

## 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

上 田 雅 弘

本稿では動学的要素需要関数を用いることによって、日本の製紙業における規模と範囲の経済性に関する企業レベルでの検証を試みた。具体的には、可変的生産要素として労働、原材料を考慮し、資本設備を準固定的生産要素と考えた制約付き費用関数を推計し、調整費用を考慮したオイラー方程式の動学的生産要素需要システムによる連立方程式体系での推定を行っている。

まず、製紙業界の中堅企業である大王製紙、北越製紙、三菱製紙、中越パルプ、東海パルプの5社については洋紙と板紙が生産されているため、生産物をこの2種類に分類して規模と範囲の経済性を検証している。計測の結果、規模の経済性は三菱製紙を除くすべての企業で検出されるが、範囲の経済性は大王製紙、北越製紙でのみ確認できるにとどまった。

また大手企業の王子製紙、大昭和製紙、日本製紙では、板紙生産が分社化したグループ子会社で専業とされているため、洋紙のうち主力の生産物である新聞・印刷用紙とその他洋紙を2つの生産物として定義した分析を行っている。その結果、日本製紙と大昭和製紙はともに規模の経済性が認められたものの、王子製紙においてはむしろ規模の不経済が見られた。また、範囲の経済性については日本製紙でのみ確認することができ、王子製紙と大昭和製紙では統計的に検出されなかった。

先行研究の効率性分析と合わせて考えれば、日本製紙、大王製紙、北越製紙は3社とも相対的に効率性が高い企業であると計測されていることから、日本の製紙業界における企業の費用効率性の要因としては、多品種生産における範囲の経済性の発揮が重要であることが、動学的要素需要関数モデルによる計測から明らかになった。

### 1 序

近年、紙・板紙製品の国内需要が低迷する中で、日本の製紙業界では再編の動きが加速している。1990年代に始まる大手企業の合従連衡により業界地図は10年で一変し、2000年代初頭には王子製紙・日本製紙が関連企業をグループ化して業界の圧倒的な2強となった。またこれに次ぐ中堅企業としては、大王製紙、北越製紙、三菱製紙があり、さらに

中越パルプ、紀州製紙、東海パルプなどがその時点で存続していた。

しかしこれら業界の中堅を担った企業にも、近年さらなる合併の波が押し寄せている。板紙生産を柱としながら多様な洋紙生産を行っていた東海パルプは、特殊印刷用紙に強みを持つ特種製紙を2007年4月に経営統合して特種東海ホールディングスを設立し、その後2010年4月に東海パルプが特種製紙を吸収合併するかたちで特種東海製紙が発足した。

また北越製紙は2009年10月に紀州製紙を完全子会社化し、その後2011年4月には紀州製紙を合併して北越紀州製紙となった。さらに北越製紙は、2012年には不祥事で経営の危機に陥った大王製紙の筆頭株主となり、大王製紙の経営立て直しを支援するとともに、原料の共同調達や資本・技術提携を行うなど、大王製紙と北越製紙の関係が緊密になっている。

こうした製紙業界における市場競争の基礎的条件としては、同質的な製品を供給する内需型の産業であることがあげられる。また典型的な装置産業であり、輸出入の割合も小さいため、生産性や費用効率を国内供給量をもとに分析することができる。このような特徴から、これまで大型装置産業における規模の経済性や多品種生産による範囲の経済性の計測、また企業レベルの効率性分析などを行う対象として製紙業を取り上げ、一連の実証研究を行ってきた<sup>1)</sup>。

さらに企業の長期にわたる意思決定を反映するモデルとして、上田(2012a)では、過去の計測において生産効率が優れているとされた大王製紙の規模の経済性と範囲の経済性について、動学的要素需要関数によるシステム推計を試みた。その結果、大王製紙については、規模と範囲の経済性が有効に働いていることが統計的に検証され、企業の長期的な意思決定を想定した動学的最適化行動による定式化において、資本設備の調整費用が存在することも明らかにされている。

そこで本稿では、上田(2012a)で採用したPindyck and Rotemberg(1983)の枠組みを大王製紙以外の製紙大手・中堅企業にも適用し、規模と範囲の経済性について動学的要素需要関数によるシステム推計を試み、動学的最適化モデルによるそれぞれの企業の費用効率を検証する。

そこで次の第2章では、分析の対象となる企業の現状を知るために、それぞれの企業の合併の経緯を確認しながら多角化の推移などを把握する。そして第3章では調整費用を考慮した動学的生産要素需要システムの計測方法を提示し、第4章で計測から得られた推計値をもとに、各企業における規模と範囲の経済性について検証を行う。最後に第5章で結論を述べる。

## 2 製紙業界の再編と多角化の現状

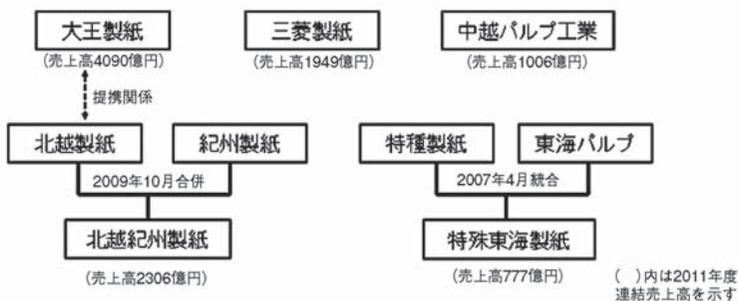
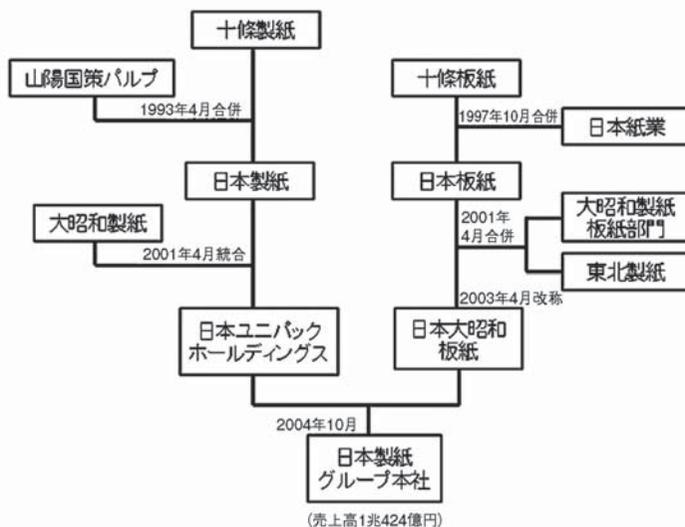
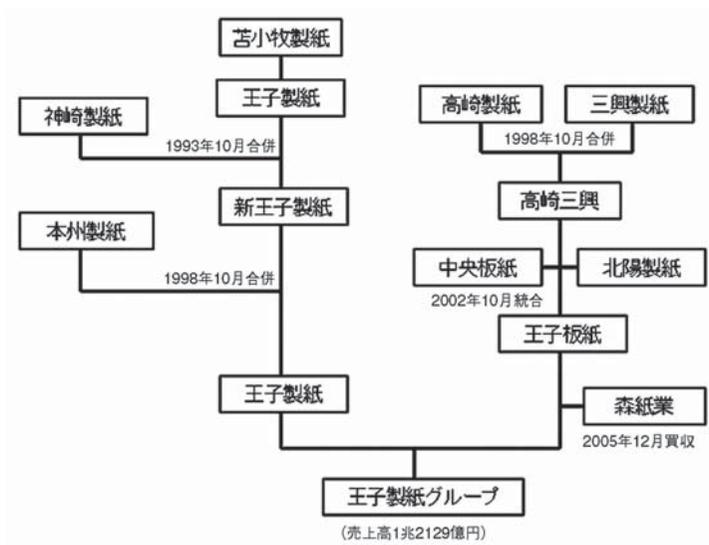
日本の製紙業界の市場構造は、1990年代に相次いだ大手企業の合併により寡占化したことが、2000年代に入ってさらに合従連衡の動きが再燃している。2011年度連結決算における売上高で見れば、王子製紙が1兆2129億円、日本製紙が1兆424億円であり、製紙業界の2強となっている。これに続く企業として、大王製紙（同年連結売上高4090億円）、北越紀州製紙（同2306億円）、三菱製紙（同1949億円）、中越パルプ（同1006億円）、特種東海製紙（同777億円）がある。また総合商社の丸紅の傘下にある丸住製紙（単独売上高660億円）も未上場ではあるが中堅企業の一角を担う。これらの企業の多くは洋紙と板紙を生産する総合製紙企業（グループ）であるが、これとは別に板紙専門の企業としてレンゴー（連結売上高4926億円）やトーモク（連結売上高1388億円）が存在する。2012年現在、日本の製紙業はこれら10社程度の企業がほぼ上位を占めている。

しかし、製紙業をとりまく経済状況は厳しい。紙・板紙の国内出荷量は2000年以来頭打ちとなっており、景気低迷によって主力製品である印刷用紙の需要は激減している。また新聞用紙の需要も減少し、梱包に使用される板紙も景気低迷によって需要がまったく振るわないことから、各社にとって経営の効率化が大きな課題となっている。このような状況下で、王子製紙は中国に巨大工場を建設し、日本製紙は海外企業の買収および海外企業への出資を積極的に行っている。上位2強は積極的な海外展開を行うことで、需要開拓による生産拡大路線をとり、規模の経済性の発揮を通じた経営効率改善を目指している。

他方、中堅企業にとっては、規模の経済性の発揮による生産性向上もさることながら、業務提携による経営の安定化や共同製品開発、また製品の多角化戦略が重要な課題となっている。こうした状況を背景に、2010年代以降、中堅企業で業務提携や合併の動きが盛んである。東海パルプはもともと板紙生産を中心に印刷用紙・包装用紙・雑種紙と多様な洋紙生産を行っていた企業であったが、特殊印刷用紙に強みを持つ特種製紙と2007年4月に経営統合して特種東海ホールディングスとなり、その後2010年4月に東海パルプが特種製紙を吸収合併して特種東海製紙が発足した。

またコート紙の生産技術に優れた北越製紙は、印刷用紙や包装用紙を中心に生産を行っていた紀州製紙を2009年10月に完全子会社化した後、2011年4月には紀州製紙を吸収合併して北越紀州製紙となった。さらに2012年には経営者の不祥事で経営の危機に陥った大王製紙の筆頭株主となり、大王製紙と資本・技術の提携で緊密な関係にある。

図1 大手3社と中堅5社の企業規模と合併の変遷



大王製紙は三島の大規模な臨海工場で多種多様な製品を生産し、規模の経済性を発揮するとともに、多角化のメリットである範囲の経済性を発揮できる生産能力を有している。しかし2011年の秋に経営者による不祥事が発覚し、それまでの同族的な経営による反発から、創業者一族と経営陣との対立が危機的な状況に陥った。先に述べたように、その後2012年に北越紀州製紙への株式譲渡によって大王製紙社内の対立は収まったが、大王製紙と北越紀州製紙との提携関係によって、今後さらなる製紙業界再編が導かれることになる様相を呈している。

こうした中堅企業の合併や業務提携は、上位2強のような規模の経済性の発揮を主眼としたグループ企業の拡大戦略とは異なり、それぞれの企業の生産技術や製品特性を相互に補完し、生産効率の向上を意図したものだと考えられる。

本稿では2012年現在で洋紙を中心に生産活動を行っている製紙企業である王子製紙・日本製紙・大王製紙・北越紀州製紙・三菱製紙・中越パルプ・特種東海製紙と、もともとは大手製紙企業の一角を担った大昭和製紙を加えた8社について、動学的な要素需要関数による規模と範囲の経済性の計測と設備投資の調整費用の推計を試みる。

ここでサンプルとして用いる大手企業の合併・統合などの動きを概観しておく。王子製紙はもともと戦前は日本の紙市場の80%以上を占める独占企業であったが、戦後1949年には「過度経済力集中排除法」により、苫小牧製紙、本州製紙、十條製紙に分割された。その後、苫小牧製紙は1960年に他社との合併を期に王子製紙と改名し、数社との合併を経験した後、1993年10月には旧王子製紙から独立した神崎製紙と合併して新王子製紙と名乗った。その後1996年10月には本州製紙と合併して、「王子製紙」の社名が復活した。また2002年10月には、王子製紙グループの傘下にあった板紙企業である高崎三興、中央板紙、北陽製紙らが王子板紙として統合され、王子製紙グループが成立している。

他方、日本製紙の前身である十條製紙も1990年代に至るまでいくつかの企業と合併を繰り返しているが、1992年3月には東北製紙を完全子会社化し、1993年4月には山陽国策パルプと合併して日本製紙となった。さらに2001年4月に製紙大手の大昭和製紙と統合し、日本ユニパックホールディングを設立し、その後2004年10月に「日本製紙グループ本社」と商号を変更して現在に至っている。

こうした業界再編の結果、2010年時点で、製紙業界の市場シェアは、王子製紙グループと日本製紙グループの系列企業でそれぞれ25%程度を占め、それに続く大王製紙がおよそ10%のシェア、三菱製紙、北越紀州製紙、中越パルプが、それぞれ5%から3%のシェアとなっている<sup>2)</sup>。また市場の集中度を表すハーフィンダール指数は、1990年初頭には

400程度であったものが、2010年には1200となっており、この間の合併による市場構造の寡占化は顕著である。

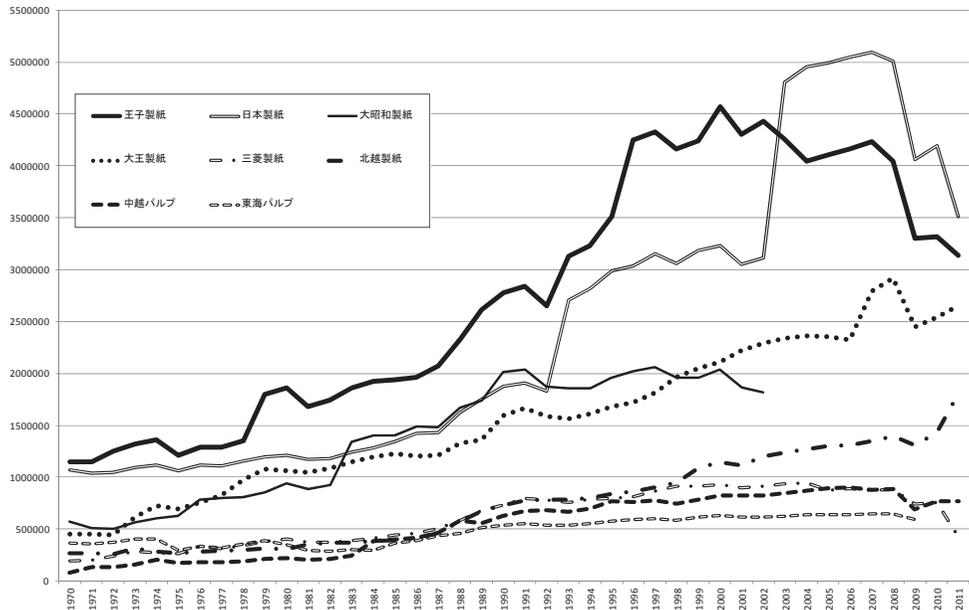
次に、各企業の生産規模の差を確認しておく。サンプルとして用いる8社の規模を比較するために、各社の洋紙と板紙の合計生産量の推移を図2で示している。生産量の急激な変動のほとんどは、先に述べた合併および分社化の影響によるものである。

これを見ると、大手3社（王子・日本・大昭和）と中堅企業の生産量に大きな差がないように見えるが、大手3社は板紙専門企業を系列企業として分社化しているため、データには板紙の生産量が含まれていないことに注意しなければならない。それでも大型合併が相次いだ1990年代以降では、王子製紙と日本製紙の2強が圧倒的に市場を占有していった状況を確認することができる。

次に、各企業の製品多様性に関する状況を確認するために、多角化度を表す指標を作成してその推移を調べた。多角化の程度を数量的に表す方法としては、従来からいくつかの多角化指標が考案されているが、ここでは概念が容易に把握しやすいことを考慮して、次のようなBerry指数によって多角化度を計算する。

$$B = 1 - \sum_{i=1}^n s_i^2$$

図2 各社生産規模の比較



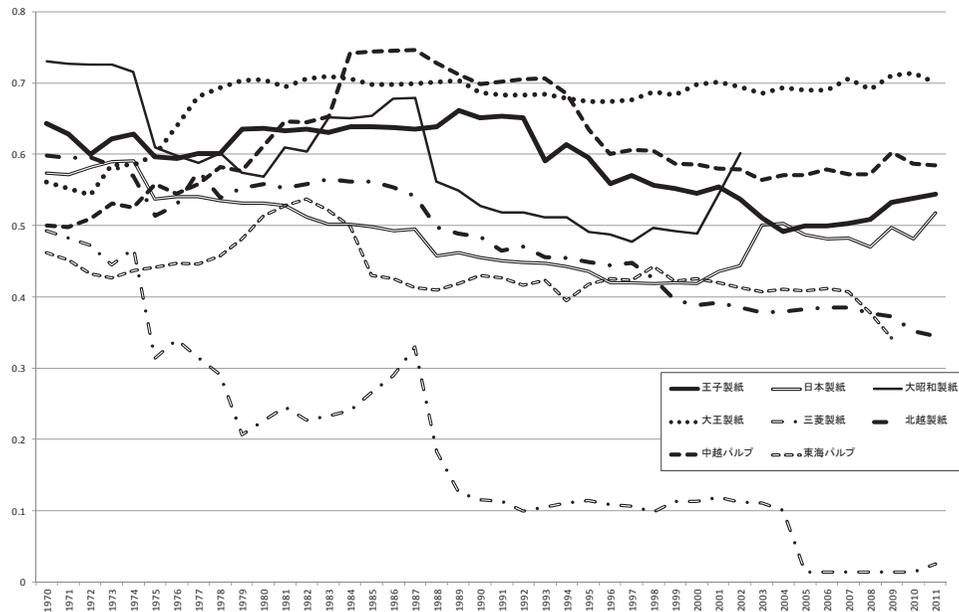
日本製紙連合会編『紙板紙統計年報』より作成

ここで  $s_i (s_i \geq 0)$  は、生産物  $i$  の全生産物に対する構成比率を表す。すると Berry 指数は  $0 \leq B \leq 1$  の値をとり、 $B=0$  に近いほど専門度が高く、 $B=1$  に近いほど多角化の程度は大きくなる。

多角化度を作成するデータについては、日本製紙連合会が編纂する『紙・板紙統計年報』の企業別生産量を用いている<sup>3)</sup>。紙の種類については、一般的に紙の中分類にあたる、「新聞巻取紙」、「印刷・情報用紙」、「包装用紙」、「衛生用紙」、「雑種紙」、「板紙」と定義している。こうして算出された Berry 指数を図3に示している。

図3を見ると、7種類に分類した紙製品すべてを生産している大王製紙は最も多角化度は高く、次いで衛生用紙以外の6種類の製品を生産する中越パルプの多角化度が高い。また期間によっては7種類の紙を生産している王子製紙の多角化度も相対的に高い。大昭和製紙も1980年代までは比較的多角化度が高いが、その後は新聞・印刷情報用紙への生産シフトによって多角化度は低下する。大手の日本製紙と北越製紙は印刷情報用紙の生産構成が大きく、それが多角化度の相対的な低さに表れている。1990年代以降は新聞巻取紙以外の6種類の製品を生産している東海パルプの多角化度も日本製紙や北越製紙と並んでいる。主として印刷情報用紙と板紙を生産する三菱製紙は、経年的に印刷情報用紙の生産に特化している傾向がBerry指数にも反映されている。大型合併との関係で見ると、

図3 各社多角化度 (Berry 指数) の推移



日本製紙連合会編『紙板紙統計年報』の企業別生産量より作成

大手の王子製紙と日本製紙については1990年代の合併時には多角化度Berry指数にも多少の変化はあるが、経年的には低下傾向であることが確認できる。

### 3 調整費用を伴う動学的要素需要モデル

前節で概観した生産規模や多角化の現状を踏まえたうえで、以下では設備投資の動学的最適化を仮定したモデルによって、製紙企業8社をサンプルとした規模と範囲の経済性の計測を試みる。

企業が動学的に最適化行動をとるという想定から導かれるモデルを推定する方法については、初期の研究で用いられたモデルとして Berndt and Wood (1975) などがあげられ、そこでは暗黙的に要素市場の長期均衡を仮定した分析方法が提示されている。その後展開された Meese (1980), Berndt and Wood (1980) の研究では、暗黙的に要素市場の長期均衡を仮定した分析方法が提示され、Brown and Christensen (1981) や Kulatilaka (1987) では、短期費用関数を計測した後に長期均衡の条件を用いて資本設備を可変要素として長期均衡を測る方法を採用している。さらに発展したモデルとしては、Pindyck and Rotemberg (1983), Morrison (1986), などがあげられる。いずれにせよ動学的最適化を考える際には、将来にわたる期待形成が企業の意思決定に重要な役割を担うため、それぞれの研究では予測変数の処理方法に相違がある。とりわけ Pindyck and Rotemberg (1983) は合理的期待の概念に基づき、資本設備を準固定的生産要素としてモデルに組み込んで制約付き要素需要関数と調整費用関数を同時推計する方法が提示されており、その後の動学的要素需要モデルの基本的な定式化を与えた研究となっている。

こうした動学的生産要素需要システムの推計方法は、1990年代にはさまざまな国々の産業・企業分析に適用されている。たとえば Buck and Stadler (1992) では、ドイツの製造業に属する企業のパネルデータを用いた R&D 投資の効果が分析され、Wolfson (1993) ではアメリカの製造業について、企業規模別に資本と労働の調整費用の効果を検討している。他にもアメリカ電気機械産業に動学的生産要素需要モデルを適用して調整費用の計測を試みた Prucha and Nadiri (1996) などがある。

関数型や推定方法についての検討としては、Anderson and Blundell (1982) のモデルをベースに研究を発展させた Urga (1996) や Urga (1999) があり、そこでは Jones (1995) が提示した動学的分析であるダイナミック・トランスログモデルよりも、ダイナミック・リニアロジットモデルによる計測の方が優れていることが示されている。また

Skjerpen (2005) は, Urga (1996) の短期のパラメータに計測方法に疑問を持ち, アメリカのアパレル産業を対象に実証分析を行っている。他にも Friesen (1992) では, アメリカの製造業を対象にフレキシブル関数型を仮定した誤差修正モデルを適用している。さらに Asche and Salvanes (1996) では, 調整費用を内生化したモデルによって調整費用のスピードを計測し, Pindyck and Rotemberg (1983) の計測方法を支持している。また調整費用の仮定については, Lundgren Sjostrom (2001) がフレキシブルな調整費用の仮定に関する実証研究を行っており, 凸, 凹の両方を形を認めることができるとしている。

動学的生産要素需要システムを日本の産業に適用した実証研究としては, 電気事業を対象とした根本 (1984), 製造業を対象とした北坂 (1989), 鉄鋼業をサンプルとした北坂 (1992), 電気事業を取り上げた Nemoto et. al. (1993), 生命保険業について規模と範囲の経済性を計測した北坂 (2004), ガス産業を分析した衣笠 (2005) などがある。

製紙業を対象とした動学的な分析としては高瀬 (2000) があり, トランスログ費用関数から導出された要素需要関数を動学的に定式化され, パネルデータを用いた要素の代替性, 技術の相似性などが検討され, 製紙業など投入要素の調整に遅れが生じるような装置産業では, 費用関数の動学的定式化が経済理論に整合的であるという結果を得ている。

過去にはさまざまな動学的なモデルによる定式化が提示されているが, 本稿では予測変数を合理的期待仮説によって処理し, 調整費用を明示化したモデルである Pindyck and Rotemberg (1983), 北坂 (1992), 北坂 (2004) の枠組みにしたがって動学的生産要素需要システムの推計を行い, その推定値によって製紙企業 8 社の規模と範囲の経済性の検証を試みる。

動学的モデルでは, 企業は総費用の期待割引価値を最小にするように行動するものと考えられる。いま  $t$  時点における労働  $L_t$  と原材料  $M_t$  を可変的な生産要素とし, 資本設備  $K_t$  を準固定要素とするモデルを考える<sup>4)</sup>。準固定要素とは, 調整費用が伴うためすぐには最適な水準にならないような固定的な生産要素である。2つの可変的な生産要素の価格を賃金率  $p_t^L$  と原材料価格  $p_t^M$  で表し, 準固定的な生産要素である資本の価格は  $p_t^K$  とする。さらに2種類の生産物を  $Q_t^A, Q_t^B$  と表現するならば, 動学的な生産要素の調整プロセスを考慮した企業の生産技術は, 次のような制約付き費用関数  $C^D$  で表すことができる。

$$C^D(p_t^L, p_t^M, K_t, Q_t^A, Q_t^B) \tag{1}$$

この制約付き費用関数  $C^D$  が費用最小化を保証するための理論的条件は、2つの要素価格  $p_t^L$  と  $p_t^M$  に対しては増加かつ凹で一次同次、資本設備  $K$  に関しては減少関数で凸、 $Q_t^A$  と  $Q_t^B$  に関して増加関数であるという性質を満たさなければならない。

また、資本設備  $K$  には調整費用が伴うと考える。純投資  $I_t$  ( $t$  は任意の時点) を  $I_t = K_t - K_{t-1}$  と定式化し、調整費用関数を  $C^A(I_t)$  と表現する。Pindyck and Rotemberg (1983) にしたがって、企業は合理的期待形成仮説のもとで将来の無限期間にわたる割引費用の合計を最小化すると仮定すると、企業の目的関数は次のように表すことができる。

$$\text{Min}_K E_t \sum_{\tau=t}^{\infty} R_{(t,\tau)} \{C^D(p_{\tau}^L, p_{\tau}^M, K_{\tau}, Q_{\tau}^A, Q_{\tau}^B) + p_{\tau}^K \cdot K_{\tau} + C^A(I_{\tau})\} \quad (2)$$

ここで  $E_t$  は  $t$  期に利用可能な情報集合で条件付けした期待値オペレータであり、 $R_{(t,\tau)}$  は将来のある時点  $\tau$  期から現在時点  $t$  期への割引率である。

この定式化によって  $t$  期における動学的最適化問題を解くために、(2)式を  $K_t$  で微分して、費用最小化の1階の条件であるオイラー方程式を求める。すると、 $I_t = K_t - K_{t-1}$  の定義から、 $t$  期の最適化問題において予測が考慮されるのは、 $t$  期と  $t+1$  期における資本ストックの水準である  $K_t$  と  $K_{t+1}$  のみとなる。これらを調整費用関数で表せば、 $C^A(I_t) = C^A(K_t - K_{t-1})$  と  $C^A(I_{t+1}) = C^A(K_{t+1} - K_t)$  と表現できるので、このことを考慮すれば、オイラー方程式は次のようになる。

$$\frac{\partial C_t^D}{\partial K_t} + p_t^K + \frac{\partial C^A(I_t)}{\partial K_t} + E_t \left\{ R_{(t,t+1)} \left( \frac{\partial C^A(I_{t+1})}{\partial K_t} \right) \right\} = 0 \quad (3)$$

このオイラー方程式には、次のような横断性条件が終点として満たされているものとする。

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} E_t \left[ R_{(t,\tau)} \left( \frac{\partial C_{\tau}^D}{\partial K_{\tau}} + p_{\tau}^K + \frac{\partial C^A(I_{\tau})}{\partial K_{\tau}} \right) \right] = 0 \quad (4)$$

また、制約付き費用関数が費用最小化の性質を満たしていれば、Shephard のレンマによって、次の式が成立する。

$$L_t = \frac{\partial C_t^D}{\partial p_t^L}, \quad M_t = \frac{\partial C_t^D}{\partial p_t^M} \quad (5)$$

このモデルを用いて実際の計測を行う際には、制約付き費用関数と調整費用関数につ

いての特定化が必要である。制約付き費用関数については、要素価格の一次同次性とパラメータの対称性を制約として考慮した、次のようなトランスログモデルを仮定する。

$$\begin{aligned} \ln C_t^D = & \beta_{00} + \ln p_t^M + \beta_{01} \ln p_t^{LM} + \beta_{02} \ln K_t + \beta_{03} \ln Q_t^A + \beta_{04} \ln Q_t^B \\ & + \frac{1}{2} \beta_{11} (\ln p_t^{LM})^2 + \beta_{12} \ln p_t^{LM} \cdot \ln K_t + \beta_{13} \ln p_t^{LM} \cdot \ln Q_t^A + \beta_{14} \ln p_t^{LM} \cdot \ln Q_t^B \\ & + \frac{1}{2} \beta_{22} (\ln K_t)^2 + \beta_{23} \ln K_t \cdot \ln Q_t^A + \beta_{24} \ln K_t \cdot \ln Q_t^B \\ & + \frac{1}{2} \beta_{33} (\ln Q_t^A)^2 + \beta_{34} \ln Q_t^A \cdot \ln Q_t^B + \frac{1}{2} \beta_{44} (\ln Q_t^B)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

ここで  $p_t^{LM} = \frac{p_t^L}{p_t^M}$  である。また、調整費用関数については、次のような2次関数を仮定する。

$$C^A(I_t) = \frac{1}{2} \beta_{55} I_t^2 \quad (7)$$

この調整費用関数が凸であるための条件は  $\beta_{55} > 0$  となる。ここで  $S_t^K = \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln K_t}$  と定義し、制約付き費用関数  $C_t^D$  を資本ストック  $K_t$  で偏微分すると、

$$\frac{\partial C_t^D}{\partial K_t} = \frac{\partial C_t^D}{\partial \ln C_t^D} \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln K_t} \frac{\partial \ln K_t}{\partial K_t} = \frac{C_t^D}{K_t} \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln K_t} = S_t^K \frac{C_t^D}{K_t} \quad (8)$$

となる。(7) 式の調整費用関数と (8) 式を使えば、(3) 式で示したオイラー方程式を次のように書き換えることができる。

$$S_t^K \frac{C_t^D}{K_t} + p_t^K + \beta_{55} I_t - E_t \{ R_{(t,t+1)} \cdot \beta_{55} I_{t+1} \} = 0 \quad (9)$$

ここで  $S_t^K$  についての計測式を得るために、 $S_t^K$  の定義にしたがって (6) 式の制約付き費用関数  $\ln C_t^D$  を資本ストック  $\ln K_t$  で偏微分すると、次のような計測式を得ることができる。

$$S_t^K = \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln K_t} = \beta_{02} + \beta_{12} \ln p_t^{LM} + \beta_{22} \ln K_t^{LM} + \beta_{23} \ln Q_t^A + \beta_{24} \ln Q_t^B \quad (10)$$

また労働  $L_t$  と原材料  $M_t$  の生産要素に関するコストシェアは、(5) 式の Shephard のレンマを用いると次のように書き換えることができる。

$$S_t^L = \frac{p_t^L \cdot L_t}{C_t^D} = \frac{\partial C_t^D}{\partial C_t^D} \cdot \frac{p_t^L}{\partial p_t^L} = \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln p_t^L} \quad (11)$$

$$= \beta_{01} + \beta_{11} \ln p_t^{LM} + \beta_{12} \ln K_t + \beta_{13} \ln Q_t^A + \beta_{14} \ln Q_t^B$$

$$S_t^M = \frac{p_t^M \cdot M_t}{C_t^D} = 1 - S_t^L \quad (12)$$

ただし (11) 式と (12) 式は独立ではないため、計測式としては (11) 式を採用する。つまり計測では、(6) 式、(9) 式、(10) 式、(11) 式の4本の式を連立方程式体系にして推定値を求めることになる。推定モデルには合理的期待変数を含むオイラー方程式が存在するので、一致推定量を得るために、Hansen (1982)、Hansen and Singleton (1982) で提示された GMM 推定法 (Generalized Method of Moments) の HAC (Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent) モデルを用いる。

#### 4 規模と範囲の経済性の計測

本稿では製紙企業8社について、動学モデルとして提示された制約付き費用関数をシステム推計することにより、各社における規模と範囲の経済性を検証する。ここで生産物を2財にしているのは、推計すべきトランスログ費用関数の係数値が多くなり過ぎることを避けるためである。

計測によって得られた推定値から規模と範囲の経済性を検証するためには、それぞれの定義を費用関数にあてはめて指標を計算すればよい。いま規模の経済性を Scale として表せば、費用関数において規模の経済性が認められるのは、生産量に対する費用の弾力性が1よりも小さくなるケースである。ここで仮定しているように生産物が2財の場合には、次のように表現できる。

$$Scale \equiv \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln Q_t^A} + \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln Q_t^B} < 1 \quad (13)$$

これを (6) 式の費用関数を用いて具体的な計算方法を提示すると、規模の経済性を表

す Scale 指標を次のように求めることができる。

$$\begin{aligned} Scale = & \beta_{03} + \beta_{13} \ln p_t^{LM} + \beta_{23} \ln K_t + \beta_{33} \ln Q_t^A + \beta_{34} \ln Q_t^B \\ & + \beta_{04} + \beta_{14} \ln p_t^{LM} + \beta_{24} \ln K_t + \beta_{34} \ln Q_t^A + \beta_{44} \ln Q_t^B < 1 \end{aligned} \quad (14)$$

他方、範囲の経済性は、単一生産物よりも複数生産物を産出することによって費用節減的になるという概念である。費用関数を用いて生産物が2財のケースで範囲の経済性を表現すると次のようになる。

$$C(Q_t^A, 0) + C(0, Q_t^B) > C(Q_t^A, Q_t^B) \quad (15)$$

あるいは、費用節約の割合で示した範囲の経済性指標 Scope として書き換えれば、

$$Scope \equiv \frac{C(Q_t^1, 0, \dots, 0) + C(0, Q_t^2, \dots, 0)}{C(Q_t^1, Q_t^2)} > 1 \quad (16)$$

となり、Scope > 1 であれば、範囲の経済性が働くことになる。しかしながら (16) 式を推定するためには、当該生産物以外の複数の生産量が0であるときのデータが必要となる。そのため、先行研究のほとんどが範囲の経済性の十分条件となる「費用の補完性」という概念を用いて範囲の経済性の有無を検証している。費用の補完性とは、ある生産物の限界費用が、他の生産物の生産量が増加につれて減少する場合、「費用補完的」であるという。この概念を使って範囲の経済性を再定義すると、次のようになる。

$$Scope \equiv \frac{\partial^2 C_t^D}{\partial Q_t^A \partial Q_t^B} < 0 \quad (17)$$

いま生産物が2種類の場合を仮定しているので、費用の補完性は生産物の2階交差微分を計算すればよい。この定義を式で示せば次のようになる。

$$\frac{\partial^2 C_t^D}{\partial Q_t^A \partial Q_t^B} = \frac{\partial C_t^D}{\partial Q_t^A \partial Q_t^B} \left\{ \left( \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln Q_t^B} \cdot \frac{\partial \ln C_t^D}{\partial \ln Q_t^A} \right) + \left( \frac{\partial^2 \ln C_t^D}{\partial \ln Q_t^A \partial \ln Q_t^B} \right) \right\} \quad (18)$$

これを Scope 指標とし、(6) 式の費用関数で推定される係数値を用いて表現すれば、次のようになる。

$$\text{Scope} = \frac{\partial C_t^D}{Q_t^A Q_t^B} [\{(\beta_{03} + \beta_{13} \ln p_t^{LM} + \beta_{23} \ln K_t + \beta_{33} \ln Q_t^A + \beta_{34} \ln Q_t^B) \cdot (\beta_{04} + \beta_{14} \ln p_t^{LM} + \beta_{24} \ln K_t + \beta_{34} \ln Q_t^A + \beta_{44} \ln Q_t^B)\} + \beta_{34}] < 0 \quad (19)$$

このような規模と範囲の経済性の検証方法をもとに、製紙企業8社について費用関数の推定を試みた。実際の推定に用いた変数の加工法は次の通りである

[生産要素]

資本  $K$  : 償却対象有形固定資産

労働  $L$  : 従業員数

原材料  $M$  : 原材料費

[要素価格]

資本価格  $p^K$  : 減価償却率 = { 減価償却費 ( $d_t$ ) / 前期償却対象有形固定資産 ( $K_{t-1}$ ) }

労働価格  $p^L$  : 賃金率 = (人件費 + 労務費) / 期末従業員数 ( $L$ )

原材料価格  $p^M$  : 原材料単価 = 原材料費 ( $M$ ) / 生産量 ( $Q$ )

生産要素と要素価格のデータについては日経 NEEDS のデータファイルを利用しており、それぞれのデータの実質化については、価格資本  $K$  と減価償却費  $d$  は、内閣府 SNA 統計の固定資本デフレータ、賃金率については厚生労働省の毎月勤労統計調査より名目賃金指数 (製造業 30 人以上)、また原材料費については日本銀行の物価指数より、紙・パルプ産業の投入物価指数を用い、1990 年を基準にデータを加工している。

実際の計測では、中堅企業と定義した大王製紙、三菱製紙、北越製紙、中越パルプ、東海パルプについては、すべて洋紙と板紙を生産しているため、第 1 生産物  $Q^A$  を洋紙生産量、第 2 生産物  $Q^B$  を板紙生産量として定義している。他方、王子製紙、日本製紙、大昭和製紙については、板紙を生産している期間があったとしても短く、生産量もごくわずかであり、実質的には系列グループ内の板紙専門企業に生産が特化されている。したがって、大手 3 社については、新聞・印刷用紙を第 1 生産物  $Q^A$ 、第 2 生産物  $Q^B$  をその他の紙の生産量合計と定義する。推定に用いる分析期間は 1970 年から最新のデータが得られる 2011 年度までであるが、それぞれの企業で多少異なる。これは第 1 次オイルショック前後で生産量の変動が激しい時期に異常値となったデータを排除したり、合併によって

その後のデータが得られなかったことによる違いである。

説明変数についてはすべて平均値からの乖離をとっている。トランスログの近似点をどこにとるかは任意であるが、全サンプルができるだけ近似点の近傍にあることが望ましいと考えられる。したがって、生産物および要素価格のデータについては、それらの対数をとった標本平均値からの乖離を使って推定を行った<sup>5)</sup>。すると(6)式のトランスログ費用関数における近似点を  $\ln Q_t^A = 0$ ,  $\ln Q_t^B = 0$ ,  $\ln p_t^{LM} = 0$ ,  $\ln K_t = 0$  で評価することになり、(14)式で表された規模の経済性を表す Scale 指標は

$$Scale = \beta_{03} + \beta_{04} \tag{20}$$

となる。したがってこの Scale 指標が正であれば、データの平均値の周りで評価した規模の経済性を認めることができる。また Scale 指標と同様にデータを加工すれば、Scope 指標も次のように簡略化される。

$$Scope = \beta_{03} \cdot \beta_{04} + \beta_{34} < 0 \tag{21}$$

このようなデータ変換を行うことで、(20)式や(21)式で平均値の近傍における規模と範囲の経済性を評価することができる。投資 I については、モデルで展開したとおり純投資で定義する。計測方法は先に述べたように、GMM 推定法 (HAC モデル) を用いる。操作変数としては、定数項、説明変数の 1 期ラグをとったもののほかに、GDP デフレータの上昇率、割引率 R を用いている。このようなデータを用いて、(6)式の制約付き費用関数、(9)式のオイラー方程式、(11)式の労働のシェア方程式を GMM 推定によって計測した結果が表 1 に示されている。

まず表の最下段に示された GMM 推定量により計算された J 統計量の p 値より、このモデルが全体として統計的に支持されていることがわかる<sup>6)</sup>。次に企業ごとの制約付き費用関数における係数値を考察する。まず、要素価格  $p^{LM}$  の係数値である  $\beta_{01}$  の符号は、全企業について 0.15 から 0.25 の値で統計的にも有意な正の値が得られており、可変的生産要素の単調性という理論条件を満たしている。さらに資本ストック K の 1 次項となる  $\beta_{02}$  の値も全企業において負であり、マイナス 0.1 前後の有意な値が得られているため、理論的には整合性をもっている。しかし、K の 2 次項である  $\beta_{22}$  の値はほとんどの企業で負となっており、これは K の凸性を仮定した理論条件に一致した係数値を得ることができな

表1 各社の計測結果

大王製紙の計測結果 (1974-2011)

	係数値	p 値
$\beta 00$	-0.051	(0.000)
$\beta 01$	0.167	(0.000)
$\beta 02$	-0.129	(0.000)
$\beta 03$	0.851	(0.000)
$\beta 04$	0.113	(0.002)
$\beta 11$	0.121	(0.000)
$\beta 12$	0.012	(0.000)
$\beta 13$	-0.081	(0.000)
$\beta 14$	-0.029	(0.000)
$\beta 22$	-0.093	(0.000)
$\beta 23$	0.045	(0.000)
$\beta 24$	-0.007	(0.132)
$\beta 33$	0.437	(0.000)
$\beta 34$	-0.234	(0.031)
$\beta 44$	0.458	(0.000)
$\beta 55$	5.54E-07	(0.046)
J-statistic		(0.246)

北越製紙の計測結果 (1974-2010)

	係数値	p 値
$\beta 00$	-0.054	(0.000)
$\beta 01$	0.137	(0.000)
$\beta 02$	-0.130	(0.000)
$\beta 03$	0.678	(0.000)
$\beta 04$	0.315	(0.000)
$\beta 11$	0.068	(0.000)
$\beta 12$	0.030	(0.000)
$\beta 13$	-0.042	(0.000)
$\beta 14$	-0.158	(0.000)
$\beta 22$	-0.119	(0.000)
$\beta 23$	0.051	(0.011)
$\beta 24$	-0.049	(0.000)
$\beta 33$	0.438	(0.000)
$\beta 34$	-0.492	(0.000)
$\beta 44$	1.216	(0.000)
$\beta 55$	-7.58E-07	(0.039)
J-statistic		(0.248)

三菱製紙の計測結果 (1974-2010)

	係数値	p 値
$\beta 00$	-0.046	(0.013)
$\beta 01$	0.216	(0.000)
$\beta 02$	-0.100	(0.000)
$\beta 03$	0.634	(0.000)
$\beta 04$	0.829	(0.000)
$\beta 11$	-0.065	(0.000)
$\beta 12$	0.108	(0.000)
$\beta 13$	-0.203	(0.000)
$\beta 14$	0.071	(0.000)
$\beta 22$	-0.091	(0.000)
$\beta 23$	-0.047	(0.024)
$\beta 24$	-0.011	(0.703)
$\beta 33$	0.362	(0.238)
$\beta 34$	0.896	(0.013)
$\beta 44$	0.386	(0.666)
$\beta 55$	1.89E-06	(0.005)
J-statistic		(0.214)

中越パルプの計測結果 (1971-2011)

	係数値	p 値
$\beta 00$	0.121	(0.000)
$\beta 01$	0.190	(0.000)
$\beta 02$	-0.129	(0.000)
$\beta 03$	0.724	(0.000)
$\beta 04$	0.039	(0.553)
$\beta 11$	0.237	(0.000)
$\beta 12$	0.085	(0.002)
$\beta 13$	-0.345	(0.000)
$\beta 14$	0.055	(0.000)
$\beta 22$	0.029	(0.512)
$\beta 23$	-0.195	(0.003)
$\beta 24$	0.066	(0.000)
$\beta 33$	-0.261	(0.163)
$\beta 34$	1.504	(0.000)
$\beta 44$	-3.435	(0.000)
$\beta 55$	-3.12E-07	(0.676)
J-statistic		(0.200)

東海パルプの計測結果 (1974-2006)

	係数値	p 値
$\beta 00$	0.069	(0.000)
$\beta 01$	0.176	(0.000)
$\beta 02$	-0.105	(0.000)
$\beta 03$	0.575	(0.000)
$\beta 04$	0.269	(0.000)
$\beta 11$	0.128	(0.001)
$\beta 12$	0.005	(0.792)
$\beta 13$	0.081	(0.000)
$\beta 14$	-0.282	(0.000)
$\beta 22$	-0.124	(0.000)
$\beta 23$	-0.058	(0.008)
$\beta 24$	0.044	(0.046)
$\beta 33$	-6.951	(0.000)
$\beta 34$	4.453	(0.000)
$\beta 44$	-2.957	(0.000)
$\beta 55$	-1.29E-06	(0.312)
J-statistic		(0.253)

王子製紙の計測結果 (1970-2011)

	係数値	p 値
$\beta 00$	-0.027	(0.000)
$\beta 01$	0.201	(0.000)
$\beta 02$	-0.134	(0.000)
$\beta 03$	0.871	(0.000)
$\beta 04$	0.244	(0.000)
$\beta 11$	0.111	(0.000)
$\beta 12$	0.002	(0.770)
$\beta 13$	-0.167	(0.000)
$\beta 14$	0.102	(0.000)
$\beta 22$	-0.124	(0.000)
$\beta 23$	0.067	(0.001)
$\beta 24$	0.035	(0.021)
$\beta 33$	-0.004	(0.970)
$\beta 34$	0.121	(0.191)
$\beta 44$	0.194	(0.168)
$\beta 55$	-3.75E-07	(0.001)
J-statistic		(0.187)

日本製紙の計測結果 (1973-2010)

	係数値	p 値
$\beta 00$	0.051	(0.004)
$\beta 01$	0.252	(0.000)
$\beta 02$	-0.119	(0.000)
$\beta 03$	0.797	(0.000)
$\beta 04$	0.133	(0.046)
$\beta 11$	0.253	(0.000)
$\beta 12$	0.060	(0.002)
$\beta 13$	-0.320	(0.000)
$\beta 14$	0.042	(0.000)
$\beta 22$	-0.137	(0.000)
$\beta 23$	-0.010	(0.825)
$\beta 24$	0.039	(0.002)
$\beta 33$	0.713	(0.003)
$\beta 34$	-0.424	(0.002)
$\beta 44$	0.100	(0.255)
$\beta 55$	1.88E-09	(0.976)
J-statistic		(0.221)

大昭和製紙の計測結果 (1970-2000)

	係数値	p 値
$\beta 00$	-0.033	(0.000)
$\beta 01$	0.201	(0.000)
$\beta 02$	-0.091	(0.000)
$\beta 03$	0.723	(0.000)
$\beta 04$	0.159	(0.000)
$\beta 11$	0.199	(0.000)
$\beta 12$	0.007	(0.071)
$\beta 13$	-0.155	(0.000)
$\beta 14$	0.057	(0.000)
$\beta 22$	-0.075	(0.000)
$\beta 23$	0.012	(0.058)
$\beta 24$	0.031	(0.002)
$\beta 33$	0.333	(0.000)
$\beta 34$	0.230	(0.001)
$\beta 44$	-0.253	(0.002)
$\beta 55$	-1.46E-07	(0.104)
J-statistic		(0.246)

かった。そのため、先行研究で行われているような生産要素間の長期価格弾力性を適切に算出することができなかった<sup>7)</sup>。

動学モデルで最も注目すべき点は、オイラー方程式における調整費用関数の  $\beta_{55}$  の推定値である。推定値の符号は正で有意に得られたのは大王製紙と三菱製紙であり、この2社では調整費用の推定に成功している。日本製紙は正の値が得られているものの統計的な有意性はない。その他の企業を見ると、北越製紙では有意に負の係数値となっており、中越パルプと東海パルプ、また大手では王子製紙と大昭和製紙で、統計的な有意性はないが負の係数値となっている。これらの企業では動学的要素需要関数の枠組みで調整費用を当初想定したような正の係数値として検出することはできなかった。

ここで動学モデルにおいて計測された規模と範囲の経済性について考察する。表2は(20)式のScale指標と(21)式のScope指標を計算したものである。これを見ると、三菱製紙と王子製紙以外の企業で、規模の経済性を統計的に有意に確認することができる。また、範囲の経済性については、王子製紙、北越製紙、日本製紙の3社で統計的に有意な係数値による計算から検出することができる。中越パルプと東海パルプ、大昭和製紙では、規模の経済性は明示されるものの、範囲の経済性の発揮を計測結果からは確認することができない。

表2 規模と範囲の経済性指標

	Scale	Scope
大王製紙	0.964	-0.138
北越製紙	0.993	-0.278
三菱製紙	1.462	1.421
中越パルプ	0.763	1.532
東海パルプ	0.844	4.608
王子製紙	1.115	0.333
日本製紙	0.930	-0.318
大昭和製紙	0.882	0.345

この計測結果をこれまでの研究成果と対応させて考察してみよう。上田(2012b)に至る製紙業界の効率性を検証した一連の先行研究では、大王製紙、北越製紙、日本製紙の効率性は、いずれも相対的に高いことが確認されている。つまり、投入と産出の間におけるすぐれた効率性を発揮する背景には、規模の経済性に加えて範囲の経済性の発揮が重要な要因であると指摘することができる。

その他の企業をみると、過去の効率分析の結果でも効率値が低く計測されていた三菱製紙は、規模の経済性すら検出することができない。王子製紙についても規模の経済性は見出されていない。そこで生産量と可変費用の関係だけでデータを確認したところ、1996年に本州製紙と合併した後、生産量の増加はあまり見られず、費用のみが増加していることが確認された。つまりこの合併時には、既に規模の不経済が発生していたと考えられる。その後2000年代に入って王子製紙は板紙専門の企業を統合・分社化して、グループ内企業を整理再編を図っているが、直近の方針では従業員的大幅削減案を公表し抜本的な効率化対策を打ち出している。昨今の紙需要低迷を背景に、製紙業界にもさらなる

合理化が求められる一方で、費用効率の向上はもちろん、他分野への積極的な多角化戦略も急務であると考えられる。

## 5 結 論

本稿では動学的要素需要関数を用いることによって、製紙業の規模と範囲の経済性の企業レベルでの検証を試みた。具体的には、中堅企業では生産物を洋紙と板紙に分類し、大手企業では単独企業レベルでは板紙の生産が行われていないため、新聞・印刷情報紙とその他の紙を2つの生産物と捉えている。また、可変的生产要素としては労働、原材料を考慮し、準固定的生産要素を資本設備でモデル化した制約付き費用関数を推計し、調整費用を考慮したオイラー方程式の動学的生産要素需要システムによる連立方程式体系でのパラメータ推定を試みた。

計測結果としては、規模の経済性は王子製紙と三菱製紙を除くすべての企業で検証され、範囲の経済性は大王製紙、北越製紙、日本製紙で確認することができた。王子製紙は大型合併による規模の不経済が生じたと推察される。三菱製紙は近年、生産量が急激に低下しているため、生産効率の向上にとどまらず、需要の開拓や他社との提携を含めた根本的な改革が急務であると考えられる。

他方、範囲の経済性は、大王製紙、北越製紙、日本製紙で統計的にも有意に確認された。これらの企業は先行研究の効率性分析においても、相対的に上位を占めた企業である。このことから、すぐれた効率性を発揮する背景には、規模の経済性に加えて多品種生産における費用の補完性という面から、範囲の経済性の発揮が重要である点が示唆される。

また、調整費用については、大王製紙と三菱製紙のみで統計的に支持できる正の値が確認でき、設備投資における調整費用の存在が明らかになったが、その他の企業については統計的に有意な値が得られなかったり、負の値で計測された企業もあった。本稿ではパラメータ数の制約から、経年的な技術進歩を捉える変数をモデルに考慮しておらず、生産性変化の影響を十分捉えていないことも計測結果に影響している面もある。しかし、最適化問題における期待形成の定式化についての再考や、計測モデルにおける調整費用関数の改善が今後の大きな課題としてあげられる<sup>8)</sup>。

先行研究においては推定モデルから導かれる係数値を使った価格弾力性の算出がなされているが、本稿では制約付き需要関数における一部の推計値が理論的に期待される符

号と一致せず、適切に弾力性を計算できなかったことも、今後の再計測によって改善されるべき課題である。さらには投資関数そのものの設定や費用関数の特定化についても、先行研究で用いられたさまざまな定式化による計測を試みる必要がある。

本稿作成にあたり、同志社大学商学部の横田耕祐講師には研究会を通じてさまざまなご教示をいただいた。また、同志社大学商学部上田雅弘ゼミナールの斎藤千弘さんには、データ作成において多大な助力をいただいた。ここに感謝の意を記したい。なお本稿におけるあり得べき誤謬はすべて筆者の責任である。

#### 注

- 1) 上田 (2006) で行った実証研究は、本稿で扱った静学モデルによって製紙業の規模と範囲の経済性を計測している。また上田 (2003) から上田 (2010) にいたる一連の研究は、製紙業における技術効率性を計測したものであるが、いずれの結果においても大王製紙は最も効率的な企業として評価されている。
- 2) この企業シェアについては『紙・板紙統計年報』の企業別生産量から算出している。
- 3) ここでの多角化指数の算出は生産量をもとにしてするため、上田 (2010) で行った販売額での多角化指数とは異なっている。
- 4) 以下のモデルの説明は基本的には上田 (2012a) と同様であり、Pindyck and Rotemberg (1983) および北坂 (2004) を参照したものである。
- 5) 以下に展開する実際の計測では、対数をとったデータをその平均値からの乖離のデータに修正し、平均値の周りでの指標を求めている。トランスログの近似点を平均値とし、データをその乖離に変換することの合理性について、広田・筒井 (1992) pp.147-149 で詳しく展開されている。
- 6) GMM における J 統計量は、モデルが正しく特定化されているという帰無仮説のもとで、[操作変数の数×推定する方程式の数-パラメータの数]の自由度を持つカイ二乗分布に漸近的に従うため、この計測結果では、有意水準 10%においても帰無仮説を棄却できないという結果になっており、モデルの特定化に誤りが無いことが支持される。
- 7) ここで言う価格弾力性とは、いわゆる Allen・Uzawa の価格弾力性であり、生産要素の自己弾力性と交差弾力性の大きさを測る指標である。
- 8) 調整費用関数については、本稿で想定したような 2 次形式のモデルの他にも、3 次の調整費用関数をモデルに組み込んで推定を試みたが、計測結果に大差はなかった。

#### 参考文献

- Anderson, G. J. and Blundell, R. W. (1982) "Estimation and hypothesis testing in dynamic singular equation systems," *Econometrica*, 50 (6), pp. 1559-1571.
- Anderson, G. J. and Blundell, R. W. (1983) "Testing restrictions in a flexible dynamic

- demand system: an application to consumers' expenditure in Canada," *Review of Economic Studies*, 50 (3), pp. 397-410.
- Asche, F. and Salvanes, K. G. (1996) "Dynamic Factor Demand Systems and the Adjustment Speed towards Equilibrium," *Canadian Journal of Economics*, 29, pp. S576-S581.
- Berndt, E. R. and Wood, D. O. (1975) "Technology, Prices and Derived Demand for Energy," *Review of Economics and Statistics*, 57, pp. 376-384.
- Brown, R. S. and Christensen, L. R. (1981) "Estimating Elasticities of Substitution in a Model of Partial Static Equilibrium An Application to U.S. Agriculture, 1947 to 1974," in Berndt and Field (eds.), *Modeling and Measuring Natural Resource Substitution*, Cambridge, MA: MIT Press, pp.209-229.
- Buck, A. J. and Stadler, M. (1992) "R&D Activity in a Dynamic Factor Demand Model: A Panel Data Analysis of Small and Medium Size German Firms," *Empirica*, 19 (2), pp.161-180.
- Friesen, J. (1992) "Testing Dynamic Specification of Factor Demand Equations for U.S. Manufacturing," *Review of Economics and Statistics*, 74 (2), pp. 240-250.
- Hansen, L. P. (1982) "Large-sample properties of method of moments estimator," *Econometrica*, 50 (4), pp.1029-1054.
- Hansen, L. P. and Singleton, K. (1982) "Generalized instrumental variables estimation of nonlinear rational expectations models," *Econometrica*, 50 (5), pp.1269-1286.
- Kolstad, C. D. and Lee, J. K. (1993) "The Specification of Dynamics in Cost Function and Factor Demand Estimation," *Review of Economics and Statistics*, 75 (4), pp.721-726.
- Kulatilaka, N. (1987) "The Specification of Partial Static Equilibrium Models," *Review of Economics and Statistics*, 69 (2), pp.327-335.
- Lundgren, T. and Sjostrom, M. (2001) "A Flexible Specification of Adjustment Costs in Dynamic Factor Demand Models," *Economics Letters*, 72 (2), pp. 145-150.
- Meese, R. (1980) "Dynamic factor demand schedules for labor and capital under rational expectations," *Journal of Econometrics*, 14, pp.141-158.
- Morrison, C. J. (1986) "Structural Models of Dynamic Factor Demands with Nonstatic Expectations: An Empirical Assessment of Alternative Expectations Specifications," *International Economic Review*, 27 (2), pp. 365-386.
- Nemoto, J., Nakanishi, Y. and Madono, S. (1993) "Scale Economies and Over-Capitalization in Japanese Electric Utilities," *International Economic Review*, 34 (2), pp. 431-440.
- Pindyck and Rotemberg (1983) "Dynamic Factor Demands and Effects of Energy Price Shocks," *American Economic Review*, 73 (5), pp.1066-1079.
- Prucha, I. R. and Nadiri, M. I. (1996) "Endogenous Capital Utilization and Productivity Measurement in Dynamic Factor Demand Models: Theory and an Application to the U.S. Electrical Machinery Industry," *Journal of Econometrics*, 71 (1-2), pp.343-379.

- Rezitis, A. N. B. A. Brown and W. E. Foster (2001) "Dynamic Factor Demands for US Cigarette Manufacturing under Rational Expectations," *Applied Economics*, 33 (10), pp. 1301-1311.
- Skjerpen, T. (2005) "The Dynamic Factor Demand Model Revisited: The Identification Problem Remains," *Economics Letters*, 89 (2), pp. 157-166.
- Urga, G. (1996) "On the Identification Problem in Testing the Dynamic Specification of Factor-Demand Equations," *Economics Letters*, 52 (3), pp. 205-210.
- Urga, G. (1999) "An Application of Dynamic Specifications of Factor Demand Equations to Interfuel Substitution in US Industrial Energy Demand," *Economic Modelling*, 16 (4), pp. 503-513.
- Urga, G. and Walters, C. (2003) "Dynamic Translog and Linear Logit Models: A Factor Demand Analysis of Interfuel Substitution in US Industrial Energy Demand," *Energy Economics*, 25 (1), pp.1-21.
- Wolfson, P. (1993) "Compositional Change, Aggregation, and Dynamic Factor Demand: Estimates on a Panel of Manufacturing Firms," *Journal of Applied Econometrics*, 8 (2), pp. 129-148.
- 上田雅弘 (2003) 「合併の効率性と評価－フロンティア生産関数による合併の効率性分析－」『ビジネス・インサイト』第11巻1号, pp. 8-23。
- 上田雅弘 (2004) 「日本の製紙業界再編とシュタッケルベルク競争」『松山大学論集』第16巻1号, pp.175-204。
- 上田雅弘 (2006) 「日本の製紙業界における規模と範囲の経済性」『同志社商学』第57巻第6号, pp.100-118。
- 上田雅弘 (2010) 「DEA・SFAによる製紙業の費用効率分析」『同志社商学』60周年記念論文集, pp. 274-291。
- 上田雅弘 (2012a) 「静学モデルと動学モデルによる製紙業の規模と範囲の経済性の計測：大王製紙のケース」『同志社商学』第63巻5号, pp. 859-878。
- 上田雅弘 (2012b) 「Dynamic DEAを用いた製紙業における工場別効率性の動学的評価」『同志社商学』第63巻6号, pp. 1049-1067。
- 加藤智章・吉田昌之 (2004) 「大規模紙・パルプ企業の生産行動に関する計量分析」『林業経済』第57巻7号, pp.1-16。
- 川端康二 (1997) 「韓国製造業の生産要素需要：1962-1981」『国際協力論集』第5巻1号。
- 北坂真一 (1992) 「エネルギー価格と生産要素代替：動学的生産要素需要システムの推定」『六甲台論集』第35巻4号, pp. 154-168。
- 北坂真一 (1996) 「生命保険業における規模と範囲の経済性」『ファイナンス研究』第21号, pp.61-83。
- 北坂真一 (1999) 「社会資本と民間資本の代替・補完性——トランスログ費用関数による計測」『国民経済雑誌』第179巻5号, pp. 93-104。

- 北坂真一（2004）「動学モデルによる規模と範囲の経済性の計測——わが国生命保険業の場合」『経済学論叢』第55巻4号，pp. 519-542。
- 衣笠達夫（2005）『公益事業の生産性分析』多賀出版。
- 高瀬浩二（2000）「変量効果をもつ伸縮的要素需要体系—紙・パルプ産業パネルデータへの応用例」『早稲田経済学研究』第50巻，pp. 63-81。
- 根本二郎（1984）「エネルギーと非エネルギー生産要素の間の代替可能性について——多重CES型生産関数による計量分析」『季刊理論経済学』第35巻2号，pp. 139-158。
- 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』東京大学出版会，第6章所収。
- 和田哲夫・角田千枝子・根本二郎（1998）「郵便事業における規模の経済性・範囲の経済性・費用の劣化法性の検証」『情報通信学会年報』9号，pp.22-36。
- 『紙・板紙統計年報』日本製紙連合会編。
- 『日本マーケット・シェア事典』矢野経済研究所編。