



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

著者	上田 雅弘
雑誌名	同志社商学
巻	61
号	3
ページ	1-23
発行年	2009-10-20
権利	同志社大学商学会 ドウシシャ ダイガク ショウガツカイ
URL	http://doi.org/10.14988/pa.2017.0000007414

《研究》

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

上 田 雅 弘

- I 序
- II 寡占市場における多角化のインセンティブ
- III 製紙業界における多角化の現状
- IV DEA—Super efficiency モデル
- V DEA による計測結果の考察
- VI 結論

I 序

1990年代以降、長期的な不況下にある日本では企業合併が急増している。なかでも製造業で大型合併が相次いだ産業として製紙業があげられる。製紙業の動的な競争を事例として、合併が企業のパフォーマンスを改善させたかどうか分析することは、装置産業の合併効果を知る重要な意義を持つ。とりわけ合併によって各企業が生産する製品バラエティの変化や、合併がそれぞれの製品市場の競争構造に与える影響は大きい。

製紙業の産出物としては、洋紙、板紙があげられるが、洋紙といってもさまざまな種類があり、それぞれの企業は得意分野に特化したり、幅広く多様な製品を生産したりしている。しかし合併に伴い生産物が多角化すると、新たな生産ポートフォリオ戦略を余儀なくされる。

そこで本稿では、製紙業界における多品種生産を製品の「多角化」と定義し、個別企業の多角化度の変化や、合併による多角化度の変化が、企業効率にどのような影響を与えるのかを検証する。

効率性の分析方法は、DEA（包絡線分析法）を用いるが、従来の研究からもわかるように、基本的な DEA による分析では、最も効率的であると判断される企業が複数存在し、それら企業間の効率性を比較することができない。こうした問題を解決するため、本稿では、DEA—Super Efficiency モデルを分析方法として採用している。この方法を用いれば、最も効率的であるとされた複数の企業間における効率性を比較することができるからである。

そこで以下のII章では、多角化のインセンティブを理論的に検討するため、寡占市場

の理論モデルであるクールノー・モデルの枠組みで、合併による多角化のパフォーマンスについて分析した研究を概観する。そしてⅢ章では、多角化指数を用いて企業ごとの多角化の現状を把握する。その後Ⅳ章では DEA による分析モデルを提示し、Super efficiency モデルのメリットを説明する。こうした準備の後、Ⅴ章では製品の多角化を考慮した DEA-Super Efficiency モデルを用いた計測を行い、その結果を考察する。最後に結論でこれらのインプリケーションをまとめる。

Ⅱ 寡占市場における多角化のインセンティブ

合併による多角化推進の主たる動機は、規模と範囲の経済性の追求である。また、安定したキャッシュフローを獲得するための生産ポートフォリオの確保や、財務面でのシナジー効果も多角化のメリットとしてあげられる。さらには人的資本の蓄積や、生産プロセスにおける企業固有の知識といった特殊資産がもたらす取引費用を節減する効果もあるだろう¹。

他方、合併による多角化のデメリットとしては、規模や生産ラインの拡大に伴う人的管理面での「モニタリング・コスト」や「インフォメーション・コスト」の増大、管理職ポストの比率低下から非経済的な活動を行う「インフルエンス・コスト」の発生があげられる。さらに、合併による市場シェアの上昇から競争圧力が低下すれば、品質向上やコスト削減などの意欲が削がれ「インセンティブ・コスト」が発生することになる²。

過去の理論研究は、インフルエンス・コストに関係する多角化のデメリットを分析したものがいくつか見られるが、多角化の成否を寡占理論の枠組みで論じた研究はそう多く存在しない。これに着目した濱田 (2008) は、企業が合併を行ったときに副次的に生じる生産物多角化の成果を、クールノー数量競争ゲームによって分析している。具体的には、製品差別化がある 2 つの代替財市場を想定し、合併して両市場に財の供給がまたがるような多角化企業ができあがったとき、合併企業と非合併企業の生産量や利潤にどのような差が見られるかを理論的に検討し、多角化のインセンティブを探っている³。

この研究成果によれば、まず合併後の多角化企業と単一生産物のみを生産する単独企業の各市場での生産量を比較すると、多角化企業の各市場での均衡生産量は、単独企業の均衡生産量を下回ることがわかる。この理由は次のように解釈されている。

-
- 1 多角化が企業組織に与えるメリット・デメリットについては、Besanko, Dranove, and Shanley (2003) の第 6 章にまとめられている。
 - 2 企業の規模拡大に伴うさまざまなコストについては、小田切 (1999) など参照。
 - 3 以下の理論モデルは、濱田 (2008) のエッセンスをまとめたものであるが、本来、この研究は多角化の結果、各事業を個別に経営するよりも市場で評価される事業価値の合計が低下する、多角化ディスカウントという現象を主眼に理論展開した研究である。

まず、個別の製品差別化財市場でのみ財を供給する単独企業は、両代替財市場間に存在する相互作用を全く考慮せずに生産量を決定している。他方、多角化企業は、両市場から得られる利潤の合計を最大化するのが目的であるから、両市場間に存在する外部効果を考慮しなければならない。その結果、多角化企業にとっては、市場間での過当競争を避けるために、生産量の水準を抑制するのが合理的であると判断されている。

これより、多角化企業の均衡生産量が単独企業よりも小さくなるのは、多角化企業の非効率性によるものではなく、多角化企業が市場間の外部性を適切に考慮した結果、最適な生産量を調整できるからだと主張している。

さらに均衡利潤を比べると、個別市場においては、多角化企業の利潤が単独企業の利潤を下回ることになる。しかし、多角化は、個別市場だけで生産するよりも両市場で生産活動を行った方が大きな利潤を獲得できることが動機となっているはずである。そこで合併後の多角化企業の均衡総利潤と単独企業の均衡利潤を比較すると、多角化企業の総利潤が単独企業の利潤を上回ることがわかる。つまり多角化企業にとっては、生産量減少による個別市場での利益減少よりも、市場間の相互作用を調整することで得られる利益の増加が大きく、ここに多角化のインセンティブが生じるということを証明している。

こうした市場間の関連性に加え、合併と多角化によって規模と範囲の経済性が発揮されるのであれば、多角化企業の総利潤が単独企業の利潤よりも下回るのは、多角化企業にかなり非効率な資源配分が存在しているケースであると解釈できる。

このような理論的考察をもとに、以下では日本の製紙業界における合併効果と多角化経営による効率性について実証分析を行う。

Ⅲ 製紙業界における多角化の現状

製紙業界における多角化を定義する際、紙製品の種類をどのように分類するかが問題となる。日本製紙連合会によれば、紙の種類は第1表のように細かく分類されている。

まず、紙は「洋紙」と「板紙」に大別することができるが、「洋紙」を用途に合わせて分類すると、「新聞巻取紙」、「印刷・情報用紙」、「包装用紙」、「衛生用紙」、「雑種紙」となっている。「板紙」は、「段ボール原紙」、「紙器用板紙」、「建材原紙」、「紙管原紙」に分けることができる。後の多角化指標の計算では、「洋紙」のみを上記5種類に分類し、「板紙」はそのまま1つの製品としたうえで、さらに紙加工品などをその他項目として追加し、各社の多角化の程度を測っている。

分析対象期間は、製紙業界で大型合併が相次ぎ、業界再編が盛んになった1990年代から最新のデータが得られる2000年代中盤までとし、この期間における製紙業各社の

第1表 紙の種類

紙の品種		品種の例		紙の品種		品種の例		
新聞用紙				新聞印刷用紙				
印刷・情報用紙	非塗工印刷用紙	上級印刷紙	書籍、教科書、一般印刷に使用されるもの、または図画用紙	衛生用紙	ティッシュペーパー			
		中級印刷紙	書籍、商業印刷、雑誌の本文用紙、電話番号簿本文		トイレトペーパー			
		下級印刷紙	雑誌の本文用紙、漫画誌の本文		タオル用紙		トイレや台所で使用され、平板、ロール状のもの	
		薄葉印刷紙	辞書、六法全書、カーボン資原紙		その他衛生用紙		ちり紙、テーブルナプキン、おむつ	
	塗工印刷用紙	アート紙	カタログ、高級美術書	雑種紙	工業用雑種紙	加工原紙	壁材用のプリント合成用原紙、壁紙用原紙、紙コップなど	
		コート紙	ポスター、パンフレット、カレンダー			電気絶縁紙	絶縁紙	
		軽量コート紙	雑誌本文、チラシ、カラーページ		その他工業用雑種紙	煙草の巻紙用など		
	その他塗工紙	絵葉書、雑誌の表紙	家庭用雑種紙		書道半紙、ふすま紙、ティーパーグ、障子紙など			
	特殊印刷用紙	色上質紙	表紙、目次、見返り、プログラム、カタログ、健康保険証	板紙の品種				品種の例
		その他特殊印刷用紙	年賀はがき、小切手、証券	段ボール原紙	ライナー	外装用	外装用段ボール箱、巻取	
情報用紙	複写原紙	ノーカーボンペーパー、裏カーボンペーパー	内装用			内装用段ボール箱、中仕切		
	フォーム用紙	コンピューターのアウトプットに使用されるもの	中しん原紙	パルプしん	段ボールシートの中の「段」			
	PPC用紙	普通紙複写機		特しん	段ボールシートの段(古紙)			
	情報記憶紙	熱によって文字を発行する感熱紙の原紙	紙器用板紙	白板紙	マニラボール	メニューカード、美術などの厚手印刷物		
その他情報用紙	OCR用紙、OMR用紙、統計機械カード用紙	白ボール		食料品、洗剤、繊維製品などの折りたたみ箱				
包装用紙	未晒包装紙	重袋用両更クラフト紙	黄・チップ・色板紙	黄板紙	ブックケース、洋服箱			
		その他両更クラフト紙	一般包装用紙および加工用、一般事務用封筒など	チップボール	機械箱			
		その他未晒包装紙	果実袋、封筒など	色板紙	機械箱			
	晒包装紙	純白ロール紙	包装紙、アルミ箔貼合などの加工原紙	建材原紙	防水原紙	建築物の屋根や床の下ぶき		
	晒クラフト紙	手堤袋、化粧品・菓子などの小袋	石膏ボード原紙	耐火性の壁材				
	その他晒包装紙	一般包装用紙、伝票などの事務用紙	紙管原紙		紙、布、セロファン、テープ、糸などの巻しん			

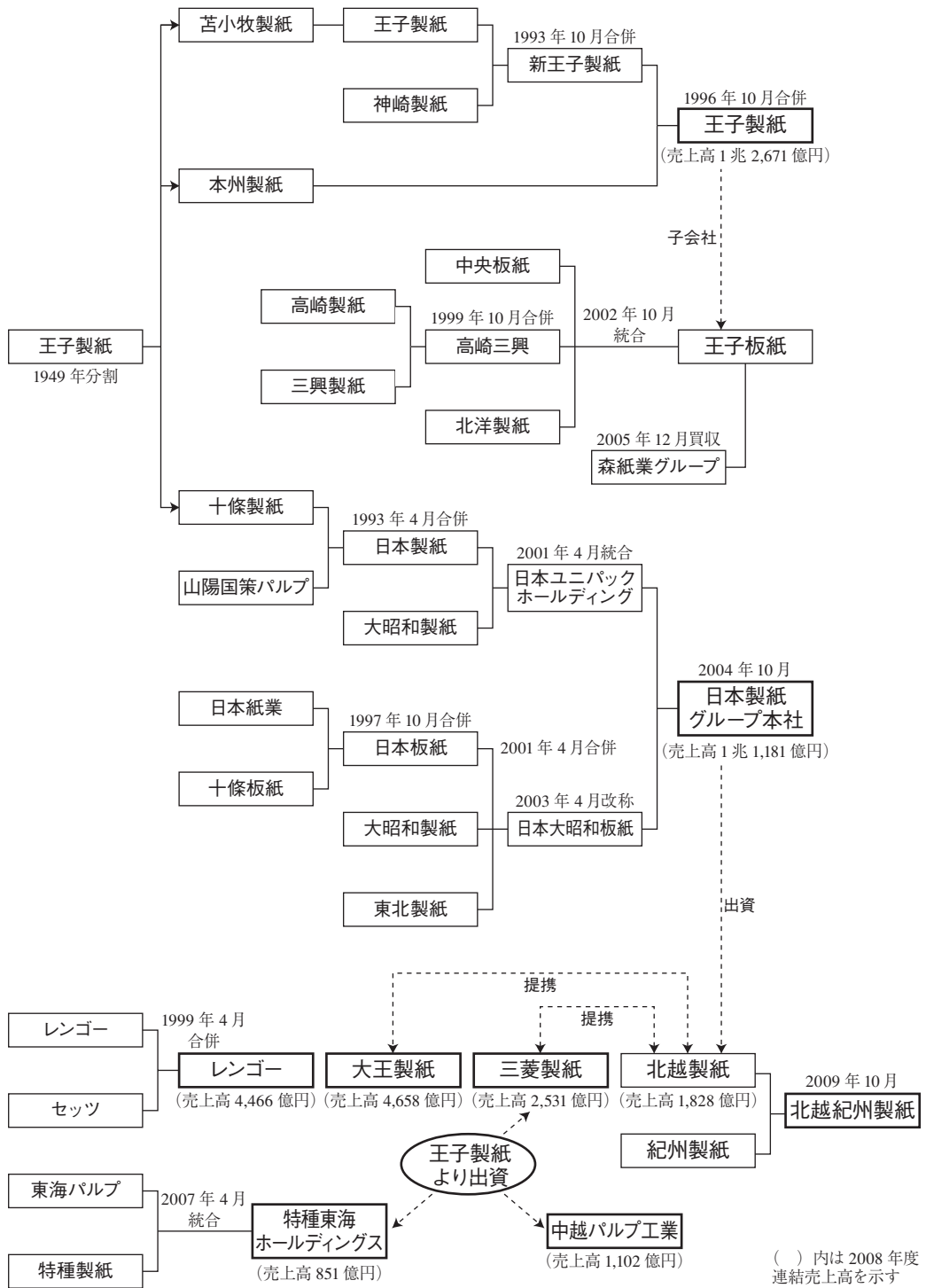
日本製紙連合会編「紙・板紙統計年報」より作成

多角化動向について観察する。多角化指標を計算する前に、ここで分析期間における各社の合併および統合の状況を第1図で確認しておこう。

まず戦前の王子製紙から戦後分割された苫小牧製紙、本州製紙、十條製紙の3つの企業の動向を述べる。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が、1993年10月には神崎製紙と合併し、新王子製紙となった。また本州製紙も1980年代には合併を繰り返し、1996年10月、新王子製紙との大型合併で、再び王子製紙の社名が復活した。十條製紙も数回の合併を行った後、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大型の合併を行い、日本製紙と改名した。さらに日本製紙は2001年4月、業界大手の大昭和製紙と統合し、子会社、関連会社を含めた日本ユニパックホールディングを設立して、2004年10月には「日本製紙グループ本社」と商号を変更した。

中位企業の動きは最近になって活発になり、2007年7月には東海パルプと特種製紙が持株会社方式で経営統合し、特種東海ホールディングスが設立されている。その他、

第1図 合併の変遷



業務提携に至っては、2007年に大王製紙と北越製紙の連携、2009年には北越製紙による紀州製紙の買収統合、さらには王子製紙、三菱製紙、特種東海グループとの資本・業務提携など、企業間の合従連衡が盛んである。

板紙業界でも1990年代後半に活発に業界再編が行われ、1997年10月に日本紙業と十條板紙が合併して日本板紙が設立されたのを契機に、1999年4月には業界大手のレンゴーとセッツが合併、同年10月には高崎製紙と三興製紙が合併し、板紙業界の再編が加速した。その後、2001年4月には、日本板紙、大昭和製紙、東北製紙の3社協同出資による共販会社が設立され、2003年4月には日本製紙と大昭和製紙の合併と同時に日本大昭和板紙が発足している。さらに2002年10月には、王子製紙グループの傘下にあった高崎三興、中央板紙、北陽製紙らが王子板紙として統合されたほか、2005年には王子製紙が段ボール専門の森紙業を買収した。このように、板紙業界においても段ボール事業の一貫体制が急速に進められている。

こうした再編の結果、2008年時点で洋紙・板紙を合わせた紙生産の市場シェアは、王子製紙と日本製紙の系列企業でそれぞれ25%程度を占め、2強のシェアを合わせるとおよそ50%となる。それに続く勢力として、大王製紙が10%ほどのシェアを有し、さらに三菱製紙、北越製紙、中越パルプが、それぞれ5%から3%ほどのシェアとなっている⁴。

こうした合併状況を考慮して、多角化度を表す指標を作成する⁵。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、多角化や専門化の変化を見る際には、生産品目数の変化と、品目別生産シェアとの相対的な関係の変化によってとらえるのが一般的である。たとえば、それまで2種類の商品を生産していた企業が、3種類目の商品を生産するようになれば、商品のバラエティが増えたことになるので多角化度は上昇する。また、2種類の商品を50%ずつ生産していた企業が、一方の商品を70%、もう一方の商品を30%に生産シェアを変化させたとすれば、専門度が増し、多角化度は低下したと判断されるべきであろう。

こうした2つの条件を備えた多角化指標によって、製紙業各社の多角化の程度をとらえなければならない。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測る。

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

ここで s は製品の売上構成比を表し、この式の右辺第2項はよく知られたハーフィン

4 紙・板紙統計年報の企業別生産量を参照。

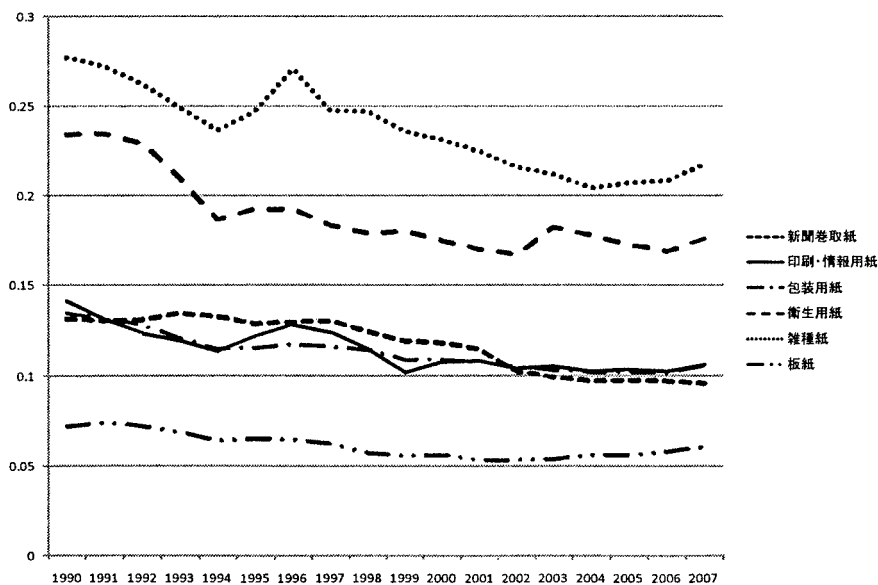
5 さまざまな多角化指標の意味については、清水・宮川(2003)の第4章を参照。

ダール指数を応用したものである。Berry 指数は $0 \leq B \leq 1$ の値をとり、0 に近いほど専門度が高く、1 に近いほど多角化の程度は大きいことになる。

ここで多角化度を作成するデータを得るために各社の財務諸表を見ると、製品別の生産状況の記述の仕方が多様であるうえ、2000 年以降は生産・販売状況を単独ベースで財務諸表から得ることができない。そこで各社の製品別生産量については、日本製紙連合会が編纂する「紙・板紙統計年報」から利用した。しかし多角化指数を算出する際、各種製品を生産量の単位で計算すると、その他項目のみが金額表示となるため、単位が異なるという問題が生じる。これについてはまず、「洋紙」と「板紙」を金額表示するため、経済産業省の「紙パルプ統計年報」から得たデータを用いて、各種洋紙および板紙の出荷金額を出荷数量で割った値を計算し、それぞれの紙の製品単価とした。このように計算した製品単価の時系列推移を第 2 図に表している。これを見ると、全体的に紙の単価は低下傾向にある。さらに「新聞巻取紙」、「印刷・情報用紙」、「包装用紙」の単価は似たような数値で推移するが、「衛生用紙」、「雑種紙」の単価は他の洋紙に比べると相対的に高値で推移している。これとは逆に、「板紙」の単価は相対的に低いことがわかる。

さらにこの製品単価を、「紙・板紙統計年報」から得られた各社生産量のデータに乗じたものを、各社の製品ごとの売上金額とした。さらにこれらを各社で足し合わせた値と、損益計算書の売上高の値とが乖離する部分を、その他項目として金額表示した。その他項目を作成して合計すると、誤差が生じて売上高の数値を超えてしまう企業も出てくる。この問題を解決するために、製品単価と生産量を掛け合わせた値を売上高で除

第 2 図 紙の種類と単価



し、この比率が1前後である場合は、その他項目となる製品をほとんど生産していないものと判断した。

こうした方法で紙生産物の種類を、「新聞巻取紙」、「印刷・情報用紙」、「包装用紙」、「衛生用紙」、「雑種紙」、「板紙」、「加工品その他」と定義して、多角化の程度を測ることとする。多角化度を表す Berry 指数を企業ごとに産出して、各社の多角化度を比較してみよう。本稿の分析に用いたサンプル企業は、「紙・板紙統計年報」の会社別生産順位で、上位 25 社に登場する上場企業に限定する。多角化度を算出した期間は 1990 年から 2007 年までである。ここでは板紙専門の企業は除外している。第 2 表には各社年度ごとに計算した Berry 指数を期間に分割して平均した値を示している。表示の期間は 3 年ごとの平均値で、以下のような大型合併があった年で分割している。まず、王子／神崎と十條／山陽国策との合併が行われる以前の 1990 年から 1992 年を第 I 期とし、それ以後の 1993 年から 1995 年を第 II 期とする。以下、新王子／本州の合併後にあたる 1996 年から 1998 年を第 III 期、レンゴー／セッツや高崎／三興など板紙企業の大型合併後の 1999 年から 2001 年までを第 IV 期、王子製紙グループの再編が行われた 2002 年から 2004 年までを第 V 期、2005 年から 2007 年までを第 VI 期としている。

第 2 表を見ると、7 種類に分類した紙製品すべてを生産している王子製紙や大王製紙はいちばん多角化度は高く、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、大昭和製紙、日本製紙、そして本州製紙などが続く。また、新聞巻取紙以外の 6 種

第 2 表 各社多角化度 (Berry 指数) の推移

Berry 指数	I	II	III	IV	V	VI
期間	1990-1992	1993-1995	1996-1998	1999-2001	2002-2005	2005-2007
王子製紙	0.748	0.732	0.757	0.763	0.697	0.671
神崎製紙	0.589					
本州製紙	0.642	0.639				
日本製紙	0.649	0.645	0.647	0.657	0.658	0.629
山陽国策パルプ	0.638					
大昭和製紙	0.650	0.649	0.615	0.635		
大王製紙	0.746	0.736	0.736	0.745	0.738	0.721
三菱製紙	0.572	0.572	0.558	0.565	0.550	0.510
中越パルプ工業	0.741	0.718	0.641	0.633	0.604	0.608
北越製紙	0.560	0.537	0.495	0.452	0.428	0.450
東海パルプ	0.605	0.591	0.622	0.619	0.607	0.596
特種製紙	0.516	0.468	0.461	0.425	0.423	0.434
紀州製紙	0.652	0.629	0.564	0.591	0.572	0.515
日本加工製紙	0.407	0.400	0.384	0.368		
巴川製紙所	0.421	0.382	0.276	0.201	0.162	0.187

類の製品を生産する東海パルプや、主として印刷情報用紙と雑種紙に加え板紙を生産する三菱製紙、印刷情報用紙と包装用紙、雑種紙を生産する紀州製紙にも、比較的高い値が見られる。

合併と絡めて多角化度の推移を見ると、第Ⅱ期から王子製紙と合併した神崎製紙は、もともと印刷用紙と雑種紙しか生産品目がなかったため、合併後、王子製紙の指標も上昇はしていない。第Ⅲ期には多角化度が比較的高かった本州製紙と合併したため、多角化度は上昇しているが、それ以降は板紙部門の分社再構築もあり、多角化度は低下している。

1993年に日本製紙と合併した山陽国策パルプは、衛生用紙以外の6種類の品目を生産していたが、このケースでも合併後、日本製紙の多角化度はほとんど変わらない。しかし、日本／大昭和の合併があった2000年代は、日本製紙の多角化度は若干上昇している。

北越製紙は印刷・情報用紙と雑種紙、板紙を生産しているが、元データを見ると第Ⅲ期以降、印刷・情報用紙のシェアがそれまでより大きくなっており、これが多角化度の低下の要因であると考えられる。

次に多角化と利益率の関係を検討してみよう。第3表には、本業の利益を表す売上高営業利益率を、多角化指標と同様に期間を区切り平均値を求めている。濱田（2008）は、多角化と利益率に関する実証モデルを提示したわけではないが、多角化が成功して

第3表 各社の売上高営業利益率（期間平均）

売上高営業利益率	I	II	III	IV	V	VI
期間	1990-1992	1993-1995	1996-1998	1999-2001	2002-2005	2005-2007
王子製紙	0.061	0.061	0.041	0.041	0.061	0.026
神崎製紙	0.013					
本州製紙	0.040	0.036				
日本製紙	0.033	0.043	0.036	0.050	0.053	0.051
山陽国策パルプ	0.000					
大昭和製紙	0.005	0.019	0.037	0.035		
大王製紙	0.051	0.064	0.053	0.063	0.062	0.034
三菱製紙	0.021	0.038	0.014	0.005	0.010	0.025
中越パルプ工業	0.009	0.050	0.028	0.050	0.040	0.014
北越製紙	0.054	0.065	0.066	0.074	0.078	0.044
東海パルプ	0.065	0.031	0.035	0.013	0.038	0.036
特種製紙	0.131	0.146	0.130	0.128	0.079	0.023
紀州製紙	0.044	0.040	0.031	-0.005	-0.020	-0.070
日本加工製紙	-0.021	0.017	-0.003	0.010		
巴川製紙所	-0.032	0.014	0.029	0.056	0.037	-0.018

いるとすれば、利益率などの経営成果にその効果が表れると考えてもよいであろう。しかしながら利益率自体、景気の影響を大きく受けるということは注意しなければならない。このような点に留意しつつ、各社の Berry 指数 (第2表) と売上高営業利益率 (第3表) の相関係数を計算した。

その結果、相関係数をもっとも高い値となったのは紀州製紙であり、その値は 0.85 であった。次いで高く得られた企業は大王製紙であり、0.71 であった。そのほかプラスで小数第1位の数値が得られた企業は、特種製紙の 0.5 と、王子製紙の 0.257 であり、ほとんどの企業で相関係数の値は低く、大昭和製紙の -0.834 、北越製紙の -0.32 、東海パルプの -0.237 など、マイナスの値を持つ企業もあった。

濱田 (2008) における多角化のインプリケーションは、多角化企業が複数市場間の外部性を適切に考慮した結果、最適な生産量を調整できる点である。その意味では、相関係数による分析結果は、多角化戦略が成功している企業と、何らかの調整コストが働いていたり、資源配分の非効率が生じていたりするため、事業多角化のメリットが収益性に反映されない企業とに分類されるのかもしれない。

こうした調整コストの問題に加え、そもそも多角化のメリットは、主として複数市場間での規模と範囲の経済性にあり、それは企業の生産効率の改善に反映されるだろう。これまで提示した指標を参考に、以下では製紙業界における多角化を考慮した企業の相対的効率性を計測し、合併と多角化が企業の生産効率に与える効果を検討する。

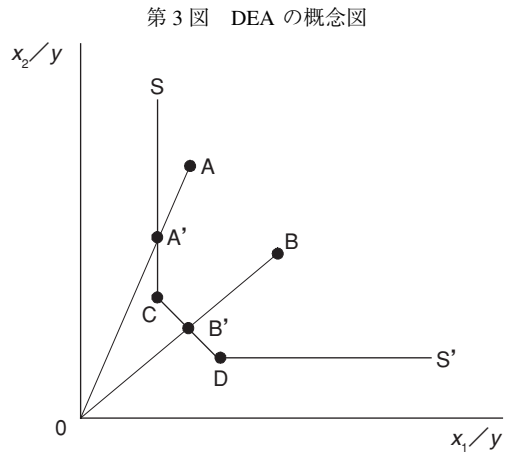
IV DEA—Super efficiency モデル

さまざまな意思決定主体 (Decision Making Unit: DMU) の活動における相対的効率性を評価する線形計画の手法として、包絡線分析法 (Data Envelopment Analysis: DEA) がよく知られている。DEA は、分析対象となる DMU の投入と産出にかかる適当なウェイトを算出し、産出/投入の効率性指標を計算する方法である。このウェイトは、与えられた制約条件のもとで、当該 DMU の効率値が最大になるように決められる。ここでは、まず分析概念を説明するため、DEA のもっとも基本的な CCR モデル (Charnes-Cooper-Rhodes model) を紹介し、この拡張として本稿の分析で用いている Super-efficiency モデルを展開する。⁶

いま2種類の投入 (x_1, x_2) によって1種類の産出 (y) を生み出す状況で、規模に関する収穫一定 (Constant Returns to Scale: CRS) を仮定して生産効率を考えてみよう。投入/産出を座標軸として、第3図では A, B, C, D, 4つの DMU について、投入と産出の組み合わせが描かれている。生産効率が良いというのは、より少ない投入で大きな

6 DEA の基本モデルについては、刀根 (1993)、末吉 (2001) などの説明が詳しい。

産出を生み出すことであるから、A、B の実現値よりも、C、D の方が効率的であると判断できる。このような考え方で効率的な DMU を線で結んだものが、第 3 図の SS' のような生産フロンティアである。Farrell (1957) の技術効率の指標に従えば、A 点を実現した DMU の技術非効率の程度は OA'/OA であり、B 点を実現した DMU のそれは OB'/OB である。しかし、A 点を実現していた DMU が生産フロンティア上の A' を実



現したからといって、それが最適な投入と産出の組み合わせになったとはみなせない。 x_2 の投入をさらに減らすことにより C 点を実現すれば、より少ない投入によって生産フロンティア上の点を達成することができる。このように、投入指向型 (input-oriented) により定義されるこの余剰投入部分 A'C を、投入スラックと呼ぶ⁷。したがって、A 点を実現している DMU にとっては、C 点を実現している DMU の投入組み合わせが最適目標となる。他方、B 点を実現している DMU にとっては、B' の点における投入の組み合わせが最適となりスラックは発生しない。しかし B' 点は C 点と D 点の線形結合で表されるため、生産フロンティア上にある最適な投入の組み合わせを実現している複数の DMU が目標となる。

DEA の基本概念を説明したところで、次に DEA の具体的なモデルを提示する。いま m 種類の投入物を用いて s 種類の産出物を生産する企業が n 社あったとしよう。この関係は $m \times n$ の投入行列 x と、 $s \times n$ の産出行列 y として解釈できる。DEA は産出/投入の生産効率を測る指標であるため、最も基本的な DEA である CCR モデルは、規模に関する収穫一定 (CRS) を仮定したうえで、いま y を産出ベクトル、 x を投入ベクトルとし、 u と v をそれぞれのウェイトとすると、次のような分数計画問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} \max_{v, u} \quad & \theta = \frac{uy_0}{vx_0} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{uy_j}{vx_j} \leq 1 \quad (j=1, \dots, n) \\ & u \geq 0, v \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

ここで x_0 、 y_0 はそれぞれ DMU₀ (最も効率値的な DMU) の投入、産出ベクトルを表

7 産出指向型な分析を用いれば、産出スラックについても同様に定義することができる。

す。しかしこの形式では無限大の解が存在するという問題に突き当たるため、これを回避する方法として産出のウェイトによる加重平均に $vx_o=1$ という制約を追加し、線形計画法によって表現したモデルが次のような基本モデルである。

$$\begin{aligned}
 & \max_{v, u} \theta = uy_o \\
 & s.t. vx_o = 1 \\
 & \quad -vx_j + uy_j \leq 0 \\
 & \quad v \geq 0, u \geq 0
 \end{aligned} \tag{2}$$

ただし、DEA では分数計画問題を一般の線形計画問題に変換し、その双対問題を解くのが普通である。双対問題は θ を実数 (スカラー)、 λ をベクトルとすれば、次のように変換することができる。

$$\begin{aligned}
 & \max_{\theta, \lambda} \theta \\
 & s.t. \theta x_o - x_j \lambda \geq 0 \\
 & \quad y_o - y_j \lambda \leq 0 \\
 & \quad \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

ここで $\theta < 1$ ならばその DMU は非効率となるが、 $\theta = 1$ でも、第1図で説明したようなスラックが生じている場合がある。投入スラックは $IS = \theta x_o - x_j \lambda$ で表され、産出スラックは $OS = y_j \lambda - y_o$ で表される。したがって、 IS と OS は次の式を解くことによって得られる。

$$\begin{aligned}
 & \min_{\lambda, OS, IS} -(OS + IS) \\
 & s.t. -y_o + y_j \lambda - OS = 0, \\
 & \quad \theta x_o - x_j \lambda - IS = 0, \\
 & \quad \lambda \geq 0, OS \geq 0, IS \geq 0
 \end{aligned} \tag{4}$$

ここで OS は産出スラックベクトル、 IS は投入スラックベクトルである。つまり、第1段階として (3) 式を解き θ を求めた後に、第2段階として (4) 式を解くことになる。したがって DEA 最適解は、 $\theta = 1$ かつすべてのスラックがゼロの場合に効率的となる。⁸

8 CCR などのような基本的なモデルでは、入出力の比例的な変化を主要な関心事とし、残留するスラックは二次的なものとして取り扱われる。こうした方法は Radial モデルと呼ばれる。他方、SBM ↗

しかし、基本的な DEA モデルを用いて実際に計測を行うと、複数個の DMU がベストパフォーマーとなる効率値 1 と判定されることが多い。DMU の数が少ないと、ほとんどの DMU が 1 と判定される場合もある。これでは DMU 間で効率性の比較ができない。

この問題を解決する Super-efficiency モデルは、1 以上の効率値を許容することによって、効率値 1 をとる DMU 間の優劣を測定することを目的としており、効率値が 1 より大きければ大きいほど、その DMU はより効率的であると判定できる。

具体的に説明すると、Super-efficiency モデルでは、まず CCR などの基本的なモデルによって計測され、効率値 1 と判断された当該の DMU を除いた生産可能集合（production possibility set=PPS）を作る。そしてその DMU とそれを除いた生産可能集合との距離を測る。もしその距離が小さければ、当該 DMU は他の DMU とは大差がないと判断される。逆にもし距離が大きければ、他の効率的な DMU より優れていると考えられる。

問題はこの距離をどうやって測るかということだが、その判定には Tone (2001) によって提示された Slacks-based measure of efficiency (SBM) という評価方法が応用されている。この SBM による効率性の評価では、文字通りスラックを考慮した効率値が測定される。後の分析で用いた Super-SBM-I-C モデル (Super-efficiency Slacks-Based Measure model in Input oriented CCR) は、まず SBM によって効率性を評価するため、与えられたスラックに対して指標 δ が定義され、これについての分数計画問題が次のように定式化される。⁹

[Super-SBM-C] モデル

$$\delta^* = \min_{\bar{x}, \bar{y}, \lambda} \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i / x_{io}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \bar{y}_r / y_{ro}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j \\ & \bar{y} \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j \\ & \bar{x} > 0, \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

↘ (slacks-based measure) のように、入出力の比例的な変化に固執することなくスラックを直接対象とする分析方法は、Non-Radial モデルと呼ばれる。詳しくは Cooper et. al (2005) など参照。

9 以下のモデルの展開については、Cooper et. al (2005) に従っている。

ここで、 $\bar{x}_i = x_{i0}(1 + \phi_i^*) (i=1, \dots, m)$, $\bar{y}_r = y_{r0}(1 - \psi_r^*) (r=1, \dots, s)$ である。この線形計画問題は、次のように、 ϕ, ψ, λ を使って書き換えることができる。

[Super-SBM-C'] モデル

$$\delta^* = \min_{\phi, \psi, \lambda} \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \phi_i}{1 - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \psi_r}$$

$$s.t. \quad \sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij} \lambda_j - x_{i0} \phi_i \leq x_{i0} \quad (i=1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n y_{rj} \lambda_j + y_{r0} \psi_r \geq y_{r0} \quad (r=1, \dots, s)$$

$$\phi_i \geq 0 (\forall i), \quad \psi_r \geq 0 (\forall r), \quad \lambda_j \geq 0 (\forall j)$$

さらにこの式は次のような Charnes-Cooper 変換によって、正のスカラ変数 τ を用いた線形計画問題へ変換できる。

[LP] モデル

$$\tau^* = \min t + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \Phi_i$$

$$s.t. \quad t - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \Psi = 1$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij} \Lambda_j - x_{i0} \Phi_i - x_{i0} t \leq 0 \quad (i=1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n y_{rj} \Lambda_j + y_{r0} \Psi_r - y_{r0} t \geq 0 \quad (r=1, \dots, s)$$

$$\Phi_i \geq 0 (\forall i), \quad \Psi_r \geq 0 (\forall r), \quad \Lambda_j \geq 0 (\forall j)$$

ここで、 $\bar{x}_{i0}^* = x_{i0}(1 + \phi_i^*) (i=1, \dots, m)$, $\bar{y}_{r0}^* = y_{r0}(1 - \psi_r^*) (r=1, \dots, s)$ である。さらにこれを投入指向型のモデルに変換したものは、次のように定義される。

[Super-SBM-I-C] モデル

$$\delta_i^* = \min_{\phi, \lambda} 1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \phi_i$$

$$s.t. \quad \sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij} \lambda_j - x_{io} \phi_i \leq x_{io} \quad (i=1, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1, \neq 0}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{ro} \quad (r=1, \dots, s)$$

$$\phi_i \geq 0 (\forall i), \quad \lambda_j \geq 0 (\forall j)$$

こうして記述される Super-SBM-I-C モデルについて、簡単な例を用いて分析方法の概略を説明しよう。¹⁰ いま 2 つの入力 x_1, x_2 と 1 つの出力 y （簡単化のため値をすべて 10 とする）をもつ 8 個の DMU からなる生産可能性集合を考える。そしてこれら 8 個の DMU の投入・産出の組み合わせは、第 4 表のようになるものとしよう。

Super-efficiency を計算するため、まずはじめに CCR-I モデルによって効率値を計測する。その結果が第 4 表の CCR 欄に記されている。CCR モデルでは DMU D は、C に対して x_1 に 2 のスラックがあるにもかかわらずその効率値を 1 と判定している。これを解決するために SBM-I-C モデルによって効率値を計測する。SBM-I-C モデルではこのスラックが考慮され、D の効率値は 0.9 と判定される。したがって A, B, C の 3 つの DMU が真の効率的 DMU となる。第 4 図にはこの問題の生産可能集合と効率的フロンティアを示している。

ここで DMU A の Super-efficiency を計測してみよう。第 4 図に示したように、A を除いた点線で囲んだ生産可能集合 P' を描き、点 (x'_1, x'_2, y') をそれに属する点とする。入力ベクトルにおける A と (x'_1, x'_2, y') の間の距離は、次式によって定義される。

$$(x'_1/x_{1A} + x'_2/x_{2A})/2$$

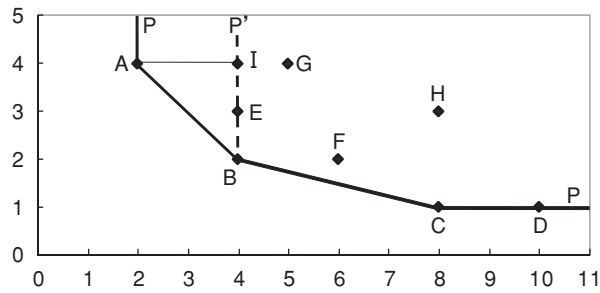
ここで分母の 2 は入力の数である。さらに、A と P' （ここでは点 I）の間の距離

第 4 表 Super-efficiency モデルの数値例

	x_1	x_2	y	CCR	SBM	Super-SBM
A	2	4	10	1	1	1.5
B	4	2	10	1	1	1.25
C	8	1	10	1	1	1.125
D	10	1	10	1	0.9	0.9
E	4	3	10	0.857	0.833	0.833
F	6	2	10	0.857	0.833	0.833
G	5	4	10	0.667	0.65	0.65
H	8	3	10	0.6	0.583	0.583

10 この Super-efficiency モデルの概略説明は、計測ソフト DEA Solver pro のマニュアルでの例を参考にしている。

第4図 Super-efficiency の概略



を、次の線形計画問題の最適目的関数値として定義する。

$$\min (x_1'/x_{1A} + x_2'/x_{2A})/2$$

$$s.t. \quad x_1' \geq x_{1A}, \quad x_2' \geq x_{2A}, \quad y' = y_A, \quad (x_1', x_2', y') \in P'$$

最適解は第4図のI, すなわち, $x_1' = 4, x_2' = 4, y' = 10$, となり, その距離は $(4/2 + 4/4)/2 = 1.5$ と計算される。同様に, B と C の Super-efficiency も計測することができる。第4表に示したように, この例では効率値のランキングはアルファベット順となっていることがわかる。

以下では, この Super-SBM-I-C モデルを用いて, 1990年代以来企業合併や統合が盛んな製紙業界における企業の相対的効率性を, 多角化を考慮した複数アウトプットのモデルで計測する。

V DEA による計測結果の考察

先に説明した DEA-Super-SBM-I-C モデルを用いて, 多角化を考慮した製紙企業の相対的な生産面から見た効率性について, 合併などの動きも考慮して検討してみよう。

分析期間は1990年から, 日本製紙の単独決算データが得られる2005年までの16年間とし, 分析対象となる企業は, 多角化指標の作成時と同様に, 「紙・板紙統計年報」に掲載されている市場占有率が, 分析期間を通じて上位25社以内に持続的にランキングされた上場企業であるが, ここでは多角化企業の比較対象として板紙専門の企業も分析対象に含めている。こうして選ばれたサンプル企業は, 後の計測結果の第5表にあげられるように, 分析当初の数で20社あった。

まず投入要素 (x) として, 資本設備, 労働, 原材料および燃料の3種類を考慮した。それぞれの具体的な変数の作成方法は次の通りである。

資本設備は貸借対照表における償却対象有形固定資産で定義した。また労働は損益計

第6表 多角化指数 (Berry 指数) の降順

1990-1992	I	1993-1995	II	1996-1998	III	1999-2001	IV	2002-2005	V
王子製紙	0.748	大王製紙	0.736	王子製紙	0.757	王子製紙	0.763	大王製紙	0.738
大王製紙	0.746	王子製紙	0.732	大王製紙	0.736	大王製紙	0.745	王子製紙	0.697
中越パルプ工業	0.741	中越パルプ工業	0.718	日本製紙	0.647	日本製紙	0.657	日本製紙	0.658
紀州製紙	0.652	大昭和製紙	0.649	中越パルプ工業	0.641	大昭和製紙	0.635	東海パルプ	0.607
大昭和製紙	0.650	日本製紙	0.645	東海パルプ	0.622	中越パルプ工業	0.633	中越パルプ工業	0.604
日本製紙	0.649	本州製紙	0.639	大昭和製紙	0.615	東海パルプ	0.619	紀州製紙	0.572
本州製紙	0.642	紀州製紙	0.629	紀州製紙	0.564	紀州製紙	0.591	三菱製紙	0.550
山陽国策パルプ	0.638	東海パルプ	0.591	三菱製紙	0.558	三菱製紙	0.565	北越製紙	0.428
東海パルプ	0.605	三菱製紙	0.572	北越製紙	0.495	北越製紙	0.452	特種製紙	0.423
神崎製紙	0.589	北越製紙	0.537	特種製紙	0.461	特種製紙	0.425	巴川製紙所	0.162
三菱製紙	0.572	特種製紙	0.468	日本加工製紙	0.384	日本加工製紙	0.368		
北越製紙	0.560	日本加工製紙	0.400	巴川製紙所	0.276	巴川製紙所	0.201		
特種製紙	0.516	巴川製紙所	0.382						
巴川製紙所	0.421								
日本加工製紙	0.407								

第6表には先に産出した多角化指数を降順に示している。多角化との絡みで見れば、多角化指数が高かった大王製紙は、DEAによる効率値も高く、王子製紙も比較的多角化指数との対応が見られる。多角化指数でこの時期中位にあった十條製紙や東海パルプは、効率値で見てもほぼ中位にあり対応が見られる。また多角化指数が低かった三菱製紙や日本加工製紙、巴川製紙所などは効率性も低いという意味で、ここにも対応が見られる。

第Ⅱ期には王子／神崎＝新王子製紙、十條／山陽国策＝日本製紙の大型合併が行われるが、神崎製紙との合併後、新王子製紙はランキングを落とさないものの効率値は少し低下している。もともと効率値が高く計測された山陽国策パルプと合併した日本製紙は効率値1を超えており、その意味ではこの合併が成功であったことが窺われる。

第Ⅲ期には新王子／本州＝王子製紙の大型合併があるが、第Ⅰ期、第Ⅱ期と効率値に変動が見られた本州製紙との合併後、王子製紙の効率値は大幅に低下している。

第Ⅳ期は板紙企業であるレンゴー／セッツ＝レンゴーと高崎／三興＝高崎三興の合併が実現するが、それまで効率値が1以上であったレンゴーは、多少効率値を低下させている。高崎三興は合併前の両企業とも効率値のランキングは中位であったが、合併後は効率値を大きく低下させている。

第Ⅴ期には日本／大昭和＝日本製紙の統合が見られるが、それまで効率値が低位にあった大昭和製紙との合併後、日本製紙の効率値は多少低下するものの、業界内の相対的な位置に大きな変化は見られない。

全体をみると、大王製紙が効率値でも期間を通じて1以上の値をとり、多角化指数も

工品のみを生産する専門企業としての位置づけではレンゴーが、期間を通じて高い効率値を示している。これは先ほどの産出物を売上高のみで行った計測モデルと同様の結果である。多角化度が中位であったサンプルのなかでは、東海パルプが群を抜いて高い効率値となっており、同程度の多角化指数をとった中越パルプも高い効率値をとっているのが特徴的である。また北越製紙と紀州製紙も多角化指数は相対的に中位にあったが、一貫して効率値が高いことがわかる。多角化度は低位であった企業では、日本加工製紙と巴川製紙所の効率値も高く計測されているが、先ほどの売上高のみを産出物としたモデルでは、日本加工製紙の効率値は低位にランキングされたところが相違点である。

次に期間ごとに大型合併を考慮して効率値の変化を検討すると、第Ⅰ期には、板紙とその加工品を生産するレンゴーが効率性ランキングのトップであり、次いで東海パルプ、北越製紙、中越パルプ、紀州製紙などシェア中位から低位の企業効率が高い。多角化の程度が高かった大王製紙は8位にランクされ、次期合併する十條製紙と山陽国策パルプが続く。多角化の程度が最も高かった王子製紙は12位、これと次期合併する神崎製紙は16位である。比較的多角化指数が高かった大昭和製紙、本州製紙の効率ランキングは、このモデルでは低位にとどまっている。

第Ⅱ期を見ると、神崎製紙と合併してできた新王子製紙は、第Ⅰ期とほぼ同様の効率性と相対的なランキングを保っていることがわかる。山陽国策パルプと合併した日本製紙も、同様の結果が得られている。両企業とも大型合併であると考えられるが、多角化度にはあまり変化がなかったため、業界内の相対的な生産効率には変化が見られなかったものと推察できる。

ところが第Ⅲ期の新王子／本州＝王子製紙の合併が効率性に及ぼす効果を見ると、合併後の王子製紙は効率値をかなり低下させていることがわかる。この時期、王子製紙の多角化指数は上昇しているが、第5表で見た産出物を売上高とした先のモデルでも同様に効率値は低下しているため、合併後の製品間の資源配分がうまく調整できなかったことを反映しているのではないだろうか。

その後、第Ⅳ期には、第6表でも見たように王子製紙の多角化度は上昇し、この計測結果でも効率値が改善する。第Ⅳ期に合併した板紙企業であるレンゴー／セツツ＝レンゴーは、合併後効率値を大きく低下させている。他方、高崎／三興＝高崎三興の効率値は急上昇しているが、売上高で見た効率値とは大きく結果が異なっているため、製品のバラエティが変化したことでDEAを計測するための参照集合が大きく変わった結果、このような矛盾が生じることもあるので、評価するには注意しなければならない。また第Ⅴ期には日本製紙と大昭和製紙の統合があったが、統合前に比べ、日本製紙の効率性評価は上昇していることがわかる。

Ⅵ 結 論

本稿では製紙業界の合併と多角化が効率性に及ぼす効果を分析するために、DEA の手法を用いてその評価を試みた。計測を行う前に、基本的な寡占理論のモデルであるクールノー・モデルの枠組みで、合併に伴う多角化の効果を確認した。理論分析では、多角化によって複数の製品を生産する際には、外部性に起因したさまざまなコストが発生するが、これらがうまく製品間のポートフォリオによって調整されるケースでは、多角化企業のパフォーマンスは上昇することが導かれた。

こうした理論分析のインプリケーションを考慮したうえで、製紙業各社の多角化指数を計算し、単純に利益率との相関を検討した。その結果は、大王製紙や紀州製紙などで多角化度と利益率の正相関が見られた他は、強い結果は得られなかった。

そこで、多角化の程度が産業内の相対的な効率性に及ぼす影響を計測するため、DEA—Super efficiency モデルによる分析を行った。基本的な DEA モデルで分析した場合、ベストパフォーマーであると評価される企業が、サンプルのほとんどとなってしまうことが多いため、ここでは Super-efficiency モデルと呼ばれる、最も効率的な主体間の比較も行えるモデルを採用した。

計測の結果、多くの企業で効率値は1以上を取ったため、この計測方法を採用したことが肯定される。企業別の効率値については、大王製紙があらゆるパターンの計測において相対的に高い効率性を示した。大王製紙は四国中央市にある大規模な工場であらゆる紙を生産している。この生産形態は多角化のメリットである製品ポートフォリオや人的資本の蓄積、財務面のシナジー効果を発揮しやすい環境にあると推察できる。また、ひとつの工場に集中した生産体制は、多角化のデメリットであるモニタリング・コストやインフォメーション・コストを軽減する効果を持つと考えられる。さらには合併が相次いでいる業界再編の波にのまれず、業務提携戦略のみで合併を行わなかったことが、インフルエンス・コストの排除にもつながっているのではないだろうか。

多角化度は中位であったが、効率性は上位で安定していた東海パルプにも同様のことが当てはまる。東海パルプも基本的には1カ所の工場で多品種の紙を生産しており、業界では小規模でありながらも、この生産形態が効率性を保つ重要な要因になっているものと推察できる。また北越製紙は規模こそ中位であるが、最新鋭の設備を有する生産効率が高い企業として知られており、2006年7月に話題になった王子製紙の北越製紙に対する買収劇にも、独立を貫いた。その後は大王製紙と資本・業務の提携を行っている。中位企業の上位2強に対峙する生き残り戦略は、製品の多様化と多品種生産における効率性の維持である。その意味では大王・北越連合や特種東海グループは、相対的に

優れた生産効率を維持し、多品種生産によって効率的な資源配分を達成するポートフォリオ戦略によって、多様な市場動向を見極めながら、生産調整を迅速かつ柔軟に行うことが効率性維持の鍵になろう。

板紙とその加工品を生産しているレンゴーも効率値が一貫して高いが、このケースでは、加工品に付加価値を持たせ、加工品の市場においても競争力を持つことが、当然ではあるが重要な戦略となる。

日本の製紙業界において、王子製紙、日本製紙の上位2強グループは、規模の経済性の発揮、その他中位企業は資本・業務提携を通じたゆるやかな連携で、独自の効率性を保ちながら多品種生産において発生するさまざまなコストを排除し、範囲の経済性を発揮させることが重要である。

最後に、残された研究課題としては、費用効率の面から同様の分析を行うことが第一にあげられる。本稿での分析は、生産面から見たアプローチであり、DEAには複数の産出物を想定して費用面からの分析も可能なモデルがある。生産・費用の両面から効率性をとらえたとき、統合的な結果が得られれば、それぞれの分析に頑健性が担保される。さらに企業ごとの規模と範囲の経済性についての計測を行うことも、効率性の評価を傍証することになるだろう。

製紙業の大手2強は、既に洋紙と板紙部門を分社化している。多角化した製品の要素代替性の程度によって、企業の効率性が変化するのかどうか調べることも、効率的な資源配分の観点から多角化および合併の研究を進める上での重要な課題となる。

参考文献

- [1] Andersen, P. and N. C. Petersen (1993) "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis," *Management Science*, Vol. 39, pp. 1261-1264.
- [2] Besanko, D., D. Dranove, and M. Shanley (2003) 'Economics of Strategy', 3rd edition, John Wiley & Sons: New York. (奥村昭博・大村厚臣訳 (2002) 『戦略の経済学』第2版, ダイヤモンド社)。
- [3] Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency or Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444.
- [4] Charnes, A., W. W. Cooper and A. R. Lewin L. M. Seiford (1994) 'Data Envelopment Analysis Theory, Methodology, and Applications,' Kluwaer Academic Publishers.
- [5] Cooper, W. W. M. S. Lawrence and J. Zhu (2004) 'Handbook on Data Envelopment Analysis', Kluwaer Academic Publishers.
- [6] Cooper, W. W., L. M. Seiford and K. Tone (2005) 'Introduction to Data Envelopment Analysis and its Uses With DEA-Solver Software and References', Springer.
- [7] Cooper, W. W., L. M. Seiford and K. Tone (2006) 'Data Envelopment Analysis - A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA - Solver Software -', Springer.
- [8] Farrell, S. (1957) "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, pp. 253-281.
- [9] Leibenstein, H. (1966) "Allocative Efficiency vs. X-Efficiency," *American Economic Review*, Vol. 66,

pp. 392–415.

- [10] Rajan, R., H. Servaes, and L. Zingales (2000) “The Cost of Diversity: The Diversification Discount and Inefficient Investment,” *Journal of Finance*, Vol. 55(1), pp. 35–80.
- [11] Sengupta, J. K. (1995) ‘Dynamics of Data Envelopment analysis’ Kluwer Academic Publishers.
- [12] Singh, N. and X. Vives (1984) “Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly,” *RAND Journal of Economics*, Vol. 15(4), pp. 546–554.
- [13] Tone, K (2002) “A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 143, pp. 32–41.
- [14] Tone, K (2001) “A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 130, pp. 498–509.
- [15] 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41巻1号, 現代経営学研究学会。
- [16] 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。
- [17] 上田雅弘 (2006) 「DEA・SFA および因子分析を用いた製紙業界の効率性分析」, 『松山大学論集』第18巻5号, pp. 83–116。
- [18] 小田切宏之 (1999) 「合併規制の経済理論」, 後藤晃・鈴木興太郎編『日本の競争政策』東京大学出版会。
- [19] 清水雅彦 宮川幸三 (2003) 『参入・退出と多角化の経済分析』, 慶應義塾大学出版会。
- [20] 末吉俊幸 (2001) 『DEA－経営効率分析法－』, 朝倉書店。
- [21] 刀根薫 (1993) 『経営効率性の測定と改善』, 日科技連。
- [22] 刀根薫・山岸晃・大川直人 (1989) 「DEA による都市銀行等の経営効率の比較」, 『オペレーションズ・リサーチ』7月号, pp. 316–319。
- [23] 濱田弘潤 (2008) 「多角化企業の利潤分析－多角化ディスカウントの寡占理論による説明」, 『新潟大学経済論集』第48巻, pp. 19–44。
- [24] 『紙・板紙統計年報』日本製紙連合会。
- [25] 『紙パルプ統計年報』経済産業省。
- [26] 『日本マーケット・シェア事典』矢野経済研究所。