

2022 年度 卒業論文

製造業の生産性上昇要因分解

慶應義塾大学 経済学部
石橋孝次研究会 第 23 期生

平澤 孝典

はしがき

私は卒業論文で生産関数の推定を使って何か実証がしたいと考えていた。そんな気持ちを抱いて論文を探していた際、生産性というワードが目にとまった。生産性は少子高齢社会のこの日本で外せないトピックであり、私も興味があった。そして、生産性白書で、アメリカをはじめとする主要国の労働生産性が伸び悩んでいるという記述を見て今回の論文に取り入れられないか考えた。日本は現在、労働生産性が OECD 加盟 38 カ国の中で 23 位にとどまっており、主要 7 カ国(G7)で最下位の状況が続いている。そこで、日本の約 25 年の歴史から失われた 20 年での生産性や安倍政権が始まってからの生産性は増えているのか、何が大きな要因なのか、そしてどうすれば伸ばすことが出来るのか、といったところを少しでも一般化できれば良いなと思い本論文の作成に至った。

目次

はしがき	ii
序章	1
第1章 現状分析	2
1.1 生産性について.....	2
1.2 生産性向上の必要性	2
1.3 日本経済の近況	6
1.4 アベノミクスと生産性	8
第2章 生産性分析の方法.....	10
2.1 従来の分析とその問題点	10
2.2 Olley and Pakes (1996)	11
2.3 Levinsohn and Petrin (2003)	13
2.4 Akerberg Caves, and Frazer (2015).....	14
2.5 先行研究の推定結果①	15
2.6 先行研究の推定結果②	16
第3章 生産関数推定.....	18
3.1 データセット.....	18
3.2 実証分析.....	21
第4章 生産性の要因分解.....	26
4.1 理論①Foster et al. (1998)	26
4.2 理論②Baily et al. (1992).....	27
4.3 要因分解の問題点	27
4.4 実証.....	28
第5章 結論	32
参考文献	33
おわりに	34

序章

近年、日本では少子高齢社会が問題となっており、生産性を高めることが喫緊の課題となっている。にもかかわらず、生産性はここ十年以上大幅な上昇を見せることが無く、停滞している状況にある。加えて、2020 年から始まった世界的パンデミックの影響で生産性にも大きなダメージを受けてしまった。こうした問題への危機感から、日本では生産性分析やその要因分解についての研究が盛んになった。

本論文の目的は要因分解によって失われた 20 年とアベノミクスによる効果を検証していくことである。まず、第 1 章で生産性や製造業の現状分析を行う。その後、第 2 章では生産関数の推定方法について、代表的な三つの論文を扱う。先行研究の実証の結果も添えて、全ての手法の簡単な違いを説明していく。第 3 章では生産関数の推定、そして推定結果を用いて生産性の分析を行う。第 4 章では生産性の要因分解を行い、その結果から失われた 20 年やアベノミクスを概観していく。最後に、第 5 章で結論を述べる。

第1章 現状分析

1.1 生産性について

生産性とは、ヨーロッパ生産性本部（1959）の言葉を借りると、『新しい技術と新しい方法を応用せんとする不断の努力であり、人間の進歩に対する信念』と説明できる。生産性として主に使用されている指標は二つあり、それは労働生産性と全要素生産性（total factor productivity, TFP）である。労働生産性とは、日本生産性本部（2020）の記述を引用すると、『労働者 1 人当たりで生み出す成果、あるいは労働者が 1 時間で生み出す成果を指標化したもの』であり、世間で生産性が語られる場合これを指すことが比較的多い。対する TFP は、労働投入に限らず、資本投入や投資額など複数の生産要素を考慮した指標であり、本論文ではこの指標で生産性の議論を行っていく。松浦（2017）によれば、複数の投入要素と粗生産量の関係を開数として表した生産関数を何らかの形で特定化し、その残差を TFP と定義しており、どのような関数を想定するか、生産関数をどう推定するかと研究が数多く積み重ねられてきた。この議論の詳細は第 2 章で言及するため、ここでは省略する。

1.2 生産性向上の必要性

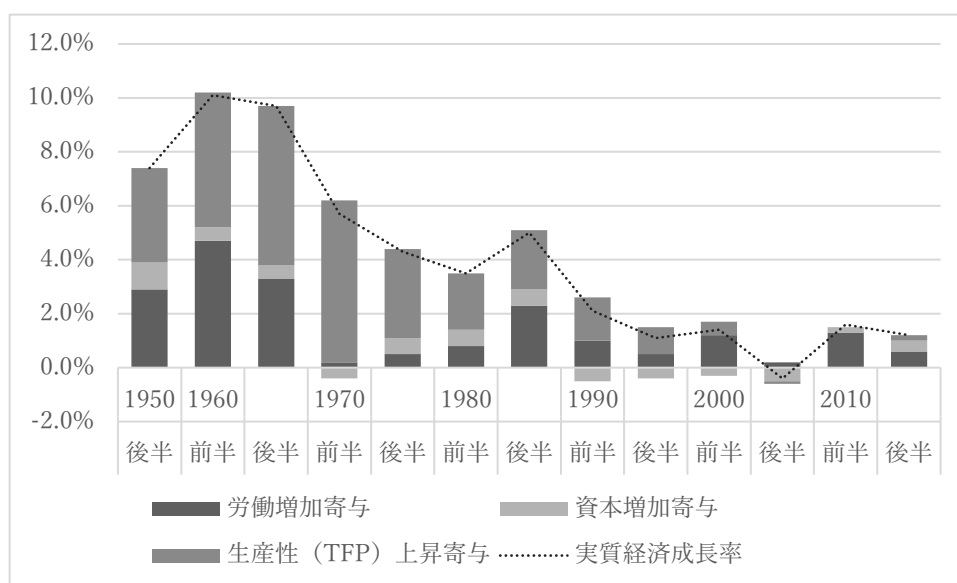
本節では、生産性向上の必要性、目的について、日本生産性本部（2020）に基づいて説明していく。日本における生産性運動は 1955 年に始まっており、当時の人口は 8,900 万人であり、うち就業者数は 4,100 万であった。そして、GDP は 8 兆 4,000 億円であり、労働生産性は 20 万 5,000 円、一人当たり雇用者報酬は 19 万 4,000 円であった。これは当時のアメリカやヨーロッパなどと大きくかけ離れた数値であり、第二次世界大戦によって疲弊した日本経済の復興、国民生活の向上を運動によって実現しようとした。そして、この運動の指針として「生産性運動三原則」表 1-1 が立てられた。

表 1-1 生産性運動三原則

生産性運動三原則
(1) 雇用の維持・拡大 生産性の向上は、究極において雇用を増大するものであるが、過渡的な過剰人員に対しては、国民経済的観点に立って能う限り配置転換その他により、失業を防止するよう官民協力して適切な措置を講ずるものとする。
(2) 労使の協力と協議 生産性の向上のための具体的な方法については、各企業の実情に即し、労使が協力してこれを研究し、協議するものとする。
(3) 成果の公正な分配 生産性向上の諸成果は、経営者、労働者および消費者に、国民経済の実情に応じて公正に分配されるものとする。
出所：日本生産性本部「生産性白書」(2020)

この表 1-1 から、当時の生産性運動は「資源、労働、設備を有効かつ科学的に活用して生産コストを引き下げ、それにより市場の拡大、雇用の拡大、実質賃金ならびに生活水準の向上を図り、労使及び一般消費者の共同の利益を増進させる」ことが目的となっていたことが分かる。そして、官民協力のもと、国民生活の向上を目指した結果、日本は多大なる経済成長を果たし、2018 年には GDP は 550 兆円と、1955 年の 66 倍の水準にまで上昇することができた。その経済成長に、生産性がどれほど寄与しているかを表したのが図 1-1 と表 1-2 である。

図 1-1 年代別経済成長率の推移と要因別寄与



出所：日本生産性本部「生産性白書」(2020)

表 1-2 年代別経済成長率の推移と要因別寄与

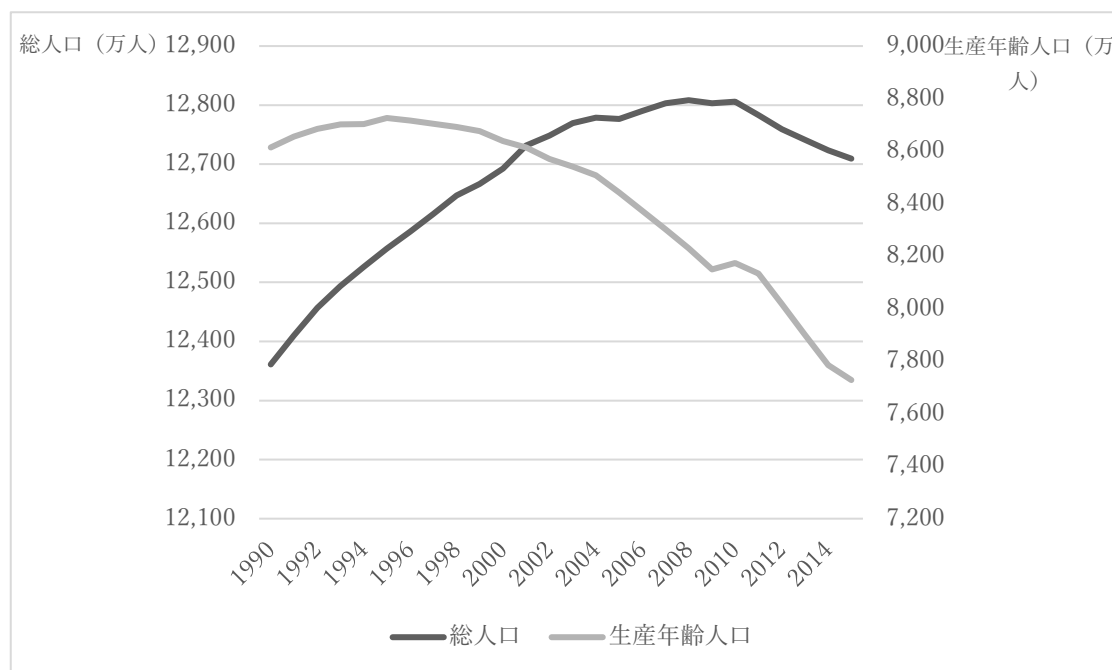
	後半	前半	後半	前半	後半	前半	後半	前半	後半	前半	後半	前半	後半
	1950	1960		1970		1980		1990		2000		2010	
労働増加寄与	2.9%	4.7%	3.3%	0.2%	0.5%	0.8%	2.3%	1.0%	0.5%	1.2%	0.2%	1.3%	0.6%
資本増加寄与	1.0%	0.5%	0.5%	-0.4%	0.6%	0.6%	0.6%	-0.5%	-0.4%	-0.3%	-0.5%	0.2%	0.4%
生産性 (TFP) 上昇寄与	3.5%	5.0%	5.9%	6.0%	3.3%	2.1%	2.2%	1.6%	1.0%	0.5%	-0.1%	0.0%	0.2%
実質経済成長率	7.4%	10.1%	9.7%	5.7%	4.3%	3.5%	5.0%	2.1%	1.1%	1.4%	-0.4%	1.6%	1.2%

出所：日本生産性本部「生産性白書」(2020)

図 1-2 と表 1-2 は、経済成長を①労働要因（就業者及び労働時間の増加）、②資本要因（資本ストックの増加）、③生産性要因（TFP の上昇）に分解してそれぞれの寄与の度合いを見たものである。これらを見ると、生産性要因が 1950 年代後半から 1990 年代後半まで最も寄与していることが分かり、ここから日本の高度経済成長を生産性が大きく支えていたと言える。しかし、1990 年代後半以降の TFP 上昇寄与の数値が低下しており、これが経済成長率の上昇が鈍化した要因ともされている。このように、生産性は経済成長と密接に関係している。

しかし、前で示した通り、1990年代後半から生産性に関わる要素が伸び悩んでいる。この事態を労働の側面から見ていきたい。

図 1-2 生産年齢人口・総人口の推移

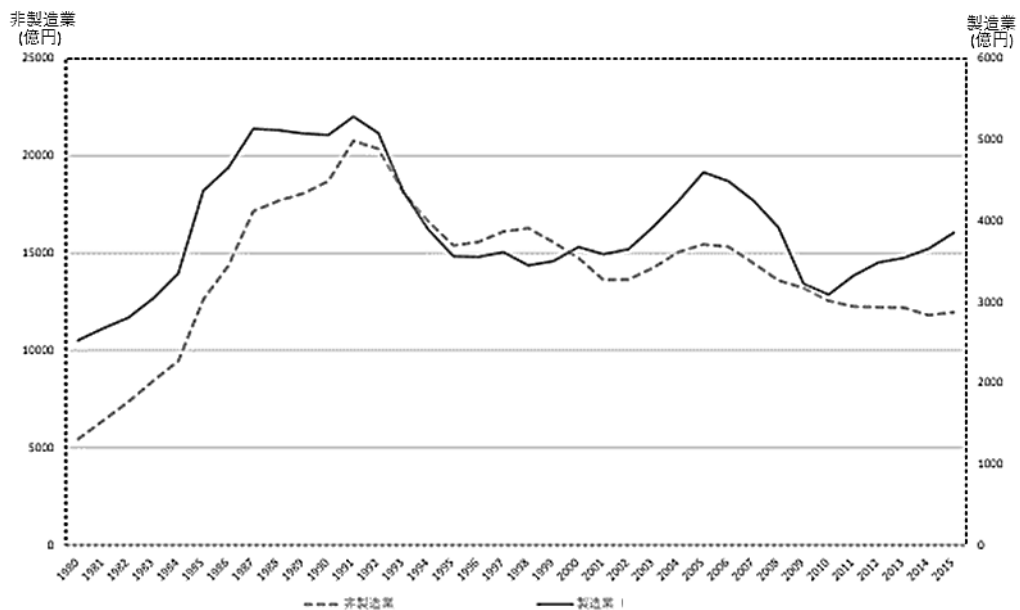


出所:総務省「労働力調査」

図 1-2 は生産年齢人口と総人口の推移を示したものであるが、失われた 20 年が始まったとされている 1990 年代を境に生産年齢人口は減少傾向に変わっている。第二に、それ以降は以前の高い水準に戻る動きは無く、2014 年時点には 8,000 万人を割ってしまっている。第三に、総人口についても 2010 年までは増加傾向にあったものの、やはり 2008 年の 1 億 2,808 万人をピークにそこから生産年齢人口より緩やかに減少してきていることが分かる。総人口、生産年齢人口共に減少しているのだが、経済成長に直結している生産年齢人口が大幅に減少してしまっている点が日本の課題である。対策として日本は 2021 年 4 月に 70 歳までの就業確保の努力義務が設けて離れる労働力を減らすよう努めているが、生産年齢人口の減少が数年先延ばしされるに過ぎず、根本の解決には至らない。したがって、海外労働者の雇用や出生数などを増大させる政策を早急に打ち出して労働力を確保する必要がある。

次に、日本の人的資本の推移について図 1-3 で見ていく。

図 1-3 日本の人的投資額の推移



出所：日本生産性本部「生産性白書」(2020)

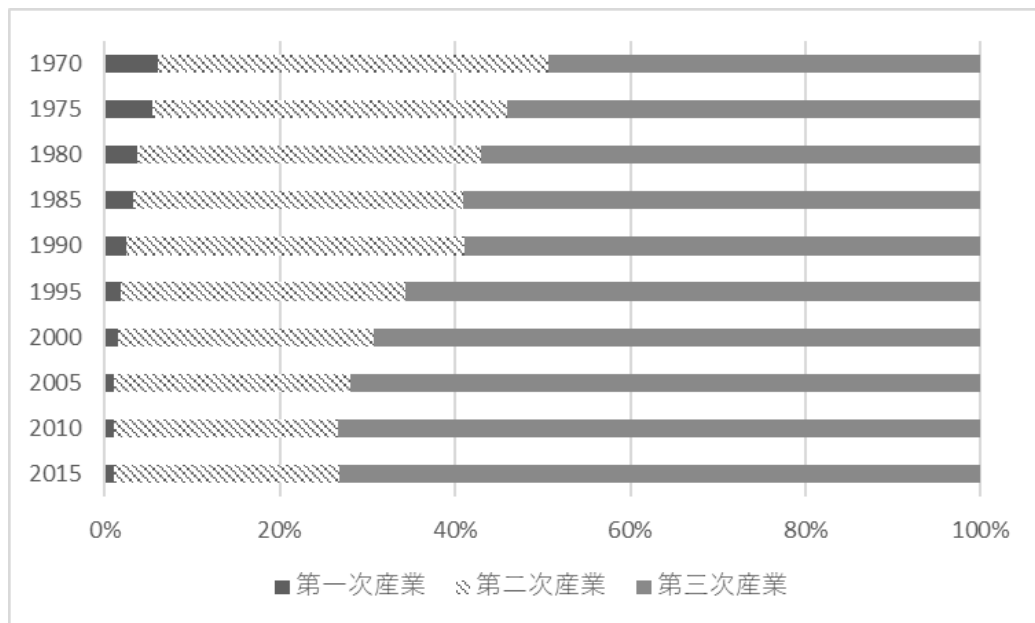
図 1-3 を見ると、1991 年を境に人的投資額が減少していることが見て取れる。そして、製造業と非製造業を比較した場合、非製造業の投資額の方が減少の幅が大きく、2015 年時点ではピーク時の 58% ほどの水準に留まっている。

以上のように、日本国内の労働力と人的投資額共に減少傾向にあることから、日本の生産力が落ちてきていることが否めない。加えて、現在働き方改革で労働時間を短縮させる動きが世間的にも広がっているため、一人一人の生産性の向上が日本の喫緊の課題となっている。

1.3 日本経済の近況

日本経済の近況について、製造業、経済全体の二点から考える。まず、分析の対象である製造業について見ていく。図 1-4 は産業構造の推移を示している。図 1-4 は、国内総生産のうち産業ごとにどれだけの割合を占めているかを表したものであり、第一次産業は農林水産業の割合、第二次産業は製造業、鉱業、建設業の割合の和、第三次産業はその他の産業の割合の総和としている。

図 1-4 産業構造の推移



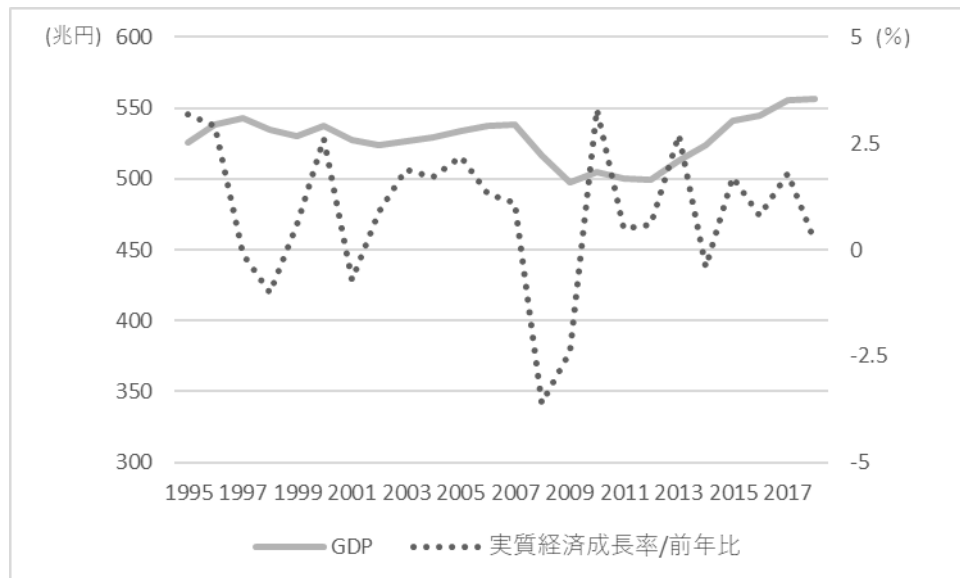
出所：内閣府「国民経済計算」

この図より、国内総生産に占める第二次産業の割合が 1970 年は 44.5%と非常に高い割合を示しており、高度経済成長期には製造業を大きな働きをしていたことが分かる。それ以降、第二次産業は次第に割合を縮小させていき、2015 年には 25.8%となった。その代わりに第三次産業にウェイトが傾き、2015 年は国内総生産の約 73.2%にまで拡大した。1970 年を境に第三次産業へと産業構造が転換しつつあるが、それでも全体の 2 割以上は第二次産業を占めており、2000 年からは割合の減少幅が小さくなっているため、製造業の生産性研究は意義があると言える。

次に、日本の経済成長を概観する。日本は、1990 年代後半のバブル崩壊から「失われた 20 年」に突入したとされる。バブルによって雇用と設備と債務が過剰な状態にあったが、バブルが崩壊したことでこれらが正常な状態に落ち着き、企業行動も消極性が増した。言い換えれば、経済の停滞が始まったのである。それから、1999 年の IT バブル景気といった短期的な景気回復はたびたび訪れることはあったが、それらが経済の停滞を完全に改善することはできなかった。2000 年代後半にはリーマン・ショックが起きたことで世界的な金融危機に陥ってしまった。2008 年、2009 年の実質経済成長を見ると、大きく落ち込んでいることが見て取れる。加えて、2011 年には東日本大震災が起これ、日本経済にも甚大な被害を受けた。その後、2012 年に安倍政権が発足し、アベノミクスと称される成長戦略を打ち出された。こ

れにより、GDP は回復して、経済規模が徐々に拡大していき、2017 年には GDP が 550 兆円を超えるほどに経済が成長した。

図 1-5 GDP の推移



出所：内閣府「国民経済計算」

1.4 アベノミクスと生産性

本節では、生産性のために安倍政権が打ち出した政策、戦略について振り返っていく。第一に、2012 年 12 月の政権発足当初は、経済再生のために「大胆な金融緩和」「機動的な財政政策」「民間投資を喚起する成長戦略」を三本の矢として打ち出した。「大胆な金融緩和」では、デフレからの早期脱却と物価安定の下での持続的な経済成長の実現に向け、2013 年 4 月に量的・質的金融緩和を行った。当時物価安定目標として 2 年程度で 2% の物価上昇率を目指していた。その後、2014 年 10 月に金融緩和をより拡大し、2016 年 1 月にはマイナス金利政策を導入した。第二の矢の「機動的な財政政策」では、まず 2013 年 1 月に「日本経済再生に向けた緊急経済対策」というパッケージを打ち出した。具体的には、震災復興及び防災対策、成長力を強化するための設備投資・研究開発の促進や中小企業・小規模事業者への支援、生活インフラ整備の三つが施行され、同年 12 月と 2014 年 12 月、2016 年 8 月には追加的措置がなされた。そして、「民間投資を喚起する成長戦略」では成長戦略を打ち出すための「産業競争力会議」を 2013 年 1 月に創出し、当会議は廃止後 2016 年 9 月に新たに「未来投資会議」を設置した。二会議から、2013～16 年にかけて「日

本再興戦略」、2017 年 6 月に「未来投資戦略」を策定した。成長戦略の役割は、新しいビジネスチャンスや新規市場を創出し、企業の期待成長率を高めることにあり、そのために規制改革、投資拡大、産業再編などを行っていた。そして、財政政策と同様に、同政策を 2017 年には「生産性革命」というパッケージでリニューアルし、環境整備や規制改革を行っていた。

これらの政策によって、アベノミクスの 5 年間で、企業業績は過去最高益を更新し、株価は約 25 年ぶりの高値を記録、賃金もわずかに上昇するといった実績を達成した。一方で、物価目標 2%が達成できていない、実質経済成長率の伸び悩みと未達成要素も持ち合わせているため、アベノミクスが成功したか・失敗したかという点は非常に議論が分かれているところだが、

第2章 生産性分析の方法

2.1 従来の分析とその問題点

従来の生産性分析では、(2.1) 式の回帰を行い、推定値との残差を全要素生産性 (TFP) と定義していた。

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2.1)$$

このとき、 y_{it} 、 l_{it} 、 k_{it} はそれぞれ付加価値額、労働投入、資本投入であり、企業・工場 i は時期 t ごとに投入量を決定している。実際の分析において、これらの変数は対数値を取ることが一般的である。しかし、この分析手法では二つの問題が生じることとなる。まず一つは内生性である。(2.1) 式では誤差項を ε_{it} と簡潔に表現していたが、厳密には誤差項は「分析者には観測できないが経営者には観測できる生産性ショック」、「分析者と経営者共に観測できない生産性ショック」の二つに分けられ、前者を ω_{it} 、後者を u_{it} と置くと、(2.1) 式は (2.2) 式のように変形される。

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + \omega_{it} + u_{it} \quad (2.2)$$

u_{it} は企業の行動に何ら影響を与えないが、生産性 ω_{it} の水準を観察することで企業は生産要素の投入量を変動させる恐れがあり、分析で ω_{it} を誤差項として処理してしまうと内生性の問題が生じる恐れがある。具体的には、可変投入要素は過大評価がされ、固定投入要素は可変投入要素との相関がある場合には過小評価される。そして、二点目はサンプル・セレクション・バイアスである。企業の倒産確率を規模別に比べると、資本規模の小さい企業、すなわち中小企業のほうが、倒産確率が高い。中小企業について、急成長するようなポテンシャルを持った企業でないと経営を存続できないという事実があった場合、該当する企業は企業規模を大幅に拡大させられるが、そうでない企業は市場に残ることが困難になる。結果、市場には成長率の高い企業のみが観察され、企業規模と企業の成長率は負の相関を持つことになる。退出する企業の存在の影響でこうしたバイアスが生じることをサンプル・セレクション・バイアスという。生産関数の推定においても、企業の資本規模と存続確率の間に正の相関があり、企業の収益性と資本規模の間に負の相関があるとき、存続する確率の高い企業ほど資本収益率が低くなるので、推定された資本ストックのパラメータが下方バイアスを持ってしまう。

こうしたバイアスを補正するべく、Olley and Pakes (1996)、Levinsohn and Petrin (2003)、Akerberg, Caves, and Frazer (2015) は手法をそれぞれ開発した。(以降、これらの手法をそれぞれ OP 法、LP 法、ACF 法と呼ぶこととする) 以下の節ではそれらの手法について紹介していく。

2.2 Olley and Pakes (1996)

三つの手法と理論については松浦 (2017) を基に一部補足を加えながら説明していき、本節では OP 法について紹介する。まず、OP 法では以下の仮定を置いている。

- ① 労働投入 (l_{it}) は生産性 (ω_{it}) と独立に決定している。
- ② ω_{it} が自己相関する。

$$\begin{aligned}\omega_{it} &= E(\omega_{it}|\omega_{it-1}) + \xi_{it} \\ &= g(\omega_{it-1}) + \xi_{it}\end{aligned}\tag{2.3}$$

- ③ 生産要素は ω_{it} と相関することはあるが、 u_{it} とは無相関である。
- ④ ω_{it} は設備投資にも影響を及ぼす。

企業が今期の資本投入 k 、生産性ショック ω_{it} によって設備投資 i_{it} を行うとすると、投資関数は次のように表せる。

$$i_{it} = i(k_{it}, \omega_{it})\tag{2.4}$$

資本蓄積過程について、 $k_{it} = (1 - \delta)k_{it} + i_{it}$ とし、 δ は償却率である。ここで、 $i_{it} > 0$ かつ (2.4) は単調な増加関数であるという仮定も存在するという事も説明に加えたい。(2.4) に前提が置かれたことにより、生産性ショック ω_{it} の逆関数を定義することが可能になる。

$$\omega_{it} = \omega(k_{it}, i_{it})\tag{2.5}$$

(2.5) のように、非観測変数である ω_{it} を観測可能な変数で表現できるようになった、つまりコントロールができるようになった。そこで、(2.4)を(2.2)に代入する。

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + \omega(k_{it}, i_{it}) + u_{it}\tag{2.6}$$

(2.6) の右辺には k_{it} が二回出てきてしまい、 β_2 が推定できないため、次のように推定式を加工する。

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} + \phi_{it}(k_{it}, i_{it}) + u_{it}\tag{2.7}$$

ここで、 $\phi_{it} = \beta_2 k_{it} + \omega(k_{it}, i_{it})$ である。 ϕ_{it} を定式化できれば、 β_1 の推定が可能となる。

Olley and Pakes (1996) では次で示す四次多項式で ϕ_{it} を定式化した。

$$\phi_{it} \approx \sum_{n_1=0}^N \sum_{n_2=0}^{N-n_1} \eta_{n_1 n_2} (i_{it})^{n_1} (k_{it})^{n_2}\tag{2.8}$$

Olley and Pakes (1996) では市場構造の変化に伴って多項式を三次多項式、四次多項式と変形していたが、変形させたことによって係数の推定値、最小値、最大値にほとんど変化が生じていなかったため、(2.8) で統一することは分析上問題ないと考えられる。そして、先ほど定式化した (2.8) を (2.7) に代入することで (2.9) となり、これが第一段階の推定式

である。

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} + \sum_{n_1=0}^N \sum_{n_2=0}^{N-n_1} \eta_{n_1 n_2} (l_{it})^{n_1} (k_{it})^{n_2} + u_{it} \quad (2.9)$$

ここで、 $\eta_{n_1 n_2}$ は多項式のパラメータである。次に、 β_2 を推定する。生産性ショック ω_{it} が自己相関することから、 t 期の生産性ショック ω_{it} は以下のように表現できる。

$$\omega_{it} = E[\omega_{it} | \omega_{it-1}] + \xi_{it} \quad (2.10)$$

この ξ_{it} は ω_{it} のノイズであり、 u_{it} と無相関であると考ええる。また、

$$E[\omega_{it} | \omega_{it-1}] \equiv g(\omega_{it-1}) \quad (2.11)$$

とし、 ω_{it-1} を (2.9) を推定して得られた $\sum_{n_1=0}^N \sum_{n_2=0}^{N-n_1} \eta_{n_1 n_2} (l_{it})^{n_1} (k_{it})^{n_2} \equiv \hat{\phi}_{it}$ のラグ項で置き換える。 $\omega_{it} = \phi_{it} - \beta_2 k_{it}$ より、

$$g(\omega_{it-1}) = g(\hat{\phi}_{it-1} - \beta_2 k_{it-1}) \quad (2.12)$$

とする。そして、(2.2) に (2.10), (2.11), (2.12) を代入して、 β_1 に (2.9) を推定した際に得られた推定値を用いることで第二段階の推定式が得られる。

$$y_{it} - \hat{\beta}_1 l_{it} = \beta_2 k_{it} + g(\hat{\phi}_{it-1} - \beta_2 k_{it-1}) + \xi_{it} + u_{it} \quad (2.13)$$

(2.13) 式の右辺には、 β_2 が二度出てくるため、非線形最小二乗法により推定する必要がある。 g は例えば次のような多項式で示される。

$$g(\hat{\phi}_{it-1} - \beta_2 k_{it-1}) = \sum_{m=1}^M Y_m (\hat{\phi}_{it-1} - \beta_2 k_{it-1})^m \quad (2.14)$$

このとき、 Y_m は生産性プロセスのパラメータである。

次に、サンプル・セレクション・バイアスの対処について考える。まず、企業は当期の生産性 ω_{it} を確認し、条件式 (2.15) から退出するか否かの意思決定をすると仮定する。

$$\chi_{it} = \begin{cases} 1 & \text{if } \omega_{it} \geq \underline{\omega}(k_{it}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.15)$$

ここで、 $\underline{\omega}$ は企業が存続するために必要な最低限の生産性水準である。このとき、生産性の自己相関の式 (2.11) は以下のように変えなければならない。

$$E[\omega_{it} | \omega_{it-1}, \chi_{it} = 1] \equiv g(\omega_{it-1}, \chi_{it} = 1) \quad (2.16)$$

Olley and Pakes (1996) は、(2.12) 式に別途推定した企業の存続確率の予測値を導入することでバイアスを修正できることを示した。次に示す (2.17) を前提とすると、推定式は (2.18) になる。

$$g(\omega_{it-1}) = g(\hat{\phi}_{it-1} - \beta_2 k_{it-1}, \hat{P}_{it}) \quad (2.17)$$

$$y_{it} - \hat{\beta}_1 l_{it} = \beta_2 k_{it} + g(\hat{\phi}_{it-1} - \beta_2 k_{it-1}, \hat{P}_{it}) + \xi_{it} + u_{it} \quad (2.18)$$

関数 g は多項式で近似するため、多項式の中に \hat{P}_{it} は含まれる。例えば、次のような多項式で近似したモデルをプロビット・モデルで推計した予測値を用いる。ここで $\theta_{n_1 n_2}$ は多項式のパラメータである。

$$P_{it}(\chi_{it} = 1) = f\left(\sum_{n_1=1}^N \sum_{n_2=1}^N \theta_{n_1 n_2} (i_{it})^{n_1} (k_{it})^{n_2}\right) \quad (2.19)$$

以上が、OP 法の概要であるが、この手法には何点か問題がある。一点目は、設備投資額の利用可能性である。前述した仮定の中に $i_{it} > 0$ があったが、実際に企業のデータを取ってみると、中小企業については設備投資を全く行わない年が存在し、そもそもデータとして厳密に記録していない可能性が考えられる。こういった場合に、OP 法では該当するデータを除去しなければならず、業界によっては除去するデータが非常に多くなってしまう可能性がある。そして二点目は、設備投資と生産性に関する仮説の妥当性である。設備投資は、あるタイミングで大規模かつ一斉に行われることが多い。この投資現象を *lumpy investment* と呼ぶ。それに対して、OP 法では投資関数について単調な増加関数と置いているため、現実と仮定が乖離してしまっている恐れがある。

この二点の問題に対して Levinsohn and Petrin (2003) はある対処を施した。それについて次節で紹介していく。

2.3 Levinsohn and Petrin (2003)

LP 法では、設備投資 i_{it} の代わりに中間投入 m_{it} を代理変数として用いる。そこで、(2.4) は以下の形となる。

$$m_{it} = m(k_{it}, \omega_{it}) \quad (2.20)$$

中間投入の場合、設備投資額と違い、生産性ショックに応じて量を変動させるという仮定も自然であり、急激に増やしたり減らしたりといった偏りが起こりにくいため、設備投資額を用いたことで生じていた問題は克服できている。つまり、(2.20) は単調増加の関数であるといえる。そのため、生産性ショック ω_{it} の逆関数が $\omega_{it} = \omega(k_{it}, m_{it})$ と定義でき、OP 法と同様に推定式も表現できる。

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} + \phi_{it}(k_{it}, m_{it}) + u_{it} \quad (2.21)$$

第二段階では次の推計式を非線形最小二乗法で推計し資本の係数を得る。

$$y_{it} - \hat{\beta}_1 l_{it} = \beta_2 k_{it} + g(\hat{\phi}_{it-1} - \beta_2 k_{it-1}) + \xi_{it} + u_{it} \quad (2.22)$$

また、Levinsohn and Petrin (2003) では、粗生産額による生産関数の推計の議論も行っており、生産関数を $Q_{it} = L_{it}^{\beta_1} K_{it}^{\beta_2} M_{it}^{\beta_3} e^{\varepsilon_{it}}$ のように定式化している際には、二段階目の推定

式は以下ようになる。

$$q_{it} - \hat{\beta}_1 l_{it} = \beta_2 k_{it} + \beta_3 m_{it} + g(\hat{\phi}_{it-1} - \beta_2 k_{it-1} - \beta_3 m_{it-1}) + \xi_{it} + u_{it} \quad (2.23)$$

このとき、 ω_{it} の予測誤差である ξ_{it} と説明変数の相関を考えてみる。まず、 k_{it} については、 ξ_{it} は設備投資 i_{it} に影響し、 $t+1$ 期に k_{it+1} に影響すると考えれば、 k_{it} と ξ_{it} は相関を持たないと言える。一方、中間投入については (2.20) 式で示されるように、 m_{it} は ω_{it} と相関し、 ξ_{it} とも当然相関をもつため、(2.23) 式を非線形最小二乗法で推計しても β_3 はバイアスを持つことになる。しかし、 m_{it} の1期ラグをとった m_{it-1} は ξ_{it} と相関しないと考えれば、次のようなモーメント条件を設定し、一般化モーメント法 (Generalized Method of Moments, GMM) で (2.23) 式を推定すれば良い。

$$\begin{aligned} E[\xi_{it}(\beta) \cdot k_{it}] &= 0 \\ E[\xi_{it}(\beta) \cdot m_{it-1}] &= 0 \end{aligned} \quad (2.24)$$

以上のように、LP 法は OP 法を一部アレンジした手法であるが、LP 法にもやはり問題点が存在する。それは、労働投入の決定する過程である。(OP 法についても同様の問題点が指摘されている) LP 法では企業は中間投入 m_{it} を生産性ショック ω_{it} に応じて調整するが、労働投入 l_{it} は独立に決定しているとしている。しかし、そもそも労働投入 l_{it} も可変投入要素であるため、生産性ショック ω_{it} は労働投入 l_{it} にも影響を与えているといえる。つまり、労働需要関数は以下のような形になると考えられる。

$$l_{it} = l(k_{it}, \omega_{it}) \quad (2.25)$$

モデルの修正は勿論生産性ショックにも及び、 $\omega_{it} = \omega(k_{it}, l_{it}, m_{it})$ となり、 ϕ_{it} の中に労働投入 l_{it} も含まれてしまい、第一段階で β_1 の推定が不可能となってしまう。仮に、労働投入 l_{it} を固定投入要素と考えた場合でも、 $m_{it} = m(k_{it}, l_{it}, \omega_{it})$ となるため、生産性ショック ω_{it} の逆関数は $\omega_{it} = \omega(k_{it}, l_{it}, m_{it})$ となり、第一段階で β_1 が推定できなくなる。

次の節ではこの LP 法の問題点に対処した手法を説明していく。

2.4 Akerberg Caves, and Frazer (2015)

Akerberg, Caves, and Frazer (2015) の手法は LP 法と同様に今までの手法の一部アレンジしたものとなっている。上記の LP 法の問題点から、生産関数を以下の形に定式化する。

$$\begin{aligned} y_{it} &= \alpha + \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + \omega(k_{it}, l_{it}, m_{it}) + u_{it} \\ &= \phi(k_{it}, l_{it}, m_{it}) + u_{it} \end{aligned} \quad (2.26)$$

このとき、中間投入について、付加価値生産関数 $Y_{it} = L_{it}^{\beta_1} K_{it}^{\beta_2} e^{\varepsilon_{it}}$ を考慮し、生産関数に

中間投入 m_{it} を含まない点に注意してほしい。そして、(2.26) において、 ϕ は、

$$\phi_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + \omega(k_{it}, l_{it}, m_{it}) \quad (2.27)$$

である。前節でも示した通り、第一段階で β_1 、 β_2 は推定することができない。(2.3) の式を用いることで、(2.26) を推定できる。その推定結果から、推定値 $\hat{\phi}_{it}$ が求められ、これを利用して次の (2.28) 式を推定する。

$$y_{it} = \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + g(\hat{\phi}_{it-1} - \beta_1 l_{it-1} - \beta_2 k_{it-1}) + \xi_{it} + u_{it} \quad (2.28)$$

この手法の利点は生産関数の関数形にこだわらないという点である。先の OP 法、LP 法はコブダグラス型である必要があったため、ACF 法はそれと比較してあらゆる市場構造に対応でき、より柔軟な分析を可能とすると言える。

2.5 先行研究の推定結果①

以上の紹介した手法を使用した先行研究の結果について、本論文の結果との比較のため第 5 節と第 6 節で紹介する。本節では Olley and Pakes (1996) の推定を扱う。Olley and Pakes (1996) では、1974 年から 1987 年までのアメリカの通信機器製造業の工場レベルのパネルデータを利用して生産関数を推定した。表 2-1 は OLS と OP 法の推定結果を比較したものである。

表 2-1 生産関数の推定結果: Olley and Pakes (1996)

説明変数	OLS	OP①	OP②	OP③
労働投入	0.693 (0.019)	0.608 (0.027)	0.608 (0.027)	0.608 (0.027)
資本ストック	0.304 (0.018)	0.355 (0.020)	0.339 (0.030)	0.342 (0.035)
企業年齢	0.005 (0.003)	-0.030 (0.002)	0.000 (0.004)	-0.001 (0.004)
タイムトレンド	0.016 (0.004)	0.034 (0.005)	0.011 (0.010)	0.044 (0.019)
存続確率	×	○	×	○
多項式	×	×	○	○
サンプル数	2592	1758	1758	1758

()内は標準誤差、出所：Olley and Pakes (1996), Table VI

表 2-2 について、OP 法は三通りの分析を行っている。まず、第一段階の推定を行い、そ

の推定値を用いて他の係数の推定を行う。OP①は存続確率 \hat{p}_{it} のみ含み、OP②は多項式 $\hat{\phi}_{it}$ のみ含み、OP法③は両方含んだ推定となっている。

サンプル数に注目すると、2592 から 1758 と総データの約 30%が除去されており、設備投資を代理変数に置く欠点であるといえる。そして、企業年齢は軒並み係数が低く、生産にさほど影響を与えないものと考えられる。次に、OLS の係数と OP 法全体の係数を比較すると、労働投入は OP 法の方が小さくなっており、資本投入は OLS の方が小さくなっており、これは理論と整合的である。最後に、三つの OP 法に注目する。OP 法①は ω_{it} が正の自己相関を持つならば、 k_{it+1} と ω_{it} は正の相関を持ち、資本ストックの係数が正のバイアスを持つことになる。OP 法②では、資本係数に負のバイアスが働くため、係数が小さくなることが予想される。結果を見ると、OP 法①の資本ストックは OP 法③のそれより大きくなっており、同様に OP 法②は OP 法③より推定値が小さくなっているため、理論通りの結果となっている。

2.6 先行研究の推定結果②

Akerberg et al. (2006) は、1973 年から 1986 年のチリの工業統計をデータとして用いて、食品製造業の生産関数の分析を行った。推定は OLS、固定効果モデル、ACF 法、LP 法によってそれぞれ行われており、手法ごとの推定値を比較して ACF 法の妥当性を示した。本論文に用いるのは OLS、OP 法、LP 法、ACF 法であるため、固定効果モデルの結果を除いて紹介する。Akerberg et al. (2006) では、LP 法と ACF 法について、生産性ショック ω の代理変数として、中間投入 M、電力使用量 E、燃料使用量 F を使用している。

表 2-2 生産関数の推定結果: Akerberg et al. (2006)

説明変数	OLS	LP - M	LP - E	LP - F	ACF - M	ACF - E	ACF - F
資本ストック	0.336 (0.025)	0.455 (0.038)	0.446 (0.032)	0.410 (0.032)	0.371 (0.037)	0.379 (0.031)	0.395 (0.033)
労働投入	1.080 (0.042)	0.676 (0.037)	0.764 (0.040)	0.942 (0.040)	0.842 (0.048)	0.865 (0.047)	0.884 (0.046)
規模の経済	1.416 (0.026)	1.131 (0.035)	1.210 (0.034)	1.352 (0.036)	1.212 (0.034)	1.244 (0.032)	1.279 (0.028)

()内は標準誤差、出所：Akerberg et al. (2006), Table 1

表 2-2 の規模の経済とは資本ストックと労働投入の係数の合計値であり、1を上回れば規模の経済性あり、1ならば規模に関して収穫一定、1未満であれば規模の不経済を示す。

表 2-2 から三点興味深い点が見つかる。まず LP 法、ACF 法共に OLS の推定結果より労働投入の推定値が低くなっている点である。このことから、やはり内生性の問題から OLS の推定値(可変投入要素)は過大評価されており、生産関数の推定には OLS 推定より LP 法と ACF 法の方が好ましい。次に、資本ストックの推定値である。資本ストックは ACF 法、LP 法は OLS より推定値は大きく、こちらは過小評価されている可能性がある。三点目は、LP 法と ACF 法の労働投入の推定値である。両者を比較すると、LP 法は労働投入の推定値におよそ 0.18 のばらつきが見られるが、ACF 法ではどの代理変数でも似通った結果が得られている。そのため、結果の安定性を求めた場合、ACF 法の方が好ましいと考えられ、Ackerberg et al. (2006) は自身の手法の頑健性を示した。

第3章 生産関数推定

3.1 データセット

今回の分析に際して、日経 NEEDS で得られる有価証券報告書のデータを用いた。分析年は1995年から2018年であり。製造業のうち分析対象とする業種は「ゴム製品」、「電気機器」、「紙・パルプ」、「窯業」、「鉄鋼業」、「石油」、「非鉄金属及び鉄金属製品」、「化学製品」とした。そして、日経 NEEDS で得たデータの用途を表 3-1 にまとめた。

表 3-1 使用したデータ及びその用途

使用目的	使用したデータ
産出額	売上高・営業利益
中間投入	売上原価・営業原価 労務費・福利厚生費 役員報酬 退職給付費用・退職給付引当金繰入額 人件費・福利厚生費 開発費・試験研究費 期末製品・商品棚卸高 期首製品・商品棚卸高 減価償却費
資本ストック	有形固定資産 減価償却費
設備投資額	有形固定資産 減価償却費
労働	期末従業員数

次に、変数の設定の仕方について述べていく。まず、産出額は「売上高・営業利益」を各種価格指数で実質化したものを使用した。価格指数については、日本銀行の時系列統計データにて公開されている企業物価指数を使用した。次に、中間投入額は(3.1)式のように定義した。

名目中間投入額 = 売上原価・営業原価

$$\begin{aligned} & - \left(\begin{array}{l} \text{労務費・福利厚生費} + \text{役員報酬} \\ + \text{退職給付費用・退職給付引当金繰入額} + \text{人件費・福利厚生費} \end{array} \right) \\ & - \text{減価償却費} - \text{開発費・試験研究費} \\ & - (\text{期末製品・商品棚卸高} - \text{期首製品・商品棚卸高}) \end{aligned} \quad (3.1)$$

(3.1) の実質化については、「JIP データベース」で得られる中間投入デフレータを使用した。そして、(3.1) を用いて付加価値を (3.2) と置いた。

$$\text{付加価値} = \text{出荷額} - \text{中間投入} \quad (3.2)$$

資本ストックは、資本ストックの初期値と償却率から恒久棚卸法で推計した。

$$K_{it} = (1 - \delta)k_{it-1} + I_{it} \quad (3.3)$$

ここで、 δ は償却率、 I_{it} は設備投資額であり、設備投資額は設備投資額の前年比増分と減価償却費の和としている。設備投資額の実質化は、日本銀行の企業物価指数、JIP データベースで得られる産業別の名目と実質の資産別投資額を使用した。償却率も JIP データベースのものとした。

最後に、労働投入は「期末従業員数」に「年間平均労働時間」を掛けたものとした。ここで、有価証券報告書から得られるデータと単位をそろえるために労働投入も 1000 で除することに注意する。「年間平均労働時間」については「JIP データベース」にあるマンアワーから導出して使用した。

これら変数の記述統計量は表 3-2 の通りである。

表3-2 各変数の記述統計量

	変数	平均	標準偏差	最小値	最大値
鉄鋼業	付加価値	41723.842	111358.996	124.499	1020450.400
	中間投入	112167.279	315158.674	56.000	3228554.000
	資本ストック	64703.645	182383.717	8.332	1439707.400
	労働投入	3397.193	7429.424	29.763	61653.787
	設備投資額	9866.315	36340.844	1.000	631015.000
石油	付加価値	283181.924	399729.512	1234.581	2303046.800
	中間投入	906002.488	1242173.144	1495.000	6928550.000
	資本ストック	76032.602	98724.000	384.969	620622.930
	労働投入	2246.750	2294.552	315.409	10108.546
	設備投資額	11145.490	24257.051	4.000	284130.000
窯業	付加価値	15821.273	31627.748	66.514	298599.050
	中間投入	29442.894	57257.519	51.000	667834.000
	資本ストック	16520.221	37838.810	75.835	316905.390
	労働投入	1714.787	2878.605	15.310	22070.235
	設備投資額	2409.305	7073.869	1.000	92718.000
パルプ・紙	付加価値	21271.088	41371.959	201.842	266110.320
	中間投入	57550.637	98816.387	84.000	573365.000
	資本ストック	41466.267	81989.800	40.485	553392.090
	労働投入	2141.842	3364.958	45.267	28799.277
	設備投資額	5909.014	17748.880	1.000	275738.000
非鉄金属, 金属製品	付加価値	11925.815	20147.414	21.411	172106.290
	中間投入	39945.846	93258.026	16.000	948165.000
	資本ストック	11777.067	26364.289	31.197	321323.690
	労働投入	1743.869	2791.166	15.477	30638.844
	設備投資額	1971.682	5473.808	1.000	97724.000
化学工業	付加価値	42845.687	81229.658	50.724	745879.040
	中間投入	43184.168	88791.322	2.000	1034078.000
	資本ストック	18271.256	35692.620	1.644	414132.200
	労働投入	1797.895	2641.729	14.832	32038.207
	設備投資額	3229.758	8413.550	1.000	238359.000
電気機器	付加価値	84967.954	286530.669	6.051	3333937.600
	中間投入	97375.383	327861.540	6.000	3579054.000
	資本ストック	21798.718	72030.820	0.644	806104.020
	労働投入	4404.622	12577.711	1.878	146804.430
	設備投資額	5084.860	19870.501	1.000	377197.000
ゴム	付加価値	56309.006	130324.801	234.648	976692.950
	中間投入	51490.927	90570.999	80.000	522880.000
	資本ストック	21236.232	38153.665	0.800	230033.400
	労働投入	3262.391	5498.998	5.630	30341.977
	設備投資額	4125.978	8760.052	1.000	67775.000

以上の手順でそれぞれの変数を作成し、分析ではこれらに対数化して使用する。しかし、変数作成に際し、労働投入以外の変数について負の値をとるデータでしばしば観測された。仮定に反して分析に使用できないデータ及び欠損値を有するデータについては、除去して分析を行った。

3.2 実証分析

生産関数の分析は OLS、OP 法、LP 法、ACF 法の四つで行い、それぞれの結果の比較検討を行う。

OLS の推定式は (3.4) の通りである。

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 l_{it} + \beta_2 k_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.4)$$

変数はそれぞれ y_{it} は付加価値額の対数値、 α は切片、 l_{it} は労働投入の対数値、 k_{it} は資本ストックの対数値、 β はパラメータ、 ε_{it} は誤差項である。

OP 法、LP 法、ACF 法については、Stata 上で公開されているパッケージを使用して分析を行う。具体的には、OP 法は `opreg`、LP 法は `levpet`、ACF 法は `acfest` というパッケージを用いる。それぞれ OP 法から順に、Yasar et al.(2008)、Petrin et al. (2004)、Manjon and Manez (2016) によって開発された。パッケージの計算の詳細・中身については、これらの論文を参考にしてほしい。ここでは簡単に Stata におけるコマンドの使用方法について述べたい。変数の名前を付加価値額の対数値を y 、資本ストックの対数値 k 、労働投入の対数値を l 、設備投資額の対数値を i 、中間投入額の対数値を m 、退出ダミーを e とする。ここで、 e は分析期間内に企業 i が退出した場合に全て 1、存続し続けた場合に全て 0 をとるダミー変数である。OP 法のコードは(3.5)となる。

$$\text{opreg } y, \text{ state}(k) \text{ free}(l) \text{ proxy}(i) \text{ exit}(e) \quad (3.5)$$

それぞれ `state` は生産関数に登場する状態変数、`free` は可変投入要素、`proxy` は観測されない生産性を代用する変数、`exit` はダミーを指定している。次に、LP 法のコードは(3.6)であり、

$$\text{levpet } y, \text{ free}(l) \text{ proxy}(m) \text{ capital}(k) \text{ valueadded} \quad (3.6)$$

OP 法と違い資本ストックを指定する `capital` が置かれているが、他はそこまで差異が無いコマンドとなっている。また、ACF 法も

$$\text{acfest } y, \text{ state}(k) \text{ free}(l) \text{ proxy}(m) \text{ va} \quad (3.7)$$

と LP 法とコマンド上では大きくは変わらず k, l, m を扱ったものとなる。

以上のコマンドを用いて「ゴム製品」、「電気機器」、「紙・パルプ」、「窯業」、「鉄鋼業」、「石油」、「非鉄金属及び鉄金属製品」、「化学製品」の八つの産業について生産関数推定を行った。結果は表 3-3 の通りである。

表 3-3 生産関数の推定結果

	OLS	OP	LP	ACF		OLS	OP	LP	ACF
鉄鋼業					非鉄金属, 金属製品				
切片	2.268 (0.090)				切片	-4.162 (0.147)			
k	0.211 (0.024)	0.266 (0.178)	0.268 (0.058)	0.214 (0.330)	k	0.126 (0.013)	0.075 (0.152)	0.227 (0.076)	0.205 (0.231)
l	0.719 (0.034)	0.480 (0.107)	0.385 (0.058)	0.801 (0.876)	l	0.857 (0.017)	0.686 (0.076)	0.777 (0.062)	0.709 (3.139)
石油業					化学工業				
切片	-1.804 (0.399)				切片	2.426 (0.038)			
k	0.536 (0.080)	-0.245 (0.382)	0.194 (0.148)	-0.041 (0.551)	k	0.214 (0.010)	0.029 (0.096)	0.199 (0.055)	-0.487 (0.228)
l	1.020 (0.143)	0.800 (0.537)	0.352 (0.245)	2.371 (1.609)	l	0.803 (0.013)	0.730 (0.054)	0.595 (0.065)	1.084 (0.415)
窯業					電気機器				
切片	1.351 (0.063)				切片	2.628 (0.032)			
k	0.329 (0.012)	0.124 (0.206)	0.495 (0.134)	0.304 (0.142)	k	0.160 (0.009)	0.218 (0.054)	0.252 (0.044)	0.132 (0.479)
l	0.680 (0.017)	0.617 (0.047)	0.585 (0.058)	0.651 (0.285)	l	0.821 (0.011)	0.749 (0.043)	0.607 (0.044)	0.813 (2.295)
パルプ・紙					ゴム				
切片	0.740 (0.106)				切片	1.456 (0.125)			
k	0.277 (0.021)	0.160 (0.099)	0.063 (0.142)	0.237 (0.390)	k	0.442 (0.042)	-0.053 (0.147)	0.538 (0.257)	0.418 (0.293)
l	0.808 (0.034)	0.769 (0.061)	0.812 (0.113)	0.875 (1.581)	l	0.595 (0.053)	0.520 (0.139)	0.298 (0.090)	0.508 (1.074)

結果について、上の行が推定されたパラメータの値、下の行の括弧内で示された数値が標準誤差となっている。結果を見ると、労働投入については「ゴム製品」、「電気機器」、「窯業」、「鉄鋼業」、「石油」、「非鉄金属及び鉄金属製品」、「化学製品」は LP 法と OP 法の係数は OLS の係数よりも低い数値となっており、労働投入に正のバイアスがかかっていることが確認できる。資本投入については OP 法では理論と異なった値が出ていたが、LP 法では「ゴム製品」、「電気機器」、「窯業」、「鉄鋼業」、「非鉄金属及び鉄金属製品」で係数が OLS の係数よりも高く、資本の係数の過小評価がされていることが分かる。そして、ACF 法については、「非鉄金属及び鉄金属製品」を除いて、ほぼもっともらしい結果が得られなかった。そして、全体の結果にまた戻ると、「紙・パルプ」、「石油」でほぼ理論と異なる結果となってしまう。その要因として、データの少なさが考えられる。分析期間 24 年間で「紙・パルプ」は企業が 49 社、サンプル数が 820、「石油」は企業が 16 社、サンプル数が 285 しか観測されず、一社ごとの関数に与える影響が大きくなってしまい、正しく推定されなかった可能性がある。

次に、産業の生産性について見ていく。まず企業 i の生産性水準を示しておきたい。Olley and Pakes (1996) は第 3 章で導出したパラメータを用いて(3.8) のように生産性水準 ω_{it} を表した。

$$\omega_{it} = \exp(y_{it} - \hat{\beta}_k k_{it} - \hat{\beta}_l l_{it}) \quad (3.8)$$

シェア s_{it} については先行研究に倣って売上高のデータを基に作成した。今回、第 3 章の三つの手法のうち、理論通りの数値が得られた LP 法の結果を使用する。産業単位での生産性水準は (3.8) を用いて (3.9) のようになる。

$$\omega_t = s_{it} \omega_{it} \quad (3.9)$$

ω_t はその産業の t 年の生産性、 ω_{it} は企業 i の t 時点の生産性、そして s_{it} はその産業における企業 i のシェアである。産業の生産性水準はシェアで重みづけされた加重平均の形になっている。そして、LP 法で理論通りの結果が得られてかつデータ数も十分に多い「電気機器」、「窯業」、「非鉄金属及び鉄金属製品」の生産性の動向を見ていくこととする。

表 3-4 電気機器の生産性

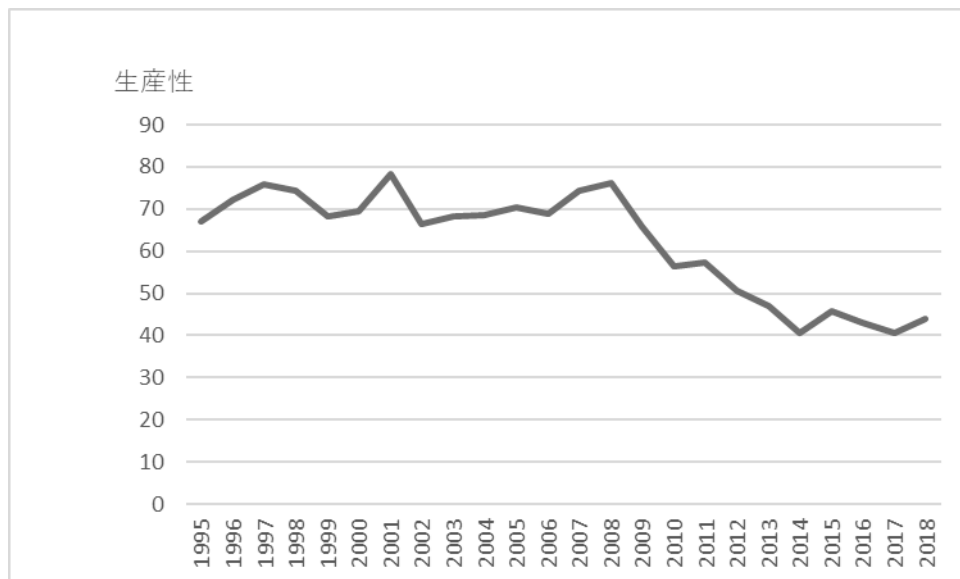


表 3-5 窯業の生産性

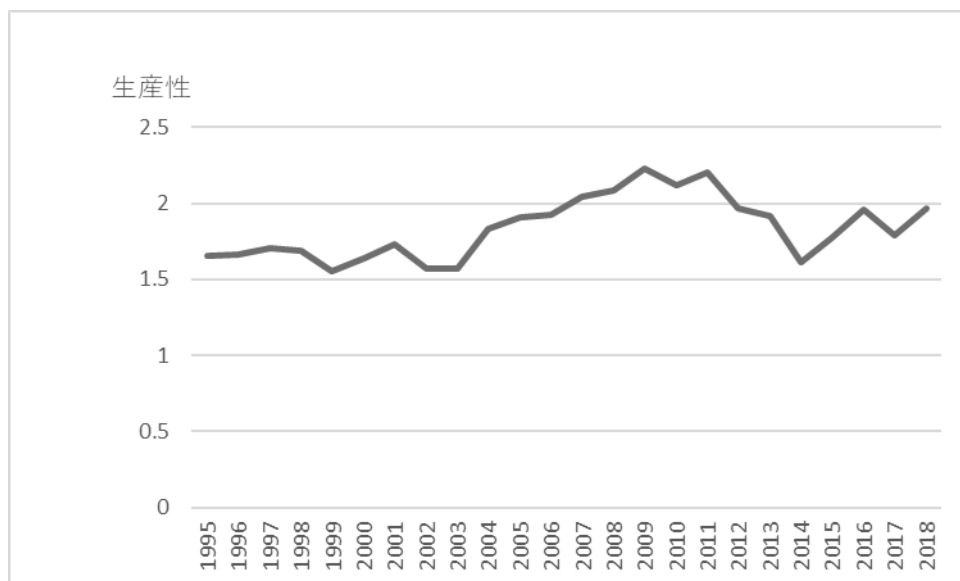
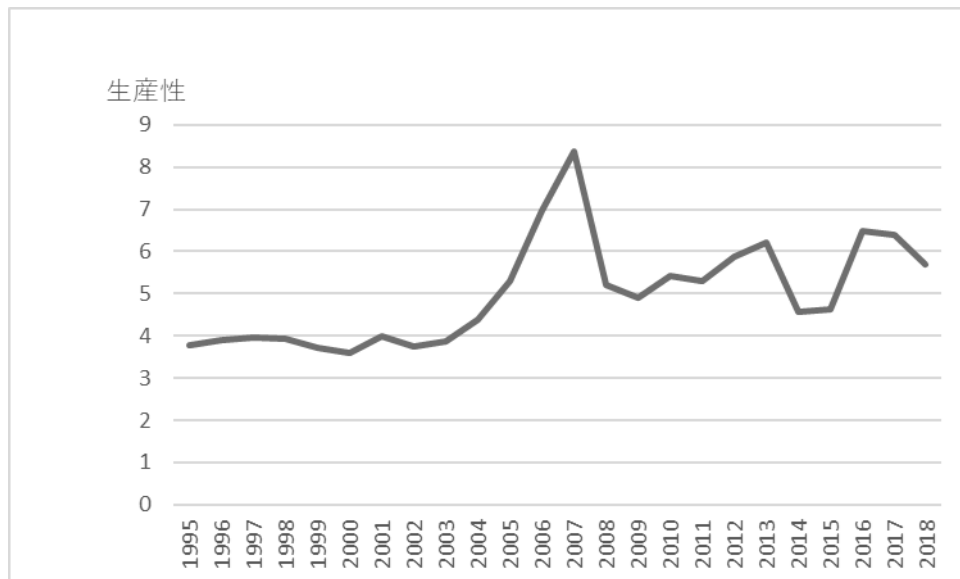


表 3-6 非鉄金属及び鉄金属製品の生産性



24 年間の動きを見ると、「電気機器」は生産性が下降傾向にあり、「窯業」、「非鉄金属及び鉄金属製品」は上昇傾向にある。詳細に見ると、「電気機器」は失われた 20 年の前半では生産性に大きな変化は見られないが、2008 年のリーマンショック以降から大幅に減少していることが分かる。その後、アベノミクスが始まった翌年の 2014 年で減少がストップし、再び大幅な増減の無い推移に戻っている。一方、「窯業」と「非鉄金属及び鉄金属製品」は「電気機器」同様に失われた 20 年の前半での生産性変動は大きくないが、いざなぎ景気の時期に生産性が上昇している。いざなぎ景気が終了してからは「非鉄金属及び鉄金属製品」は大幅に生産性が減少し、その後 2014 年から上昇している。「窯業」はいざなぎ景気後は緩やかな減少を辿り、その後は「非鉄金属及び鉄金属製品」と似たような推移をしている。

以上から、多少のラグはあるものの、アベノミクスによって生産性は向上したと言える。

第4章 生産性の要因分解

4.1 理論①Foster et al. (1998)

生産性上昇の要因分解の手法については、Foster et al. (1998) と Baily et al. (1992) の手法(以降 Foster 法、Baily 法と呼ぶ)を扱うこととする。本節では前者、次節では後者の説明をしていく。本節で紹介する Foster 法は投入した生産要素をどの程度うまく活用できたかという「技術効率性」を見ることができる。

基準年 $t - \tau$ 年から比較年 t 年の生産性上昇の分解式は (4.1) で与えられる。

$$\begin{aligned}\Delta\omega_t = & \sum_{i \in C} s_{it-\tau} \Delta\omega_{it} + \sum_{i \in C} \Delta s_{it} (\omega_{it-\tau} - \omega_{t-\tau}) + \sum_{i \in C} \Delta p_{it} \Delta s_{it} \\ & + \sum_{i \in N} s_{it} (\omega_{it} - \omega_{t-\tau}) + \sum_{i \in X} s_{it} (\omega_{t-\tau} - \omega_{it})\end{aligned}\quad (4.1)$$

ここで、 ω_t はその産業の t 年の生産性、 ω_{it} は企業 i の t 時点の生産性、そして s_{it} はその産業における企業 i のシェア C は期間中ずっと活動していた企業、 N は参入企業、 X は退出企業の集合、 $\Delta\omega_t$ は基準年 $t - \tau$ 年から比較年 t 年までの総生産性上昇、 $\Delta\omega_{it}$ は企業 i が基準年から比較年までの生産性の増分、前と同様に Δs_{it} はシェアの増分を表現している。そして、(4.1) の五つの項は第一項の内部効果、第二項と第三項の再配分効果、第四項と第五項の純参入効果に分けられる。まず、内部効果 ($\sum_{i \in C} s_{it-\tau} \Delta\omega_{it}$) は企業レベルの生産性変化に基づく効果を表し、産業における最初のシェアで重み付けがされている。次に、再配分効果のうち第二項 ($\sum_{i \in C} \Delta s_{it} (\omega_{it-\tau} - \omega_{t-\tau})$) はシェア効果と呼ばれ、シェアの変化による効果を表現しており、基準年の産業の生産性指標の偏差で重み付けがされている。第三項 ($\sum_{i \in C} \Delta p_{it} \Delta s_{it}$) は共分散項であり、生産性変化率の高い事業所がシェアを拡大する効果を見ることが出来る。第四項は ($\sum_{i \in N} s_{it} (\omega_{it} - \omega_{t-\tau})$) は参入効果であり、企業 i の生産性が産業生産性を上回っている場合、この項は正になり参入によって生産性が高まったと言える。対して、第五項 ($\sum_{i \in X} s_{it} (\omega_{t-\tau} - \omega_{it})$) は退出効果であり、第四項と第五項の和が純参入効果となる。この項は勿論、企業 i の生産性が産業生産性を下回っている場合、正になる。

ウェイトについては、Fukao and Kwon (2005) といった他の研究では基準年と比較年の数値の平均をとることもある。これらに優劣は明確についてないが、後者のようにした場合例えば内部効果であれば比較年のシェアも組み込むことになるため、再配分効果を一部内部効果に反映させた形となる。

4.2 理論②Baily et al. (1992)

本分解法は企業規模によって生産性上昇要因の分解をする手法である。まず、期間内で生存している企業を生産性の高い順に四つのグループ(A, B, C, D)に分類する。そして、基準年 $t - \tau$ 年から比較年 t 年まで経過したとき、2 つ以上上のグループに移動した企業を ($UP2$)、上位 2 グループに変わらず留まった企業を TOP 、2 つ以上下のグループに落ちた企業を $DWN2$ 、下 2 グループに留まった企業を BTM 、中央の二グループ B, C について、 B から C に 1 グループ落ちた、もしくは C から B に 1 グループ上がった企業は (RST) とグループ分けを行う。この分解により、上位の企業、上昇・下降する企業、中位に留まる企業の成長に対する重要度を評価することができる。分解式は (4.2) となる。

$$\begin{aligned} \Delta\omega_t = & \sum_{i \in UP2} (s_{it}\omega_{it} - s_{it-\tau}\omega_{it-\tau}) + \sum_{i \in TOP2} (s_{it}\omega_{it} - s_{it-\tau}\omega_{it-\tau}) + \sum_{i \in DWN2} (s_{it}\omega_{it} - s_{it-\tau}\omega_{it-\tau}) \\ & + \sum_{i \in BTM} (s_{it}\omega_{it} - s_{it-\tau}\omega_{it-\tau}) + \sum_{i \in RST} (s_{it}\omega_{it} - s_{it-\tau}\omega_{it-\tau}) \end{aligned} \quad (4.2)$$

この式では退出企業、参入企業の存在は考慮しないため、分析の際はそれらのデータを除外しなければならないことに注意してほしい。

4.3 要因分解の問題点

以上が二つの分解法の紹介であるが、分解法には共通してある問題点・注意点を有している。第一は、基準年と比較年の設定である。一年で変化をみたときと十年で変化を見たときでは退出企業や参入企業の割合が変化してしまうため、解釈にばらつきが生まれてしまうのである。特に、参入効果を見る場合は学習効果などの影響で正しく評価できない恐れがある。例えば、基準年のすぐあとの年に参入した企業とそのしばらく後に参入した企業とでは参入効果は前者の方が高く評価されることも考えられる。一年間の変化を見る場合も同様であり、全て参入してから一年の企業で固定されてブレは少なくなるが、本来の参入効果より低く評価される可能性がある。第二は、研究同士を単純比較できない点である。前に述べた通り、ウェイトの取り方を平均としている研究もあれば、生産性水準 ω を対数値のまま扱って要因分解を行う研究も過去に存在する。そして言わずもがな国、期間、対象、制度は研究目的によって大きく異なる。このように、異なる要素が多く絡み合っているため、先行研究と似た結果が得られるとは限らない。

4.4 実証

今回、1995年から2018年を「1995年～2000年」、「2001年～2006年」、「2007年～2012年」、「2013年～2018年」の四つの期間に分けて実証を行った。前の三つの期間が失われた20年の期間、最後の期間はアベノミクスが始まってからの期間となっている。分析する産業は「電気機器」、「窯業」、「非鉄金属及び鉄金属製品」の三つである。Foster法の結果は表4-1のようになった。表ではそれぞれの効果を生産性上昇合計全体の割合で表記している。

まず「非鉄金属及び鉄金属製品」から見ると、「1995年～2000年」は生産性に関わる大きなイベントが無かったため若干の生産性減少しか起こらなかった。「2001年～2006年」はいざなみ景気と重なっており、生産性は上昇している。「非鉄金属及び鉄金属製品」はいざなみ景気の恩恵を受け、この上昇は7割の内部効果と二割の共分散効果によって説明できる。「2007年～2012年」は震災とリーマンショックが期間内に含まれているため、大幅な減少をしている。これらのイベントは個々の企業の生産性を下げただけでなく、生産性の高い企業の撤退をもたらしてしまい、退出効果が約4割となっていた。「2013年～2018年」は減少幅低くなったものの、上昇までには至らなかった。前の期間の影響で企業はなかなか生産性が挙げられず、再配分効果も負となっている。一方で、小さい割合ではあるが、共分散効果と参入効果は若干の正にはなった。全体を見ると内部効果が全体のほとんどを占めていることが分かる。つまり、内部効果の符号がそのまま生産性上昇合計の符号となっている。そしてシェア効果は比較的小さく、共分散効果は全体の約1～3割であり、純参入効果は「2007年～2012年」では四割と比重が大きい、他の期間ではそこまで全体に影響を与えなかった。

次に、「電気機器」の結果を見る。「1995年～2000年」は全体として生産性は向上しており、これは内部効果と共分散効果が全体の上昇に貢献している。「2001年～2006年」は内部効果が生産性変動の9割を占めており、負となってしまう。「2007年～2012年」はやはり前に述べたイベントの影響もあり、大幅に生産性が減少している。ただ「非鉄金属及び鉄金属製品」とは異なり、内部効果以外の効果は良くも悪くも産業生産性そこまで作用しなかった。「2013年～2018年」は純参入効果が正になっているものの、内部効果と再配分効果が大きくマイナスの値をとってしまったため、産業生産性は小さくなっている。ただ、全体でみると他の期間より減少幅は小さくはなっている。そして、やはり産業生産性変動に占めるシェアは内部効果が最も高い形となり、再配分効果と純参入効果は「1995年～2000年」と「2013年～2018年」では効果があったが、「2001年～2006年」と「2007年～2012年」

は内部効果が大きすぎたためにほとんど産業生産性に影響を与えなかった。

最後に、「窯業」だが、生産性上昇の合計を見ると最初の三つの期間は符号が一致しているが、「1995 年～2000 年」と「2007 年～2012 年」は効果の内訳が大きく異なっている。「1995 年～2000 年」では内部効果と再配分効果ともに産業生産性に対する比率が非常に高く、反対の効果を見せている。「2007 年～2012 年」は内部効果、再配分効果、純参入効果がほぼ同じ程度の効果があり、産業全体で企業活動が苦しい状態にあったと言える。「2013 年～2018 年」は唯一生産性が上昇しており、再配分効果が大きく寄与した。ここまで「窯業」では違った見地が得られたが、表 3-5 を改めてみるとこれは生産性指標の誤差が小さかったためだとも考えられ、その場合少しの変動が大きな効果を生んでいたことになる。以上から、技術効率性から見たとき、失われた 20 年は「1995 年～2000 年」には極端な生産性減少は見られず、「2001 年～2006 年」は「電気機器」のみ生産性が下がり、「2007 年～2012 年」はどの産業も大幅に生産性を下げた。アベノミクスは生産性上昇にあまり寄与できていなかったが、内部効果の減少幅を小さくするという点や、共分散効果、純参入効果は正になっている点から、ある程度貢献はできていた可能性がある。

また、アベノミクスによる企業支援が企業ごとに効果がでるまでの期間が異なる場合、支援を受けた企業の効果をまだ効果が発揮していない企業や、支援を受けていない企業によって相殺されてしまい、正しく評価できないことも予想される。

そこで、表 4-2 で Baily 法の結果を見ていく。「電気機器」の「2013 年～2018 年」では *TOP* の効果と *DWN2* の効果が非常に高く、2013 年時点でのグループ *A,B* の企業が産業生産性に多大な影響をあたえたことになる。言い換えれば、アベノミクスによって生産性の高企業に大きな効果があったが、それは良い効果悪い効果双方があったということである。そして、全体でみると、*TOP* が全ての期間で産業生産性に重要な働きをし、*BTM* , *DWN2* はどの期間でも負の効果、*UP2* は正の効果となっていた。

次に、「非鉄金属及び鉄金属製品」の「2013 年～2018 年」では *RST* , *UP2* , *BTM* の効果によるものが非常に大きく、恐らく *UP2* は支援が受けられたグループと考えられる。

最後に、「窯業」を見る。「2013 年～2018 年」の生産性の上昇は *TOP* , *UP2* , *BTM* の効果が大きく、*RST* もわずかではあるがプラスに寄与している。そのため、生産性の低いグループが支援を受けたと予想できる。

このように、Baily 法でみたときアベノミクスの恩恵を受けたグループの存在を確認できた。ただ、産業生産性で見たときに生産性が高い企業やシェアの高い企業の変動に大きく左右されてしまうため、効果があっても一見何の効果も得られなかったように見えてしまう。

表4-1 生産性の要因分解結果 (Foster法)

期間	生産性上昇合計	内部効果 (within)	再配分効果 (①+②)	シェア効果 (①)	共分散 (②)	純参入効果 (③+④)	参入効果 (③)	退出効果 (④)
鉄金属,								
非金属製品								
1995-2000	-0.185	1.312	-0.242	0.073	-0.316	-0.069	-0.034	-0.035
2001-2006	2.966	0.711	0.233	-0.007	0.239	0.057	0.033	0.023
2007-2012	-2.506	0.453	0.120	-0.029	0.149	0.428	0.035	0.393
2013-2018	-0.531	0.887	0.119	0.199	-0.080	-0.006	-0.012	0.006
電気機器								
1995-2000	2.595	0.871	0.356	-0.311	0.667	-0.227	-0.266	0.039
2001-2006	-9.486	1.030	0.066	0.248	-0.182	-0.097	0.003	-0.100
2007-2012	-23.925	0.952	0.067	0.034	0.033	-0.019	0.030	-0.049
2013-2018	-3.171	0.729	0.405	0.514	-0.108	-0.134	0.025	-0.159
窯業								
1995-2000	-0.016	-3.260	3.221	9.761	-6.541	1.039	-0.112	1.151
2001-2006	0.197	0.980	0.186	-0.048	0.234	-0.167	0.003	-0.169
2007-2012	-0.075	0.393	0.361	0.330	0.030	0.246	0.168	0.078
2013-2018	0.044	-0.787	1.747	0.382	1.365	0.040	0.000	0.040

表4-2 生産性の要因分解結果 (Baily法)

期間	生産性上昇合計	TOP	DWN2	RST	UP2	BTM
電気機器						
1995-2000	1.586	0.465	-0.040	-0.002	0.667	-0.090
2001-2006	-6.950	0.979	0.022	-0.006	-0.009	0.013
2007-2012	-18.830	0.958	0.017	0.017	0.000	0.008
2013-2018	0.940	3.122	-2.183	0.090	0.059	-0.088
鉄金属,						
非金属製品						
1995-2000	-0.197	0.510	0.354	0.442	-0.608	0.302
2001-2006	3.444	0.670	-0.006	0.063	0.131	0.142
2007-2012	-0.771	0.876	0.217	-0.088	-0.086	0.082
2013-2018	0.072	0.519	-0.368	-1.477	5.436	-3.110
窯業						
1995-2000	0.090	-0.840	-0.416	0.031	0.808	1.417
2001-2006	0.394	0.418	-0.161	0.057	0.221	0.465
2007-2012	-0.029	-1.644	3.593	1.013	-2.291	0.329
2013-2018	0.132	0.352	-0.069	0.010	1.678	-0.971

第5章 結論

本論文では製造業の生産関数推定、要因分解を行った。生産関数では LP 法では理論通りの結果が得られたが、OP 法と ACF 法では理論に反した結果となった部分が多かった。今回の分析では産業の分類を日経 NEEDS に従ったものにしたため、重工業や軽工業の分類をもっと明確に行うことで正確な推定が行えたかもしれない。

そして、失われた 20 年の概観では最初の六年間は生産性に悪影響は無く、最後の六年間は生産性が大きなマイナスとなっていた。そして、アベノミクスが生産性に与えた効果は、産業生産性で見たときはほぼ効果が見えなかったが、Foster 法、Baily 法の一部の効果に対して正の数値が観測されたため、部分的な生産性向上には貢献したと考えられる。

参考文献

- 日本生産性本部(2020),『生産性白書』日本生産性本部
- 松浦寿幸. (2016). 「パネル・データにおける企業・事業所レベルの生産関数の推計について」.『慶應義塾大学産業研究所』44(4), 43-70.
- Akerberg, D. A., Caves, K., and Frazer, G. (2006), "Structural Identification of Production Function", *mimeo*, UCLA.
- Akerberg, D. A., Caves, K., Frazer, G. (2015), "Identification Properties of Recent Production Function Estimation". *Econometrica*, 83, 2411-2451.
- Baily, M N., Charles, H., David, C. (1992), "Productivity, Dynamics in Manufacturing Plants" *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics*, pp. 187-249.
- Foster, L., Haltiwanger J and Krizan, C. J. (1998), "Aggregate Productivity Growth: Lessons from Microeconomic Evidence", *NBER Working Papers*, No.6803.
- Levinsohn, J., and Petrin, A. (2003), "Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservable", *Review of Economic Studies*, 70, 317-341.
- Manjon, M., and Manez, J. (2016), "Production Function Estimation in Stata Using the Akerberg–Caves–Frazer Method". *Stata Journal*, 16(4), 900-916.
- Olley, G. S., and Pakes, A. (1996), "The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry". *Econometrica*, 64, 1263-1297.
- Petrin, A., Poi, B. P., & Levinsohn, J. (2004). "Production function estimation in Stata using inputs to control for unobservables". *Stata Journal*, 4(2), 113-123.
- Yasar, M., Raciborski, R., & Poi, B. (2008). "Production function estimation in Stata using the Olley and Pakes method". *Stata Journal*, 8(2), 221-231.
- 総務省統計局 <https://www.stat.go.jp/data/index.html>
- 内閣府 国民経済計算 <https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/menu.html>
- 日経 NEEDS <https://needs.nikkei.co.jp/>
- 日本生産性本部 <https://www.jpc-net.jp/movement/generalplan.html>
- JIP データベース 2021 <https://www.rieti.go.jp/jp/database/JIP2021/>

おわりに

私はテーマ自体四年のゼミ生の中で割と早い段階で決まっていたのだが、データセットに多くの時間を要してしまった。仮に一度データが完成しても先の作業を進めていくうちにミスに気付いて膨大なデータの修正を頻繁に行っていた。その結果、計画的に進めていたつもりだったが、かなり直前まで論文作成に追われることとなってしまう、卒業論文の過酷さが身に染みて分かった。ゼミでの生活は三年、四年通して今までに無い位忙しいものであったが、非常に有意義な二年間であったと思っている。