Utilities", *Journal of Regulatory Economics*, 28, pp.289-308.
- Hirao, Y and T. Inoue (2004), "On the Cost Structure of the Japanese Property-Casualty Insurance Industry", *The Journal of Risk and Insurance*, 71, pp.501-530.
- Kumbhakar, S. C. (1994) "A Multiproduct Symmetric Generalized McFadden Cost Function",

- Journal of Productivity Analysis*, *Journal of Productivity Analysis*, 5, pp.349-357.
- Nemoto and Goto (2004) "Technological Externalities and Economies of Vertical Integration in the Electric Utility Industry", *International Journal of Industrial Organization*, 22, pp.67-81.
- Pulley, L. B. and Y. M. Braunstein (1992), "The review of economics and statistics, A composite cost function for multiproduct firms with an application to economies of scope in banking", *The Review of Economics and Statistics*, 74, pp.221-230.
- Torres, M. and C. J. Morrison Paul (2006), "Driving forces for consolidation or fragmentation of the US water utility industry: A cost function approach with endogenous output", *Journal of Urban Economics*, 59, pp.104-120.
- Ueda, M. (2019) "The success or failure of mergers in Japan's paper industry: evaluation of merger effects using DEA and simulation data," *International Journal of Economic Policy Studies*, 14, pp.179-197.
- Urakami and Tanaka (2009), "Economies of scale and scope in the Japanese water industry", Presented Paper at the 4th International Symposium on Economic Theory, Policy and Applications Athens, Greece 3rd-6th July.
- 上田雅弘 (2006) 「日本の製紙業における規模と範囲の経済性」, 『同志社商学』第57巻6号, pp.492-510。
- (2009) 「DEA-Super Efficiency モデルを用いた製紙業の合併と多角化の生産効率分析」, 『同志社商学』第61巻3号, pp.127-149。
- (2010) 「DEA・SFAによる製紙業の費用効率分析」, 『同志社商学』第66巻1号, pp.274-291。
- (2013) 「動学的要素需要関数による製紙企業の規模と範囲の経済性の計測」, 『社会科学』第42巻4号, pp.155-176。
- (2021) 「トランスログ型一般化費用関数と確率的フロンティア関数による製紙業の費用効率性分析」『同志社商学』第72巻6号, pp.1187-1207。
- 粕谷宗久 (1993) 『日本の金融機関経営－範囲の経済性, 非効率性, 技術進歩－』, 東洋経済新報社。
- 衣笠達夫 (2005) 『公益事業の生産性分析』, 中央経済社。
- 衣笠達夫・中山徳良 (2011) 「わが国の放送産業の費用構造: コンポジット型費用関数を用いた分析」, 地域学研究。
- 中山徳良 (2003) 『日本の水道事業の効率性分析』, 多賀出版。
- 広田真一・筒井義郎 (1992) 「銀行業における範囲の経済性」, 堀内昭義・吉野直之編『現代日本の金融分析』第6章所収, 東京大学出版会。
- 『紙・板紙統計年報』日本製紙連合会。
- 『紙パルプ統計年報』経済産業省。
- 『日本マーケット・シェア事典』矢野経済研究所。