

# 調 査

第 44 号  
( 2002 年 8 月 )



## 内 容

日本企業の生産性と技術進歩  
企業財務データを用いた産業内格差の分析

# 日本企業の生産性と技術進歩

— 企業財務データを用いた産業内格差の分析 —

## 【要 旨】

1. 90年代以降、日本経済は低成長を余儀なくされているが、その主な要因として、生産性の低下が挙げられることが多い。生産性は、成長会計において、資本投入や労働投入と並んで経済成長を支える大きな要素となっている。しかし経済全体の成長率から資本・労働投入の伸びを差し引いた残差（いわゆるソロー残差）として求められることから、生産性の上昇には研究開発などによる直接的な技術進歩だけでなく、規模の経済性や学習効果といった様々なものが含まれる。このため生産性の変化がどのような要因によってもたらされているかを明らかにすることは、困難かつ重要な課題となっている。

本稿では、企業の個別財務データを用い、生産性の動きを、①産業において最も生産性の高い企業の技術進歩と、②その他企業の生産性の改善とに分け、主要産業内にみられる格差に焦点をあてて分析している。これによって見出された生産性の産業内格差を踏まえた上で、今後政策面に求められる方向性について整理している。

2. 全要素生産性（TFP）を業種別にみると、製造業はバブル崩壊後にその伸びが鈍化しているものの、情報技術関連を中心とした電気機械の伸びなどによりプラス成長を維持している。しかし非製造業では、バブル崩壊の影響を強く受けた建設などを中心に生産性が大きく低下し、非製造業全体の TFP の伸びはマイナスに転じている。

3. 研究開発による直接的な技術進歩と生産性の関係をみるため、毎年の研究開発支出の蓄積として推計した技術知識ストックの伸びを、TFP の伸びと比較した。90年代は両者にそれほど高い相関性はみられず、生産性には研究開発の成果としての純粋な技術進歩だけでなく、規模の経済性や外部経済などその他の要因も含まれていることがわかる。

4. 同一産業内における企業の生産性格差は、「Malmquist 生産性指数（MPI）」によって示すことができる。MPI は、ある産業の生産性の伸びを、①資本や労働などの投入要素を最も効率的に使っている（すなわち最も生産性が高い）企業の効率性（生産フロンティア）の変化（「技術変化」と、②それに比べて非効率的なその他企業の効率性の改善（「技術効率性」と）に分解できる。そこで、上場企業の財務データを用いて各企業の資本、労働投入量および付加価値を推計し、主要な産業について MPI、技術変化、技術効率性を算出した。

5. 主要製造業の MPI をみると、90年代後半以降、電気機械では伸びがみられるものの、化学、鉄鋼、自動車・同部品はいずれも低い伸びにとどまっている。電気機械は、90年代を通じて技術変化がプラスを続ける傾向が強く、斯業の生産性向上に大きく寄与したが、その一方で非効率な企業の効率性との間に開きが生じており、業界内で生産性の格差が広がったことがわかる。化学では、供給過剰が続くなかで大手石化メーカーを中心に効率性の悪化傾向が続いている。鉄鋼では、大手高炉メーカーを中心に生産設備の集約などにより効率性を高める動きがある一方、効率性改善に遅れをとっている企業もみられる。
6. 主要非製造業の MPI をみると、建設、小売、サービス（物品賃貸および民間放送を除く）の生産性は全体的に低迷が続いている。建設はバブル期に大きく生産性が上昇したものの、その後は技術変化がマイナスとなる傾向が強くなっている。小売は、80年代から90年前半にかけてスーパーやコンビニなどの生産性向上が目立ち、それ以外の業態は相対的に遅れをとった状況が続いたが、近年は全体的に低い伸びにとどまっている。サービスの生産性は小幅な動きになっているが、バブル崩壊以降は規模の経済性による生産性向上が望めない傾向が窺われる。
7. 技術フロンティアは進歩しているが他の企業の技術非効率性が大きく、産業全体では生産性が低迷している場合であれば、フロンティアから非効率な企業への技術スピルオーバーを促すような施策、例えば事業化されていない知的財産権の有効活用策や人材流動化のための制度整備などが求められる。技術フロンティア自体が後退している場合は、企業の研究開発体制にボトルネックが生じていることから、研究開発マネジメントの強化や産学官連携などを通じた先端技術の事業化促進策などが必要である。このように産業内格差を踏まえた上で、生産性向上のための政策の方向性を検討することは、今後の日本経済において重要なものとなろう。

[担当：品田 しなだ 直樹 なおき (e-mail : nashina@dbj.go.jp)]

## 目 次

はじめに .....	5
第1章 日本の経済成長を下押しする生産性の低下 .....	6
1. 日本の全要素生産性の動向 .....	6
2. 業種別 TFP の動向 .....	7
第2章 生産性と研究開発の関係 .....	9
1. 研究開発支出と技術知識ストック .....	9
2. 技術知識ストックと生産性の伸び .....	10
3. 研究開発と生産性に関する国際比較 .....	12
第3章 生産性についての考え方 .....	14
1. TFP の定義 .....	14
2. TFP に含まれる技術進歩のイメージ .....	15
3. 技術の効率性と TFP .....	16
第4章 技術進歩と効率性 .....	17
1. 効率性の定義と技術進歩 .....	17
2. 効率性の測定方法 .....	18
3. DEA 法と技術効率性 .....	19
4. 技術変化と Malmquist 生産性指数 .....	21
5. Malmquist 生産性指数を用いた技術進歩の分析 .....	23
第5章 Malmquist 生産性指数算出のためのデータ構築 .....	24
1. 企業レベルでの労働・資本生産性 .....	24
2. 付加価値 .....	24
3. 労働投入量 .....	25
4. 資本投入量 .....	25
第6章 Malmquist 生産性指数の動向 .....	28
1. 業種別 Malmquist 生産性指数の算出 .....	28
2. まとめ .....	37
第7章 企業間格差を踏まえた生産性向上策 .....	39
1. 生産性に関する企業間格差の種類 .....	39
2. 企業間格差を踏まえた生産性向上のための施策とその方向性 .....	40
付図・付表 .....	42
付注 .....	47
参考文献 .....	58

## はじめに

90年代以降、日本経済は低成長を余儀なくされているが、その主な要因として、生産性の低下が挙げられることが多い。生産性は成長会計において、資本投入や労働投入と並んで経済成長を支える大きな要素となっている。この生産性の上昇は、経済全体の成長率から資本・労働投入の伸びを差し引いた残差として求められることから、研究開発等による直接的な技術進歩だけでなく、規模の経済性や学習効果といった様々な要因を含んでおり、それらを明確に区別して分析することは難しい。

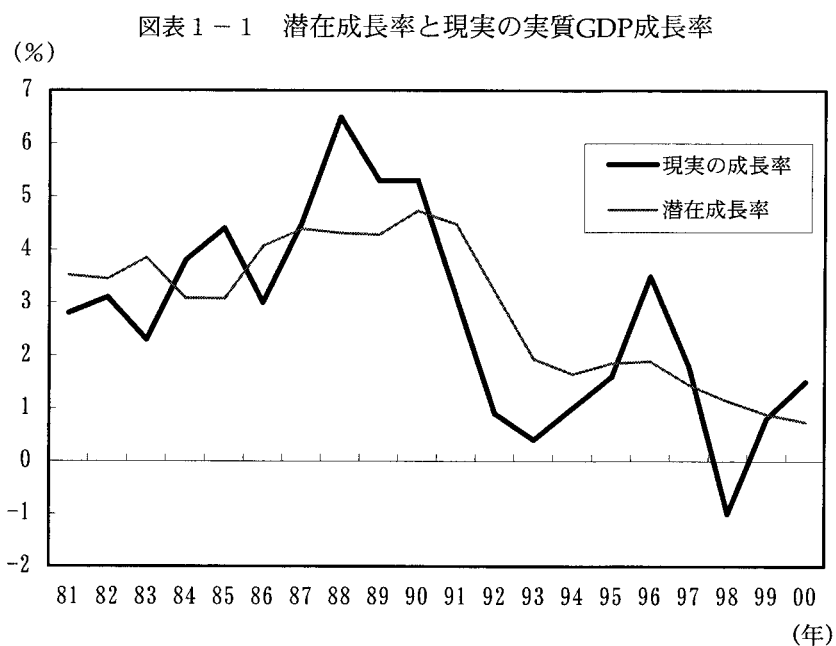
しかし日本が現在抱える生産性の低下という問題を解決することは、今後の経済成長において重要な課題である。各企業の生産性上昇が産業レベルでの生産性上昇に円滑に結びついていない状況にあるときに、各産業の生産性の実態に適応した政策的支援がなされることは、政策効果の面からみても望ましいものであると考えられる。

本稿は、日本の産業レベルでの生産性の特徴について、産業内にみられる企業間格差を明らかにすることにより、分析することに主眼を置いている。具体的には、上場企業の個別財務データを用いて **Malmquist** 生産性指数を算出することにより、生産性の動きを、①産業において最も生産性の高い企業の技術進歩と、②その他企業の生産性の改善とに分け、主要産業内にみられる格差の状況を分析している。また最後に、生産性の企業間格差を踏まえた上で、今後政策面に求められる施策の方向性について整理を行っている。

## 第1章 日本の経済成長を下押しする生産性の低下

### 1. 日本の全要素生産性の動向

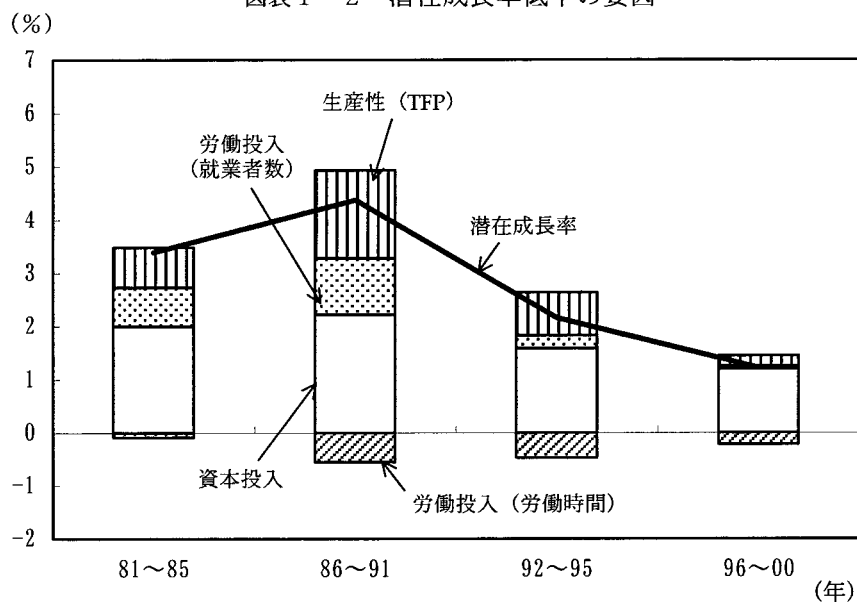
内閣府（2001）の推計によると、平成不況以降、日本の潜在成長力は低下傾向が続いている（図表1-1）。その要因をみると、設備投資の抑制や労働時間の減少、就業者数の伸びの鈍化等を背景に資本や労働の投入量が減少しているほか、生産性の伸びの鈍化が顕著になっていることがわかる（図表1-2）。



（備考）1. 内閣府「平成13年度年次経済財政報告」による。

2. 生産性（TFP）は、GDP成長率と、資本投入及び労働投入の伸び（に各々の分配率を乗じたもの）の差（いわゆるソロー残差）から算出。

図表 1 - 2 潜在成長率低下の要因



(備考) 1. 内閣府「平成13年度年次経済財政報告」による。  
 2. 生産性 (TFP) は、GDP成長率と、資本投入及び労働投入の伸び (に各々の分配率を乗じたもの) の差 (いわゆるソロー残差) から算出。

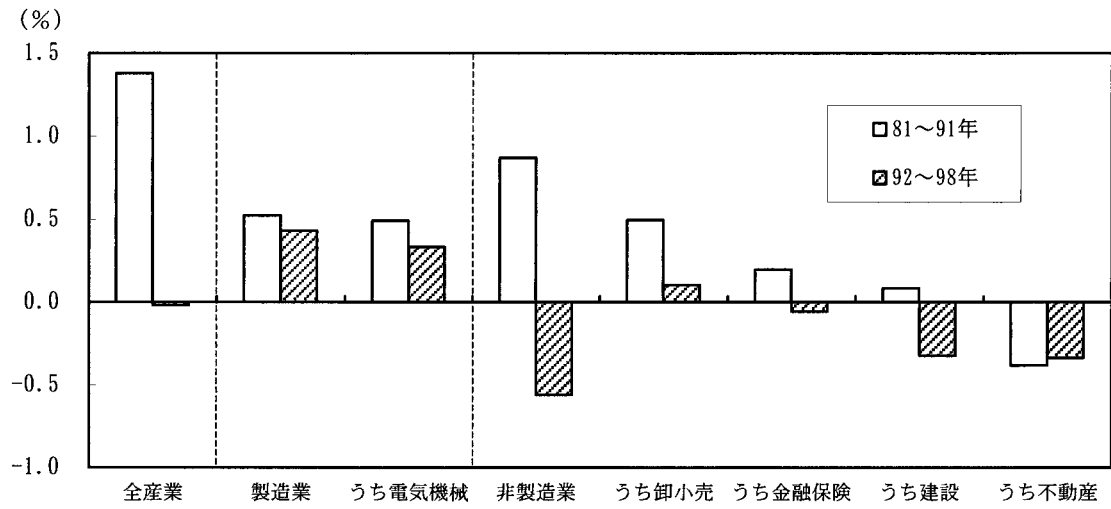
ここで算出されている生産性は全要素生産性 total factor productivity (以下 TFP) である。元来 TFP とは、全投入量あたりの全産出量つまり投入量全体に対する生産性を示すものだが、実際の投入物や産出物は単一ではないので、複数の投入物や産出物をどのように集計して生産性を計測するかが問題となる。ここでは1産出物2投入物の生産関数を仮定し、生産量の伸びと、稼働資本量、稼働労働力という二つの投入物の伸びを比較して、二つの投入物で説明しきれない部分を TFP として算出している<sup>1</sup>。このようにして求められる TFP のもつ意味については、第3章で再び検討することとしたい。

## 2. 業種別 TFP の動向

さて TFP の動きを業種別にみると、バブル期以前の 80 年代に比べて 90 年代はほぼ全業種で伸びが鈍化している (図表 1 - 3)。製造業の TFP の伸びは、電気機械における技術進歩等により 90 年代もプラスを維持したが、非製造業ではバブル崩壊の影響を強く受けた建設等の生産性の低下が響き、TFP の伸びはマイナスとなった。

<sup>1</sup> 詳しくは、内閣府 (2001) を参照。

図表1-3 業種別TFPの推移



- (備考) 1. 内閣府「平成13年度年次経済財政報告」による。  
 2. 生産性 (TFP) は、GDP成長率と、資本投入及び労働投入の伸び (に各々の分配率を乗じたもの) の差 (いわゆるソロー残差) から算出。



## 第2章 生産性と研究開発の関係

TFP の伸びは一般的に技術進歩と捉えられる。技術 **technology** という言葉はしばしば科学技術 **science and technology** と同義で使われるが、社会科学では科学と技術は区別されることが多い。特に経済学では、技術は生産過程へのインプットがアウトプットに変換される方式と定義され<sup>2</sup>、より広義な意味をもっている点に留意する必要がある。

TFP に含まれる様々な技術進歩の要素については第3章で改めて整理することとし、本章では、そのような要素の一つである研究開発について取り上げ、生産性との関係を分析する<sup>3</sup>。

### 1. 研究開発支出と技術知識ストック

近年の日本企業の研究開発支出は、総務省「科学技術研究調査報告」の研究費（会社等）をみると図表2-1のように推移している。同統計の研究費のうち社内で行われる研究費は、人件費、原材料費、有形固定資産購入費、その他の経費の4つに分けられ、そのうち人件費が全体の4割程度を占めている。社内研究費を研究対象の性格別に分けると、開発研究が過半を占めている一方、基礎研究のウェイトは80年代を通じて増加したが、その後は伸びが緩やかになっている（図表2-1）。

社内研究費に海外技術を導入する際の対価支払額を加えた研究開発支出額全体は、80年から91年にかけて大幅な増加を続けたが、平成不況に入ると減少に転じた。95年からは再び増加しているが、近年の伸びは緩やかなものにとどまっている。

さて、研究開発と生産性の関係を明らかにするにあたっては、研究開発が生産要素としてどのような形で付加価値を生み出しているかを明らかにする必要がある。本章では、研究開発の成果が技術知識として累積され、そのストック（技術知識ストック **technological knowledge stock**）が資本や労働と並ぶ生産要素として付加価値の増加に寄与するという考えに基づき、次のような点を考慮しながら技術知識ストックを推計した<sup>4</sup>。

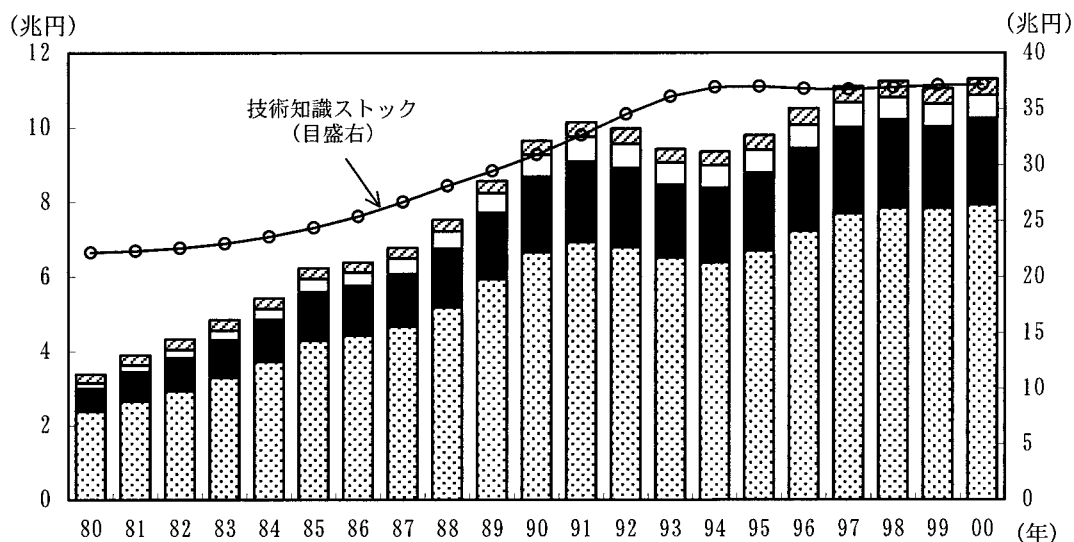
- (a) ストック推計の基礎となるフローの研究開発支出は、社内研究費に、海外技術導入に係る対価支払額を加えたものとする。また、「科学技術研究調査報告」が参考として公表している研究開発デフレータを用いて実質化する。

<sup>2</sup> Jones, Charles I. (1998) による。

<sup>3</sup> 技術進歩、技術開発、研究開発等技術概念に関するタームは数多く存在するが、例えば秋元（1995）では次のように述べられている。「ある時点の累積的科学・技術（知識・学術）水準という事前の状態に対して研究者（科学者・技術者等）が研究開発（技術開発）という活動によって技術進歩（技術変化・技術改良・技術革新）という変動を惹起し、さらにこれを集積・体系化し、技術水準を結果として累積的に高める（中略）研究開発は投入に重点をおき、技術進歩は産出あるいは結果に重点をおくという観点を明確にした概念であると考えられることでもある。」

<sup>4</sup> 詳細については付注2-1を参照のこと。

図表 2-1 研究開発支出と技術知識ストック



(備考) 1. 総務省「科学技術研究調査報告」等により作成。  
 2. 技術知識ストックは、研究開発支出等を実質化し、開発リードタイムや陳腐化率を勘案して推計した。

- (b) 研究開発支出が技術知識として顕在化するまでの期間や、技術知識が陳腐化するスピードは、社団法人経済団体連合会「産業技術力強化のための実態調査」等を使って推計する。
- (c) (a)、(b)をもとに技術知識ストックを推計する。

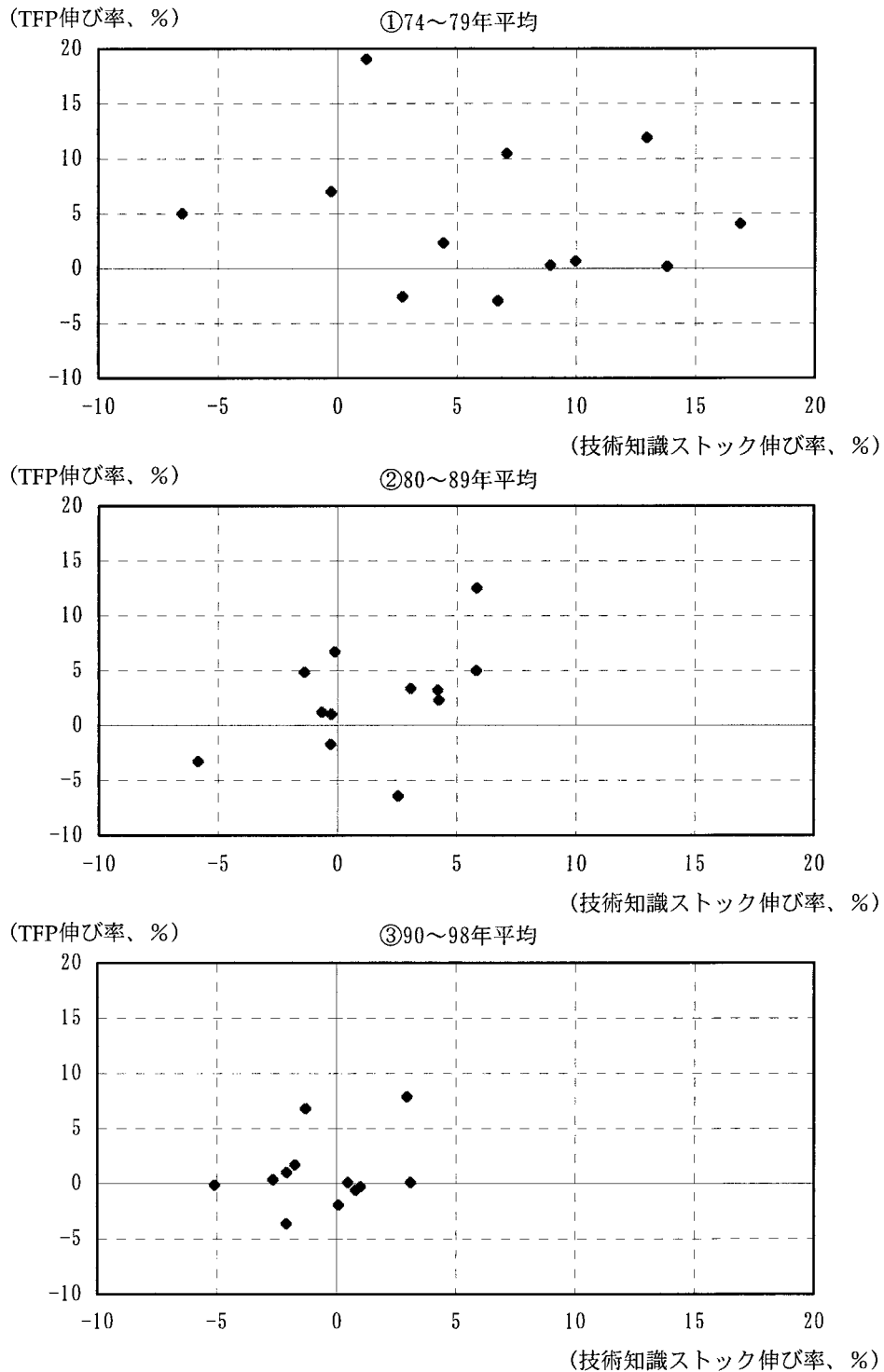
図表 2-1 にあるように、推計した技術知識ストックは 80 年以降一貫して増加傾向にあったが、90 年代後半に入ってほぼ横ばいで推移している。これは技術知識フローの伸びが鈍化していることに加え、技術知識の陳腐化のスピードが早まっているためである。

## 2. 技術知識ストックと生産性の伸び

さて、技術知識ストックと生産性の伸びとはどのような関係があるか、製造業について業種別に確認してみよう。図表 2-2 は、製造業 12 業種について、横軸に技術知識ストックの伸び率、縦軸に TFP で計測した生産性の伸び率をプロットしたものである。伸び率はそれぞれ、①74~79 年、②80~89 年、③90~98 年の平均年率をとっている。

74~79 年において、技術知識ストックの伸びがプラスで、かつ TFP の伸びもプラスである業種は 8 つあった。しかし 80~89 年にはそのような業種は 5 つに減っており、代わりに技術知識ストックや TFP の伸びがそれぞれマイナスに転じている業種が現れている。さらに 90~98 年にはいずれかがマイナスの伸びを示す業種が大半を占めるようになっていく。

図表2-2 技術知識ストックとTFPの伸び率（製造業）



(備考) 図表2-1と同様。

しかしながら、技術知識ストックと TFP のそれぞれの伸びの関係の変化をみると、一概に相関性が高いとはいえない。70 年代は相対的に高い経済成長を遂げるなかで両者とも増加する業種が多かったが、その後、両者の関係性はそれほど高いものにはなっていないと見受けられる。

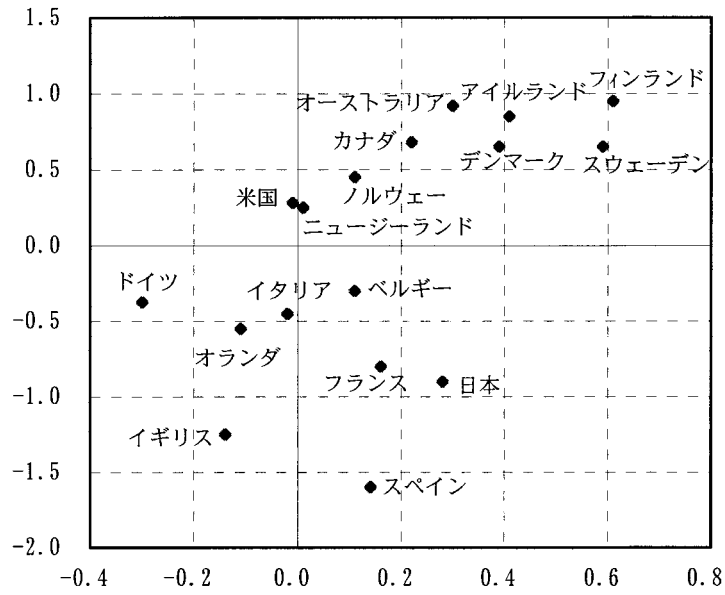
こうした関係から、TFP で計測した生産性の上昇には、技術知識ストックの伸び以外にも大きな要因があると推測される。当該業種の研究開発成果の蓄積という直接的な技術進歩要因のほかに、他業種からの技術知識のスピルオーバーや規模の経済性、労働の質の向上、外部経済といった他の要因も生産性の上昇に影響を与えており、そうした要因の大小は業種によって異なる可能性がある。

### 3. 研究開発と生産性に関する国際比較

日本の生産性と研究開発の関係は、国際的にみるとどのような特徴があるだろうか。OECD の資料より、各国の 80 年代から 90 年代にかけての TFP の伸び率と研究開発費/GDP 比の変化をプロットしたものが図表 2-3 である。これをみると、日本の研究開発費/GDP 比は 80 年代平均から 90 年代平均にかけて上昇しているが、TFP の伸びはマイナスになっている。フィンランドやスウェーデン等では両者とも増加している一方、イギリスやドイツでは両方ともマイナスになっているが、こうした国々と比較すると、日本の場合は両者にあまり相関性がみられない。研究開発が TFP を左右する唯一の要因ではないため、この結果から強い結論を導くことはできないが、日本では他国に比べると相対的に研究開発の伸びが TFP の伸びにつながっていないことを示唆するものではあるだろう。そこで次章では、日本の生産性の動向をより詳細に分析するため、生産性についての考え方や生産性に影響を与える諸要因についての整理を行うこととする。

図表2-3 R&D/GDP比とTFPの伸びの国別比較

(TFP伸び率、%)



(80年代→90年代のR&D/GDP比の変化、%)

- (備考) 1. OECD 「The New Economy : Beyond The Hype」 による。  
 2. ここでのTFPは産出量/資本・労働投入量で算出されている。

### 第3章 生産性についての考え方

#### 1. TFP の定義

最初に、TFP の概念と定義を今一度整理してみよう。生産活動に使われる生産要素は資本、労働をはじめとして複数存在するが、そのようなすべての生産要素を総合した生産性を TFP と呼ぶ<sup>5</sup>。

Solow は、生産関数において資本や労働といった投入要素の伸びと経済全体の成長の伸びとの差を技術進歩要因として認識したが、このソロー残差 Solow residual はその後 TFP の概念として発展していった。なぜなら TFP は成長会計 growth accounting の考え方に基づくものであり、TFP の伸びは産出変化率と全要素投入変化率の差として表されるためである<sup>6</sup>。

Solow のように生産関数における TFP を技術進歩要因として扱う考え方では、TFP の伸びが以下のように示される。

Y : 産出量

K : 資本投入量

L : 労働投入量

T : 技術水準 (TFP)

$\lambda$  : 技術進歩率 (TFP の伸び)

$$Y = T \cdot f(K, L) \quad (3.1)$$

特に Cobb-Douglas 型の生産関数を想定すると、A をスケールファクターとして、

$$Y = TK^\alpha L^\beta = Ae^{\lambda t} K^\alpha L^\beta \quad (3.2)$$

$$\ln Y = \ln A + \lambda t + \alpha K + \beta L \quad (3.3)$$

$$\frac{dY/dt}{Y} = \lambda + \alpha \frac{dK/dt}{K} + \beta \frac{dL/dt}{L} \quad (3.4)$$

となるため、TFP の伸びは、

---

<sup>5</sup> これに対し、資本生産性、労働生産性等単一の生産要素で測った生産性は単要素生産性 single factor productivity と呼ばれる。

<sup>6</sup> 詳しくは付注 3-1 を参照のこと。

$$\lambda = \frac{dY/dt}{Y} - \left( \alpha \frac{dK/dt}{K} + \beta \frac{dL/dt}{L} \right) \quad (3.5)$$

と表される<sup>7</sup>。

## 2. TFP に含まれる技術進歩のイメージ

TFP は技術進歩要因と認識されるものの、それが残差である以上、具体的には様々な要素を含んでいる。そこで TFP を具体的な技術進歩のイメージで整理したものが図表 3-1 である。

図表 3-1 ソロー残差としてのTFP（技術進歩）が包含するもの

技術進歩	直接的	自社内	研究開発投資、技術知識ストック	}	(純粋な)技術進歩
		他社間	技術のスピルオーバー		
	間接的		規模の経済性、資本の熟度	}	その他の向上要因
			学習効果、労働の質の向上		
分業の進展、産業構造の変化					
経営の改善					
			外部経済、制度改革、政策効果		

(備考) 渡辺 (2001) を参考に加筆修正。

まず科学技術に近い意味で技術進歩に寄与をするものとして、前章で扱った研究開発支出や技術知識ストック等が挙げられる。これらは自社（あるいは自社の属する産業）内での研究開発フローの投入であり、そこから生まれた技術知識がベースとなる。一方、他社（あるいは他社の属する業界）で生まれた技術知識の一部が自社（あるいは自社の属する業界）に及んで技術進歩に貢献することも考えられる。このような技術のスピルオーバーも含めて、以上を直接的な技術進歩要因と呼ぶことができる。

一方、間接的な技術進歩要因としては、図表 3-1 に掲げたものが例として挙げられる。まず資本に関連した技術進歩が考えられる。資本に体化した形の技術進歩、すなわち研究開発という形を取らなくても、新機能の付加や機能向上あるいは歩留まりの改善といったように資本の熟度が上がることにより生産性は上昇する。規模の経済性が存在する場合も、大量生産によるメリットにより生産性は押し上げられる。

また、経営組織における効率性の向上が生産性の上昇に寄与する可能性がある。例えば、意思決定プロセスの見直しや迅速化によって業務効率が改善する場合である。産業レベルで考えると、分業の進展や産業構造の高度化によりサブセクターとの関係変化が産業全体

<sup>7</sup> 渡辺 (2001) による。

の生産性を向上させる。より外部的な要因として、範囲の経済性やネットワーク外部性等の外部経済、制度改革、政策によっても生産性は変化し得る。

以上のような直接的・間接的といった整理は、技術進歩を具体的なイメージに基づいて捉えたものである。次節では、技術進歩を技術の効率性という観点から捉えることを検討する。

### 3. 技術の効率性と TFP

これまで述べてきた技術進歩という概念は、生産性の上昇であると同時に、どれだけ生産要素を効率的に使ってアウトプットを生み出しているかという効率性の観点からも捉えることができる。

技術進歩は、効率性という観点から次の二つに分けられる。一つは、ある与えられた水準の技術が存在しており、それを効率的に使えているかどうかという技術の効率性である。もう一つは技術そのものの水準の変化である。ある水準の高い技術が存在していても、それを十分効率的に使える主体がいなければ、技術進歩は全体として向上はしない。社会全体の技術進歩の程度は、効率性と技術水準の変化という両者を合わせたものと考えられる。

このように考えた場合、TFP は技術進歩を示す適切な指標といえるだろうか。技術の効率性を明らかにするためには、ある技術を最大限に利用できている状態とそうでない状態を相対的に比較することが求められる。そのためには、(3.2) 式における  $Y$  や  $K$ 、 $L$  のような投入物と産出物に関して適切な分類と集計を行うことが必要だが、この実証にあたってはいろいろな問題点が指摘されており、算出された TFP が実感と違う動きをしてしまう、いわゆる生産性パラドックスを引き起こしている。中島 (2001) では、インプット並びにアウトプットデータの精度の問題が指摘されている。Canter and Hanusch (1999) では、多種多様な技術進歩に対してすべて適切な形で生産関数を想定することが困難であると述べられている。第 1 章で取り上げた TFP は、産業レベルで集計された産出物・投入物を用いて算出されたものだが、そこに個々の財の価格や質的变化をすべて織り込むことは困難であるため、TFP であるという以上に詳細な内容を示すものではない。また技術水準自体の変化を明らかにする際にも、集計値を用いて分析する場合は同様の問題が発生する。

そのため以降の分析では TFP の概念から離れ、技術フロンティア (等量曲線) を用いて生産要素をどの程度効率的に使えているかを明らかにすることで、上記の問題点にできるだけ対処しつつ生産性を計測することを試みている。次章ではこのようなアプローチによる生産性の捉え方について言及する。

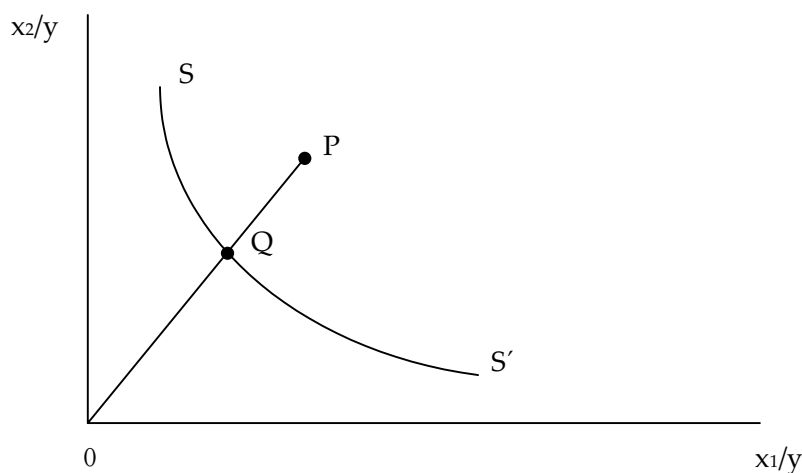


## 第4章 技術進歩と効率性

### 1. 効率性の定義と技術進歩

生産要素をどの程度効率的に用いてアウトプットを産出しているか、それが本稿で扱う効率性の定義となる。一般的には、ある等量曲線 **isoquant curve**（一定量の産出物を生み出すのに必要な投入量の組み合わせを示す曲線）が、最も生産要素を効率的に使っており、これ以上少ない生産要素では等量のアウトプットを産出することができない状態にあるとき、それは技術フロンティア **technological frontier** を表す。そして技術フロンティアからの乖離によって（非）効率性の程度が示される。例えば図表4-1では、産出物が  $y$ 、投入物（生産要素）が  $x_1$  と  $x_2$  と二つある場合、等量曲線が  $SS'$  と描ける。この  $SS'$  以上に少ない投入物で同一量の産出物を生産できるものはないとすると、この  $SS'$  が技術フロンティアとなる。生産要素の価格を考えない最も単純なケースでは、 $SS'$  上にある企業  $Q$  は最も効率的であるのに対し、そこから乖離している企業  $P$  はより多くの生産要素を用いているために非効率性を有している。

図表4-1 技術フロンティアと技術の効率性



以上のような効率性の定義は、ある時点における技術フロンティアとそこからの乖離によって表されるものであり、静態的な把握である。しかし技術進歩は、時間とともに技術の水準が変化することによっても左右される。第3章第3節で触れたように、技術進歩はある時点における技術効率性と、その基準になる技術水準の変化の二つに分けられる。したがって技術フロンティアを用いて技術進歩を表すためには、技術フロンティア自体の変化も考慮しなくてはならない。

第2節ではある時点における等量曲線とそこからの乖離幅を測定するにはどのような方法があるかという前者の点について述べる。一方、後者の技術フロンティア自体の変化については、第3節以降で述べることとする。

## 2. 効率性の測定方法

技術フロンティアを測定するためには、大きく分けて二つの方法がある。一つはパラメトリックな推計方法を用いるもので、確率論的フロンティア推定 **Stochastic Frontier Analysis** が代表的である。この方法は、技術フロンティアからの乖離を確率変数の分布と見なし、フロンティアに関数型を当てはめて計量経済学的にパラメータを推計するものである。しかし、トランスログ型関数等を定式化する際、推定するパラメータの数が多くなって多重共線性が現れやすくなるといわれる<sup>8</sup>。そこで本稿では、パラメータ推計を行わずに観測値から技術フロンティアとその乖離幅を導く手法をとることにした。この方法で代表的なのはデータ包絡線分析法 **Data Envelopment Analysis (DEA)** といわれるもので、これを用いることによりノンパラメトリックな推計が可能になる。

パラメトリックな推計の場合、例えばある企業  $j$  の TFP を一般的に以下のように定義する。

$$h_j = \frac{u^T y_j}{v^T x_j} \quad (4.1)$$

$n$  : 企業数 ( $j=1, \dots, n$ )

$h_j$  : TFP

$y_j$  : 産出物

$x_j$  : 投入物

$m$  個の投入物から  $s$  個の産出物を生み出すと考えると、 $y_j$  は  $s$  ベクトル ( $r=1, \dots, s$ )、 $x_j$  は  $m$  ベクトル ( $i=1, \dots, m$ ) となるが、産出物、投入物のそれぞれのウェイト  $u^r$ 、 $v^i$  は外生的なものとなり、パラメータを推計するためにはある特定の関数型を仮定する必要がある。

しかし DEA 法のようなノンパラメトリックなアプローチでは、このような特定の関数型をすべてについて当てはめてパラメータを同一にするという制約を外すことができる。DEA 法ではパラメータが内生的に決まるので、個々の観察物で異なるパラメータを持つことになる。

---

<sup>8</sup> 中島 (2001) では、費用関数の導入によりこの問題を回避することが可能であることが指摘されているが、それには投入物価格の情報が必要となる。本稿では個別企業の投入物価格の情報が入手できないこともあり、後述の DEA 法による推計を行った。

### 3. DEA 法と技術効率性

DEA 法について簡単にまとめておこう。DEA 法では、技術フロンティアの包絡線を以下のような線形計画問題 **linear programming problem** の手法を応用して推計する<sup>9</sup>。なお、DEA 法による計算方法については付注 4-2 を参照されたい。

企業  $j$  の技術効率性は  $u'y_j/v'x_j$  で表されるため、技術フロンティアはこれを最大化するものとなる。この技術効率性は 1 以下であるから、

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} \left( \frac{u'y_j}{v'x_j} \right), \\ & s.t. \\ & \frac{u'y_j}{v'x_j} \leq 1, \\ & u, v \geq 0 \end{aligned} \tag{4.2}$$

という最大化問題を解くこととなる。これは以下のように変形できる<sup>10</sup>。

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta_j, \\ & s.t. \\ & -y_j + X\lambda \geq 0, \\ & \theta_j x_j - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{4.3}$$

$\theta_j$  : 企業  $j$  の技術効率性 ( $j=1, \dots, n$ )

$\lambda$  :  $n \times 1$  の定数項ベクトル

$X$  : 産業全体の投入物ベクトル

$x_j$  : 企業  $j$  の投入物ベクトル

$y_j$  : 企業  $j$  の産出物ベクトル

この線形計画問題を  $n$  企業について繰り返し行うことで、 $n$  社それぞれの技術効率性  $\theta$  を算出することができる。技術フロンティアを包絡線として推計するため、観察できる企業数が少ない場合でも技術フロンティアが推計できればある観察物との距離が特定でき、生産要素を用いる効率性を図る尺度が明らかになる。

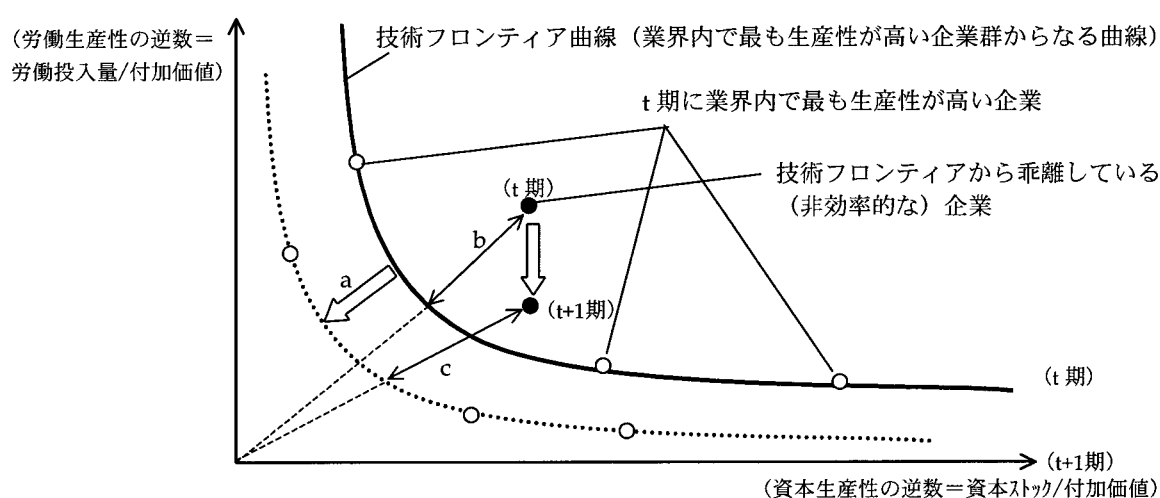
---

<sup>9</sup> これは規模の経済性を考慮しない最も単純なケースである。本稿の推計では規模の経済性を考慮したモデルを用いて計算している。付注 4-3 参照のこと。

<sup>10</sup> Coelli (1996) による。

これまで述べてきたことを図表4-2でまとめてみよう。図表4-2では、2種類の投入物で1種類の産出物を生み出す企業を前提にして、その企業の技術の効率性が明示されている。ある時点における様々な企業の労働生産性と資本生産性を算出し、縦軸に労働生産性の逆数、横軸に資本生産性の逆数をとってプロットする。太実線は技術フロンティアである。技術フロンティアは最も少ない生産要素で多くの産出物を生み出した企業の資本生産性と労働生産性の組み合わせであり、原点にできるだけ近い観察点を結んでできた線である。技術フロンティア上にある企業は、最も技術を効率的に使っている企業である。

図表4-2 Malmquist生産性指数 (MPI) の概念と定義



「技術変化」 (a) : t → t+1期にかけての、最も生産性が高い企業のさらなる生産性の変化幅 (技術フロンティアのシフト幅)  
「技術効率性」 (bとcの相対比) : t → t+1期にかけての、非効率的な (技術フロンティアより生産性が劣る) 企業の効率性の改善幅 (技術フロンティアへのキャッチアップの度合い)  
「Malmquist生産性指数 (MPI)」 = 「技術変化」 × 「技術効率性」  
(※MPI、技術変化、技術効率性いずれも1以上なら前年度比上昇、1以下なら下落)

一方、技術フロンティアの上方に位置している企業は技術に関して非効率性を有しており、そのフロンティアからの乖離幅は b で表される。したがって効率性の程度を一般的に表すと、この b を原点から観察物までの距離で相対化したものとなる。なお、これは最も単純化したケースであり、包絡線の形状や規模の経済性の有無によって効率性の算出方法は異なってくる。

#### 4. 技術変化と Malmquist 生産性指数

これまでみてきたように、技術効率性はある時点での最も効率的な技術フロンティアとの乖離の程度を示すもので、静態的なものである。しかし技術進歩は時系列的に変化するものであり、それを動学的に捉えるためには、技術フロンティアそのものの変化も考慮しなくてはならない。

図表 4-2 において、まず技術フロンティアそのものの変化をみると、 $t$  期の技術フロンティアが太実線であるのに対し、 $t+1$  期の技術フロンティアは点線に移行しており、太実線から点線へのシフト幅  $a$  が、技術フロンティアそのものの時系列的变化となる。

技術フロンティアがシフトすれば、その線上から乖離している企業の技術効率性も変化する。 $t$  期における技術フロンティアの乖離幅は  $b$  だったが、技術フロンティアのシフトによって乖離幅は  $c$  に変化することとなる。実際の計測では、 $b$  と  $c$  の乖離幅は原点からの距離で相対化されるため、その相対比の違いが時系列的な変化を表すこととなる。

動学的な技術進歩のトータルでの変化は、上述した技術フロンティアそのものの変化と、そこから乖離した企業の技術効率性の変化という二つの要素を含む。この両者を組み合わせることで生産性の変化を示したものが Malmquist 生産性指数といわれるものである。Malmquist 生産性指数は、Malmquist や Solow がその理論的な基礎を提示しており、Caves, Christensen and Diewert らによって生産性の計測方法として用いられるようになった<sup>11</sup>。

図表 4-3 では、技術フロンティアが  $F$ 、そこから乖離したところに位置するある企業が  $A$  で表されている。 $t$  期における  $A_t$  の技術効率性は  $OA_t$  と  $OB$  の比で表される。 $A_t$  が  $t+1$  期に  $A_{t+1}$  に移動した場合、その技術効率性の変化は、

$$\frac{OB/OA_t}{OD/OA_{t+1}} \quad (4.4)$$

と表すことができる。これが 1 以下であれば、 $A$  の技術フロンティア  $F_t$  に対する技術効率性は上昇したことになる。しかし  $t+1$  期には、技術フロンティアも  $F_{t+1}$  にシフトしているために、 $A$  の技術フロンティア  $F_{t+1}$  に対する技術効率性の変化、つまり

$$\frac{OC/OA_t}{OE/OA_{t+1}} \quad (4.5)$$

も考慮しなくてはならない。これも 1 以下であれば技術効率性が改善されていることを示している。

---

<sup>11</sup> Canter and Hanusch (1999) による。

この (4.4) と (4.5) の幾何平均を求めたものが Malmquist 生産性指数である。すなわち、

$$MI_A^{t+1} = \sqrt{\frac{OB/OA_t \cdot OC/OA_t}{OD/OA_{t+1} \cdot OE/OA_{t+1}}} \quad (4.6)$$

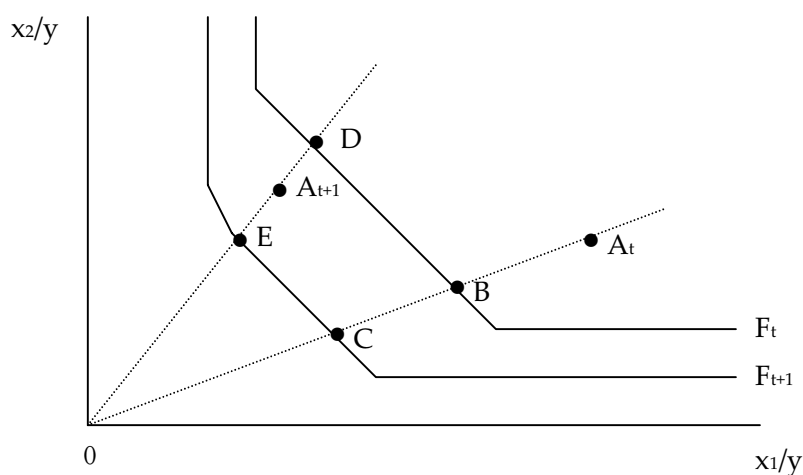
である。

この (4.6) は、次のように分解することができる。

$$MI_A^{t+1} = \left( \frac{OB/OA_t}{OE/OA_{t+1}} \right) \cdot \sqrt{\left( \frac{OE/OA_{t+1} \cdot OC/OA_t}{OD/OA_{t+1} \cdot OB/OA_{t+1}} \right)} = MC \cdot MT \quad (4.7)$$

このように Malmquist 生産性指数は、技術効率性の変化を表す MC と技術フロンティアの水準の変化を表す MT の積に分解できる。MC が 1 以上であれば、技術フロンティアに近づいていることを示し、1 以下であれば技術フロンティアから遅れをとっていることを示す。MT が 1 以上であれば、技術フロンティアそのものの水準が上昇しており、1 以下ならそれが低下していることとなる。

図表 4-3 技術効率性、技術変化と Malmquist 生産性



## 5. Malmquist 生産性指数を用いた技術進歩の分析

Malmquist 生産性指数を用いることで、本稿の目的である技術進歩、すなわち生産性の上昇を、技術変化と技術効率性の変化という二つの要素に分けることができる。これは、ある産業に属する企業群の Malmquist 生産性指数、そして MC や MT を算出することにより、その産業内で最も生産性が高い企業群の技術水準がどの程度であり、それが時とともにどのように変化してきているか、またそれよりも劣る生産性をもつ企業がどの程度最も生産性の高い企業にキャッチアップしているかが明らかになる。ある産業全体の生産性の動きが、個別企業のどのような変化によってもたらされたかという点に焦点をあてて生産性上昇の中身を探ることができると考えられる。

次章では実証に先立って、企業レベルでの Malmquist 生産性指数の算出に必要なデータの構築について述べることとする。

## 第5章 Malmquist 生産性指数算出のためのデータ構築

### 1. 企業レベルでの労働・資本生産性

Malmquist 生産性指数を企業レベルで測るにあたって、2 投入物 1 産出物のモデルを用いる。投入物は労働と資本、産出物は付加価値として、各企業の労働・資本生産性を算出する。

各企業の労働生産性、資本生産性は以下のとおりである。

$$\text{労働生産性} = \text{実質付加価値額} / \text{労働投入量} \quad (5.1)$$

$$\text{資本生産性} = \text{実質付加価値額} / \text{資本投入量} \quad (5.2)$$

対象企業は金融・保険業を除く上場企業で、データを取得した期間は 1980～2000 年である<sup>12</sup>。利用するデータの出所は後述のとおりだが、主要なデータである企業の財務情報は日本政策投資銀行「企業財務データベース」を用いた。

実際に Malmquist 生産性指数を計測した企業は、本章で扱う財務データが「企業財務データベース」において 80～2000 年にかけてすべて収録されているものを抽出しており、その数は図表 6-1～6-8 に記載されているとおりである。

### 2. 付加価値

労働・資本生産性の分母となる付加価値については、その名目値を日本政策投資銀行「財務データハンドブック」による定義に基づいて算出した<sup>13</sup>。

$$\text{名目付加価値額} = \text{営業利益} + \text{人件費} + \text{賃借料} + \text{租税公課} + \text{特許使用料} + \text{減価償却費} \quad (5.3)$$

これにより求めた名目付加価値額を、当該企業が属する産業の物価指数でデフレートして実質化した<sup>14</sup>。

<sup>12</sup> 当該年 4 月～翌年 3 月までに決算期を迎えた企業の決算を当該年度期末決算としている。

<sup>13</sup> それぞれの項目は、日本政策投資銀行「企業財務データベース」に収録されている以下のデータから計算している。

- ・ 人件費 = 役員報酬 + 従業員給料手当 + 福利厚生費 + 退職給与引当金繰入 + 企業年金 + 労務費
- ・ 賃借料 = 製造原価中の賃借料 + 販管費中の賃借料
- ・ 租税公課 = 製造原価中の租税公課 + 販管費中の租税公課
- ・ 特許使用料 = 製造原価中の特許使用料 + 販管費中の特許使用料
- ・ 減価償却費 = 製造原価中の減価償却費 + 販管費中の減価償却費

<sup>14</sup> 産業分類は「企業財務データ」収録の日本政策投資銀行産業中分類を用い、それに対応する物価指数は日本銀行「卸売物価指数」の財別価格を原則適用した。卸売物価指数が該当しない一部の非製造業（建設業、卸売業・小売業、不動産業、運輸通信業、サービス業の各中分類業種）については日本銀行「企業向けサービス価格指数」、総務省「消費者物価指数」、国土交通省「建設工事費デフレータ」を用いた。



### 3. 労働投入量

労働投入量は、労働者数×労働時間により求められる。労働者数のデータは各企業の期末従業員数、期末従業員数に含まれない臨時従業員・嘱託等、出向者・休業者等、役員を合計した。労働時間は厚生労働省「毎月勤労統計調査」の総実労働時間指数（事業所規模30人以上）を用い、業種については財務データの中分類業種区分を毎勤統計の業種分類（鉱業、建設業、製造業、電気・ガス業、運輸・通信業、卸売・小売業、不動産業、サービス業）に対応させた。

### 4. 資本投入量

#### (1) 償却資産

資本投入量を計算するには、資本を(1)償却資産、(2)土地、(3)棚卸資産に大別する。償却資産の資本投入量は、

$$\text{償却資産の資本投入量} = \text{償却資産の実質資本ストック} \times \text{稼働率} \quad (5.4)$$

により求められる。償却資産の実質資本ストックについては、

$$K_t = (1 - \sigma) K_{t-1} + I_t \quad (5.5)$$

$K_t$  : 実質資本ストック

$I_t$  : 実質設備投資

$\sigma$  : 資本減耗率

という関係からベンチマークイヤー方式で計算する。ここでの資本ストックは、内閣府「民間企業資本ストック」に掲載されている粗資本ストックではなく、純資本ストックとする。前者は、固定資産の売却や廃棄による除却等を控除した物理的な概念である一方、後者は、資産の老朽化や摩耗による生産能力の減退等も含めて資本減耗とする、生産活動における実質的な価値を考慮したものである。

#### ① 名目設備投資額

$I_t$  は名目設備投資を資本財価格で実質化して求める。名目設備投資は、原則、期中の有形固定資産新規取得額を用いる<sup>15</sup>。

#### ② 業種別・資産別資本財価格の算出

実質化に使う資本財価格は、国内卸売物価等をベースに適用する。まず、有形固

---

<sup>15</sup> 推計方法の詳細については付注5-1を参照のこと。

定資産の種別を、(a)非住宅建物、(b)構築物、(c)機械装置、(d)車両運搬具、(e)工具器具備品に分ける。そして、(a)、(b)には総合物価指数の建設用材料価格を、(d)には国内卸売物価の輸送用機器価格を用いる。(c)と(e)については、総務庁「産業連関表」の固定資本マトリクスに掲載されている産業毎の機械等投資財別ウェイトを用いて国内卸売物価を加重平均したものを、資本財価格に用いる<sup>16</sup>。

### ③ 実質資本ストックのベンチマークの作成

資産別の資本財価格で実質化した実質設備投資を使い、(5.5)式に基づいて実質資本ストックを算出するが、ベンチマークとなる  $K$  の初期値を推計する必要がある。そこで、80年時点での産業別時価簿価比率を求めて80年の簿価に乗じることで、ベンチマークとなる80年の産業別実質資本ストックを推計する。時価簿価比率は、

$$\text{時価簿価比率} = \text{実質純資本ストック} / \text{資本ストック簿価} \quad (5.6)$$

である。

産業別実質純資本ストックは、内閣府「国民経済計算」「民間企業資本ストック」から推計した<sup>17</sup>。

産業別資本ストック簿価は、財務省「法人企業統計年報」より非金融法人・有形固定資産簿価（土地・建設仮勘定を除く）の業種別計数を用いた。

以上のデータを使って業種別に80年の時価簿価比率を求め、それを各企業の80年資産簿価に乗じて実質（純）資本ストックを推計した。

### ④ 資本減耗率

資本減耗率は、前述のように粗資本ストックにおける除却率とは異なるものである。本推計では、Hayashi and Inoue (1991) で用いられた資産別減耗率を利用した。

### ⑤ 稼働率

①～④により償却資産の実質資本ストックを求めることができる。さらに償却資産の資本投入量を求めるためには、償却資産の稼働率を実質資本ストックに乗じることが必要となる。製造業の稼働率については、経済産業省「鉱工業生産・出荷・在庫指数」統計の業種別稼働率指数を用いて実稼働ベースでの資本ストックを求めることができる。

<sup>16</sup> 例えば、95年固定資産マトリクスで、Z産業の固定資産に含まれる機械機器（除く輸送用機器）のうち、70%が一般機械、20%が電気機械、10%が精密機械だった場合、Z産業の95年機械機器（除く輸送用機器）資本財価格＝95年一般機械国内卸売物価×0.7＋同年電気機器国内卸売物価×0.2＋同年精密機械国内卸売物価×0.1となる

<sup>17</sup> 詳細は付注5-2を参照のこと。

一方、非製造業については、鎌田・増田（2000）の方法にもとづき、財務省「景気予測調査」の非製造業設備判断 BSI と業務用電力原単位によって推計したものを  
用いた<sup>18</sup>。

## (2) 土地

土地の時価については、経済企画庁（1997）を参考に以下の方法で推計した。

	t 期	t+1 期
市街地価格指数（不動産研究所）	$P_0$	$P_1$
期中増加	-	$L_a$
期中減少	-	$L_d$
期末簿価	$BV_0$	$BV_1 = BV_0 + L_a - L_d$
期末時価	$MV_0$	$MV_1$

としたとき、

$$MV_1 = (BV_0 - L_d) \cdot (MV_0 / BV_0) \cdot P_1 / P_0 + L_a$$

である。

なおベンチマークとする 80 年の時価は、内閣府「国民経済計算」の非金融法人企業・土地資産額と、財務省「法人企業統計年報」の土地簿価額から算出した時価簿価比率を、80 年簿価に乗じて求めた。

## (3) 棚卸資産

棚卸資産は、(a) 商品・製品、(b) 販売用不動産、(c) 半製品・仕掛品、(d) 未成工事支出金、(e) 原材料に分けた。実質化にあたっては、(a) は第 2 節で用いたデフレーター、(b) は市街地価格指数、(d) は建設工事デフレーター、(e) は国内卸売物価指数、(c) は (a) と (e) の平均を用いた。

以上で求められた (1)～(3) を合計し、資本投入量とした。これにより付加価値、労働投入量とともに DEA 法を用いて Malmquist 生産性指数の計算を行うことができる。

<sup>18</sup> 業務用電力原単位を設備判断 BSI とタイムトレンドで回帰し、定数項と BSI 項の合計をその最大値で除したものを非製造業稼働率とした。

## 第6章 Malmquist 生産性指数の動向

### 1. 業種別 Malmquist 生産性指数の算出

前章で求めた企業毎の付加価値、労働投入量、資本投入量を使って、Malmquist 生産性指数を算出する。算出には線形計画法を応用した DEA 法を用いるが、本稿では豪 New England 大の Coelli 教授が開発した「DEAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis (Computer) Program」を利用した<sup>19</sup>。生産関数は、2インプット（期首期末平均労働投入量、同資本投入量<sup>20</sup>）、1アウトプット（付加価値）の input-oriented モデルとした。

これにより、化学、鉄鋼、電気機械、自動車・同部品、建設、小売、不動産、サービス（物品賃貸および民間放送を除く）の主要8業種について、それぞれ Malmquist 生産性指数、技術変化、技術効率性を算出した。

図表6-1～6-8は、算出した技術変化、技術効率性の3年中心移動平均をとって Malmquist 生産性指数とともにプロットしたものである。原数値のグラフは付図6-1～6-8に掲げている。

#### (1) 化学（図表6-1 a）

化学の Malmquist 生産性指数（以下 MPI）は、80年代は87年度頃まで1.0をやや上回って推移しており、生産性は緩やかに上昇していたことがわかる。MPI を技術変化と技術効率性に分けてみると、特に80年代後半は技術変化が1.0を上回って上昇する一方、技術効率性は1.0を下回っている。これは、当業種の中で最も生産性の高い企業群の技術水準の変化と、その他の企業のキャッチアップによる差が拡大したことを示している。

この時期、大手石油化学メーカーを中心に大規模な資本調整が行われた。日本の石油化学メーカーは、80年代前半に至るまで設備投資競争を続けてきたことによる過剰設備体質に苦しんでいたが、83年に特定産業構造改善臨時措置法が成立し、84～85年にかけて大規模な設備廃棄が行われたことで需給バランスの調整が進んだ。それに伴ってエチレンプラントの稼働率は向上し、また人員合理化等も行われ、大手エチレンセンターの収益状況は改善した。しかし化学には、医薬品等、より生産性の高い業態も含まれる。石化メーカーは売上高が頭打ちでも資本調整によって生産性を改善させたのに対し、医薬品は80年代前半に医療費抑制策の影響で伸び悩んだが、中盤は生産を伸ばして稼働率も高まった。そのため化学全体の生産性向上を特に技術変化の面で牽引しているのは、医薬品等によるところが大きい。実際、大手石化メーカーの技術効率性はこの時期に低下している一方、医薬品等の技術フロンティアに近い企業の技術変化は向上している。

<sup>19</sup> 他のプログラムとして、Warwick DEA や IDEAS、Frontier Analyst 等がある。

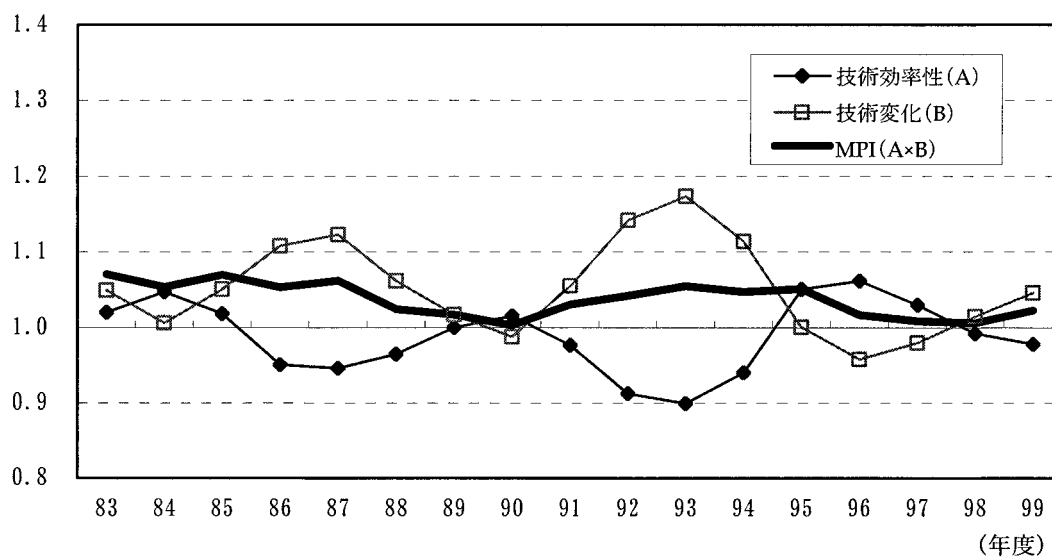
<sup>20</sup> いずれも当期首＝前期末と見なしている。

89、90年と技術変化、技術効率性はともに1.0に近づき、MPIの伸びはみられなくなったが、その後93、94年にかけては技術変化の進展がみられたものの技術効率性は1.0を大きく下回る事となった。これは、①医薬品の生産の伸びは90年前後までは鈍化した状況にあったが、その後は新薬投入等により再び増加基調となったこと、②大手石化メーカーはバブル期の需要増大により89年まで高い収益性を誇ったが、平成不況に入って需要が急速に減少するとバブル期に再び高水準の投資を行ったことによる負担増が収益を圧迫し、生産性が低下したこと等によるものである。

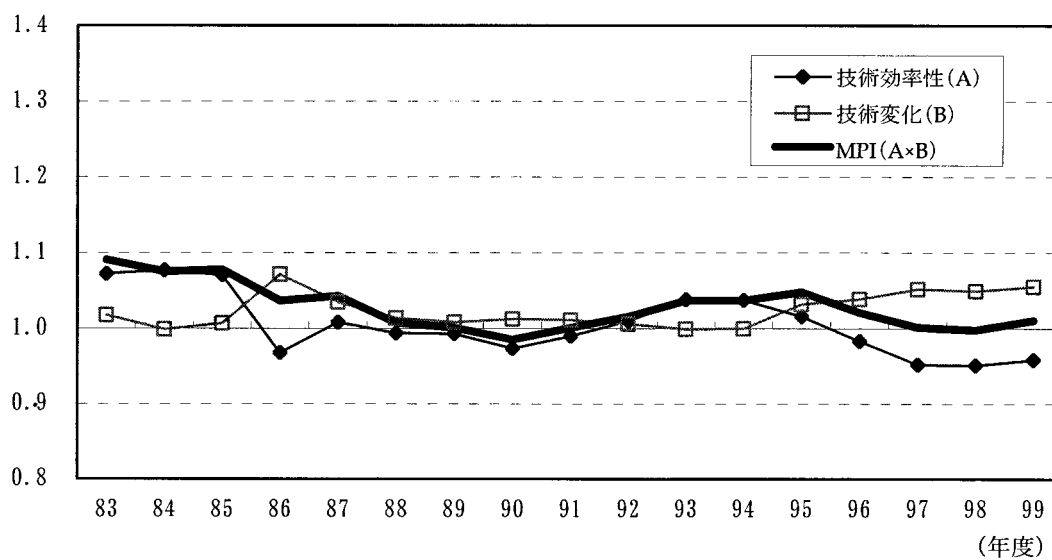
90年代後半になると、それまで1.0を上回り伸びを続けていた技術変化は低迷し、1.0を割り込むようになった。この背景には、90年代に入って薬価改定が相次ぎ、医薬品メーカーの生産に大きな影響を及ぼしたことが考えられる。新薬開発や規制緩和による販売網拡大もマイナス要因を補うには至らず、結果的には生産性が低迷することとなった。一方、石化メーカーは、94年頃から需要が持ち直しはじめたのに伴い、生産性も回復基調となった。医薬品等を中心とした技術フロンティア水準の上昇がみられなくなったことから、相対的に技術効率性の落ち込みは改善され、1.0を上回る状況がしばらく続いた。しかし近年は長引く不況による供給過剰の状況が続いて石化メーカーの生産性は低迷しており、化学全体としてのMPIも低位に留まっている。医薬品を除く化学で90年代のMPIの動きを追ってみると（図表6-1b）、一貫して低位な伸びに留まっており、特に近年は1.0程度の水準が続いている。

なお、技術変化の伸びと技術効率性の伸びの差をみることで、技術に関する産業内格差拡大の程度がわかる。90年代前半は、化学全体で見ると医薬品の伸長と石油化学の低迷により大きな格差が生じ、その後、両者の差は縮まっている。しかし医薬品を除く化学でみても、むしろ90年代前半に格差が縮小、後半にやや拡大している。このように近年、産業内で格差が広がりつつあるのは、医薬品を除く化学だけでなく、後述するいくつかの産業にもみられる特徴となっている。

図表6-1 a 化学工業（135社）のMPI（3年移動平均）



図表6-1 b 化学工業（医薬品を除く、102社）のMPI（3年移動平均）



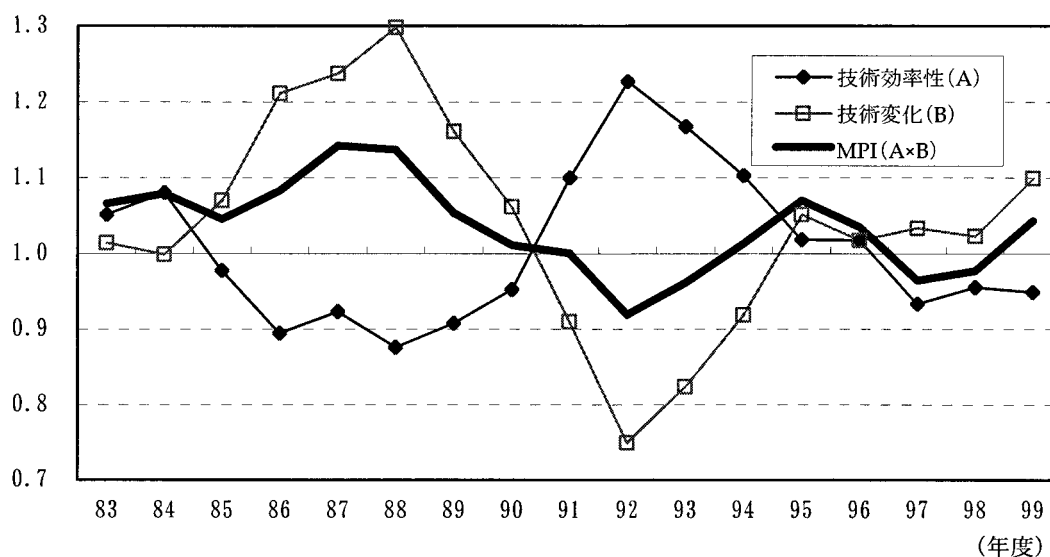
(2) 鉄鋼（図表6-2）

鉄鋼のMPIは、80年代は1.0を上回る傾向にあり、生産性は上昇していたといえる。特に80年代後半は技術変化が大きく伸びており、技術フロンティア上にある企業の技術水準が上がっていた。技術フロンティアを構成する企業は高炉メーカーが比較的多いが、そうした企業の収益状況は、80年代前半は低迷しており、円高不況の影響を受けて輸出が低迷した86年には高炉5社の経常損益は大幅な赤字に転落した。その後、各社はリストラ策を進める一方、80年代後半にバブル景気により内需が大幅に拡大すると、各社の収益性は改善し、生産性は大きく向上することとなった。

各社は内需見通しに対応するため89年から再び設備投資を増加させ、92年まで4年連続で前年を上回る水準の投資を続けた。しかし実際には、内需は90年頃を境にピークアウトしはじめたため、各社の投資負担や人件費が収益を圧迫することとなり、各社の生産性は91年から大きく低下した。高炉以外の鉄鋼メーカーもバブル崩壊による内需の冷え込みの影響を受けて収益状況は悪化したが、大手高炉メーカーに比べると生産性の落ち込みが相対的に小さかったため、技術フロンティアとの距離は縮まった。しかし鉄鋼業全体のMPIは1.0を下回る状況が90年代前半続いた。

90年代後半については、技術変化が若干ではあるものの1.0を上回って伸びている。これは技術フロンティア企業が、生産設備の集約や不採算部門からの撤退、あるいは雇用調整等の経営努力を行ったことが背景にあると考えられる。2000年は全体のMPIも上方に若干引き上げられているが、その一方で技術効率性は97、99年は1.0を下回っており、両者の格差がやや広がっている。

図表6-2 鉄鋼業（52社）のMPI（3年移動平均）

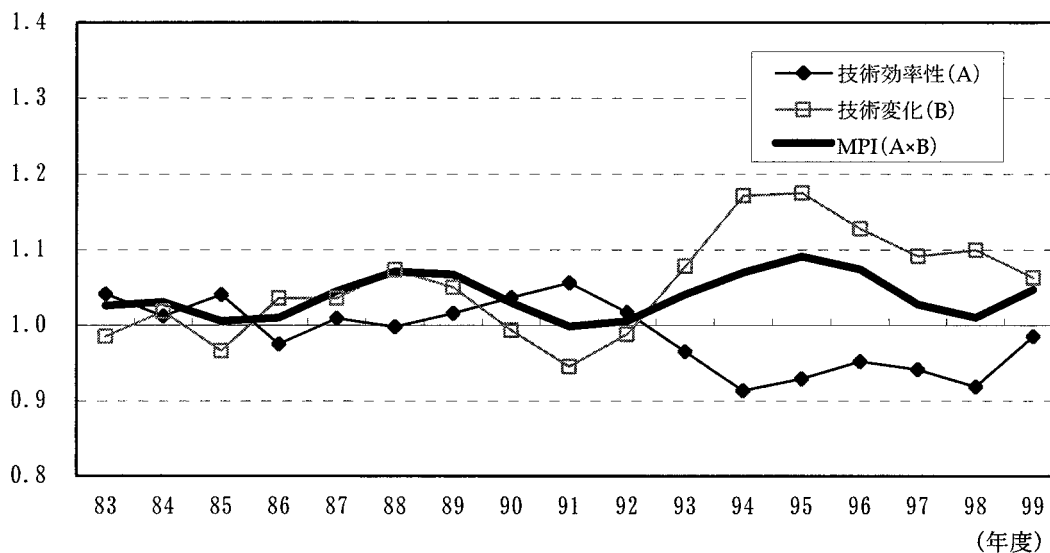


(3) 電気機械 (図表 6-3)

電気機械の MPI をみると、80 年代後半からバブル期にかけては 1.0 を上回って伸びた後、平成不況とともに低下しており、この部分に関しては化学や鉄鋼に似た動きをしている。しかし平成不況からの回復期において、電気機械の MPI は比較的堅調な伸びを示した点については特徴的となっている。

特に 93 年から 96 年頃にかけて技術変化の伸びが大きいのが、これは情報技術関連財への需要が 90 年代に大きく増えるなかで、技術フロンティアの企業の生産性が向上したことが原因になっている。しかしその一方で、技術効率性は 1.0 を下回っており、技術フロンティア上の企業とそうでない企業との生産性格差はこの時期に広がっていたことがわかる。一般的な TFP による生産性分析では、電気機械は近年の日本の生産性上昇を牽引してきた代表的な業種であると論じられることが多く、実際、本稿の MPI による分析でも、90 年代は多くの年で 1.0 を上回り、他の業種に比べて高い生産性の伸びが確認されている。しかしその内訳をみると、それは技術フロンティア上の企業のさらなる技術進歩によるものであり、技術非効率的な企業との格差は拡大していたと考えられる。

図表 6-3 電気機械器具 (123社) のMPI (3年移動平均)



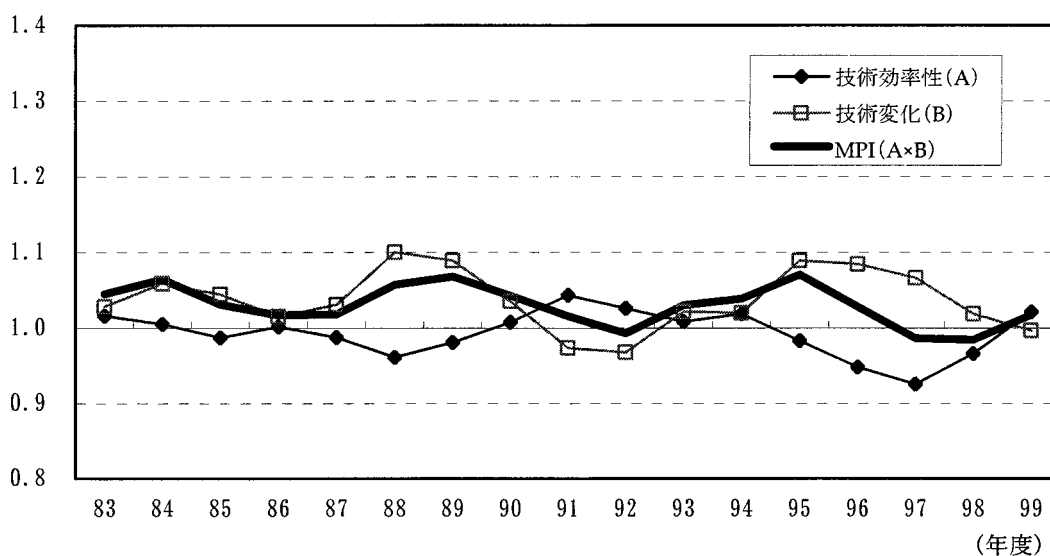
(4) 自動車・同部品 (図表 6-4)

自動車・同部品も 90 年代半ばまでは電気機械と同様の動きを示している。80 年代後半からバブル期にかけては生産性も大きく上昇しており、この時期の同業種の好調さを反映した動きとなっている。90 年代後半以降は、MPI が伸び悩み、生産性は低迷した動きになっている。平成不況に入った時期は技術変化が 1.0 以下に低下しており、



技術フロンティア上の企業の生産性が落ち込んだことが全体の MPI を押し下げている。その後、90 年代半ばになり、需要の回復とともに完成車メーカーを中心に事業のリストラが推し進められたことにより、技術変化は再び上昇した。その一方で、技術フロンティアから離れたところに位置する部品メーカーは収益性の低迷に苦しみ、技術効率性は低下した。近年は両者とも伸び悩んでおり、MPI 全体の伸びは低位にとどまっている。

図表 6-4 自動車・同部品（73社）のMPI（3年移動平均）



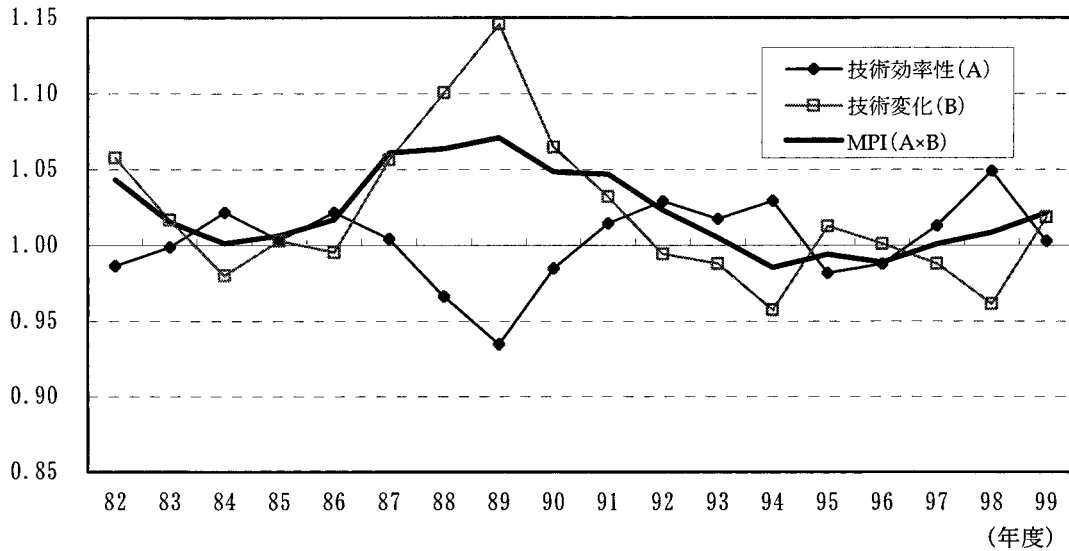
(5) 建設（図表 6-5）

建設業の MPI は、80 年代後半に大きく上昇した後、平成不況以降は低迷が続いている。80 年代後半からバブル期にかけては技術変化の上昇が顕著だが、これは民間の建設需要が住宅、非住宅とも大きく伸びるなど、主に需要側の拡大に支えられて生産性が上昇したためと考えられる。

しかし 90 年代に入って平成不況に突入すると、技術変化が大きく落ち込み、MPI を引き下げる事となった。技術フロンティア上にある生産性の高い企業も、バブル期に積み上がった資本や労働の負担が大きくなり、リストラ策を迫られるようになった。実際、建設業の上場企業の従業員数は、90 年度に 337 千人だったものが 2000 年度には 313 千人に減ったが、その一方で固定資産の対資産合計比は 90 年度の 19% から 2000 年度は 35% に上昇しており<sup>21</sup>、資本面での負担が増加していたことがわかる。単年度では 96、99 年度に技術変化が 1.0 以上となったものの、基調としては 1.0 を下回る状況になっており、全体の生産性を押し下げている。

<sup>21</sup> 日本政策投資銀行設備投資研究所（2002）による。

図表6-5 建設業（117社）のMPI（3年移動平均）



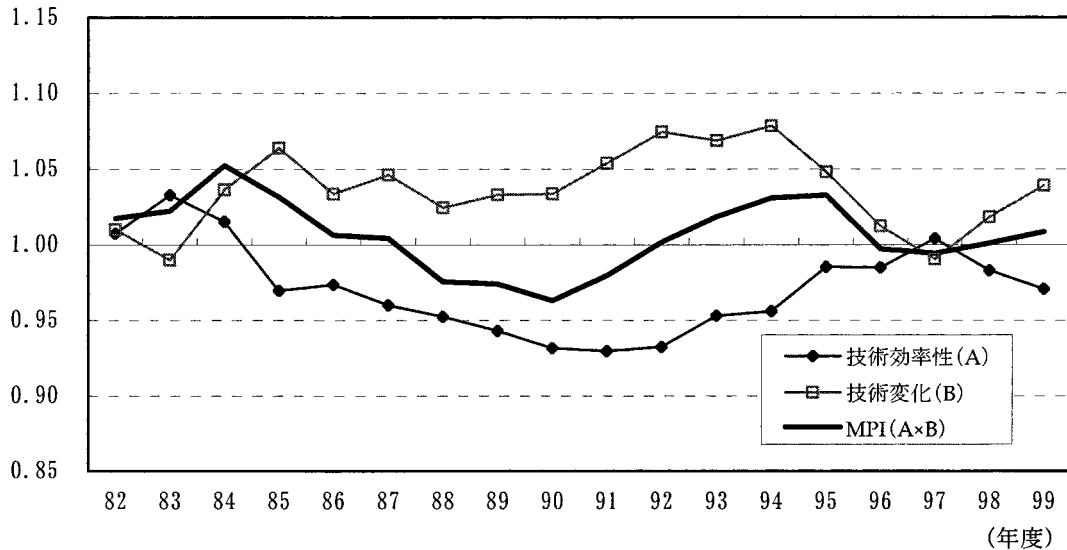
(6) 小売（図表6-6）

小売業のMPIは、80年代は87年頃まで1.0を上回っており伸びがみられたが、その後92年頃にかけては低迷が続いていた。93～95年にかけては再び伸びがみられるが、80年代後半から90年代半ばにかけて一貫して技術変化は1.0を上回り、逆に技術効率性は1.0を大きく下回っていたことが特筆される。

この時期の技術変化の伸びは、主にスーパーやコンビニエンスストアによるものであった。技術フロンティアは、このような百貨店等に比べて新しい業態が台頭してきたことによって向上した。バブル期を挟んでもこうした技術変化と技術効率性の乖離は続いたが、それはもともと技術フロンティア上になかった百貨店等の生産性が悪化しただけではなく、80年代には技術フロンティア上にあった一部の百貨店が、バブル期の投資の失敗によって後にフロンティアから脱落したこともよっている。

90年代後半以降は、MPIの伸びは低位に推移している。技術変化は単年でみると99年に伸びているもののそれ以外の年では低調であり、技術効率性は一貫して1.0を下回って推移している。個人消費の長期低迷が続くなかで、技術フロンティアにあるスーパーやコンビニエンスストアといった業態の生産性の伸びが抑制的になる一方、それ以外の企業も技術フロンティアの企業にキャッチアップすることなく、より生産性が低くなっていることを示している。

図表 6-6 小売業（51社）のMPI（3年移動平均）



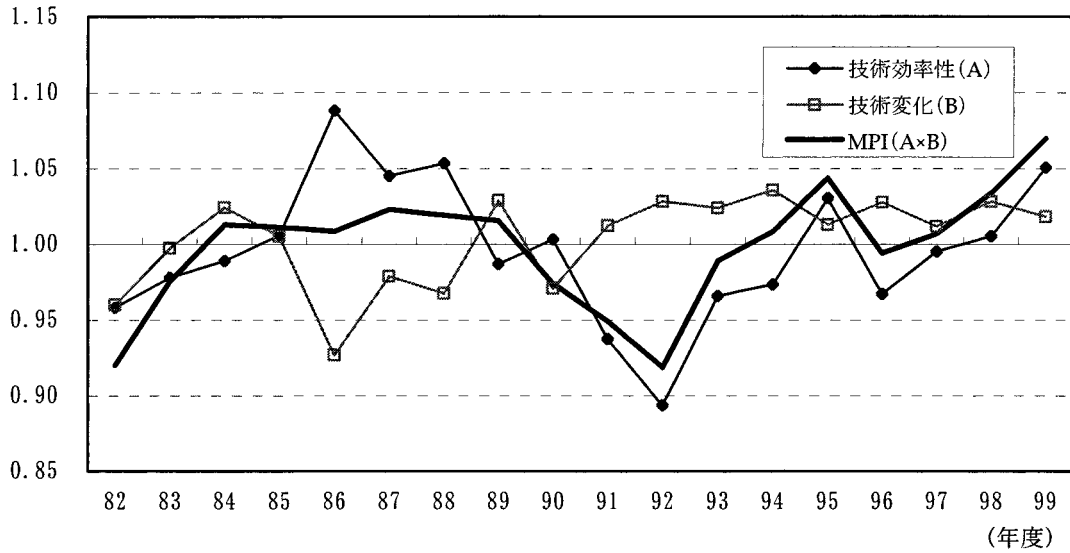
(7) 不動産（図表 6-7）

不動産については、80年代半ばから後半にかけてオフィス着工床面積が増加するなか、技術フロンティアにある一部企業の投資負担が高まって技術変化が1.0を下回ったが、技術効率性が改善して全体的にはMPIが1.0を上回っていた。しかし平成不況に入りオフィス着工床面積が前年を下回るようになると、技術効率性は極度に悪化し、技術フロンティア上にない企業は生産性の低下に苦しむこととなった。技術フロンティア上の企業の生産性も1.0は上回っているものの伸びが低く、90年代前半のMPIは大きく低下することとなった。業態の違いから、数多くの賃貸物件を有する大手総合不動産に比べると、物件数の少ない中堅企業では生産性の上昇・下降幅が大きく、特にこの時期の落ち込み幅は大きくなっている。

90年代後半、各社は悪化した生産性の改善に努めるべく、資産圧縮や従業員の削減といったリストラ策の遂行を進めた。99年頃からは技術変化、技術効率性ともに改善しており、MPIにも持ち直しの傾向がうかがわれる<sup>22</sup>。

<sup>22</sup> 日本政策投資銀行設備投資研究所（2002）によると、不動産業・上場企業の使用総資本事業利益率は96年1.8%だったが、99年2.5%、2000年2.9%と上昇している。

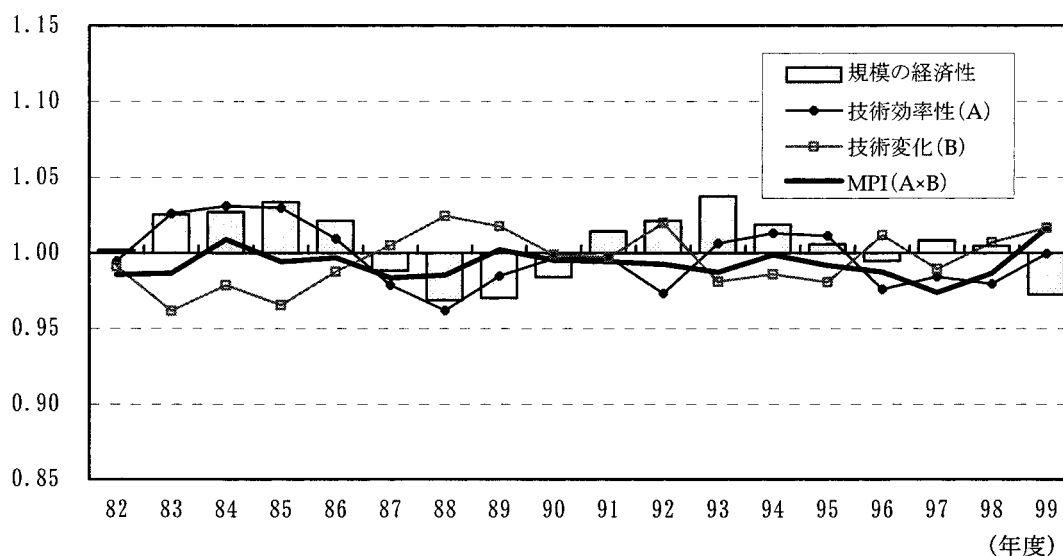
図表6-7 不動産業（18社）のMPI（3年移動平均）



(8) サービス（物品賃貸・民間放送を除く）（図表6-8）

サービスについては、リースを含む物品賃貸や民間放送を除いて MPI を算出した。上述した他業種に比べるとあまり大きな変動はなく、全体的に 1.0 近辺で推移しているが、バブル期以降は 1.0 を下回る傾向が強くなっている。技術フロンティア上の企業には情報サービスやエンジニアリングといった事業所向けサービスが多いが、90 年代の景気後退期には需要の低迷から生産性が低下している。一方、技術フロンティア上でない企業はホテル・旅館や映画・娯楽が中心となるが、個人消費の不振が長引くなかで技術効率性の伸びがみられなくなっている。特に 2000 年は技術効率性が落ち込んだが、その内訳をみると規模の経済性の低下によるところが大きくなっており、各社資産のスリム化や人員合理化に努めているものの、目立った収益性の回復にはつながらず生産性が低迷していることがうかがわれる。

図表6-8 サービス業（物品賃貸・民間放送を除く、35社）のMPI（3年移動平均）



## 2. まとめ

以上8業種のMPIの動きについてまとめると、以下のようになる。

- (1) 製造業、非製造業とも80年代後半からバブル期にかけてMPIは上昇し、バブル崩壊とともに低下した。しかしその落ち込み幅や90年代半ばの景気回復局面での持ち直しの動きには業種によってばらつきがみられる。
- (2) 製造業については、多くの業種で90年代後半以降、技術フロンティア上の企業の生産性とそれ以外の企業の生産性との間に乖離がみられ、生産性に関する企業間格差が拡大している。
- (3) 非製造業については、90年代後半に、生産性に関して製造業ほどの企業間格差はみられないが、多くの業種でMPIが全体的に低迷している。

なお、こうした結果については、推計上の問題点を考慮する必要がある。例えば、生産性の動きからそれに対して景気変動が及ぼす影響をできるだけ取り除くことが求められる。そのため、本稿では実稼働ベースで資本や労働の投入量を算出しているが、それに用いている稼働率や実労働時間はあくまで産業ベースのデータであり企業固有のデータではないため、景気変動の影響が完全に除去されているわけではない。したがって、生産性の動向に景気変動の影響が少なからず現れている部分があると思われる。ただし企業固有の付加価値、資本、労働の関係性は考慮されているため、マクロレベルで集計された資本・労働

投入量を用いて算出した TFP 等と比べると、その影響は軽減されていると考えられる<sup>23</sup>。

このような MPI、そして産業内の企業間格差の状況を踏まえて、次章では日本の生産性向上のための政策のあり方について考察する。

---

<sup>23</sup> 好況の影響が、何らかの理由により一部企業にしか及ばないようなケースが挙げられる。例えばある好況期に一部企業が大規模な資本投入を行った結果、その伸びを上回るような付加価値の伸びがみられ、かつマクロ的に計測した TFP も高まった場合でも、MPI は、その企業にキャッチアップできない企業が相当数あれば技術効率性が低下して伸びが抑制される可能性がある。

## 第7章 企業間格差を踏まえた生産性向上策

### 1. 生産性に関する企業間格差の類型

これまでみてきたように、90年代以降の日本の生産性は総じて低迷している。企業の財務データにもとづいて算出したMPIで生産性を測ると、マクロ統計によるTFPほど90年代以降の生産性の低下は顕著ではないものの、近年のMPIの動きには総じて低下傾向がうかがわれる。生産性が日本の経済成長において重要な役割を果たしている以上、低迷する生産性を向上させることが必要となる。もちろんそれは、各企業において技術革新やその他様々な生産性向上へ向けての取り組みが積み重ねられて達成されるべきものである。しかし、製造業のように生産性の水準のシフトつまり技術進歩の度合いについて企業間で格差が生まれていることを考えると、何らかのボトルネックや障害が市場に存在していることによって企業あるいは産業全体の効果的な生産性向上が妨げられているならば、そうした状況の打開に効果的な政府による支援策が求められるだろう。

そこで生産性の企業間格差をいくつかに類型化したものが図表7-1である。図表7-1では、技術フロンティア上の企業とそれ以外の企業とによる生産性動向の相違が、ネットでMPI全体を押し上げているか否かによって4つに分けられている。ケースAは、技術変化、技術効率性ともに上昇している場合である。ケースBは、技術変化は上昇しているが技術効率性が低下している、つまり技術非効率な企業が技術フロンティア上の企業の生産性水準にキャッチアップできずに遅れをとっている状態であり、企業間格差が拡大している場合である。この場合は、全体のMPIが上昇しているか低下しているによってさらに二つに分けられる。ケースB1は全体のMPIが十分に上昇している場合、ケースB2は十分には上昇していない、または低下している場合である。後者の傾向は90年代後半以降の製造業主要業種にみられるものである。またケースCは、技術変化は低下して

図表7-1 生産性の産業内格差の類型

	生産フロンティア上の企業の技術変化	生産フロンティア上でない企業の技術効率性	
ケースA	↑	↑	先端的な技術が進歩しており、かつ後発企業もキャッチアップ。
ケースB	↑	↓	先端的な企業は生産性を向上させているが、他の企業と格差が拡大。
(ケースB1)			・全体のMPIが十分に上昇。
(ケースB2)			・全体のMPIが十分に上昇せず又は下落。
ケースC	↓	↑	先端的な企業が生産性が低迷している一方、その他の企業が生産性は相対的に改善。
ケースD	↓	↓	先端的な企業が生産性が低迷し、他の企業が生産性もより後退。

いるが、技術効率性は上昇している場合であり、先端的な企業の生産性が低迷している分、その他の企業の技術非効率性が相対的に改善している状態である。ケース D は、技術変化と技術効率性がともに低下している場合である。両者の 90 年代後半の大まかな動きをみると、非製造業の主要業種はこのケースのような傾向が強い。

## 2. 企業間格差を踏まえた生産性向上のための施策とその方向性

では、4つの類型にそれぞれ対応する生産性向上策としてはどのような方向性が考えられるだろうか（図表7-2）。

図表7-2 産業内格差を踏まえた生産性向上のための施策・方向性

類型	方向性	施策例
ケースA/B1	知的基盤の一層の整備	知的財産権の保護、産学官連携
ケースB2 ケースD	技術スピルオーバーへの支援	①企業間連携の促進 ・共同研究の組織形態の多様化（中小企業や個人を含む） ②人材流動化のための制度整備 ・人材評価、営業秘密保護制度 ③知的財産の流通促進 ・滞留知財の評価
	資本設備調整の円滑化	事業再構築等への支援
ケースC ケースD	重点的・効率的な技術開発への支援	①研究開発体制の見直し ・マネジメント能力の強化支援 ②人材流動化のための制度整備 ③先端技術の事業化促進 ・産学官連携の体制整備等
	資本設備調整の円滑化	事業再構築等への支援

- (備考) 1. 施策例は経済産業省・産業構造審議会「イノベーション促進のためのシステム改革について」等による。  
2. 各ケースに対応する方向性・施策は、特に注力すべきものについて便宜的に対応させて記したものであり、実際はケース間で重複する。

まず、技術フロンティアは進歩しているが、他の企業の技術非効率性（技術フロンティアからの乖離）が大きく、産業全体では生産性が低迷している場合（ケース B2）、技術フロンティアに外部化可能な技術が存在していれば、非効率的な企業への技術のスピルオーバーを促す施策は効果的であると考えられる。例えば、事業化されずに滞留している知的財産権の有効利用や、人材流動化による効率的な人的資本活用のための制度整備、共同研究による企業間連携の促進等がその例として挙げられる。また生産設備の集約化等事業再構築による生産性改善への支援も重要となる。

また、技術フロンティアが後退する一方、他の企業の生産性が相対的に改善している場合（ケース C）は、技術フロンティア上の企業の技術進歩に何らかのボトルネックがあると考えられる。したがって、技術フロンティア上の企業における研究開発マネジメントの

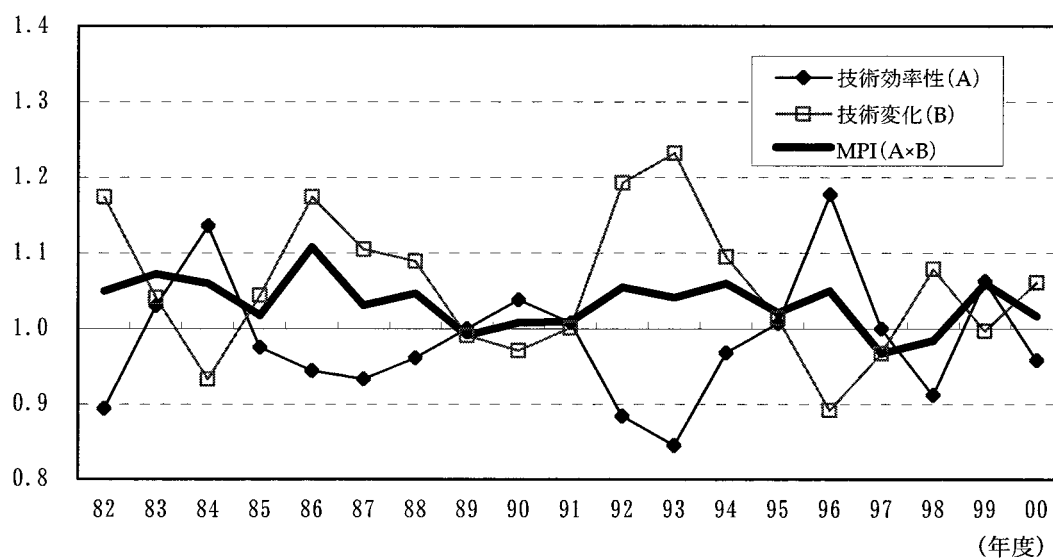


強化や先端技術の事業化促進等に対する支援が有効となる。

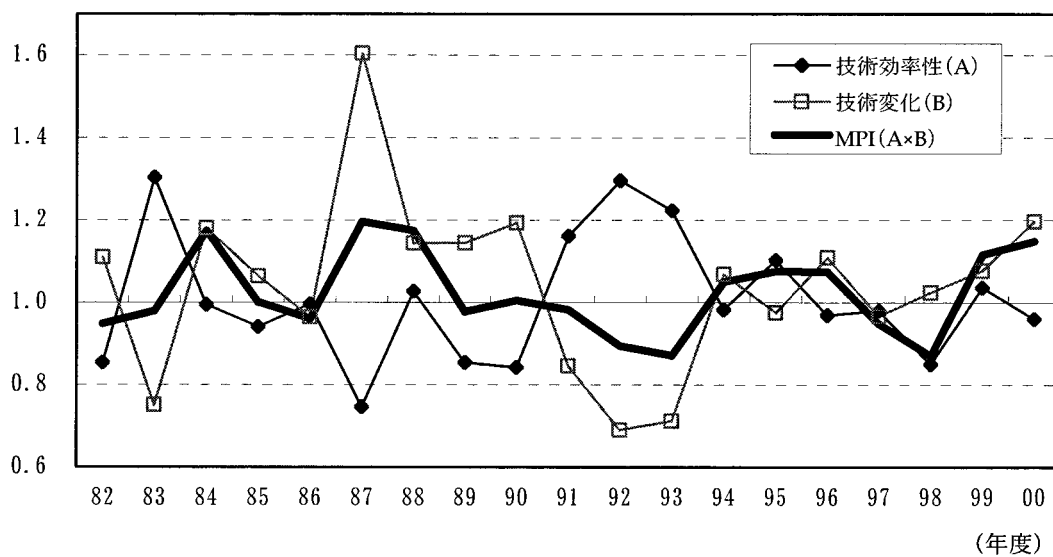
さらに、技術フロンティアが進歩し、かつその他の企業の技術効率性も向上している場合（ケース A）、あるいは技術フロンティアの進歩が、その他の企業の技術非効率を十分に上回っている場合（ケース B1）においても、技術進歩が生産性の向上に一層寄与するための環境整備が求められる。イノベーションの創出や事業化の促進とともに知的財産権の保護や産学官連携等を通じた知的基盤の整備が不可欠である。

これまで日本では、産業別、分野別、地域別といったそれぞれの観点から政策の目的性が設定され、数々の施策が実行されてきた。しかし、日本の多くの産業で生産性の伸びが低迷している現在、企業や産業全体の生産性向上そのものを意識しつつ施策の目的を明確化する必要性が出てきている。各産業内における生産性に関する企業間格差を定量的に認識して各々に適切な施策の方向性を打ち出すことは、施策の目的の明確化に資するとともに、実際にどの程度生産性向上に寄与をしたかという政策効果を見極める上でもより有効なものとなろう。

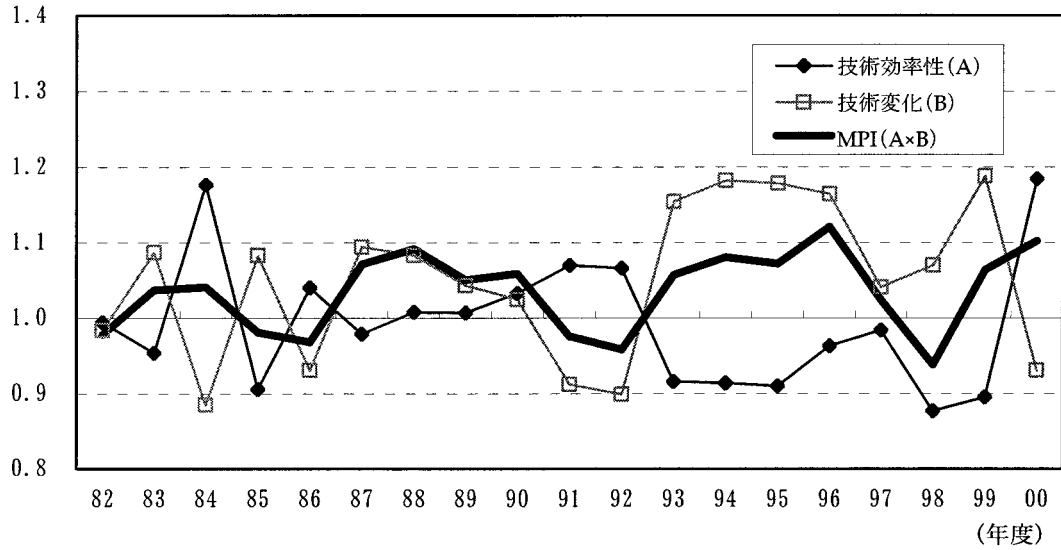
付図6-1 化学工業（135社）のMPI



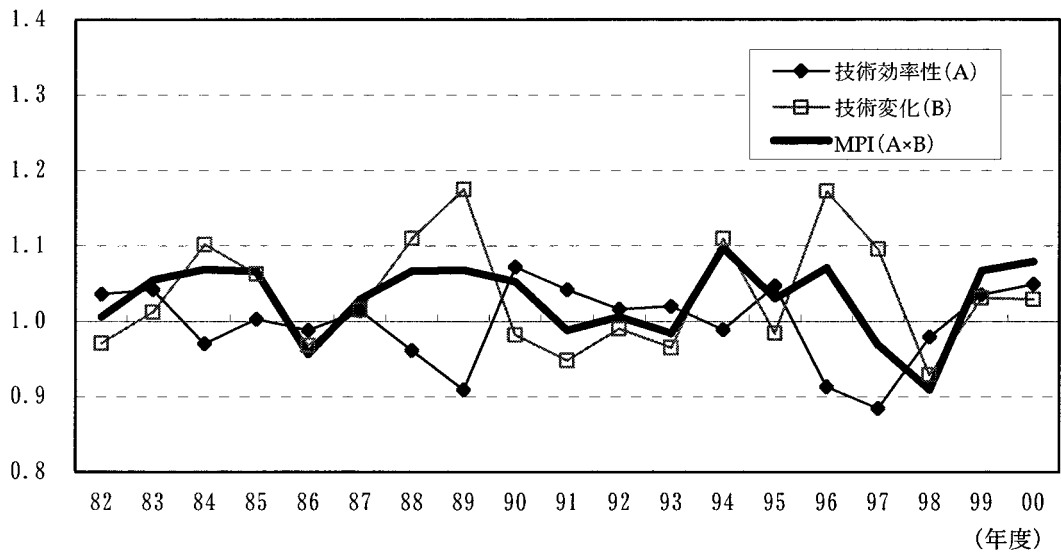
付図6-2 鉄鋼業（52社）のMPI



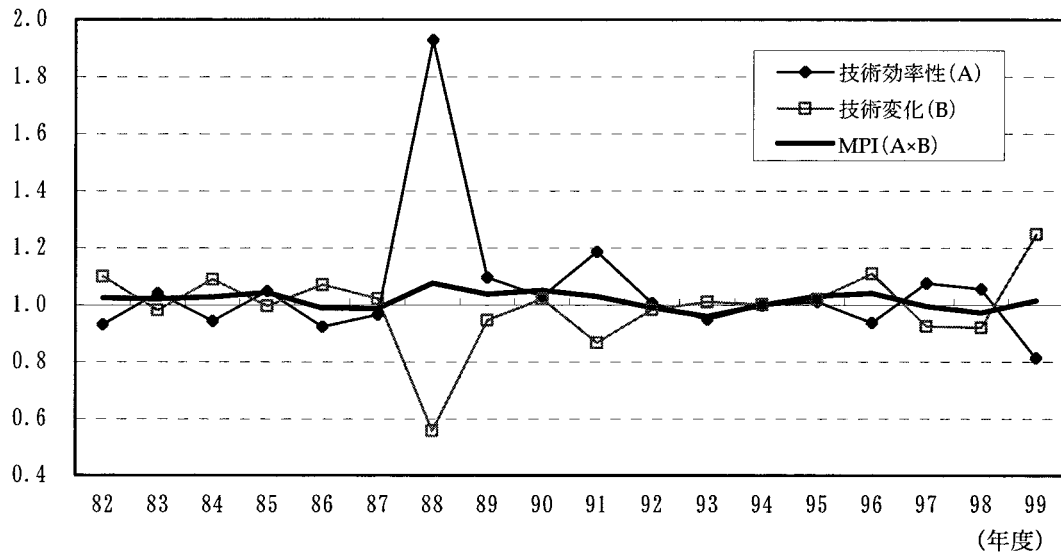
付図6-3 電気機械器具（123社）のMPI



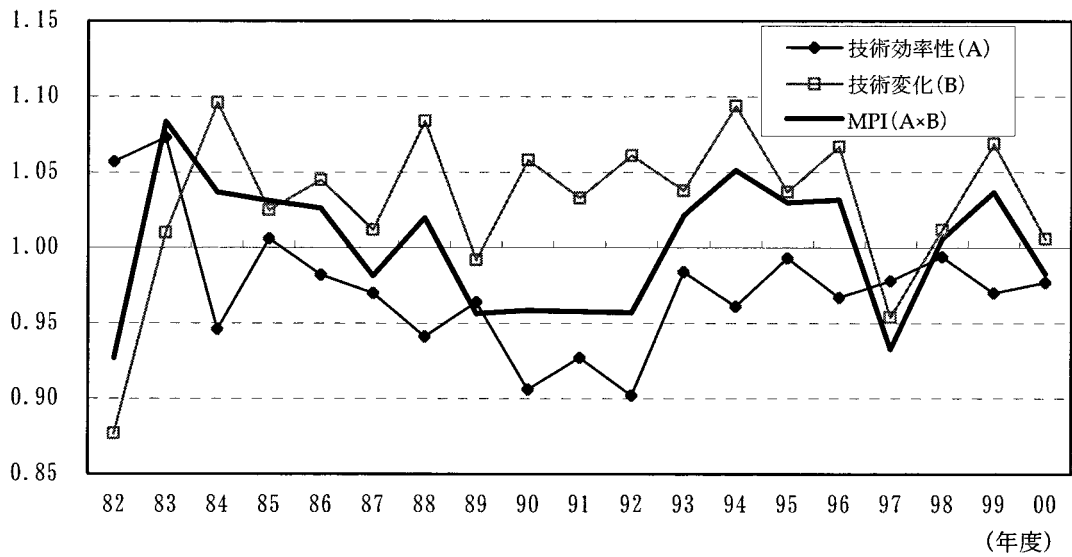
付図6-4 自動車・同部品（73社）のMPI



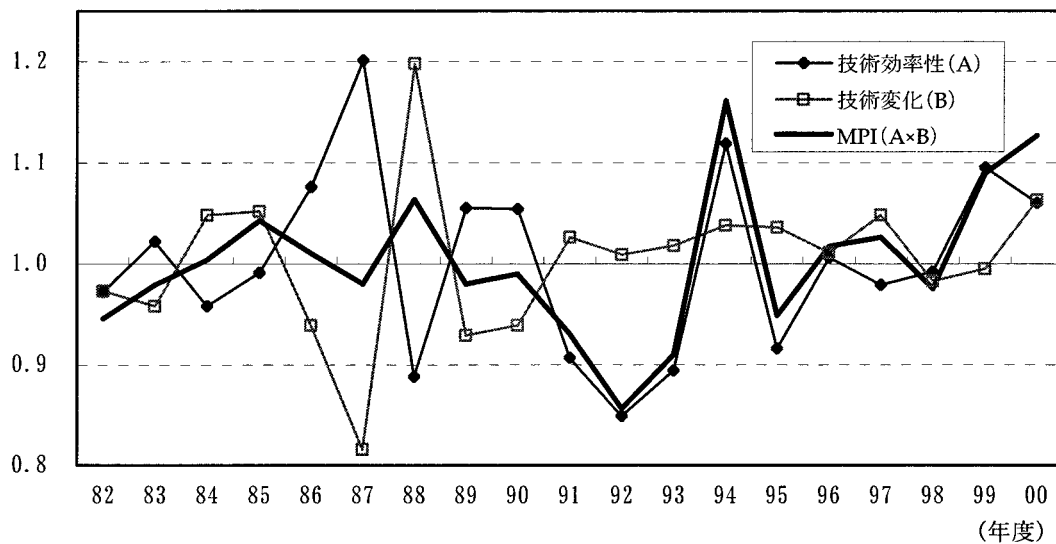
付図6-5 建設業(117社)のMPI



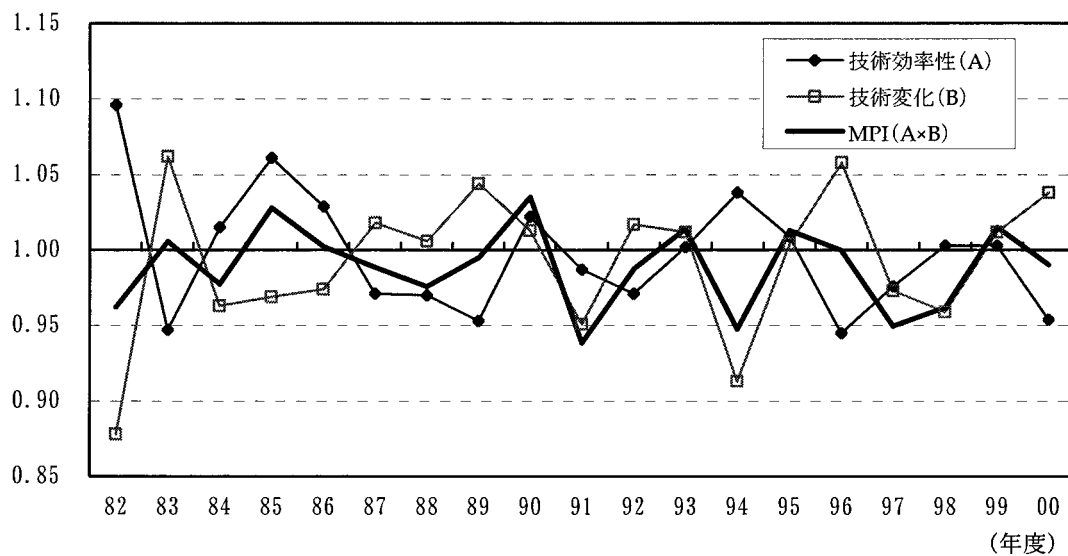
付図6-6 小売業(51社)のMPI



付図6-7 不動産業（18社）のMPI



付図6-8 サービス業（物品賃貸・民間放送を除く、35社）のMPI



付表6-9 技術効率性の産業内格差（製造業）

	化 学			化学（除く医薬品）			鉄 鋼		
	技術変化	技術効率性	格差	技術変化	技術効率性	格差	技術変化	技術効率性	格差
81～85FY	1.05	1.01	0.04	1.04	1.04	0.00	1.03	1.02	0.00
86～90FY	1.07	0.98	0.09	1.03	0.99	0.04	1.21	0.89	0.32
91～95FY	1.11	0.94	0.16	1.00	1.02	▲ 0.02	0.86	1.15	▲ 0.29
96～00FY	1.00	1.02	▲ 0.02	1.05	0.96	0.09	1.07	0.96	0.12

	電気機械			自動車・同部品		
	技術変化	技術効率性	格差	技術変化	技術効率性	格差
81～85FY	1.01	1.01	0.00	1.04	1.01	0.02
86～90FY	1.04	1.01	0.02	1.05	0.99	0.06
91～95FY	1.07	0.98	0.09	1.00	1.02	▲ 0.02
96～00FY	1.08	0.98	0.10	1.05	0.97	0.08

付表6-10 技術効率性の産業内格差（非製造業）

	建 設			小 売			不動産		
	技術変化	技術効率性	格差	技術変化	技術効率性	格差	技術変化	技術効率性	格差
81～85FY	1.02	0.99	0.03	1.00	1.02	▲ 0.02	1.01	0.99	0.02
86～90FY	1.09	0.98	0.11	1.04	0.95	0.09	0.96	1.05	▲ 0.09
91～95FY	0.97	1.03	▲ 0.06	1.05	0.95	0.10	1.03	0.94	0.09
96～00FY	1.00	1.00	0.01	1.02	0.98	0.04	1.02	1.03	▲ 0.01

	サービス(物品賃貸・民間放送を除く)		
	技術変化	技術効率性	格差
81～85FY	0.97	1.03	▲ 0.06
86～90FY	1.01	0.99	0.02
91～95FY	0.98	1.00	▲ 0.02
96～00FY	1.01	0.98	0.03

付注2-1 研究開発支出と技術知識フロー、同ストックについて

ここでは、生産活動における技術進歩を、企業が不断に研究開発を行い、その成果が累積された結果である、技術知識の累積（技術知識ストック）という観点から捉えている。日本開発銀行設備投資研究所（1984）等を参考に、研究開発支出より技術知識フローと同ストックを推計した。

1. ある年に行われた企業の研究開発への投入は、数年間の懐妊期間を経てその成果が顕在化する。この過程を以下のような仮定のもとで定義し、顕在化する成果（技術知識フロー）を推計した。

$$R_t = RD_t + RF_t$$

$$RD_t = E_{t-a}^A + E_{t-b}^B + E_{t-c}^C$$

$$RF_t = E_t^D$$

$R_t$  :  $t$  期の技術知識フロー

$RD$ : 国内自主技術知識フロー

$RF$ : 海外導入技術知識フロー

$E^A$  : 研究開発費（基礎研究）

$E^B$  : 同上（応用研究）

$E^C$  : 同上（開発研究）

$E^D$  : 対価支払額（海外からの導入技術）

$a$  : 基礎研究が成果として顕在化するまでの期間

$b$  : 応用研究 //

$c$  : 開発研究 //

各研究開発費、対価支払額は総務省「科学技術調査報告」のデータによる。なお基礎研究、応用研究、開発研究の定義は、総務省「科学技術調査報告」に基づく。

$a$ 、 $b$ 、 $c$ については、社団法人経済団体連合会「産業技術力強化のための実態調査」（1998）、日本開発銀行設備投資研究所「民間企業の研究開発に関するアンケート調査」（1987）を参考にした。社団法人経済団体連合会（1998）により、98年、98年から5年前、同10年前の開発リードタイムが業種別に分かるが、リードタイムは多くの業種で短縮傾向にあることから、業種別に3時点の値を線形回帰してリードタイムの短縮スピードを推計した。日本開発銀行設備投資研究所（1987）により、87年時点での基礎・応用・開発研究別、業種

別の期間がわかるので、この年数に先に求めた短縮スピードを当てはめることで、業種別に各年の  $a$ 、 $b$ 、 $c$  を求めた。

$E^A$ 、 $E^B$ 、 $E^C$  については、 $a$ 、 $b$ 、 $c$  を小数点1桁の年数として、

$$a = a_i + a_j$$

$a_i$  :  $a$  の整数部分

$a_j$  :  $a$  の少数部分

とした。例えば  $E^A$  は、

$$E_{t-a}^A = a_j E_{t-a_j-1}^A + (1-a_j) E_{t-a_i}^A$$

と計算される。

国内自主技術知識フローについては、研究開発費を90年基準研究開発デフレーターで実質化している。海外導入技術知識フローについては、対価支払額のうち新規契約分は当年度のデフレーターで、継続分は平均契約年数（6年）を考慮して実質化した。

2. 1. で求めた技術知識フローをもとにストックを推計する。 $t$  期の技術知識ストック  $RS_t$  は、技術知識の陳腐化率を  $\delta$  とすると、

$$RS_t = R_t + (1-\delta) RS_{t-1}$$

と表せる。

$\delta$  は、社団法人経済団体連合会（1998）より分かる業種別の98年、98年より5年前、同10年前の製品ライフサイクル年数より推計した。技術知識ストックの陳腐化を、定率法による減価償却パターンと同等（陳腐化に伴う残存価値は原価の10%と仮定）とした。つまり、製品ライフサイクル年数を  $n$  とすると、陳腐化率は、

$$\delta = 1 - \sqrt[n]{1/10}$$

である。製品ライフサイクルは、多くの産業で短期化しており、 $\delta$  は中期的に上昇していると考えられることから、算出した3時点の  $\delta$  を線形回帰して毎年の  $\delta$  を推計した。

ベンチマークとなる  $RS$  は、恒久棚卸法を用いて74年以降3年間の平均の  $R$  の増加率と  $\delta$  を用いて計算した73年の値とした。



付注3-1 TFPの定義について

TFPの伸び率は、

$Y_i$  :  $i$ 財の産出量

$X_j$  :  $i$ 財を産出するために必要な $j$ 財の投入量

$q_i$  :  $i$ 財の価格

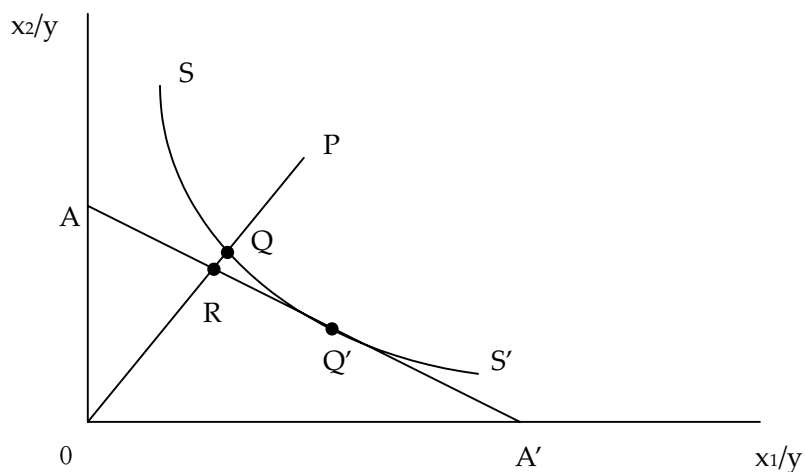
$p_j$  :  $j$ 財の価格

としたとき、

$$\dot{Y}_i - \dot{X}_j = \sum v_j \dot{p}_j - \sum w_i \dot{q}_i$$

と表される（渡辺（2001））。つまり、産出物の変化率と投入物の変化率の差あるいは投入要素価格の変化率と産出物価格の変化率の差と等しくなる。

付注4-1 技術効率性、配分効率性、経済効率性について



$y$  が産出物、 $x_1$  と  $x_2$  がそれぞれ投入物であり、 $SS'$  が技術フロンティアとすると、 $P$  の  $SS'$  からの乖離、すなわち技術効率性 **technical efficiency** は、

$$TE = OQ/O'P = 1 - (QP/O'P)$$

と表され、 $TE$  は 0 から 1 の間の値を取る。 $TE = 1$  のとき  $P$  は  $SS'$  上にあり、最も効率的となる。

さらに、投入物価格を考える。投入物価格比を  $AA'$  で表すと、企業  $P$  の投入物配分の効率性 **allocative efficiency** は、

$$AE = OR/O'Q$$

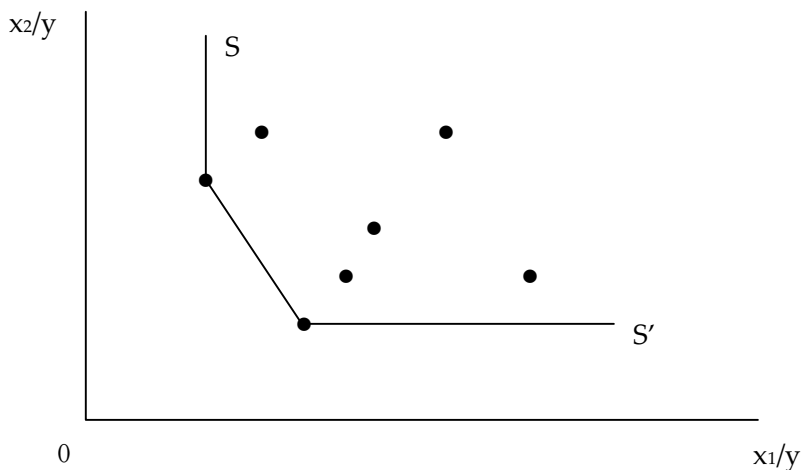
と表される。

$TE$ 、 $AE$  両者を考慮した経済効率性 **economic efficiency** は、

$$EE = TE \cdot AE = (OQ/O'P) \cdot (OR/O'Q) = OR/O'P$$

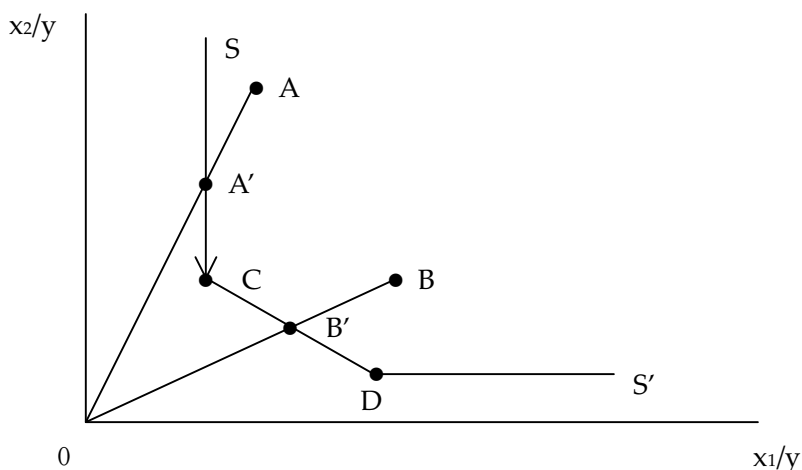
と表され、 $EE$  は 0 と 1 の間の値を取る。

付注4-2 DEA法の考え方と数値例



DEA法では、技術フロンティア  $SS'$  は実際の企業データをプロットしたものから推計する。上記の場合、 $SS'$  は、「x 軸方向（左）、y 軸方向（下）いずれにいてもそれ以上観察物が存在しない」点を結ぶことによって決定される。このような線は、区分別形凸型等量曲線 *piecewise linear convex isoquant* と呼ばれるものである。

しかしこの区分別形凸型等量曲線を推計するにあたっては、いくつかの問題点が生じる。例えば以下のような場合を考える。

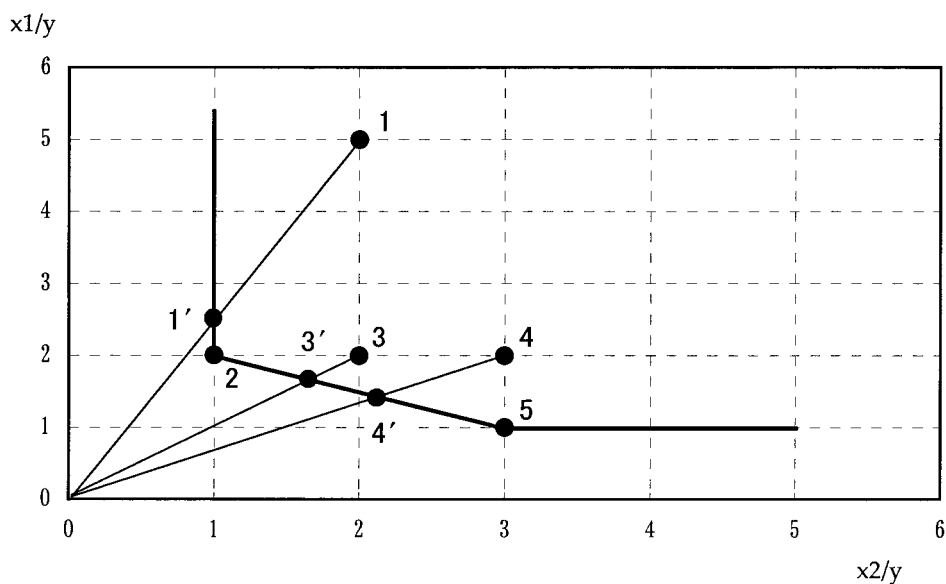


企業  $A$  の効率性は、最も効率性の高い  $SS'$  上の  $A'$  を基準とすると、 $OA'/OA$  で表される。しかし、 $A'$  は、産出量を変えないまま  $x_2$  の投入量を減らすことで  $C$  の点まで持っていくことができるため、必ずしも効率的な点とはいえない。 $A'C$  は *input slack* と呼ばれるが、本稿の計算で用いた DEAP（第6章参照）では、この *slack* 問題を解決するために、線形計画問題を複数回繰り返すことで、 $B$  にとっての端点 *peers* ( $C$  と  $D$ ) を決めて  $CD$  と  $OB$  が交

差する点 B' との距離を測定し、そのウェイトを用いて効率性を計算している。

数値例を示してみよう<sup>1</sup>。企業 1～5 がそれぞれ、以下のような量の投入物  $x_1$ 、 $x_2$  を用い、 $y$  を産出しているものと仮定する。

企業	$y$	$x_1$	$x_2$	$x_1/y$	$x_2/y$
1	1	2	5	2	5
2	2	2	4	1	2
3	3	6	6	2	2
4	1	3	2	3	2
5	2	6	2	3	1



このデータをもとに企業ごとに線形計画問題を解く。本文 (4.3) 式にもとづき、企業 3 の場合は、

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta_3 \\
 & s.t. \\
 & -y_j + (y_1\lambda_1 + y_2\lambda_2 + y_3\lambda_3 + y_4\lambda_4 + y_5\lambda_5) \geq 0, \\
 & \theta_3 x_{13} - (x_{11}\lambda_1 + x_{12}\lambda_2 + x_{13}\lambda_3 + x_{14}\lambda_4 + x_{15}\lambda_5) \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0, \\
 & \lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5)'
 \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Coelli (1996) による。

という線形計画問題を解く。結果は下表のようになる。

企業	$\theta$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	IS <sub>1</sub>	IS <sub>2</sub>
1	0.5	-	0.5	-	-	-	-	0.5
2	1.0	-	1.0	-	-	-	-	-
3	0.833	-	1.0	-	-	0.5	-	-
4	0.714	-	0.214	-	-	0.286	-	-
5	1.0	-	-	-	-	1.0	-	-

企業2と5の技術効率性 ( $\theta$ ) が1.0となっており、技術フロンティア上の企業であることがわかる。企業3の $\theta$ は0.833である。企業2と5は3にとっての **peers** であり、3の効率性を測るにあたって基準となるフロンティア上の点は3'となる。そのときの2と5それぞれのウェイトは $\lambda_2$  (1.0) と $\lambda_5$  (0.5) となっていることが上の表で示されている。

また企業1にとっては2が **peer** となっているが、フロンティア上の1'がy軸と平行線上にあり、1'よりも2の方が効率性が高いため、その差である0.5だけ **input slack** (IS<sub>2</sub>) が生じている。

付注 4-3 規模の経済性を考慮した技術効率性

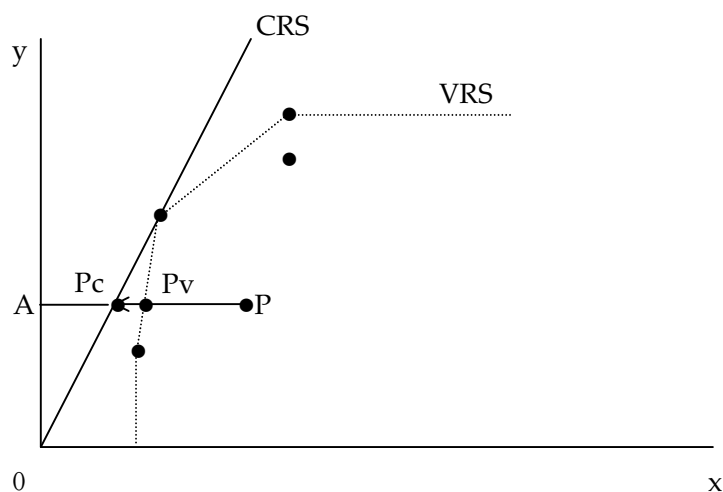
付注 4-1、4-2 で用いたモデルでは規模に関して収穫一定という仮定の下で技術効率性を定義してきた。Banker, Charnes and Cooper らは、この収穫一定モデルを発展させて規模の経済性による技術効率性の上昇を織り込んだモデルを提示している<sup>2</sup>。

規模の経済性を織り込んだ線形計画問題は、本文 (4.3) 式に以下の条件を追加したものとなる。

$$n1'\lambda = 1$$

$n1'$  は、 $n \times 1$  ベクトルである。

以下の図では 1 投入物 1 産出物の場合の技術フロンティアを示したものである。



CRS は規模に関して収穫一定の場合の技術フロンティアである。このときの技術効率性 TE は、

$$TE_{CRS} = AP_c / AP$$

である。一方、規模の経済性が存在する場合は技術フロンティアが VRS となり、TE は、

$$TE_{VRS} = AP_v / AP$$

<sup>2</sup> Coelli (1996) による。

となる。規模の経済性  $SE$  は、

$$SE = AP_c / AP_v$$

と表すことができる。つまり、

$$TE_{CRS} = TE_{VRS} \cdot SE$$

である。

#### 付注5－1 名目設備投資の算出方法

名目設備投資を  $NOMI$ 、新規取得額を  $ACQ$  とすると、資産売却等有形固定資産の減少を  
考えない場合は、

$$NOMI = ACQ$$

となる。しかしここでは、資産売却等がある場合は  $ACQ$  からその分を控除して  $NOMI$  と  
しなければならない。控除金額は、売却資産の残存簿価 ( $NR$ ) ではなくその再調達価額  
( $CNR$ ) となる。 $CNR$  は以下のような方法で求めた。 $P_K$  は資本財価格、 $K$  は実質資本スト  
ック、 $KNB$  はストック簿価とすると、

$$CNR = NR \cdot (P_K \cdot K / KNB)$$

つまり再調達価額／簿価比率を  $NR$  に乗じることで  $CNR$  を推計している。これにより  
 $NOMI$  は、

$$NOMI = ACQ - NR \cdot P_K \cdot K / KNB$$

となる。ただし当期の  $K$  と  $KNB$  はわからないので、それぞれ前期の値から求めた比率を使  
っている。



## 付注5-2 産業別純資本ストックの求め方<sup>3</sup>

産業別の純資本ストックを求めるために、まず経済企画庁「国富調査」にある1970年の産業別純資本ストック額を、内閣府「国民経済計算」の純固定資産デフレーターを用いて現在の実質化基準に直してベンチマークを作成する。

毎年設備投資額は、内閣府「民間企業資本ストック」統計の産業別新設投資額を用いる。

資本減耗率は、「国民経済計算」の純固定資産と総固定資本形成から、建物、構築物、輸送用機器、機械器具等各資産別に算出する。そして「国富調査」を用いて業種ごとの各資産のウェイトで、資産別資本減耗率を加重平均する。

以上より求めたベンチマーク、設備投資額、資本減耗率から、ベンチマークイヤー方式で産業別純資本ストックを推計する。

---

<sup>3</sup> 宮川（1996）を参考にした。

## 参考文献

秋元明（1995）『技術進歩と研究開発』同文館出版

鎌田康一郎・増田宗人（2000）「マクロ生産関数に基づくわが国の GDP ギャップ—統計の計測誤差が与える影響—」日本銀行調査統計局 Working Paper 00-15

経済企画庁（1997）『平成9年度年次経済報告』

経済産業省（2001）「イノベーション促進のためのシステム改革について」産業構造審議会産業技術分科会

内閣府（2001）『平成13年度年次経済財政報告』

中島隆信（2001）『日本経済の生産性分析』日本経済新聞社

新美一正（2000）「金融自由化と銀行システムの効率性変化—韓国銀行業のケース・スタディー—」日本総研『Japan Research Review』Vol.10 No.6

日本開発銀行設備投資研究所（1984）「設備投資研究 '84」『経済経営研究』84年7月

日本政策投資銀行設備投資研究所（2002）『“財務データ”で見る産業の40年—1960年度～2000年度』

宮川努（1996）「設備投資変動と産業連鎖」『経済研究』第47巻第4号

渡辺千帆（2001）『技術革新の計量分析』日科技連

Canter, Uwe and Hanusch, Horst (1999), “Heterogeneity and Evolutionary Change,” *University of Augsburg Discussion Paper No.190*

Coelli, Tim (1996), “A Guide to DEAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis (Computer) Program,” *CEPA Working Paper 96/08*

Jones, Charles I. (1998), “Introduction to Economic Growth,” W. W. Norton & Company, Inc.

Hayashi, Fumio and Inoue, Tohru (1991), “The Relation between Firm Growth and Q with Multiple Capital Goods,” *Econometrica* Vol.59 No.3

OECD (2001), “The New Economy : Beyond The Hype,” The OECD Growth Project

# 『調査』既刊目録 分野別・最近刊

分野別:2002年8月現在(97年度以降発行分)

最近刊:2002年8月現在(最近30刊分)

数字は号数、( )は発行年月で分野ごとに降順配置。

99年9月以前は日本開発銀行発行、同年10月以降は日本政策投資銀行発行。

## 定期調査

### 1. 設備投資計画調査報告

・2001・02年度 (2002年2月)	37 (2002. 3)
・2000・01・02年度 (2001年8月)	28 (2001.10)
・2000・01年度 (2001年2月)	21 (2001. 3)
・1999・2000・01年度 (2000年8月)	15 (2000.10)
・1999・2000年度 (2000年2月)	7 (2000. 3)
・1998・99・2000年度 (1999年8月)	2 (1999.10)
・1998・99年度 (1999年2月)	254 (1999. 3)
・1997・98・99年度 (1998年8月)	251 (1998.10)
・1997・98年度 (1998年2月)	239 (1998. 3)
・1996・97・98年度 (1997年8月)	234 (1997.10)

### 2. 最近の経済動向

・グローバル化と日本経済	38 (2002. 7)
・デフレ下の日本経済と変化への兆し	31 (2001.12)
・デフレ下の日本経済	26 (2001. 7)
・今次景気回復の弱さとその背景	19 (2001. 3)
・ITから見た日本経済	12 (2000. 8)
・90年代を振り返って	4 (2000. 1)
・設備投資と資本ストックを中心に	258 (1999. 7)
・長引くバランスシート調整	252 (1999. 1)
・今回の景気調整局面の特徴	245 (1998. 8)
・日本経済の成長基盤	237 (1997.12)
・民需を牽引するストック更新と新たな需要	227 (1997. 6)

### 3. 最近の産業動向

・主要産業の生産は、素材、資本財産業を中心に減少へ	27 (2001. 7)
・内需の回復続き、多くの業種で生産増加	13 (2000. 8)
・輸出はアジア向けで堅調、内需は回復に力強さがみられず	5 (2000. 1)
・一般的に緩やかな回復の兆し	260 (1999. 8)

## 経済・経営

### 1. 内外経済一般

・日本企業の生産性と技術進歩 企業財務データを用いた産業内格差の分析	44 (2002. 8)
・変貌するわが国貿易構造とその影響について 情報技術関連(IT)財貿易を中心に	29 (2001.11)
・家計の資産運用の安全志向について	16 (2000.10)
・米国の景気拡大と貯蓄投資バランス	8 (2000. 4)
・消費の不安定化とバブル崩壊後の消費環境	1 (1999.10)
・米国経済の変貌 設備投資を中心に	255 (1999. 5)
・アジアの経済危機と日本経済 貿易への影響を中心に	253 (1999. 3)
・人口・世帯構造変化が消費・貯蓄に与える影響	248 (1998. 8)
・資産価格の変動が家計・企業行動に与える影響の日米比較	244 (1998. 7)
・為替変動と産出・投入構造の変化	242 (1998. 6)
・米国経済の再生と日本への示唆 労働市場の動向を中心に	238 (1998. 3)
・日本企業の対外直接投資と貿易に与える影響	229 (1997. 8)

### 2. 金融・財政

・邦銀の投融资動向と経済への影響	41 (2002. 8)
・社会的責任投資(SRI)の動向 新たな局面を迎える企業の社会的責任	40 (2002. 7)
・近年の企業金融の動向について 資金過不足と返済負担	35 (2002. 3)
・国際金融取引に見るグローバル化の動向	233 (1997.10)

### 3 . 設 備 投 資

- ・設備投資・雇用変動のミクロ的構造 43 (2002. 8)  
上場企業データからみた要素調整の定型化された事実
- ・日本企業の設備投資行動を振り返る 17 (2000.11)  
個別企業データにみる1980年代以降の特徴と変化
- ・90年代の設備投資低迷の要因について 262 (1999. 9)  
期待の低下や債務負担など中長期的構造要因を中心に

### 4 . 企 業 経 営 ・ 財 務

- ・ROA の長期低下傾向とそのミクロ的構造 30 (2001.12)  
企業間格差と経営戦略
- ・企業における情報技術活用のための課題 230 (1997. 9)  
グループウェア導入事例にみる人的能力の重要性

## 産 業 ・ 社 会

### 1 . 産 業 構 造 ・ 労 働

- ・少子高齢化時代の若年層の人材育成 39 (2002. 7)  
企業外における職業教育機能の充実に  
実に向けて
- ・労働分配率と賃金・雇用調整 34 (2002. 3)
- ・労働市場における中高年活性化に向けて 11 (2000. 6)  
求められる再教育機能の充実
- ・企業の雇用創出と雇用喪失 6 (2000. 3)  
企業データに基づく実証分析
- ・製造業における技能伝承問題に関する 261 (1999. 9)  
現状と課題
- ・近年における失業構造の特徴とその背景 240 (1998. 4)  
労働力フローの分析を中心に

### 2 . 研 究 開 発 ・ 新 規 事 業

- ・最近のわが国企業の研究開発動向 247 (1998. 8)  
技術融合
- ・わが国企業の新事業展開の課題 243 (1998. 7)  
技術資産の活用による経済活性化  
への提言
- ・日本の技術開発と貿易構造 241 (1998. 6)

### 3 . 環 境

- ・使用済み自動車リサイクルを巡る展望と課題 36 (2002. 3)
- ・都市再生と資源リサイクル 33 (2002. 2)  
資源循環型社会の形成に向けて
- ・環境情報行政と IT の活用 32 (2002. 1)  
環境行政のパラダイムシフトに向けて
- ・家電リサイクルシステム導入の影響と今後 20 (2001. 3)  
リサイクルインフラの活用に向けて
- ・わが国環境修復産業の現状と課題 3 (1999.10)  
地下環境修復に係る技術と市場
- ・欧米における自然環境保全の取り組み 256 (1999. 5)  
ミティゲイションとビオトープ保全
- ・環境パートナーシップの実現に向けて 250 (1998.10)  
日独比較の観点からみたわが国  
環境 NPO セクターの展望
- ・わが国機械産業の課題と展望 232 (1997. 9)  
ISO14000シリーズの影響と環境コスト

### 4 . 情 報 ・ 通 信

- ・ケーブルテレビの現状と課題 22 (2001. 3)  
ブロードバンド時代の位置づけについて
- ・エレクトロニック・コマース( EC )の 246 (1998. 8)  
産業へのインパクトと課題
- ・情報家電 235 (1997.11)  
日本企業の強みと将来への課題

### 5 . バ イ オ ・ 医 療 ・ 福 祉

- ・高齢社会の介護サービス 249 (1998. 8)
- ・DNA 解析研究の意義・可能性および課題 231 (1997. 9)  
社会的受容の確立が前提条件
- ・ヘルスケア分野における情報化の現状と 228 (1997. 8)  
課題  
ヘルスケア情報ネットワークをめざして

## 6. エネルギー

- ・分散型電源におけるマイクロガスタービン 24 (2001. 3)  
その現状と課題

## 7. 化学

- ・わが国化学産業の現状と将来への課題 14 (2000. 9)  
企業戦略と研究開発の連繋

## 8. 機械

- ・わが国電気機械産業の課題と展望 42 (2002. 8)  
総合電気機械メーカーの事業再編  
と将来展望
- ・わが国半導体製造装置産業のさらなる発展 23 (2001. 3)  
に向けた課題  
内外装置メーカーの競争力比較から
- ・労働安全対策を巡る環境変化と機械産業 10 (2000. 6)
- ・わが国自動車・部品産業をめぐる国際 9 (2000. 4)  
的再編の動向
- ・わが国半導体産業における企業戦略 259 (1999. 8)  
アジア諸国の動向からの考察
- ・わが国機械産業の更なる発展に向けて 257 (1999. 5)  
工作機械産業の技術シーズから  
みた将来展望

## 9. 運輸・流通

- ・物流の新しい動きと今後の課題 25 (2001. 3)  
3PL(サードパーティ・ロジスティクス)からの示唆
- ・消費の需要動向と供給構造 18 (2000.12)  
小売業の供給行動を中心に
- ・道路交通問題における新しい対応 236 (1997.12)  
ITS(インテリジェント・トランスポート・システムズ)  
の展望

## 最近刊の索引

- ・ 44 (2002. 8) 日本企業の生産性と技術進歩
- ・ 43 (2002. 8) 設備投資・雇用変動のミクロ的構造
- ・ 42 (2002. 8) わが国電気機械産業の課題と展望
- ・ 41 (2002. 8) 邦銀の投融資動向と経済への影響
- ・ 40 (2002. 7) 社会的責任投資 (SRI) の動向
- ・ 39 (2002. 7) 少子高齢化時代の若年層の人材育成
- ・ 38 (2002. 7) 最近の経済動向
- ・ 37 (2002. 3) 設備投資計画調査報告(2002年2月)
- ・ 36 (2002. 3) 使用済み自動車リサイクルを巡る展望と課題
- ・ 35 (2002. 3) 近年の企業金融の動向について
- ・ 34 (2002. 3) 労働分配率と賃金・雇用調整
- ・ 33 (2002. 2) 都市再生と資源リサイクル
- ・ 32 (2002. 1) 環境情報行政とITの活用
- ・ 31 (2001.12) 最近の経済動向
- ・ 30 (2001.12) ROAの長期低下傾向とそのマクロ的構造
- ・ 29 (2001.11) 変貌するわが国貿易構造とその影響について
- ・ 28 (2001.10) 設備投資計画調査報告(2001年8月)
- ・ 27 (2001. 7) 最近の産業動向
- ・ 26 (2001. 7) 最近の経済動向
- ・ 25 (2001. 3) 物流の新しい動きと今後の課題
- ・ 24 (2001. 3) 分散型電源におけるマイクロガスタービン
- ・ 23 (2001. 3) わが国半導体製造装置産業のさらなる  
発展に向けた課題
- ・ 22 (2001. 3) ケーブルテレビの現状と課題
- ・ 21 (2001. 3) 設備投資計画調査報告(2001年2月)
- ・ 20 (2001. 3) 家電リサイクルシステム導入の影響と今後
- ・ 19 (2001. 3) 最近の経済動向
- ・ 18 (2000.12) 消費の需要動向と供給構造
- ・ 17 (2000.11) 日本企業の設備投資行動を振り返る
- ・ 16 (2000.10) 家計の資産運用の安全志向について
- ・ 15 (2000.10) 設備投資計画調査報告(2000年8月)