

# 生産関数による規制の経済効果

中西 泰夫\*

## <要約>

政府による規制の緩和が、生産性の上昇をもたらすかどうかは、各国の市場において重要なテーマであり、定量的にテストされることが必要とされている。特に生産性の上昇を計測することが、まず重要である。この論文では生産関数を推定して、そこから生産性の上昇率をもとめている。その際に近年重要になっている内生性の取り扱いに、十分な配慮をして、最新の方法を含んだいくつかの手法で計算している。そして、規制の緩和が生産性の上昇にどれだけ貢献しているかを、パネルデータをつかって推定することによりもとめている。内生性の排除について適切な方法で処理しており、より正確な方法であると考えられる。

分析の結果は、生産関数は内生性を考慮した方法により、有意なパラメータの推定結果を得た。したがって内生性の処理をされた生産関数の推定には成功している。規制緩和に関しては、規制緩和が生産性の上昇に有意に貢献しているという結果を得ているが、その際の規制緩和に関する推定方法については、まだ検討の余地が残されており、結論はつけられない。

JEL 区分：D22, D24, L5, L16

キーワード：TFP, イノベーション, 規制, 規制緩和, 生産関数, コントロールアプローチ

## 1 はじめに

本研究は、生産関数を用いた規制の経済効果に関する分析である。生産関数を現実のデータを用いて推定し、推定されたパラメータを使用して生産性をもとめている。そしてその生産性に対して規制がどのように貢献しているか回帰分析によりテストしている。

生産関数は企業行動における重要な行動方程式である。生産関数の推定は、以前からおこなわれ

---

\*専修大学経済学部教授

ており、そこから双対理論にもとづいた費用関数の推定に発展した。現在ではむしろ生産関数の分析が多く、費用関数に関する分析は減少している。その理由の一つは、内生性の処理の問題が存在するからだ。ここで問題とされる内生性は、企業には認知できるショックであるが、企業以外（分析者）には認知できないショックであるとされているものである。企業には認知できるため、そのショックと今期に意志決定する変数との間にはなんらかの相関が生じてしまう。したがって通常の推定ではバイアスが生じてしまうため、適切ではないことからなんらかの処理が必要になる。

そうした問題に対して始めて解答を出したのが、Olley and Pakes (1996) であった。彼らの方法は、投資と資本との関係をうまく使って、企業だけにしか認知できないショックを取り除くというものであり、コントロールアプローチといわれている。その後、Levinsohn and Petrin (2003) によって、投資のデータとしての特性からコントロール変数として、むしろ投資でなく中間投入を使うという展開があった。さらにコントロールアプローチは発展して、Akerberg, Frazer and Caves (2015), De Loecker and Warzynski (2012), Wooldridge (2009) のような発展を迎えている。

この論文では、内生性の処理を数種類の方法で処理して、規制との関係を実証的に検証した。規制の変数としては、JIP データベースの規制ウェイトを使用した。このデータは各産業における規制の強度をあらわしたデータであり、現状では規制のデータとしては他に存在していない。そこでこのデータを使って生産関数から得られた生産性との関係を回帰分析することによって実証的にテストした。

規制と生産性に関する実証分析としては、Bourles, Cette, Lopez, Mairesse and Nicoletti (2013), Yahmed and Dougherty (2013) がある。いずれも TFP をもとめて、規制の変数およびその他の変数によってテストしているという分析である。日本については、中西, 乾 (2008) でおこなわれている。そこでは、TFP 成長率と GDP 成長率について、規制緩和がどのように影響しているかを分析して、規制緩和が TFP 成長率と GDP 成長率に有意に貢献していることを述べている。したがって規制緩和が生産性や経済成長に貢献していることを主張している。中村 (2014) では、生産関数の内生性を考慮した生産関数を使用して、実証分析をおこなっているが、規制に関しての有意性は見いだせていない。

## 2 モデルの基本構造

### 2-1 Olley and Pakes (1996)

この論文では、生産関数を推定して、そこから得られた TFP と規制との関係を実証的に分析する。生産関数はコブ・ダグラス生産関数を用いる<sup>1)</sup>。推定方法は、いくつかの方法がとられる。

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_m m_{it} + \omega_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

ここで  $y_{it}$  は  $i$  企業の、 $t$  期の産出量（以下も同様である）、 $\beta_0$  は、生産性のパラメータである、 $l_{it}$  は、労働投入、 $k_{it}$  は、資本ストック、 $m_{it}$  は、中間投入、 $\omega_{it}$  は、企業には観測できるが企業以外の観測者には観測できないショック。 $\varepsilon_{it}$  は、企業にも企業以外の観測者にも観測されないショックである、 $\beta_0$ ,  $\beta_l$ ,  $\beta_k$ ,  $\beta_m$  は、生産要素それぞれのパラメータである。なおすべての変数は対数変換

1) ここで使用される生産関数の関数形はコブ・ダグラス型のみであるが、他の関数形でも適用は可能である。しかしながら推定方法は限定される。

されている。

資本ストックには投資との間に以下のような関係がある

$$k_{it} = i_{it-1} + (1 - \delta) k_{it-1}. \quad (2)$$

ここで  $i_{it}$  は企業の設備投資， $\delta$  は資本減耗率。

$\omega_{it}$  は，このままでは，分析者には観測できないため，何らかの工夫が必要である。それには Olley and Pakes (1996) によるいわゆるコントロールアプローチが有力である<sup>2)</sup>。ここではまず，Olley and Pakes (1996) の方法のよる。企業による今期の投資は，今期の資本ストックだけでなく，今期のショックの影響を受ける。したがって今期の投資と資本ストックと分析者には観測できないショックとの関係は以下ようになる。

$$i_{it} = f(k_{it}, \omega_{it}) \quad (3)$$

よって以下のように書くことができる。

$$\omega_{it} = h(k_{it}, i_{it}) \quad (4)$$

したがって，生産関数は以下のように書ける。これで  $\omega_{it}$  をなくすことができた。

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + h(k_{it}, i_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

また，

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \phi_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

ここで，

$$\phi_{it} = \beta_k k_{it} + h(k_{it}, i_{it}) \quad (7)$$

しかしながらこのままでは，労働投入に関しては識別できるが，資本ストックについては識別できない。そこでまず， $\omega_{it}$  については以下の1階のマルコフ過程にもとづくとする。

$$\omega_{it} = E(\omega_{it} | \omega_{it-1}) + \xi_{it} \quad (8)$$

$$= g(\omega_{it-1}) + \xi_{it} \quad (9)$$

よって，

$$\omega_{it} = \phi_{it} - \beta_k k_{it} \quad (10)$$

すると以下のように書ける。

$$\hat{y}_{it} = \beta_k k_{it} + g(\omega_{it-1}) + \xi_{it} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

ここで  $\hat{y}_{it}$  は以下のように定義されている。

---

2) 以下は，中村 (2014)，Ornaghi and Beveren (2011) による。

$$\hat{y}_{it} = y_{it} - \hat{\beta}_k l_{it} \quad (12)$$

最終的に以下の推定式で、資本ストックに関しても識別できることになる。

$$\hat{y}_{it} = \beta_k k_{it} + \gamma (\phi(k_{it-1}, i_{it-1}) - \beta_k k_{it-1}) + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

なお  $\gamma$  は、パラメータである。Olley and Pakes (1996) らの方法は、先駆的なものであり、内生性の処理に関する分析の始まりとなっている。彼らの分析は投資と資本ストックの間の関係を用いたものである。しかしながら投資はそのデータの特性上、正の値だけがデータとして存在しているわけではなく、負の値もしばしば存在している。正以外のデータの存在は、対数を使用している場合には、使用できないため。データの利便性に欠けることになる。そこで Levinsohn and Petrin (2003) らは、投資をコントロール変数として使用するのではなく、中間投入を代わりに使用すべきとの考え方から、中間投入を投資の代わりにした分析をおこなっている。<sup>3)</sup>

## 2-2 Akerberg, Frazer and Caves (2015)

Akerberg, Frazer and Caves (2015) らの方法は、投資をコントロール変数にするときに、資本ストックだけでなく労働投入にも依存すると考えた点である<sup>4)</sup>。これは資本ストックと労働投入の間に関係があるため考えられることである。したがって、以下のように書ける。

$$i_{it} = f(k_{it}, l_{it}, \omega_{it}) \quad (14)$$

そこで  $\omega_{it}$  は、以下のように表される。

$$\omega_{it} = h(k_{it}, i_{it}, l_{it}) \quad (15)$$

よって生産関数は、以下のように  $\omega_{it}$  をなくすことが可能になる。

$$y_{it} = \Phi(k_{it}, i_{it}, l_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

ここで、

$$\Phi_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + h(k_{it}, i_{it}, l_{it}) \quad (17)$$

しかしながら、この生産関数では、Olley and Pakes (1996)、Levinsohn and Petrin (2003) では、労働投入は最初の段階から識別可能であったが、この方法では、労働投入も識別されないことになる。(8)、(9)式を使うと以下のように推定できる。

$$y_{it} = \Phi(k_{it}, i_{it}, l_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

そこでこの推定結果を使えば、 $\Phi$  の推定値  $\hat{\Phi}$  がもとめられるため、最終的に資本ストックも、労働投入も以下のように識別できることになる。

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_k k_{it} + \beta_l l_{it} + \gamma (\hat{\Phi}_{it-1} - \beta_k k_{it-1} - \beta_l l_{it-1}) \quad (19)$$

3) 方法は Olley and Pakes (1996) とほぼ同様である。

4) 以下は、酒井 (2014)、Ornaghi and Beveren (2011) による。

この Akerberg, Frazer and Caves (2015) の利点は、生産関数の関数形にこだわらない点である。前述の Olley and Pakes (1996), Levinsohn and Petrin (2003) では、生産関数が、線形であるコブ・ダグラス型である必要があった。しかしながら Akerberg, Frazer and Caves (2015) の方法では、他の関数形も適用可能になる。そこで関数形をより一般的にしたのが、De Loecker and Warzynski (2012) である<sup>5)</sup>。

### 2-3 Wooldridge (2009)

前述の Olley and Pakes (1996), Levinsohn and Petrin (2003), Akerberg, Frazer and Caves (2015), De Loecker and Warzynski (2012) のいずれも推定の際には、2 段階で推定する必要があった。Wooldridge (2009) のモデルは、そうした 2 段階の推定ではなく、1 段階だけでも推定しようという方法である<sup>6)</sup>。Olley and Pakes (1996), Levinsohn and Petrin (2003), Akerberg, Frazer and Caves (2015), De Loecker and Warzynski (2012) は、企業だけに認知されるショックを関数形が特定化されない項で置き換えている。Wooldridge では、その項を直接推定することにより 1 度の推定だけでパラメータを推定できるようにしている<sup>7)</sup>。したがって以下のように書ける。

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_k k_{it} + \beta_l l_{it} + \sum_{j=0}^n \sum_{w=0}^m (\gamma_{jw} i_{it-j}^j k_{it-j}^w) \quad (20)$$

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_k k_{it} + \beta_l l_{it} + \sum_{j=1}^n \sum_{w=1}^m (\gamma_{jw} i_{it-j}^j k_{it-j}^w) \quad (21)$$

上記の 2 式を連立して GMM で推定する推定方法と、21 式だけを GMM で推定する推定方法がある。

こうしたアプローチではなくさらに 1 階の要素需要関数を利用するという方法もある (Bond and Soderbom: 2005, Collard-Wexler and De Loecker: 2016))。その方法は、Wooldridge の方法と本質的には同じである。2 段階でも 1 段階でも推定は可能である。

## 3 実証分析

前章のモデルにもとづいて、実際のデータを使用して実証分析をおこなう。使用したデータは企業ごとの個票データである。使用した産業は航空、電力、ガス、鉄道、物流、海運、陸運の各産業<sup>8)</sup>であり、企業数は 243 社である。データの期間は 1991 年から 2005 年である。日本経済新聞社の NIKKEI NEEDS のデータを使用している。それらのデータの基本性質が表 1 にある。規制に関しての変数は、JIP データベース (RIETI) から得ている。

労働投入以外は、本来は負の値になる可能性がある。実際本研究においてデータを作成した際に負のデータまたはゼロデータも出現した。この論文のモデルはデータが基本的に対数変換されている。したがってゼロ以下のデータは利用できなくなる。したがってここでは、正のデータのみを使

5) Akerberg, Frazer and Caves (2015) の論文は、ワーキングペーパー版がかなり以前より閲覧されていた。

6) 2 段階でも推定は同様に可能である。ただし推定結果は同じにはならない。

7) Ornaghi and Beveren (2011) による。

8) 日経の NIKKEI NEEDS の分類によっている。

表1 データの基本性質

変数	データ数	平均値	標準誤差	最小値	最大値
投資	585	42981	98665	65	601025
資本ストック	585	344618	778595	446	3471782
労働投入	585	7599	10611	181	53618
生産額	585	317538	596433	583	2737790

表2 推定結果

	<i>OP</i>	<i>Akerberg</i>	<i>Woold.1</i>	<i>Woold.2</i>
$\beta_t$	.2785752	.460773	3044143	1.613694
s.e.	.0291363	.1556405	.033538	.8405189
t-value	9.56	2.96	9.08	1.92
$\beta_t$	.117684	.4915412	.4956406	-.3433207
s.e.	.0632649	.1008026	.0794319	.7993752
t-value	1.86	4.88	6.24	-0.43
regul.	.0000246	.3587466	.163122	2.39e+14
s.e.	2.36e-06	.0837647	.055132	2.30e+13
t-value	10.43	4.28	2.96	10.41

注：OP は，Olley and Pakes (1996) による推定  
Akerberg は，Akerberg et. al (2015) による推定  
Woold.1 は，Wooldridge (2009) による連立した推定  
Woold.2 は，Wooldridge (2009) による単一の推定

用している。そのためデータ数はかなり減少している。

表2は，Olley and Pakes (1996)，Akerberg, Frazer and Caves (2015)，Wooldridge (2009) の1式と2式の推定の4種類の方法ごとの生産関数のパラメータの推定結果である。規制の変数への回帰分析の推定の手順は，まずOlley and Pakes (1996)，Akerberg, Frazer and Caves (2015)，Wooldridge (2009) の連立と単一の方法で生産関数のパラメータを推定する。次にその推定されたパラメータからTFPを計算する。したがってここで使用されているのはレベルのTFPである。この計算されたTFPに規制の変数を回帰させ，統計的なテストをおこなう<sup>9)</sup>。

Olley and Pakes, Akerberg, Frazer and Caves (2015)，Wooldridge (2009) の連立と単一の推定は，資本，労働のパラメータについて有意な推定結果であったが，Wooldridgeの単一の推定は，推定結果がよくなかった。規制に関してはすべて有意な結果であった。

推定された労働投入のパラメータの値は，Wooldridgeの単一の推定以外は，0.27から0.46の間

9) この論文では生産関数を推定してレベルのTFPを求めて，それを規制の変数で回帰分析した単回帰のみおこなっている。しかしながら，規制の変数を生産関数に陽表的に組み込んで推定することも可能である。またTFPと規制の単回帰分析でなく，他のコントロール変数を使った重回帰分析も可能であろうし，レベルのTFPではなく，TFP成長率を使うこともある。

にあった。過去の研究例からもこの範囲付近の推定値が多い。資本の推定されたパラメータの値は、同様に0.1から0.5までの値であった。過去の例からも0.1はかなり小さい値である。Akerberg et al. と Wooldridge の連立の推定は、投入要素のパラメータの合計値が、0.95と0.8でありかなり近い値になっている。そうした点からは Akerberg et al. と Wooldridge の連立の推定はもっともらしい結果である。

## 4 結び

本論文では、生産関数をコントロールアプローチにより種々の方法で推定した。そこで得られたパラメータの値から TFP をもとめ、その TFP と規制に関しての回帰分析をおこなってテストした。推定した結果は問題がなく全ての推定式で規制は有意であった。したがってここでは、TFP と規制の関係が実証的に確かめられた。

しかしながらいくつかの問題点も存在する。第一にここでおこなった以外のコントロールアプローチの方法が存在する。また新たな方法も考えられるためさらなる生産関数の推定がおこなえる可能性がある。第二に、規制と TFP の推定は、単純な OLS 推定でおこなわれている。多くの方法が可能であるためさらなる拡張が必要とされる。

## 謝辞

本研究は、科研費（課題番号16K03567）、また専修大学長期国内研究員制度の研究助成を受けており、この研究の進展および完成に大変役に立ち、貢献していることを、ここに記して感謝します。

## 参考文献

- [1] 北村行伸, 西脇雅人, 村尾徹士 (2009): “不完全資本市場下での生産関数の推定について,” *Global COE Hi-Stat Discussion Paper Series*, 070.
- [2] 酒井博司 (2014): “R&D ストック, 物的資本ストックの収益率の推移: 日本の「医薬品」, 「電機」の財務諸表データを用いた実証分析,” *大阪大学経済学*, 64, 17-46.
- [3] 中西泰夫, 乾友彦, 「規制緩和と産業のパフォーマンス」『生産性と日本の経済成長-JIP データベースによる産業・企業レベルの実証分析』深尾京司, 宮川努編. 東京大学出版会, 2008.
- [4] 中村豪 (2014): “生産関数推定について: 手法に関する考察と規制緩和への示唆,” *東京経大会誌*, 281, 259-290.
- [5] Akerberg, D., G. Frazer and K. Caves (2015): “Identification Properties of Recent Production Function Estimators,” *Econometrica* 83, 2411-2451.
- [6] Bond, S., and M. Soderbom (2005): “Adjustment Costs and the Identification of Cobb Douglas Production Functions,” *IFS Working Papers*.
- [7] Collard-Wexler, A., and De Loecker, J (2016): “Production Function Estimation with Measurement Error in Inputs,” *Discussion Paper 11399, Center for Economic Policy Research*.
- [8] Bourles, R. Cette, G., Lopez, J., Mairesse, J. and G. Nicoletti (2013): “Do Product Market Regulation in Upstream Sectors Curb Productivity Growth? Panel Data Evidence for OECD Countries,” *Review of Economics and Statistics* 95, 1750-1768.
- [9] De Loecker, J. (2007): “Do Exports Generate High Productivity? Evidence from Slovenia,” *Journal of International Economics* 73, 69-98.



- [10] De Loecker, J. and F. Warzynski (2012) : “Markups and Firm-Level Export Status,” *American Economic Review* 102, 2437–2471.
- [11] Gandhi, A., S. Navarro and D. Rivers (2013) : “On the Identification of Production Functions ; How Heterogeneous is Productivity,” *Mimeo*.
- [12] Levinsohn, J. and A. Petrin (2003) : “Estimating Production Functions using Inputs to Control for Unobservables,” *Review of Economic Studies* 70, 317–341.
- [13] Olley, G. and A. Pakes (1996) : “The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry,” *Econometrica* 64, 1263–1963.
- [14] Ornaghi, C. and I. Van Beveren (2012) : “Semi-Parametric Estimation of Production Functions : A Sensitivity Analysis,” *Mimeo*.
- [15] Wexler, A. and J. De Loecker (2016) : “Production Function Estimation with Measurement Error in Inputs,” *NBER Working Paper No.22437*.
- [16] Wooldridge, J. (2009) : “On Estimating Firm-Level Production Functions Using Proxy Variables to Control for Unobservables,” *Economics Letters* 104, 112–114.
- [17] Yahmed, S. and S. Dougherty (2013) : “Import Competition, Domestic Regulation and Firm-Level Productivity Growth in the OECD,” *G-MonD Working Paper No.38*.