

# R&D と生産性\*

—資源の再配分効果—

古 賀 款 久

## 要 旨

本稿では、わが国の株式上場企業 4,490 社に関する 11 年間(2001 年-2011 年)のデータを用いて、生産関数の推計と各企業における生産性の計測を行った。生産性を計算する際には、R&D の影響を明示的に組み入れた実証モデルを用いた。推計結果を要約すると次のようになる。R&D を行う企業の生産性は、R&D を全く行わない企業の実績に比べて、平均値・分散・累積分布のいずれの点でも上回る。これは、R&D が、企業の実績自体を向上させるとともに、企業間の生産性格差-R&D 実施企業と R&D 非実施企業との格差と、R&D 実施企業間の格差の両方-を拡大させることを示唆する。また、集計生産性を分解すると、最近 10 年間の生産性においては、資源の再配分効果が大きな比重を占めていることが明らかとなった。そして資源の再配分効果は、R&D 非実施企業から R&D 実施企業へだけでなく、R&D 実施企業内でも活発であることがわかった。

キーワード：生産性；R&D；内生性；資源再配分  
 経済学文献季報分類番号：02-42；09-50

## 1. はじめに

最近の実証分析によれば、1) 生産性には、生産者間で、あるいは非常に狭く定義された産業の間でさえ、大きな格差(異質性)が観察されること、2) 生産者間に観測されるそれらの格差は時間を経ても一向に縮小しないこと(持続性：Persistence)、の二点がコンセンサスとして指摘されている<sup>1)</sup>。

\* 本稿は、筆者が、関西大学の在外研究期間中(2013 年 4 月～2013 年 9 月)に Webster University (アメリカ合衆国ミズーリ州セントルイス市)で行った研究成果の一部である。筆者を暖かく受け入れて下さった Webster University の教職員の方々、在外研究の機会を与えて下さった関西大学、ならびに、関西大学経済学部にも厚く御礼申し上げる。なお、本稿に見られる誤謬は、全て筆者の責任に帰す。

1) これは Syverson (2011) の指摘による。このような生産性の異質性に注目した理論分析として Melitz (2003) と Foster et al. (2008) が挙げられる。Melitz (2003) は、生産性の異なる国内企業を想定し、

Syverson (2011) は、企業（あるいは事業所）の生産性の水準に影響を与える要因を、「企業内部の要因」と企業を取り巻く「外部環境」とに大別した。企業内部の要因は、さらに、経営慣行や経営者の能力、高品質の労働と資本、IT（情報技術）と R&D、Learning By Doing、製品イノベーション、および、企業組織の決定、の六つの要因に分類される。これに対して、企業を取り巻く「外部要因」は、生産性のスピルオーバー、市場の競争（産業内競争と貿易）、規制緩和（と適切な規制）、および、生産要素市場の柔軟性の四つに分類される。

本稿では、生産者の生産性に影響を及ぼすこれらの要因の中でも、特に R&D の果たす役割に注目する。周知の通り、R&D と生産性との関係は、これまでに数多くの研究者によって実証的に検討されてきた<sup>2)</sup>。このため、本稿の問題意識そのものは決して新しいものではない。しかし、本稿では従来の実証分析が採用してきた推計方法とは異なる手法（後述する Akerberg et.al(2007)による推計方法）を用いて、R&D と生産性との関係を再考している。

R&D の生産性への寄与や R&D の収益性を計測する場合には、Griliches (1979) によって開発された知識生産関数 (Knowledge Production Function) を用いるのが定石である。知識生産関数とは、R&D を通じて蓄積された知識ストックが、あたかも資本ストックのように、生産要素の一つとして生産活動に寄与するという分析枠組である。この手法は大変画期的な方法であるが、知識生産関数の推計では、知識ストックの値を作成するに当たり、減価償却率（知識の陳腐化率）とタイムラグ（R&D の成果が知識に体化されるまでの時間的なズレ）を適切に定める問題が重要な論点となっていた<sup>3)</sup>。

そこで本稿では、Akerberg et.al (2007) によって提唱された推計方法を用いて、R&D と生産性との関係を検討する。この推計方法では、知識ストックの作成を必ずしも要請しないので、上述した二つの問題を回避することができる。また、この方法を用いると、R&D によって決定される内生的な生産性ショックと R&D には依存しない外生的な生産性ショックとを比較することができる。

本稿の構成は以下の通りである。次節では、実証分析の指針となる Akerberg et.al(2007)の推計方法を簡単に紹介する。また、実証分析に利用する企業レベルおよび産業レベルのデータの概略と変数の加工方法について説明する。

第3節では、生産関数の推計結果を解釈する。生産関数の推計は、まず全サンプルを対象に行われ、続いて、R&D の実施状況に応じて分割されたサブサンプルに対して行われる。

---

生産性の高い企業が貿易に参加することを示した。一方、Foster et al. (2008) は、企業の利潤が特異的な技術ショックと需要ショックの両方に依存するモデルを考え、それら二つのショックが企業の生存に与える影響を考察した。

2) 先行研究の展望については、Cohen(1995)、Griliches(1998)およびHall(2011)が有益な指針を提供する。

3) 知識の陳腐化率は多くの場合 15% に設定される。詳しくは Hall (2007) を参照せよ。

第4節では、生産関数の推計結果を用いて企業レベルの生産性を推計する。推計された生産性は、R&Dを行う企業とR&Dを行わない企業との間で、ノンパラメトリックな観点から比較される。第4節では、さらに、企業レベルの生産性から推計された「集計生産性」の時系列的な推移とその要因分解について言及する。第5節では本稿の議論を結び、今回十分には議論できなかった問題について述べる。

本稿の分析から得られた結論を要約すると次のようになる。R&Dを行う企業の生産性は、R&Dを全く行わない企業の生産性に比べて、平均値・分散・累積分布のいずれの点でも上回っている。これは、R&Dが企業の生産性を向上させるとともに、企業間に見られる生産性の格差-R&D実施企業とR&D非実施企業との格差とともに、R&D実施企業間での格差をも拡大させていることを示唆している。また、集計生産性を分解すると、最近10年間の生産性においては、資源の再配分効果が大きな比重を占めていることが明らかとなった。そして、資源の再配分効果は、R&D非実施企業からR&D実施企業へ生じているだけでなく、R&D実施企業内でもより効率的な企業へ資源が移動するように生じていることが明らかになった。

## 2. 実証分析

### 2.1 計量モデル

本節の議論は、Olley and Pakes (1996)、Akerberg et al (2007)、および、De Loecker (2011)に基づいて進められる。はじめに、企業  $i$  の  $t$  期における生産関数を Cobb-Douglas 型生産関数として定式化する。

$$(1) Q_{it} = L_{it}^{\alpha_L} K_{it}^{\alpha_K} M_{it}^{\alpha_M} \exp(a_{it} + \omega_{it}^1 + \omega_{it}^2 + u_{it})$$

生産関数 (1) において、 $Q_{it}$ 、 $L_{it}$ 、 $K_{it}$ 、 $M_{it}$ は、それぞれ、企業  $i$  の  $t$  期における生産量、労働、資本、および中間財の投入量を表わす。また、 $a_{it}$ 、 $\omega_{it}^1$ 、 $\omega_{it}^2$ 、 $u_{it}$ は、企業年齢、内生的生産性、外生的生産性、および、誤差項を表わす。 $a_{it}$ は企業設立から現在までの経過年数(企業年齢)を表し、企業における事業経験に対する代理指標となる。

企業  $i$  は  $t$  期に二種類の生産性ショック ( $\omega_{it}^1$ および  $\omega_{it}^2$ ) に直面する。 $\omega_{it}^1$ は企業  $i$  の研究開発活動 (R&D) の水準に依存する生産性ショックであり、これは企業  $i$  にとっては内生変数である。これに対して、 $\omega_{it}^2$ は企業  $i$  にとっては外生となる生産性ショックである。

また  $u_{it}$ は、*i.i.d* を満たす誤差項である。各生産要素は、 $\omega_{it}^1$ および  $\omega_{it}^2$ とは相関するかもしれないが、 $u_{it}$ とは無相関とする。以下では、Olley and Pakes (1996) に従い、これらの

生産性ショックは、いずれも、企業  $i$  の経営者には観測できるが、計量分析を行うわれわれには観測できないものと仮定する。

続いて、企業  $i$  は CES 型の需要関数（次式（2））に直面していると仮定する。需要関数を想定するのは、次の二つの理由による。

第一の理由は、実証分析において、生産性を企業の「収入」に関するデータに基づいて計算する時に起こる問題と関わる。生産性が物理的な「生産量」に基づいて計算される場合、観察された生産性の上昇は、純粹に、技術的な効率性の向上と解釈できる。一方、生産性が「収入」に基づいて計算される場合、観察された生産性の上昇には、（収入＝企業価格×生産量であるから）、技術的な効率性の向上のみならず、企業価格の変化を通じた需要の変化も反映されている。仮に収入を産業価格デフレーターで調整しても、「企業価格」の影響は完全には除去されない。

特に問題となるのは、企業価格の変化が、製品の品質向上などの需要要因ではなく、市場支配力の変化を反映している場合である。このような場合、計測された生産性の変化は、企業が効率的になったことを示すというよりは、その企業の市場における状態を反映している<sup>4)</sup>。以上の問題を避けるためには、生産性を推計の際に収入から「企業価格」の影響を除去する必要がある。

第二の理由は、同時に、このような「企業価格」が除外変数バイアス（Omitted Variable Bias）をもたらすことに関係する。Klette and Griliches（1996）は、この点は以下のように説明する<sup>5)</sup>。

通常、生産性の高い企業ほど多くの生産を行い、それらの企業は、ライバルよりも低い価格をつける。いま、ある企業の生産性が改善されたとしよう。この企業は以前よりも大きな市場シェア（より多くの生産量）を実現するだろう。もちろん、生産性が改善される場合には、生産量の増加は必ずしも生産要素の増加を意味しない。しかし、需要が弾力的ならば、生産量の増加は生産性向上効果を凌駕し、生産要素の増加をもたらすことが予想される。このとき、企業価格と生産要素との間には負の相関が生じる。生産量増加により価格は減少するが、生産要素の投入量は増加するからである。

もし、企業価格のデータが入手できなければ、その影響は誤差項に混在したままである。その場合、誤差項と生産要素の間には負の相関が生じ、OLS による推計は過小推定を引き起こす。したがって、何らかの方法で、企業価格の影響を取り除くことが必要である。そこで、推計に際しては、次式（2）で表わされる CES 型需要関数を用いて、収入から「企業価格」

---

4) Syverson (2011) p. 330.

5) Klette and Griliches (1996) pp. 347-348.

の影響を取り除く工夫をする<sup>6)</sup>。

$$(2) Q_{it} = Q_{st}(P_{it}/P_{st})^\eta$$

需要関数 (2) において、 $Q_{st}$ 、 $P_{st}$ 、 $P_{it}$ 、 $\eta$  は、それぞれ、産業の集計生産量、産業の平均価格、企業  $i$  の「企業価格」、および、需要の価格弾力性を表わす。ここで重要なのは、入手困難な企業価格データに代わり、(入手可能な) 産業の平均価格と集計生産量に関するデータを通じて、「企業価格」の影響を除去する点にある。上述した Cobb-Douglas 型生産関数 (1) と CES 型需要関数 (2) を合わせると、収入関数 (3) と、それを対数線型変換した (4) 式を導くことができる。

$$(3) R_{it} = P_{it}Q_{it} = (Q_{it})^{(\eta+1)/\eta}(Q_{st})^{(-1/\eta)}P_{st}$$

$$(4) \tilde{r}_{it} = \beta_L l_{it} + \beta_K k_{it} + \beta_M m_{it} + \beta_S q_{st} + \beta_a a_{it} + \omega_{it}^1 + \omega_{it}^2 + u_{it}, \tilde{r}_{it} \equiv r_{it} - p_{st}$$

方程式 (3) の  $R_{it}$  は収入 (= 価格 × 生産量) を示す。また (4) 式において「小文字」で表わされた変数は (1) 式と (2) 式において「大文字」で示された変数を「対数変換」した値である。ここで (4) 式の左辺  $\tilde{r}_{it}$  は、 $\tilde{r}_{it} \equiv r_{it} - p_{st}$  で定義される実質的な収入である<sup>7)</sup>。なお、(4) 式の各係数と生産関数のパラメーターとの間には、 $\beta_H = ((\eta + 1)/\eta)\alpha_H$ 、( $H = L, K, M$ ) の関係が成立する<sup>8)</sup>。

方程式 (4) を OLS で推計すると、各生産要素の係数は、過大または過小に推計される危険性がある。これは、観測されない生産性ショック ( $\omega_{it}^1 + \omega_{it}^2$ ) と生産要素とが相関する可能性が高いからである。このような生産要素と生産性との間に予想される内生性を処理する推計方法としては、Olley and Pakes (1996) や、それを発展させた Akerberg et al (2007) の方法が有効である<sup>9)</sup>。そこで、以下の分析では、Akerberg et al (2007) の推計方法を用い

6) 生産性に対して需要のショックがどのような影響を与えるのかについては、近年重要な研究課題になっている。一例として、De Loecker (2011)、De Loecker et al. (2012)、Foster et al. (2008)、Jaumandreu and Mairesse (2010)、Roberts et al. (2012) などが挙げられる。残念ながら、データ上の制約から、本稿では、需要ショックをモデル化することはできなかった。

7) 先行研究の中には、生産物毎の売上高 (収入) と (物理的な) 生産量に関するデータを用いている研究がある (Foster et al. (2008))。そのようなデータがあれば、売上高を生産量で除すことで企業別の生産物価格を計算することができる。

8) ただし、企業年齢、生産性、誤差項に  $(\eta + 1)/\eta$  を乗じるのは省略した。その代わりに企業年齢の係数を  $\beta_a$  と表わした。

9) Olley and Pakes (1996) の推計方法を拡張した研究として、Levinsohn and Petrin (2003) と Doraszelski and Jaumandreu (2013) が挙げられる。Olley and Pakes (1996) では生産性の代理指標として設備投資を用いた。しかし設備投資がゼロ (または欠損値) の企業の場合、inversion の条件は

ることにする。

Akerberg et. al (2007) は推計に先立ち、三つの仮定を設けている。第一の仮定は、二つの生産性ショックは、ともに一階のマルコフ過程に従うこと、第二の仮定は、実証分析に際して研究開発費 ( $x_{it}$ ) と内生生産性 ( $\omega_{it}^1$ ) の output である技術指標 ( $T_{it}$ ) の両方のデータが利用可能であること、そして、第三の仮定は、企業  $i$  は利潤の割引現在価値の総和が最大になるように、毎期の設備投資額と研究開発費を決定すること、である。

第三の仮定から、利潤最大化条件から導かれた最適な設備投資額 ( $i_{it}$ ) と研究開発費 ( $x_{it}$ ) の水準は、二つの生産性ショック ( $\omega_{it}^1$  と  $\omega_{it}^2$ )、および、二つの状態変数 ( $k_{it}$  と  $a_{it}$ ) に依存する関数 ( $Y_1(\cdot)$  と  $Y_2(\cdot)$ ) として表現することができる。これは次式 (5) として表わすことができる。

$$(5) \quad \begin{aligned} i_{it} &= Y_1(k_{it}, a_{it}, \omega_{it}^1, \omega_{it}^2) \\ x_{it} &= Y_2(k_{it}, a_{it}, \omega_{it}^1, \omega_{it}^2) \end{aligned}$$

上の (5) 式において、設備投資額と研究開発費が全単射 (bijection) であるならば、 $Y_1(\cdot)$  と  $Y_2(\cdot)$  には逆関数が存在する。そしてその時、観測できない二つの生産性ショックは、観測可能な変数からなる関数 (6) として書き改めることができる<sup>10)</sup>。

$$(6) \quad \begin{aligned} \omega_{it}^1 &= Y_1^{-1}(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it}) \\ \omega_{it}^2 &= Y_2^{-1}(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it}) \end{aligned}$$

このような設定の下で Akerberg et.al (2007) は第一ステージから第三ステージまでの三つの段階を経て、生産関数を推計する方法を提案している。第一ステージでは、内生的な生産性ショックの近似値 (本稿の場合  $\omega_{it}^1$  の近似値) が、第二ステージでは可変的な生産要

満たされない。そこで、Levinsohn and Petrin (2003) は設備投資の代わりに中間財 (原材料など) を生産性の代理指標とする推計方法を提案した。一方、Doraszelski and Jaumandreu (2013) は、労働を生産性の代理指標とすることを提案している。Levinsohn and Petrin (2003) と Doraszelski and Jaumandreu (2013) では、生産関数は GMM で推計されている。Levinsohn and Petrin (2003) の Stata 用のプログラムは Petrin et al. (2004) に報告されている。Olley and Pakes (1996) を応用した分析としては、De Loecker (2007, 2010)、Maican and Orth (2009) がある。R&D を内生化する方法としては、本文で紹介した Akerberg et.al (2007) の他には、Aw et al. (2009) と Xu (2008) がある。これら二つの研究は、今期の生産性が前期の生産性と R&D に依存するマルコフ過程として定式化している。

- 10) 設備投資と R&D の値がゼロである場合には、このような inversion (「観測できない」生産性を「観測できる」変数に変換すること) を保証することができない。したがって、実証分析においては、設備投資と R&D がいずれも正の値を示す観測値のみを用いることが必要となる。この点は、Levinsohn and Petrin (2003) を参照せよ。

素と内生的生産性ショックの係数（本稿の場合  $\beta_L$ 、 $\beta_M$  と後述する  $\theta^{-1}$ ）が、そして、第三ステージでは、固定的生産要素の係数（本稿の場合、 $\beta_K$  と  $\beta_A$ ）が、それぞれ特定化される。それでは、以下に Akerberg et.al (2007) の手順を要約してみよう。

第一ステージでは、内生的な生産性ショック ( $\omega_{it}^1$ ) の近似値をノンパラメトリック回帰によって推計する。いま、技術指標 ( $T_{it}$ ) と内生的な生産性ショック ( $\omega_{it}^1$ ) との間に  $T_{it} = \theta\omega_{it}^1 + \eta_{it}^1$  の関係が成り立つと仮定する ( $\eta_{it}^1$  は、*i.i.d* を満たす攪乱項)。技術指標は、内生的な生産性ショックの結果 (Output) と捉えることができる。その場合、(6) を用いると、 $T_{it} = \theta\omega_{it}^1 + \eta_{it}^1 = \theta Y_1^{-1}(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it}) + \eta_{it}^1$  と書くことができる。ここで、 $Y_1^{-1}(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it})$  は特定化されていない関数 (未知関数) とする。そのような場合には、技術指標 ( $T_{it}$ ) を、設備投資額 ( $i_{it}$ )、研究開発費 ( $x_{it}$ )、および、状態変数 ( $k_{it}$  と  $a_{it}$ ) でノンパラメトリック回帰すれば、 $\omega_{it}^1$  の推計値  $\hat{Y}_1^{-1}$  を得ることができる。実際の推計に当たっては、未知関数 ( $Y_1^{-1}(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it})$ ) を、設備投資額、研究開発費、資本、および、企業年齢に関する4次の多項式で近似する<sup>11)</sup>。

第二ステージでは、 $\theta^{-1}\hat{Y}_1^{-1}$  を生産要素の一つとして扱い (あるいは、 $\omega_{it}^1$  の代理指標として  $\hat{Y}_1^{-1}$  を用いるとも解釈できる)、可変的な生産要素 ( $i_{it}$ 、および、 $m_{it}$ ) の係数、内生的生産性ショックの係数 ( $\theta^{-1}$ )、および、産業別売上高の係数 ( $\beta_S$ ) を特定化する。このステージでは、資本および企業年齢の係数はまだ特定化されない。このステージで特定化されない要素を「ひとくくり」にすると、(4) 式は (7) 式のように書き直すことができる。

$$(7) \quad \tilde{r}_{it} = \beta_L l_{it} + \beta_M m_{it} + \beta_S q_{st} + \theta^{-1} \hat{Y}_{it}^{-1} + \phi(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it}) + u_{it}$$

ここで、 $\phi(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it})$  は未知関数であり、具体的には、 $\phi_{it}(\cdot) = \phi(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it}) \equiv \beta_K k_{it} + \beta_A a_{it} + \omega_{it}^2$  である。推計式 (7) を計算する場合、 $\phi_{it}(\cdot)$  は、資本、企業年齢、設備投資額、および、研究開発費に関する3次の多項式で近似する。

これまでのところ、労働 ( $l_{it}$ ) と中間財 ( $m_{it}$ ) は可変的な生産要素と仮定されてきた。しかし、もし労働 ( $l_{it}$ ) が固定的な生産要素であるならば、(7) 式において、未知関数  $\phi_{it}(\cdot)$  は、 $\phi_{it}(\cdot) \equiv \phi(l_{it}, k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it}) = \beta_L l_{it} + \beta_K k_{it} + \beta_A a_{it} + \omega_{it}^2$  と修正される<sup>12)</sup>。その場合、第二ステージでは、中間財、内生的生産性ショック、および、産業の売上高の係数が特

11) 第一ステージにおいて、技術指標を資本、企業年齢、設備投資、研究開発費に関する「3次の多項式」で近似すると、第二ステージにおいて、 $\theta^{-1}\hat{Y}_{it}^{-1}(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it})$  と  $\phi(k_{it}, a_{it}, i_{it}, x_{it})$  との間に完全な多重共線性が生じる。この問題を回避するために、第一ステージでは技術指標を4次の多項式で近似することにした。

12) 中間財も状態変数とみなされる場合には、全ての生産要素が状態変数として扱われることになる。その場合、第二ステージでは、内生的生産性ショックと産業売上高の係数のみが特定化される。そして、労働、資本、中間財、および、企業年齢の係数は、第三ステージで特定化される。

定化される。「状態変数」である労働、資本、および、企業年齢の係数の特定化は第三ステージまで待たなければならない。

第三ステージでは、全ての状態変数の係数が特定化される。推計されるのは次の(8)式である。

$$(8) \quad \bar{r}_{it} = \beta_K k_{it} + \beta_A a_{it} + g(\omega_{it}^1, \omega_{it-1}^2) + \xi_{it} + u_{it}, \quad \bar{r}_{it} \equiv \tilde{r}_{it} - \hat{\beta}_L l_{it} - \hat{\beta}_M m_{it} - \hat{\beta}_S q_{st}$$

左辺は、第二ステージの推計における「残差」である。 $\hat{\beta}_L$ と $\hat{\beta}_M$ は第二ステージで特定化された労働と中間財の係数の推計値を表わす。また、 $\hat{\beta}_S$ は産業の売上高の係数である。推計式(8)において、 $g(\cdot)$ は未知関数であり、 $\omega_{it}^2 \equiv g(\omega_{it}^1, \omega_{it-1}^2) + \xi_{it} = g(\hat{Y}_{it}^{-1}, \hat{\phi}_{it-1} - \beta_K k_{it-1} - \beta_A a_{it-1}) + \xi_{it}$ と定義される。推計式(8)を計算する場合、 $g(\omega_{it}^1, \omega_{it-1}^2)$ は、 $\hat{Y}_{it}^{-1}$ と $\hat{\phi}_{it-1} - \beta_K k_{it-1} - \beta_A a_{it-1}$ に関する二次の多項式で近似される。

状態変数( $k_{it}$ と $a_{it}$ )は、ともに $t-1$ 期に決定されているため、誤差項( $\xi_{it} + u_{it}$ )とは相関を持たない。このことから、推計式(8)を非線形最小二乗法で推計して得られた係数( $\beta_K$ と $\beta_A$ )の推計値は一致推定量となる。

先に触れたように、労働が「状態変数」として扱われる場合には、労働、資本、および、企業年齢の係数が第三ステージで推計される。その場合、推計式(7)の左辺は、 $\bar{r}_{it} \equiv \tilde{r}_{it} - \hat{\beta}_M m_{it} - \hat{\beta}_S q_{st}$ となり、右辺は、 $\beta_L l_{it} + \beta_K k_{it} + \beta_A a_{it} + g(\omega_{it}^1, \omega_{it-1}^2) + \xi_{it} + u_{it}$ となる。そして、 $g(\omega_{it}^1, \omega_{it-1}^2)$ は $\hat{Y}_{it}^{-1}$ および $\hat{\phi}_{it-1} - \beta_L l_{it-1} - \beta_K k_{it-1} - \beta_A a_{it-1}$ の二次多項式で近似される。

## 2.2 データ

実証分析には、企業レベルのデータと産業レベルのデータを用いる。企業レベルのデータは、東洋経済新報社『会社財務カルテ CD-ROM 2012年度版』(以下、財務カルテ)に依拠する。財務カルテは、有価証券報告書に基づいて作成された財務データであり、証券業と保険業を除く全産業を対象としている。財務カルテに収録されているのは、わが国の上場企業4,715社の11期分(2001年4月期から2011年3月期まで)の財務データである<sup>13)</sup>。

財務カルテには、各企業について「連結決算」ベースと「単独決算」ベースの財務データが収録されている。本稿では、各企業における「単独決算」データを利用することにした。その理由として、第一に「単独決算」のほうが、設備投資額と研究開発費のデータを多くの値を含んでいること、第二に、単独決算には「年間平均給与」および「原材料」「経費」に

13) 財務カルテに収録されているのは、東証・大証・名証(各一部・二部)、札幌証券取引所・福岡証券取引所、および、JASDAQ(スタンダードおよびグロース)に株式上場した企業である。



関するデータが含まれること、の二つの理由による。後述するように、「年間平均給与」は労働の変数を作成する際に用いる。また、原材料と経費は、中間財の代理指標として用いる。

「単独決算」ベースのデータには、変則的なデータを持つ企業が含まれるため、何らかの調整（正規化）が必要となる。ここで変則的なデータを含む企業とは、(a) 観測期間中に決算期を変更している企業、(b) ある年度の決算月数が12か月に満たない、または12か月以上となっている企業、(c) 同じ決算期に複数の決算を報告している企業、を指す<sup>14)</sup>。正規化の方法として、本稿では、以下の手順を踏んだ。まず、(a) については、決算期変更後から直近までのデータを利用することにした。次に、同じ決算期に複数の決算を報告している企業((b)と(c))については、12か月の決算値を利用することにした。

実証分析に用いるのは、各企業における、売上高、期末従業員数、年間平均給与、原材料、経費、無形固定資産、設備投資額、研究開発費、および、設立年月日、の9種類のデータである。そして、最終的に実証分析の対象となるのは、これら9種類のデータの一部、または、全てを抽出することができる企業4,490社である。業種別、年別に見たサンプル企業数は、それぞれ、表1(1)および(2)に報告されている。

産業レベルのデータは、経済産業研究所が公開する『JIP Data Base 2012』に依拠した<sup>15)</sup>。JIP Data Baseには107部門について1970年から2009年までの40年間のデータが収録されている。このうち、本稿では、部門別産出額（名目および実質）、部門別中間投入（名目および産出）、および、部門別投資フロー（名目および実質）の各データを抽出し、これらのデータに基づいて、各部門における産出、中間投入、および、投資財のそれぞれに対するデフレーターを算出した。

JIP Data Baseは、産業連関表基本分類（1995年）、日本標準産業分類（細分類）、および、国際標準産業分類に基づいて107の部門に分類されている。一方、財務カルテは東証33分類に基づいて作成されている。そこで、東証33分類とJIP Data Baseの107分類との照合作業を行い、東証33分類の各部門に対する部門別データを作成した。

前述したように、『JIP Data Base 2012』の収録期間は1970年から2009年であるのに対

14) 決算期は企業によって異なっており、最も多いのは3月期決算企業のデータである。決算期のばらつきに関しては、調整すべきであるという見解がある。具体的には、12月期決算期企業の財務データを3月期決算に再計算するという意味である。しかし、決算期の決定は、企業属性や産業属性に依存する可能性がある。これは、例えば、公的機関との取引の多い企業では年度末決算（3月期決算）が多く、小売業では、百貨店等の閑散期にあたる2月を決算期に選ぶ企業が多いといった事情である。このような事情を無視して、無理に決算期を統一することは必ずしも合理的とは言えない。この理由から、今回の分析では企業間に見られる決算期のばらつきを調整することは見送った。

15) <http://www.rieti.go.jp/jp/database/JIP2012/>（経済産業研究所）：JIP Databaseにおける各変数の作成方法については深尾・宮川（2008）に詳細な解説が含まれる。

して、財務カルテの収録期間は2001年度から2011年度である。このため、2010-2011年度の部門別データを『JIP Data Base 2012』から得ることができない。そこで、本稿では、1973年から2009年のデータに基づき、ベクトル自己回帰モデル（VAR）を使って、各部門における2010年-2011年の「予測値」を得た。

推計に用いられる企業レベルの変数は、以下のように作成された。はじめに、労働（ $L_{it}$ ）は、「年間平均給与×期末従業員数」として定義し、この値を消費者物価指数で実質化した。消費者物価指数には総務省統計局が公表する「消費者物価指数（総合：年）」の値を用いた。

資本ストック（ $K_{it}$ ）は、恒久棚卸法を仮定し、資本蓄積方程式（ $K_{it+1} = I_{it+1} + (1-\delta)K_{it}$ ）に従って形成されるものとした。ここで、 $I_{it+1}$ は、企業*i*における*t*+1期の設備投資額であり、投資財価格デフレーターで実質化されている。部門別減価償却率（ $\delta$ ）は、『JIP Data Base 2012』に収録されている部門別の実質「純」資本ストックと実質投資フロー額の値を用いて逆算した。なお、その他の産業レベルデータと同じ理由で、減価償却率（ $\delta$ ）についても、2009年-2010年の値は、VARによって推計された「予測値」を使った。

一方、資本の稼働率に関しては、『JIP Data Base 2012』からは1973年から2004年までのデータしか抽出できなかった。この場合、他の産業レベルデータと同じようにVARを用いて予測したとしても、予測期間が長い（予測期間は2005年から2011年）ために「予測値」が不正確になることが危惧される。また、一部の産業では、多重共線性により「予測値」を得ることができなかった。以上2つの理由から、本稿では、資本ストックを推計する際に、資本稼働率は考慮しないことにした。

資本ストックの推計に際して、初期値（ $K_{i0}$ ）は、 $K_{i0} = I_{i1}/(\delta + g_i)$ として計算した。初期値をこのように計算するためには、減価償却率 $\delta$ と投資成長率（ $g_i$ ）が、観測期間内で一定の値を取ることが必要となる<sup>16)</sup>。投資成長率については、1) 観測期間が11年とそれほど長くないこと、2) 最初の2-3年の期間平均を計算すると負の値が多くなること、の2つの理由から、観測期間の平均値（全期間：例：観測期間が11年の企業は11年間の平均値、観測期間が5年の企業は5年間の平均値）を用いることに大きな問題はないと考えた。また、減価償却率についても、観測期間中に技術進歩により、機械設備が急激に陳腐化する可能性（したがって、減価償却率が急激に増加すること）は無視できないが、便宜的に、観測期間の平均値を用いることにした。

先行研究の中には、実質資本ストックの推計値として、企業別の「有形固定資産残高」を用いた研究もある。例えば、Todo and Shimizutani (2008) は、有形固定資産残高に基づいて、実質資本ストック（ $K_{it}$ ）を推計している。この場合、企業*i*における*t*期の実質資本スト

16) Hall (2007)

ックは、 $K_{it} = K_{it}^n \times (\bar{K}_t / \sum K_{it}^n)$  として推計される。ここで、 $K_{it}^n$  は、企業  $i$  の「名目」有形固定資産残高に  $(1 - \text{企業別土地比率})$  を乗じた値（つまり、有形固定資産残高から土地を除いた値）である。これに対して、 $\bar{K}_t$  は『JIP Data Base 2012』から引用された産業別実質資本ストックの値である。この場合、 $\bar{K}_t / \sum K_{it}^n$  は名目有形固定資産残高に適用される「産業別資本デフレーター」となる。本稿でも同様の方法を試みたが、1) 財務カルテでは2000年における収録企業数が344社と少なく、正確な産業別名目資本ストック ( $\sum K_{it}^n$ ) を計算することができないこと、2) 土地購入費用に関するデータを十分に集めることができなかったこと、の2つの理由から Todo and Shimizutani (2008) の方法を採用することは控えた<sup>17)</sup>。

一方、中間財 ( $m_{it}$ ) は、「原材料費と経費の合計」を中間投入デフレーターで実質化した値の自然対数値として定義した。また、企業年齢 ( $a_{it}$ ) は、企業設立から現在 (2011年3月末現在) までの経過年数として定義される。さらに、 $x_{it}$  は研究開発費 (自然対数値)、 $T_{it}$  は、無形固定資産額 (自然対数値) を表わす<sup>18)</sup>。研究開発費は、中間投入デフレーターで除されている。一方、無形固定資産の場合には、適切なデフレーターを見出すことが難しいため、名目額をそのまま用いることにした。最後に、産業別平均価格 ( $p_{st}$ ) は、『JIP Data Base 2012』から得られた産出デフレーターの対数値、産業別売上高 ( $q_{st}$ ) は産業別産出 (名目) の対数値である。表2 (1)-(4) には、全サンプルおよびサブサンプルにおける基本統計量が示されている。

### 3. 生産関数の推計

#### 3.1 全サンプル

生産関数の推計結果は、表3 (1) および (2) に報告されている。表3 (1) は、前節で説明した (7) 式において、説明変数から産業売上高 ( $q_{st}$ ) を外した場合に当たる。これは、 $\beta_5 = -1/\eta = 0$ 、つまり、 $\eta = -\infty$  に相当する。一方、表3 (2) には (7) 式に対する推計結果が示されている。

表3 (1) および (2) には、OLSによる推計結果が2種類 (OLS (1) と (2))、Olley

17) 土地の購入費用については、日経 Needs データでカバーすることも考えた。しかし、日経 Needs でカバーできる期間が2008-2011年の4年間であることから、有形固定資産残高から実質資本ストックを計算することは難しいと判断した。

18) Akerberg et al (2007) は技術指標として特許データの利用を提案している。今回の分析では、企業別の特許件数 (申請・登録) データを集めることができなかった。そのため、技術指標として無形固定資産データを用いることにした。

and Pakes (1996) モデル（以下 OP と略称する）による推計結果が8種類、報告されている（OP/Static (1)-OP/Static (4) と OP/Dynamic (1)-OP/Dynamic (4)）。OP モデルは、Yasar et al. (2008) によって開発された STATA 用プログラム（OPREG コマンド）に関して、(a) Proxy variable を二つに増やすこと、(b) Exit option を取り除くこと、の二つの変更を加えた拡張プログラムによって推計した<sup>19) 20)</sup>。

表3 (1) および (2) の OP モデルにおける OP/Static (1)-(4) は、労働を可変的生産要素として扱った場合に該当する。この場合、労働の係数は、第二ステージで特定化される。これに対して、OP/Dynamic (1)-(4) は、労働を状態変数として扱った場合に該当する。その場合、労働の係数は、第三ステージで特定化される。

以下、推計結果を順に見て行く。表3 (1) (2) の OLS (1) (2) は、生産関数を最小二乗法で推計した結果を示している。表3 (1) OLS (1) は産業の異質性を制御するために、産業ダミーを説明変数として追加した場合に、また、OLS (2) は、産業特性を考慮しなかった場合に、対応する。労働、資本、中間財の係数は、それぞれ、0.54-0.55、0.06-0.09、0.31-0.37 程度である。

表3 (2) OLS (1) では、産業売上高と産業ダミーを同時に入れた場合の推計結果が示されている。この場合、産業売上高の係数は有意ではない。この結果から、産業の異質性を制御するためには、産業売上高か産業ダミーのどちらかを説明変数に加えれば良いことが示唆される。

なお、産業特性を制御するためには、産業毎に生産関数を推計することも考えられる。そこで、実際に (7) 式の説明変数から産業売上高を外した推計式（OP モデル）を、産業別に推計してみた。Appendix には推計結果が報告されているが、ほとんどの産業で、満足に行く推計結果が得られていない。このため、以下の分析では、産業ダミーまたは産業売上高を説明変数に追加することによって、産業の異質性を制御することにした。

19) OP モデルの推計は、Yasar et al. (2008) によって開発された STATA 用のプログラムである OPREG.ado ファイルを、適宜、改訂・拡張して行った。より具体的には、表3 (1) (2) の OP/Static (1) (2) と OP/Dynamic (1) (2) は、OPREG.ado から、Exit option を取り除いたプログラムで推計した。一方、OP/Static (3) (4) と OP/Dynamic (3) (4) は、OPREG.ado から Exit option を取り除いた上で、Proxy option を一つから二つに増やしたプログラムを用いた。表3 (1) (2) において、Proxy1 は、内生生産性 ( $\omega_t^1$ ) に対する代理指標を、Proxy2 は外生産性 ( $\omega_t^2$ ) に対する代理指標をそれぞれ示す。

20) R&D を内生変数とした場合、企業の参入・退出の意思決定も、R&D に依存するだろう。OP モデルの場合には、良い生産性を引けば(draw)参入し、そうでなければ、参入しないという意思決定であった。しかし、R&D によって生産性が調整できるのであれば、R&D を通じて、より有利な参入条件を導くはずである。しかし、これは、推計モデルをより複雑にする。本稿で参入・退出の意思決定を考慮しなかったのは、この理由にもよる。参入・退出が R&D に依存するモデルへの拡張については、今後の課題としたい。

続いて、表3(1)(2)のOP/Static(1)(2)について推計結果を確認する。OP/Static(1)(2)は、生産性として外生的生産性ショック ( $\omega_{it}^2$ ) のみを含むモデルである (内生的生産性ショックは考慮されない)。このモデルは、Olley and Pakes (1996) モデルから Exit option を取り除いたモデルと同一である。

理論によれば、可変的生产要素 (労働と中間財) と生産性との間には正の相関が疑われる。企業の経営者は、生産性が高い場合には、生産量を拡大するために労働や中間財を増やし、逆の場合には、生産要素を減らすと予想されるからである。この場合、可変的生产要素の係数は過大推計される可能性が高い。

OP モデルによって、可變的生产要素と生産性との間の正相関が除去されるならば、過大推計は避けられる。その場合、労働と中間財の係数はOLS (このような正の相関を制御していない) に比べると小さくなることが期待される。表3 (1) (2) のOP/Static (1) (2) を確認すると、表3 (2) OP/Static (2) 以外の全ての場合で、労働と中間財の係数は、OLSにおける値から下方に修正されている。例えば、表3 (2) のOLS (1) とOP/Static (1) とを比較すると、労働の係数は、0.5448 から0.5215に、中間財の係数は、0.3788 から0.3602に低下している。

表3 (1) (2) のOP/Static (3) (4) は、内生的生産性ショックと外生的生産性ショックの両方を考慮したモデルである。労働の係数は、OLSの推計結果に比べると、大幅に低下している。例えば、表3 (1) OP/Static (3) では労働の係数は、0.4461であり、表3 (1) OLS (1) の推計結果である0.5447よりも0.1程度減少している。同様に、表3 (2) OP/Static (4) で報告される労働の係数は0.4530であり、表3 (2) OLS (2) における労働の係数 (0.5412) よりも小さい。しかし、中間財の係数は、表3 (1) (2) のいずれにおいても、OLSの推計結果に比べると、(若干だが) 大きな値を示しており、理論の予想とは合致しない。この点には再検討の余地がある。

Olley and Pakes(1996)によれば、OLSによる推計は、可變的生产要素と生産性との相関(正の相関)とともに、資本と生産性との相関(負の相関)をも見落とす可能性がある<sup>21)</sup>。資本と生産性との間に負の相関は、Sample selection biasによって生じる。もしSample selection biasを放置するならば、資本の係数は過小推計される。Yasar et al. (2008) では、

21) 資本ストックの大きな企業ほど利益も大きいならば、現在大きな資本ストックを持つ企業は、現在の生産性の下で、より高い将来の利益を期待することができる。これは、もし現在の生産性の実現値が低ければ、資本ストックの低い企業は、将来高い収益を見込むことができないため、市場からの退出を選択することを意味する。逆に、資本ストックの大きな企業は、現在の生産性ショックの実現値が低くても、市場に生き残ることができる。その結果、サンプルに現れるのは(市場からの退出を免れた)資本ストックの大きな企業ばかりになる可能性がある。(Yasar et al. (2008))

Exit option がこのような Sample selection bias を調整している。しかし本稿では、Exit option を除去した改訂プログラムを用いたため、資本と生産性との間の負の相関を十分に制御することはできなかった。

この点を確認するために、資本の係数に対する推計結果を見てみよう。表3(1)(2)において、OP/Static(1)(2)では、OLSの推計結果に比べて、資本の係数が増加している。逆に、OP/Static(3)(4)では、資本の係数の推計値は下方修正されている。Sample selection bias を調整していないので、資本の係数が上方修正されることはないはずである。したがって、この点も、中間財の推計結果と同様に今後の検討課題となるだろう。

続いて、内生的生産性ショックの係数について確認したい。表3(1)のOP/Static(3)(4)において、Omega 1の係数を比較すると、OP/Static(4)では正で統計的に有意な値が得られているが、OP/Static(3)におけるOmega 1の係数は有意ではない。同様に、表3(2)のOP/Static(3)(4)についても、同じ結果が得られている。OP/Static(3)と(4)の違いは、産業ダミーを含むかどうかにある。したがって、いずれの場合も、産業ダミーの存在が、Omega 1の説明力を低下させていると推測できる。先に述べたように、産業ダミーと産業売上高は、産業特性を制御する点では同じような効果を発揮している。そこで、以下の分析では、Omega 1の説明力を低下させないようにする目的で、産業ダミーの代わりに、産業売上高を用いて産業特性を制御した。

これまでの分析では、労働と中間財は可変的生産要素（かつ静学変数）、資本と企業年齢は固定的生産要素（かつ動学変数）と仮定してきた。しかし、現実には、労働組合や長期雇用契約の存在によって、企業が短期的に雇用水準を調整することができない場合がある。そのような場合、労働は、資本や企業年齢と同様に固定的生産要素（かつ動学変数）と考えたほうが良さそうである。もちろん、近年では、非正規雇用者の比率が高まっており、企業は、以前よりも、景気変動に対して柔軟に雇用量を調整しているとも考えられる<sup>22)</sup>。しかし、本稿で労働のデータとして用いた「期末従業者数」には、派遣やパートタイマーなどの非正規雇用者は含まれていない。したがって、労働を動学変数として扱うことには一理あるだろう。

前節でも述べたように、労働を動学変数として捉える場合には、労働の係数は資本や企業年齢とともに第三ステージで推計される。ところで、労働の係数を第三ステージで推計することは、生産要素間の「多重共線性」を回避することとも密接に関連する。

Olley and Pakes (1996) では、労働は可変的生産要素として扱われ、その係数は第二ステージで特定化される。しかし、Akerberg et.al (2007) が指摘するように、労働の係数が第二ステージで特定化されるためには、労働の水準には影響を与えるが、資本や企業年齢に

22) 『平成24年版 労働経済の分析』(厚生労働省) p.120 第2-(1)-15図を参照。

は影響を与えない要因（例えば  $z_{it}$  と表記する）を見つける必要がある。これは以下のように説明される。

可変的生産要素である労働 ( $l_{it}$ ) は、状態変数である生産性に依存するが、それは、同時に、その他の状態変数である資本と企業年齢にも依存することを意味する。この場合、労働 ( $l_{it}$ ) は、 $l_{it} = f(z_{it}, k_{it}, a_{it})$  と書くことができる。ただし、そのような独立な変数 ( $z_{it}$ ) を見つけることができなければ、労働 ( $l_{it}$ ) は、 $l_{it} = f(k_{it}, a_{it})$  となり、状態変数である資本および企業年齢との間に完全な多重共線性を引き起こす。そのような場合には、第二ステージで可変的生産要素である労働の係数を特定化することは不可能である<sup>23)</sup>。

Ackerberg et.al (2007) は、多重共線性に対処するために、可変的生産要素である労働の係数を資本や企業年齢の係数とともに最終ステージで推計することを提案している。より具体的には、最終ステージで、労働の係数を特定化するためには前期の労働を操作変数としてGMMで推計する方法を提案している。本稿では、GMMによる推計は行わなかったが、このような指摘を念頭に置き、労働を動学変数として扱い、その係数を最終ステージで推計する場合についても検討することにした。

表3 (1) (2) のOP/Dynamic (1)-(4) には、労働を動学変数として扱った場合の生産関数に関する推計結果が報告されている。なお、中間財は引き続き可変的生産要素として扱う。

表3 (1) (2) の第8列と9列 (OP/Dynamic (1) (2)) には、外生的生産性ショックのみがある時に、労働を動学変数として扱った場合の推計結果が示されている。まず、中間財の係数は、これまでのケース (OP/Static (1) と (2)) と同水準にある。例えば、表3 (2) のOP/Static (1) では中間財の係数は0.3602であり、OP/Dynamic (1) では0.3534である。

しかし、労働の係数は、0.25-0.27程度に減少している（労働を可変的生産要素として捉える場合には、労働の係数は0.5程度であるので半減していることになる）。この結果は、労働が固定的生産要素である場合、労働は短期的には大きくは変動しないから、生産高の年次変動を十分に説明することができないと解釈される<sup>24)</sup>。ただし、同時に、資本の係数もOP/Static (1) (2) と比べると半減している。また、いずれの場合にも、企業年齢の係数の大きさに顕著な変化は見られない。以上の結果を踏まえると、労働を動学変数として捉えた場合には、(中間財と企業年齢の係数は変化せず、労働と資本の係数がそれぞれ半減するから)、労働を可変的要素として捉えた場合に比べると、「残差」と定義される外生的生産性 ( $\omega_{it}^2$ ) ショックが大きくなる。この結果、売上高の変動のより多くの部分が外生的生産性に

23) 詳しくは Ackerberg et.al (2006) と (2007) を参照せよ。

24) Rizov and Walsh (2009, 2011) や Collard-Wexler and De Loecker (2013) も、労働を固定的な生産要素 (動学変数) として生産関数を推計している。

よって説明されると推察される。

次に、生産性ショックが二種類ある場合について推計結果を見てみよう。表3 (1) (2) の第10列と11列 (OP/Dynamic (3) (4)) を第8列と9列 (OP/Dynamic (1) (2)) に比べると、労働、中間財、資本、企業年齢のいずれの係数も同じような水準にある。したがって、労働を可変的生産要素と捉えた場合に比べると、(生産要素では説明されない「残差」が増えているため)、売上の変動に対する「生産性」の説明力が高まったと解釈される。ただし、OP/Dynamic (3) (4) では、Omega 1の係数が正で有意となっている。これは、生産性の中でも内生的生産性ショック ( $\omega_{it}^1$ ) が一定の説明力を表わしていることを意味する (Omega 1の係数は0.09-0.16程度である)。この結果、OP/Dynamic (1) (2) に比べると、OP/Dynamic (3) (4) では外生的生産性ショック ( $\omega_{it}^2$ ) の説明力が低下していることが予想される。二つの生産性ショックの相対的な重要性については後述することにした。

この節の議論を終えるに当たり、これまでの推計結果を、知識生産関数のそれと比較してみよう。表3 (3) には、知識生産関数の推計結果が報告されている。知識資本以外の変数は、これまでのモデルと同じである。企業  $i$  の  $t$  期における知識資本 ( $N_{it}$ ) は、研究開発費 ( $X_{it}$ : 中間財デフレーターで実質化済み) を、恒久棚卸法を仮定して、 $N_{it+1} = X_{it+1} + (1 - \delta^X)N_{it}$  に従い積み上げて求めた。知識資本の初期値 ( $N_{i0}$ ) は、 $N_{i0} = X_{i1}/(\delta^X + g_i^X)$  として計算した。ここで、 $\delta^X$  は知識の陳腐化率で、Hall (2007) に従い、15% に設定した。また、資本ストックの推計と同様に、観測期間中で一定の R&D 投資成長率 ( $g_i^X$ ) と陳腐化率 ( $\delta^X$ ) を仮定した。

表3 (3) には、固定効果モデル (F.E) とランダム効果モデル (R.E) の推計結果が報告されているが、Hausman 検定の結果から、固定効果モデルが支持される。したがって、推計結果の解釈は固定効果モデルに基づいて行う。表3 (3) の F.E (1)-(4) から、労働の係数は0.24程度であることがわかる。これに対して、中間財の係数は0.53、資本の係数は0.03となっている (ただし資本の係数はどれも有意な値を示していない)。表3 (1) (2) と比較すると、労働の係数は労働を動学変数として扱った場合に近いことがわかる。一方、中間財の係数は、静学的なケースと動学的なケースの中間の値である。これに対して、知識資本の係数はいずれのモデルでも正で有意な値であるが、0.02程度であり、Omega 1の係数よりも小さな値となっている。

### 3.2 サブサンプル

これまでの分析では、全サンプルを対象に生産関数の推計を行った。企業の中には R&D を恒常的に行う企業もあれば、全く実施しない企業もあるだろう。そのような企業間の異質



性を無視して生産関数を推計すると、生産性を誤って評価する可能性がある<sup>25)</sup>。

そこで、以下では、全サンプルを三つのグループに分類した上で、生産関数を再推計する。第一のグループは、観測される全ての期間において、R&Dの値を0と報告しているか、あるいは、R&Dの値自体を報告していない(欠損値)企業である。本稿では、これらの企業を Non R&D Performers と分類する。第二のグループは、観測される全ての期間において正のR&Dの値を報告している企業から構成される。これらのグループは継続的にR&Dを実施しているということで、Stable R&D Performers と呼ぶ。第三のグループはこれら二つのいずれにも所属しない企業群であり、これらを Occasional R&D Performers と呼ぶ。Occasional R&D Performers は、観測期間内に時々、正のR&Dを報告する企業(R&Dを実施したりしなかったりする企業)である<sup>26)</sup>。

これら3グループに対する生産関数の推計結果は、表3(4)および(5)に報告されている。表3(1)および(2)と同様に、OP/Staticは、労働を可変的生産要素として扱ったOPモデルを、OP/Dynamicは労働を動学変数として扱ったOPモデルをそれぞれ指す。

Non R&D Performers に関する生産関数の推計結果は、表3(4)(5)の第2列-第5列に示されている。中間財の係数は、Static、Dynamicのいずれの場合でも0.22-0.27の範囲にある。これに対して、労働の係数は、静学的な場合には0.51-0.54であるが、動学的な場合には0.56-0.64に上昇する。そして、動学的な場合には、全サンプルを対象にOP/Dynamicモデルを推計した場合に比べても、労働の係数は大きくなっている。

前節では、動学モデルの場合、動学変数である労働は、固定要素であるから、売上高の年次変動には敏感には反応しないと説明した。しかし、Non R&D Performers の場合には、動学要素であるはずの労働が生産高(販売量)の変動に感応的である。同様に、資本の係数も、静学的な場合より動学的な場合のほうがより弾力的である。なお、企業年齢は正ではあるが、有意な値を示していない。

なぜ、Non R&D Performers の場合、動学的なモデルでは、労働と資本が弾力的になるのかについては、説得的な理由を見出すことができなかった。しかし、労働が動学的な場合にも弾力的になるのは、Non R&D Performers の多くがサービス業に属することと関連するかも知れない<sup>27)</sup>。

Non R&D Performers がイノベーションを行う場合、それは Marketing innovation や組織イノベーションが中心となるであろう(ここでは、Marketing innovation や組織イノベーシ

25) 産業間の異質性は、先に述べたように、産業売上高を説明変数に加えることで制御した。

26) これらの名称は Gonzalez et al. (2005) に倣った。

27) Non R&D Performers における産業分布については、表4(1)(2)を参照せよ。

ョンに R&D は必要ないと仮定して議論している)。それらの企業が Market innovation を推進する目的で、販売量増加に直結する人を中心に雇用するならば、労働は固定要素であっても、労働は販売量に感応的になると予想される。ただし、これはあくまで推論であり、詳細なデータ分析を必要とする。

表 3 (4) (5) の第 6 列-第 9 列には、Stable R&D Performer に関する推計結果が示されている。中間財は、静学・動学いずれの場合にも、0.32-0.38 の範囲の値を取っている。労働の係数は、静学的な場合には 0.46-0.51 であるが、動学的な場合には、0.24-0.26 に半減する。逆に、資本の係数は静学的な場合が 0.03-0.04 なのに対して、動学的な場合には 0.05-0.07 と少し上昇する。なお、企業年齢は静学・動学のいずれの場合にも正で有意な値を示している。

Stable R&D Performers では、中間財、労働、資本の係数は、いずれも、Non R&D Performers のそれらよりも小さい。この結果から、Stable R&D Performers における生産量の変動の多くの部分が、Non R&D Performers に比べると、状態変数である生産性によって説明されることを示唆している。この点について、Stable R&D Performers の内生的生産性ショックを調べてみると、その係数は、0.06-0.17 の範囲の値を取り、一つの場合(Dynamic (1)) を除き統計的に有意となっている。ただし、Non R&D Performers と Stable R&D Performers を比べると、どちらの生産性が高いのかについては、次節の分析を待つことにしたい。

最後に、表 3 (4) (5) の第 10 列-第 13 列には Occasional R&D Performer に関する推計結果が示されている。中間財の係数は、0.37-0.42 の範囲にあり、いずれの場合にも正で有意となっている。中間財の係数は、Non R&D Performers や Stable R&D Performers のそれらよりも大きい。労働の係数は、静学的な場合が 0.38-0.39、動学的な場合が 0.27-0.32 程度の値を取っている。Occasional R&D Performers の場合には、静学・動学的な場合で、労働の係数に大きな差異は見られない。一方、資本の係数は 0.02-0.08 の範囲であるが、一つの場合(表 3(5)OP/Dynamic(2))を除き、有意とはならない。また、内生生産性ショック(Omega 1) の係数は、全てのケースで有意ではなく、符号も負となるケースがある。さらに、企業年齢の係数も有意ではない。Occasional R&D Performers については、全体として、推計モデルの当てはまりは良くない。その理由の一つとして、サンプル数の少なさが、第 10 列-第 13 列の推計結果を不安定にしている可能性が指摘できる。

## 4. R&D と生産性

### 4.1 ノンパラメトリック分析

この節では、前節で議論した生産関数の推計結果を用いて、企業毎に生産性を推計する。その上で、R&Dを行う企業とR&Dを行わない企業との間で生産性を比較する。生産性の比較には、ノンパラメトリック分析を用いる。なお、前節では、Occasional R&D Performers に対する生産関数の推計結果が不安定であることを指摘した。そこで、以下の分析では、Occasional R&D Performers と Stable R&D Performers を分割せずに“R&D Performers”としてひとまとめに取り扱い、Non R&D Performers と比較することにした。

企業  $i$  が R&D Performers に属する場合、企業  $i$  の  $t$  期における内生的生産性ショックは (9)、外生的生産性ショックは (10)、総生産性ショック ( $\Psi_{it}(R)$ と表記する) は (11) と表わすことができる。ここでハット ( $\hat{\cdot}$ ) は各パラメーターの推計値である。

$$(9) \quad \exp(\omega_{it}^1) = \exp(\hat{\theta}^{-1}\hat{Y}_{it}^{-1})$$

$$(10) \quad \exp(\omega_{it}^2) = \exp(\hat{r}_{it} - \hat{\beta}_L l_{it} - \hat{\beta}_K k_{it} - \hat{\beta}_M m_{it} - \hat{\beta}_a a_{it} - \hat{\beta}_S q_{st} - \hat{\beta}_t t - \hat{\theta}^{-1}\hat{Y}_{it}^{-1})$$

$$(11) \quad \Psi_{it}(R) \equiv \exp(\omega_{it}^1 + \omega_{it}^2) = \exp(\hat{r}_{it} - \hat{\beta}_L l_{it} - \hat{\beta}_K k_{it} - \hat{\beta}_M m_{it} - \hat{\beta}_a a_{it} - \hat{\beta}_S q_{st} - \hat{\beta}_t t)$$

一方、企業  $i$  が Non R&D Performers である場合には、企業  $i$  の  $t$  期における総生産性ショック ( $\Psi_{it}(N)$ と表記する) は外生的生産性ショックだけとなり、それは (12) で表わされる。

$$(12) \quad \Psi_{it}(N) \equiv \exp(\omega_{it}^2) = \exp(\hat{r}_{it} - \hat{\beta}_L l_{it} - \hat{\beta}_K k_{it} - \hat{\beta}_M m_{it} - \hat{\beta}_a a_{it} - \hat{\beta}_S q_{st} - \hat{\beta}_t t)$$

R&D Performers の生産性は、表3 (2) の OP/Static (4) および OP/Dynamic (4) に報告されているパラメータの推計値を用いて計算した。一方、Non R&D Performers の生産性は、表3 (5) の OP/Static (2) および OP/Dynamic (2) に報告されている各推計値を使って計算した。生産性の大きさは推計モデルに依存する。そこで、以下では、静学的な場合と動学的な場合の双方について各企業の生産性を推計した。

推計された生産性は、二つのグループ(R&D Performers と Non R&D Performers)の間で、ノンパラメトリックな観点から比較される。具体的には、二つのグループの間で、生産性の平均値、分散 (標準偏差)、累積分布の間に有意な差異が見られるか、差異が見られるとしたら、どちらのグループの生産性が大きいか、を調べる。その際、平均値の比較には  $t$  検定

を、分散の比較には分散比較検定を、また、累積分布の比較にはコルモゴロフ-スミルノフ検定 (Kolmogorov-Smirnov test) をそれぞれ用いた。

表4 (1) には静学的な場合における検定結果が、表4 (2) には動学的な場合における検定結果がそれぞれ報告されている。各表とも、はじめに、全サンプルを対象に二つのグループに関する比較が、続いて、産業別に二つのグループの比較が行われている。

表4 (1) の第2行には全サンプルを対象に企業を二分した場合の生産性の比較結果が報告されている。Group 0はNon R&D Performersを、Group 1はR&D Performersをそれぞれ指す。R&D Performersの生産性の平均値は3.56、Non R&D Performersのそれは0.046である。また、それぞれのグループの生産性における分散(標準偏差)は、R&D Performersが3.207、Non R&D Performersが0.062となる。まず、二つのグループで分散(標準偏差)を比較しよう。

Standard Deviation Testにおける帰無仮説 ( $H_0$ : Ratio=1) は、Group 0 (Non R&D Performers) と Group 1 (R&D Performers) の標準偏差が等しいことを示唆する。より具体的には、Group 0とGroup 1の標準偏差をSD (0) およびSD (1) とすれば、その比率SD (0) /SD (1) が1であることが仮定される。これに対して対立仮説 ( $H_a$ : Ratio < 1) は、この比率が1よりも小さいこと、つまりGroup 1の分散がGroup 0のそれよりも大きいことを意味する。検定統計量を見ると、 $\Pr(F < f) = 0.0000$ である。この検定結果は、帰無仮説が成立する確率はゼロである一方、対立仮説が成立する確率が1であることを意味する。つまり、R&D Performersの生産性は、Non R&D Performersのそれよりもバラツキが大きいことになる。

続いて、二つのグループにおける生産性の平均値を比較してみよう。 $t$  検定における帰無仮説 ( $H_0$ : Diff=1) は、二つのGroupにおける平均値の差 (Diff = Mean (0) - Mean (1)) が0であること、つまり二つのGroupにおける平均値が等しいことを仮定する。対立仮説 ( $H_a$ : Diff < 0) は、Group 1の平均がGroup 0の平均よりも大きいとする仮説である。二つのグループでは標準偏差に有意な差異が見られたので、平均値の差異には、分散の差異を考慮したWelchの $t$  検定を用いる。 $t$  検定の結果を見ると、検定統計量は $\Pr(F < f) = 0.0000$ である。この結果は、R&D Performersの生産性は、平均的に見ると、Non R&D Performersよりも高いことを示唆している。

最後にコルモゴロフ-スミルノフ検定 (KS 検定) の結果を見よう<sup>28)</sup>。KS 検定は二つのグループの経験分布 (Empirical distribution: 累積分布関数) の間に有意な差異があるかどうかを検定する。最初の一行は、Non R&D Performers (Group 0) が Smaller group である場合、

28) KS 検定の応用方法として Delgado et al. (2002) を参考にした。

つまり、Non R&D Performers (Group 0) が、Stable R&D Performers (Group 1) よりも多くの小さな値を含むかどうかを検定している。これは、Group 0 の累積分布が Group 1 の累積分布の上側（左側）に位置しているかどうかを調べることを意味する。

表 4 (1) の Difference は二つのグループの累積分布に見られる最大差異である。第 2 行の場合、Difference の値は 0.99 であり、これは二つのグループの累積分布の間に見られる最大差である。もしこの差異が統計的に有意であれば、Group 0 の累積分布は Group 1 のその上方（左側）に位置することになる。そして、その事実は、Group 0 が小さな値をより多く含むことを意味する。

ところで Difference の値に対する P 値は 0.000 であるから、二つの累積分布に有意な差異がないという確率（つまり二つの累積分布が同一である確率）は 0.000 である。以上から、Group 0 と Group 1 の累積分布が同一であるとする仮説は棄却され、しかも、Group 0 に小さな値がより多く含まれることが支持された。

次の行には、正反対の場合（Group 1 が smaller group の場合）が検討されている。ここでは、Group 1 に小さな値がより多く含まれるかどうか、あるいは、Group 1 の累積分布が Group 0 の累積分布の上方に位置しているかどうか、が検討されている。この場合、二つの累積分布の間に見られる最大差は 0.000 であり、この値が統計的にゼロに等しい確率（P 値）は 1.000 である。これは Group 1 の累積分布が Group 0 の累積分布の上方（左側）に位置する可能性がないことを意味している。二つの KS 検定の結果を総合すると、二つのグループの累積分布は同一ではないこと、そして、Group 1 の累積分布は Group 0 の累積分布よりも下側（右側）に位置していること（Group 1 の累積分布には、大きな値がより多く含まれていること）が示される。

以上、 $t$  検定、分散検定、および、KS 検定の結果から、R&D Performers の生産性は、平均的には Non R&D Performers よりも高く、生産性のばらつきも大きく、さらに、分布でもより大きな値を含むことが示された<sup>29)</sup>。同じ結果は、全サンプルを製造業と非製造業に分割した場合からも得られる。製造業、非製造業のいずれのグループでも、R&D Performers の生産性は Non R&D Performers の生産性よりも高いことが確認される（表 4(1) 第 3、4 行を見よ）。

次に、産業間の差異を考慮して二つのグループの間で生産性の比較を行ってみよう。これは、全産業レベルでは、R&D Performers の生産性が Non R&D Performers の生産性を上回るという結果が出たとしても、産業毎の分析では異なる結果が得られる可能性があるから

29) R&D を行う企業の生産性が、R&D を行わない企業に比べると、平均・分散・分布のいずれの点でも上回る点は既に Doraszelski and Jaumandreu (2013) で指摘されている。

である。表4(1)の第5行以降には、産業別（東証業種分類別）に二つのグループの生産性を比較した結果が示されている。検定結果を見ると、いずれの産業においても、平均値、分散、累積分布の点で、R&D Performers の生産性は Non R&D Performers の生産性を上回ることが示される。したがって、R&D が生産性を向上させるという結論は、産業間の差異を考慮しても依然として成立することが確認された。なお、一部の産業（具体的には、水産・農林業・証券商品先物取引業・その他金融業・不動産業・サービス業）の比較結果が表4(1)に報告されていない。これは、これらの産業では Group 1 と Group 0 の間でペアを作成するのに十分なデータが確保されなかったためである。

表4(2)には、生産関数を推計する際に動学モデルを用いた場合の生産性の推計値と検定結果が報告されている。検定結果は静学的な場合とほとんど変わらない。すなわち、全サンプルを対象とした場合にも、製造業・非製造業でサンプルを二分割した場合にも、さらには産業毎に生産性を比較した場合にも、R&D Performers の生産性は、平均値、分散、累積分布のいずれの点でも、Non R&D Performers のそれを上回ることが示される。したがって、R&D が生産性を向上させるという結論は、推計モデルを変更しても成立すると言える。

なお、R&D Performers における生産性（平均値）の水準は、静学的な場合（表4(1)）よりも動学的な場合（表4(2)）で大きな値を示していることに気付く。例えば、全サンプルを対象にした推計結果を表4(1)と表4(2)で比較した場合、生産性の平均値は前者（静学的な場合）では3.564であるのに対して、後者（動学的な場合）では19.12と、約5倍の値になっている。

R&D Performers については、労働を静学変数として捉えて生産関数を推計した場合には、労働の係数が大きくなり（0.4530）、生産関数の「残差」として定義される生産性の値は小さくなる（表3(2) OP/Static (4)）。一方、労働を動学変数として捉えて生産関数を推計した場合には、労働の係数が小さくなり（0.2342）、その分、残差は大きくなる（表3(2) OP/Dynamic (4)）。いずれの場合にも、資本と企業年齢の係数は同じような値をとるからである。この結果、「残差」である生産性の値は、労働を動学変数として捉えた場合により大きな値を取ると考えられる。

これに対して、Non R&D Performers の場合には、労働を静学変数として捉えた場合と動学変数として捉えた場合では、生産関数における労働の係数はそれほど大きくは変化しない（表3(5) OP/Static (2)における労働の係数は0.5028であり、OP/Dynamic (4)におけるそれは0.5621）。

ところで、R&D Performers の生産性は、(8)式と(9)式が示す通り、内生的な生産性ショック ( $\exp(\omega_{it}^1)$ ) と外生的な生産性ショック ( $\exp(\omega_{it}^2)$ ) から構成される。そこで、次

にこれら二つの生産性の関係について考察してみよう。内生的な生産性ショックが全生産性に貢献する割合を (13) のように表わす。

$$(13) \quad \text{Ratio 1} \equiv \exp(\omega_{it}^1) / \exp(\omega_{it}^1 + \omega_{it}^2)$$

推計結果は表5(1)に示されている。静学的な場合、全サンプルを対象に計算した場合には、Ratio 1の値は0.709である。これは、総生産性に占める内生生産性の比率が70%を超えることを意味し、R&Dが総生産性に大きな貢献をすることを示唆している。なお、(13)式は通常1以下の値を取ることが予想されるが、表5(1)では1を超える値を取る場合(不動産業)がある。その理由は、以下の通りである。労働を静学変数として推計した場合、労働の係数が大きくなり、「残差」で表わされる総生産性の値は小さくなる。しかし、一方で、 $\omega_{it}^1$ の推計値は無形資産で近似されるから正の比較的大きな値を取る。このことは、外生的な生産性ショック( $\omega_{it}^2$ )の値が負の値を示す場合があることを意味する。そのため、(13)における分母の値が分子の値よりも小さくなり、Ratio 1の値は1を超える結果となる。

表5(1)には、動学的な場合の推計結果も示されている。先に説明したように、労働を動学変数として扱った場合、労働の係数の推計値は小さくなるため、「残差」として定義される総生産性の値は大きくなる。一方で、 $\omega_{it}^1$ の推計値( $\theta^{-1}\hat{Y}_{it}^{-1}$ )は静学変数のケースに比べて小さな値となったため、(13)式の分子は分母に比べると小さな値になる。全サンプルを対象に計算した場合のRatio 1の値は0.157である。以上の結果を要約すると、労働を「静学変数」として扱った場合には、R&Dが生産性向上に及ぼす効果は非常に大きく示される。これに対して、労働を「動学変数」として扱った場合には、内生的な生産性の総生産性に対する貢献度は小さくなる。

最後に、R&D PerformersとNon R&D Performersにおける外生的な生産性ショックの水準を比較してみよう。Ratio 2はR&D Performersの外生的な生産性をNon R&D Performersの外生的な生産性( $\exp(\omega_{it}^{2N})$ と表記する)で除した値と定義される((14)式)。

$$(14) \quad \text{Ratio 2} \equiv \exp(\omega_{it}^2) / \exp(\omega_{it}^{2N})$$

全ての産業においてRatio 2の値が1を超えていることから、R&D Performersの生産性は、外生的なショックの部分でもNon R&D Performersを上回ることが指摘できる。この理由は以下のように説明される。まず、モデルから、外生的な生産性ショックは設備投資と単調的な関係にあることが指摘される。そこで、もし、R&Dと設備投資が正の相関をしていれば、R&Dを積極的に行う企業(R&D Performers)は設備投資にも積極的であるだろう。その結果、R&D PerformersはNon R&D Performersよりも高い外生的な生産性を実現する可能性が

ある。

#### 4.2 集計生産性の分解<sup>30)</sup>

この節では、企業レベルの生産性が集計レベルの生産性に及ぼす影響を考察する。Olley and Pakes (1996) に従い、 $t$  年における集計生産性 ( $AP_t$ ) を各企業の生産性 ( $\Psi_{it}$ ) の加重平均と定義する ((15) 式)<sup>31)</sup>。加重平均のウエイトには、各企業の売上が産業全体の売上に占める比率 ( $s_{it}$ ) を用いる。以下では (16) 式を Olley and Pakes 分解と呼ぼう。

$$(15) \quad AP_t = \sum_{i=1}^{n_t} s_{it} \Psi_{it}$$

$$(16) \quad \sum_{i=1}^{n_t} s_{it} \Psi_{it} = \bar{\Psi}_t + \sum_{i=1}^{n_t} \Delta s_{it} \Delta \Psi_{it}$$

ここで、 $n_t$  は  $t$  年における産業内の企業数であり、 $\bar{\Psi}_t$  は産業の平均生産性である。また、 $\Delta s_{it}$  と  $\Delta \Psi_{it}$  は、それぞれ、 $\Delta s_{it} \equiv (s_{it} - \bar{s}_t)$  および  $\Delta \Psi_{it} \equiv (\Psi_{it} - \bar{\Psi}_t)$  で定義される。Olley and Pakes 分解の第一項は、産業全体における平均生産性を示す。これに対して、第二項は生産性とシェアとの共分散を示す。この符号が正であれば、より生産性の高い企業がより大きなシェアを市場で占めることを意味する。したがって、(16) 式の右辺第二項は、非効率的な企業から効率的な企業への「資源の再配分効果」を示していると解釈される。なお、(16) 式では、各企業の生産性 ( $\Psi_{it}$ ) において、R&D Performers と Non R&D Performers とを区別していない。二つを区別した上で、それぞれのグループに属する企業が集計生産性にどのような影響をもたらすのか、はこの後に議論する。

はじめに、全サンプルを対象にして、集計生産性の動向を観察しよう。表6(1)には各年における集計生産性の推計結果が報告されている。集計生産性については、既に述べた通り、静学的な場合と動学的な場合の二通りの場合について計算した。表からは、1) 生産性が2000年代初頭には低迷したが、その後徐々に上昇していること、2) 静学分析のほうが生産性の上昇傾向が顕著であること、の二点が指摘できる。

続いて、集計生産性を Olley and Pakes 分解のように二つの効果－平均生産性と資源の再配分効果－に分解してみた。静学的な場合と動学的な場合のいずれの場合にも、多くの年で、平均生産性 ( $\bar{\Psi}_t$ ) よりも資源の再配分 (非効率企業から効率企業への資源の再配分) による生産性の向上 ( $\sum_{i=1}^{n_t} \Delta s_{it} \Delta \Psi_{it}$ ) のほうが大きな寄与をしていることがわかる。特に、動学

30) 集計生産性と資源の再配分に関する議論は、Petrin and Levinsohn. (2005) を参照せよ。

31) 本稿では企業の参入と退出を考慮しなかった。企業の参入と退出を考慮した場合には、Olley and Pakes (1996) の分解は動学的な分解 (dynamic decomposition) になる。この論点は、Melitz and Polanec (2012) で詳細に分析されている。



的な場合にはその傾向は顕著である。具体的には、表6(1)の動学的な場合では、各年における資源の再配分効果が6割以上を占めていることがわかる。したがって、2001-2011年に観察される集計生産性の向上においては、資源の再配分効果が大きな役割を果たしたと結論できる。

次に、Collard-Wexler and De Loecker (2013) に従い、全企業を R&D Performers と Non R&D Performers に二分した上で、集計生産性の変化を考えてみよう<sup>32)</sup>。二つの企業グループを考慮すると、集計生産性(15)は、(17)式に書き改めることができる。

$$(17) \quad AP_t = (1/2) \sum_{m \in R, N} [\bar{\Psi}_t(m) + \Gamma_t^{OP}(m)] + \Gamma_t^B$$

ここで  $m$  は企業のタイプを表し、具体的には、R (R&D Performers) と N (Non R&D Performers) を表わす。(17)式の右辺第一項  $\Sigma$  内に現れる部分  $[\bar{\Psi}_t(m) + \Gamma_t^{OP}(m)]$  は、R&D Performers と Non R&D Performers のそれぞれについて(16)式で表わされる Olley and Pakes 分解を行うことを意味する。 $\Gamma_t^{OP}(m)$  は、次式(18)が示すようにグループ内企業における売上高シェアと生産性との共分散 (Within Covariance) である。

$$(18) \quad \Gamma_t^{OP}(m) = \sum_{i \in m} (s_{it}(m) - \bar{s}_t(m))(\Psi_{it}(m) - \bar{\Psi}_t(m))$$

ただし、 $s_{it}(m) = s_{it} / \sum_{i \in m} s_{it}$  および  $\bar{s}_t(m) = \sum_{i \in m} s_{it}(m) / n_t(m)$  と定義する。ここで、 $s_{it}$  は先に定義したものと同一である。また  $n_t(m)$  は  $t$  年に各グループに属する企業数を指す。したがって(17)式の右辺第一項は、二つのグループにおける Olley and Pakes 分解の平均値となる。これに対して、(17)式第二項の  $\Gamma_t^B$  は次式(19)で示される通り、各グループ間に観察される売上高シェアと生産性との共分散である。

$$(19) \quad \Gamma_t^B = \sum_m (s_t(m) - 0.5)(\Psi_t(m) - \bar{\Psi}_t(m))$$

ここで、 $\Psi_t(m) = \sum_{i \in m} s_{it}(m) \Psi_{it}(m)$  および  $s_t(m) = \sum_{i \in m} s_{it}$  と定義される。この項は、二つのグループの間に観察される共分散 (Between Covariance) を示し、この項が正であれば、より生産性の高いグループに資源が再配分されていることを意味する。

推計結果は表6(2)(3)に示されている。ここでは表6(2)を中心に見て行こう。表6(2)の第2列は集計生産性(加重平均生産性)が示されている。これらの値は先に示した表6(1)の値と同じである。第3列と第4列には、With-in 効果(グループ内効果)と Between 効果(グループ間効果)が示されている。With-in 効果は、それぞれのグループに属する企業の中での資源再配分効果を示す。一方、Between 効果は二つのグループの間で生じる資源の再配

---

32) 式の導出については Collard-Wexler and De Loecker (2013) を参照せよ。

分効果を示す。

With-in 効果は集計生産性全体の 55% 程度を占めるのに対して、Between 項は残る 45% 程度を占めている。Between 効果が 45% を占めているという結果は、生産性の高くない Non R&D Performers から生産性の高い R&D Performers への資源の再配分が、集計生産性の 45% を占めていることを意味する。

With-in 効果をもう少し詳しく見てみよう。第 5-7 列は R&D Performers における with-in 効果を、また、第 8-10 列は Non R&D Performers における With-in 効果を示している。第 6 列と第 9 列を比較してみよう。これらはどちらもグループ内の生産性（非加重）の平均であるから、R&D Performers のほうが Non R&D Performers よりも生産性が高いことが知られる。この点は既に指摘した通りである。第 7 列は R&D Performers の間で生じる資源の再配分を示している。この数値は、R&D Performers の With-in 効果の半数を占める大きな値である。したがって、R&D Performers の中でも、非効率な企業から効率的な企業への資源の再配分が生じていることが推測される。

一方、第 10 列は Non R&D Performers の中で生じる資源の再配分であるが、R&D Performers のそれよりも小さな値である。この結果から、相対的に非効率な企業グループ（Non R&D Performers）の中では資源の再配分はそれほど活発には生じていないことが予想される。以上からも、Non R&D Performers の中で生産性の向上効果はさほど大きくないと言える。

## 5. おわりに

本稿では、わが国の株式上場企業約 4,490 社の財務データを使って、わが国企業の生産性を計測した。観測期間は、2001 年から 2011 年の 11 年間である。生産性計測の際には、生産性を R&D に依存して決定される内生的な生産性と、外生的な生産性に分割し、それぞれの大きさを計測した。生産性を比較する際には、企業を、R&D を実施する企業（R&D Performers）と R&D を全く行わない企業（Non R&D Performers）とに分割した。全サンプルを対象にしたノンパラメトリック分析の結果、R&D Performers の生産性は、平均値、分散、累積分布ともに、Non R&D Performers のそれらを上回ることが明らかになった。同じ比較を製造業・非製造業、および、28 業種に行ったら、同じ結果が得られた。これらを総合すると、R&D は企業の生産性を高めていることがわかった。同時に、R&D は企業間の生産性格差（R&D Performers と Non R&D Performers との格差とともに、R&D Performers 間の格差）を広げていることが示唆される。

R&D Performers について、内生的な生産性が総生産性に占める構成割合を推計したところ、結果は、業種に依存するだけでなく、生産関数を推計する際に置かれる仮定に依存することがわかった。生産関数を推計する際に、労働を「静学変数」として扱った場合には、内生的な生産性の占める割合は大きくなる。一方、労働を「動学変数」として扱った場合には、内生的な生産性の占める割合は小さくなる。また、R&D Performers と Non R&D Performers について外生的な生産性を比較した場合、R&D Performers の生産性が高い値を示すことも明らかになった。

続いて、本稿では、2001-2011 年の 11 年間における集計生産性の推移とその分解について検討した。集計生産性は 2000 年代初頭に一度下落したが、その後は上昇傾向を辿ることが判明した。また、その間の生産性を Olley and Pakes (1996) の式に沿って要因分解してみると、資源の再配分効果が大きな比重を占めていることも明らかになった。

そのような資源の再配分効果は、R&D Performers と Non R&D Performers との間（グループ間）でも活発であるだけでなく、R&D Performers の中（グループ内）でも活発である。したがって、集計生産性は、生産性の低い Non R&D Performers から生産性の高い R&D Performers に移動することにより向上するだけでなく、相対的に生産性の低い R&D Performers からより生産性の高い R&D Performers に移動することでさらに向上する可能性があることがわかる。

本稿の議論を結ぶに当たり、五つの未解決な論点に言及したい。第一に、本稿の推計結果によると、労働を静学変数とした場合と動学変数とした場合では推計結果が大きくこととなった。静学変数の係数のほうが動学変数のそれよりも大きい場合、それが単に静学変数のほうが生産物に対してより弾力的に反応するという解釈で良いのかどうか検討の余地がある。事実、Non R&D Performers の場合には、労働を動学変数として扱った場合のほうが労働の係数は大きく推計されるからである。

第二に、本稿では、企業間の生産性格差を検討することはできたが、生産性格差の「持続性」については十分に議論することができなかった。この点については、生産性の水準が上位に位置する企業は、観測期間を通じて高い生産性を維持することは確認された。具体的には、各年の生産性を降順に並び代えて各企業に順位をつけたところ、2001 年に生産性が上位 1% に含まれる企業はその後 2011 年まで上位 1% 前後に含まれ続けることが確認された。一方で、中間の順位に位置する企業の順位は年によって激しく変動することもわかった。ただし、この分析はあまりに簡易的であり、生産性格差の「収束」を検討するためにはより精緻な計量分析が必要となるだろう。

第三に、本稿では企業の参入・退出の意思決定を省略した。Olley and Pakes (1996) で

は企業の参入・退出が明示的にモデルに組み込まれており、R&Dの内生化もそのモデルの延長線上にあるのが自然である。しかし、R&Dを内生変数とした場合、企業の参入・退出の意思決定はR&Dに依存することが予想され、モデルはより複雑になるであろう。このような拡張も今後の大きな研究課題である。

第四に、本稿ではR&Dを通じた生産性の向上を議論した。しかし、現実には、R&Dを行わなくても生産性を向上させている企業はたくさんあるだろう。生産性を向上させるR&D以外の経路として、例えば、熟練や経験、スピルオーバー、などが挙げられる。これらの非R&D経路については今回の分析では十分な議論ができなかった。

最後に、本稿では技術指標の代理指標として無形固定資産額を用いた。しかし、無形固定資産にはR&Dとはあまり関係のない要素（例えば、意匠権や商標権など）が含まれる可能性がある。そこで、データが利用可能であれば、Akerberg et.al (2007) が提案するように特許データを用いた分析を試みることも検討したい<sup>33)</sup>。以上、本稿の課題は少なくはないが、これらの課題はデータが一層利用可能となる他日を期したい。

#### 参考文献

- Akerberg, D., Benkard, C. L., Berry, S., and A. Pakes.(2007) Econometric tools for analyzing market outcomes, in *Handbook of Econometrics*, vol. 6, no. 6a, J. J. Heckman and E. E. Leamer (eds), Elsevier, pp. 4171-4276.
- Akerberg, D., Caves, K., and G. Frazer.(2006) Structural identification of production function, mimeograph.
- Aw, B. Y., Roberts, M. J., and D. Y. Xu.(2009) R&D investment, exporting, and productivity dynamics, *NBER Working Paper* No. 14670
- Baum C. F. (2009) *An Introduction to Stata Programming*, Stata Corp LP.
- Cameron, A.C, and P. K. Trivedi.(2010) *Microeconometrics Using Stata*(revised edition), A Stata Press Publication, Stata Corp LP.
- Cohen, W. M. (1995) Empirical studies of innovative activity, in *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Paul Stoneman (eds), pp. 182-264.
- Collard-Wexler, A., and J. De Loecker(2013) Reallocation and technology: evidence from the U.S. steel industry, *NBER Working Paper* No. 18739
- De Loecker, J. (2007) Do exports generate higher productivity? Evidence from Slovenia, *Journal of International Economics*, 73(1), pp. 69-98.
- De Loecker, J. (2010) A note on detecting learning by exporting, *NBER Working Paper* No. 16458
- De Loecker, J. (2011) Product differentiation, multi-product firms and estimating the impact of trade liberalization on productivity, *Econometrica*, 79(5), pp. 1405-1451.
- De Loecker, J., P. K. Goldberg, A. K. Khandelwal, and N. Pavcnik(2012) Prices, markups and trade reform, *NBER Working Paper* No. 17925
- Delgado, A. M., Farinas, J. C., and S. Ruano. (2002) Firm productivity and export markets: a non-

---

33) もっとも、R&Dの成果も全てが特許化されるわけではない。

- parametric approach, *Journal of International Economics*, 57(2), pp. 397-422.
- Doraszelski, U. and J. Jaumandreu. (2013) R&D and productivity: estimating endogenous productivity, *Review of Economic Studies*, forthcoming.
- Foster, L., Haltiwanger, J. C., and C. J. Krizan. (2006) Market Selection, reallocation, and restructuring in the U.S. retail trade sector in the 1990s, *Review of Economics and Statistics*, 88(4), pp. 748-58.
- Foster, L., Haltiwanger, J. C., and C. Syverson. (2008) Reallocation, firm turnover and efficiency: selection on productivity or profitability, *American Economic Review*, 98(1), pp. 394-425.
- Gonzalez, X., Jaumandreu, J., and C. Pazo (2005) Barriers to innovation and subsidy effectiveness, *RAND Journal of Economics*, 36(4), pp. 930-950.
- Griliches, Z. (1979) Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth, *The Bell Journal of Economics*, 10(1), pp. 92-116.
- Griliches, Z. (1998) R&D and Productivity: the econometric evidence, The University of Chicago Press.
- Hall, B.H. (2007) Measuring the returns to R&D: the depreciation problem, *NBER Working Paper No. 13473*
- Hall, B.H. (2011) Innovation and productivity, *NBER Working Paper No. 17178*
- Jaumandreu, J. and J. Mairesse. (2010) Innovation and welfare: results from joint estimation of production and demand function, *NBER Working Paper No. 16221*
- Klette, T.J. and Z. Griliches. (1996) The inconsistency of common scale estimates when output prices are unobserved and endogenous, *Journal of Applied Econometrics*, 114(4), pp. 343-361.
- Levinsohn, J. and A. Petrin. (2003) Estimating production functions using inputs to control for unobservables, *Review of Economic Studies*, 70(2), pp. 317-341.
- Maican, F. and M. Orth. (2009) Productivity dynamics and the role of “Big-Box” entrants in retailing, mimeograph.
- Melitz, M. J. (2003) The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity, *Econometrica*, 71(6), pp. 1695-1725.
- Melitz, M. J. and S. Polanec. (2012) Dynamic Olley-Pakes decomposition with entry and exit, *NBER Working Paper No. 18182*
- Olley, G. S. and A. Pakes. (1996) The dynamics of productivity in the Telecommunications equipment industry, *Econometrica*, 64(6), pp. 1263-1297.
- Petrin, A., Poi, B. P., and J. Levinsohn. (2004) Production function estimation in Stata using inputs to control for unobservables, *The Stata Journal*, 4(2), pp. 113-123.
- Petrin, A. and J. Levinsohn. (2005) Measuring aggregate productivity growth using plant level data, *NBER Working Paper No. 11887*
- Rizov, M., and P. P. Walsh. (2009) Productivity and trade orientation in UK manufacturing, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 71(6), pp. 821-849.
- Rizov, M., and P. P. Walsh. (2011) Is there a rural-urban divide? Location and productivity of UK manufacturing, *Regional Studies*, 45(5), pp. 641-656.
- Syverson, C. (2011) What determines productivity?, *Journal of Economic Literature*, 49(2), pp. 326-365.
- Todo, Y. and S. Shimizutani. (2008) Overseas R&D activities and home productivity growth: evidence from Japanese firm-level data, *Journal of Industrial Economics*, 56(4), pp. 752-777.
- Yasar, M., Raciborski, R. and B. Poi. (2008) Production function estimation in Stata using Olley and Pakes method. *The Stata Journal*, 8(2), pp. 221-231.
- Wooldridge, J.M. (2009) On estimating firm-level production functions using proxy variables to control for unobservables, *Economic Letters*, 104(3), pp. 112-114.
- Wooldridge, J.M. (2010) *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data: Second Edition*, The MIT

Press, Cambridge, Massachusetts.

Xu, D. Y. (2008) A structural empirical model of R&D, firm heterogeneity, and industry evolution, mimeograph.

深尾京司、宮川 努編（2008）『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』（東京大学出版会）

表 1 (1) サンプル企業数（業種別）

業種分類	企業数	業種分類	企業数	業種分類	企業数
水産・農林業	13	鉄鋼	68	空運業	9
鉱業	13	非鉄金属	53	倉庫・運輸関連業	49
建設業	280	金属製品	118	情報・通信業	437
食料品	175	機械	299	卸売業	451
繊維製品	92	電気機器	360	小売業	493
パルプ・紙	37	輸送用機器	129	証券、商品先物取引業	28
化学	251	精密機器	60	その他金融業	59
医薬品	68	その他製品	132	不動産業	176
石油・石炭製品	16	電気・ガス業	25	サービス業	462
ゴム製品	22	陸運業	78	合計	4,554
ガラス・土石製品	81	海運業	20		

表 1 (2) サンプル企業数（年別）

年	企業数	年	企業数	年	企業数	年	企業数
2001	3,337	2004	3,524	2007	3,827	2010	3,602
2002	3,456	2005	3,632	2008	3,808	2011	3,506
2003	3,497	2006	3,716	2009	3,721	平均	3,602

表 2 (1) 基本統計量（全サンプル）

変数	観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
売上高	39,610	107,748.6	449,007.9	-614	12,300,000
期末従業員数	39,584	1,132.7	3,314.4	0	121,525
年間平均給与	39,535	5.7	1.4	0.005182	23
原材料と経費	27,101	60,765.0	247,722.6	-3606	9,061,988
無形固定資産	39,269	2,040.4	15,776.1	0	705,333
設備投資額	38,379	4,900.0	27,680.3	-6687	1,063,869
研究開発費	23,449	4,439.8	26,504.7	0	818,509
企業年齢	39,626	47.6	23.3	0	130

（単位） 期末従業員数は人、企業年齢は年、それ以外は 100 万円

表 2 (2) 基本統計量 (Stable R&amp;D Performers)

変数	観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
売上高	21,179	148,140.5	575,668.1	24	12,300,000
期末従業員数	21,181	1,544.0	3,949.9	0	71,567
年間平均給与	21,169	6.0	1.2	0.647439	23
原材料と経費	19,212	77,176.1	289,545.7	2	9,061,988
無形固定資産	21,122	2,716.1	20,213.1	0	705,333
設備投資額	20,952	6,159.5	31,476.2	-6687	1,046,623
研究開発費	21,181	4,836.3	27,736.2	1	818,509
企業年齢	21,181	55.0	20.9	1	130

(単位) 期末従業員数は人、企業年齢は年、それ以外は 100 万円

表 2 (3) 基本統計量 (Non R&amp;D Performers)

変数	観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
売上高	14,424	66,970.5	238,209.1	1	9,001,281
期末従業員数	14,414	687.2	2,497.4	0	121,525
年間平均給与	14,394	5.4	1.5	0.299	19
原材料と経費	5,585	21,743.9	70,166.0	-3606	980,981
無形固定資産	14,213	1,368.5	8,365.5	0	282,020
設備投資額	13,646	3,905.7	24,754.5	-128	1,063,869
研究開発費	24	0	0	0	0
企業年齢	14,435	39.4	22.6	0	124

(単位) 期末従業員数は人、企業年齢は年、それ以外は 100 万円

表 2 (4) 基本統計量 (Occasional R&amp;D Performers)

変数	観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
売上高	4,007	41,046.5	134,489.1	-614	2,068,711
期末従業員数	3,989	558.9	1,299.3	0	16,860
年間平均給与	3,972	5.6	1.4	0.005182	22
原材料と経費	2,304	18,509.2	55,764.3	5	955,841
無形固定資産	3,934	839.4	5,692.8	0	177,362
設備投資額	3,781	1,509.3	7,206.6	-85	164,523
研究開発費	2,244	744.2	8,014.7	0	181,957
企業年齢	4,010	38.4	24.3	0	130

(単位) 期末従業員数は人、企業年齢は年、それ以外は 100 万円



表 3 (1) 生産関数 (全サンプル)

	OLS		OLS		Static (1)		Static (2)		Static (3)		Static (4)		Dynamic (1)		Dynamic (2)		Dynamic (3)		Dynamic (4)	
	(1)	(2)	Static (1)	Static (2)	Static (3)	Static (4)	Static (1)	Static (2)	Static (3)	Static (4)	Dynamic (1)	Dynamic (2)	Dynamic (3)	Dynamic (4)	Dynamic (1)	Dynamic (2)	Dynamic (3)	Dynamic (4)		
企業年齢	.0015*** (.0002)	.0004** (.0002)	.0020 (.2530)	.0020 (.0499)	.0045*** (.0017)	.0039* (.0021)	.0072 (.0905)	.0070 (.0847)	.0065*** (.0018)	.0049** (.0020)										
資本ストック	.0613*** (.0021)	.0721*** (.0023)	.1081*** (.0331)	.1186*** (.0192)	.0383*** (.0149)	.0380** (.0182)	.0453*** (.0061)	.0588*** (.0118)	.0571*** (.0135)	.0621*** (.0151)										
労働	.5447*** (.0043)	.5571*** (.0047)	.5215*** (.0188)	.5341*** (.0206)	.4461*** (.0220)	.4919*** (.0261)	.2504*** (.0325)	.2780*** (.0394)	.2628*** (.0279)	.2454*** (.0318)										
中間財	.3788*** (.0034)	.3302*** (.0034)	.3602*** (.0186)	.3142*** (.0199)	.3888*** (.0209)	.3555*** (.0223)	.3534*** (.0185)	.3033*** (.0203)	.3788*** (.0207)	.3401*** (.0266)										
Omega 1	-	-	-	-	.0572 (.0485)	.1349** (.0627)	-	-	.0961** (.0488)	.1649*** (.0537)										
時間ダミー	-0.0065*** (.0010)	-0.0085*** (.0012)	-0.0033** (.0014)	-0.0030* (.0016)	-0.0006 (.0015)	-0.0007 (.0061)	-0.0020 (.0014)	-0.0023 (.0016)	.0003 (.0015)	-0.0019 (.0016)										
産業ダミー	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO
Proxy 1	-	-	-	-	R&D 投資	R&D 投資	-	-	R&D 投資	R&D 投資	-	-	R&D 投資	R&D 投資	-	-	R&D 投資	R&D 投資	-	-
Proxy 2	-	-	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資
観測数	24,848	24,848	37,727	37,727	22,644	22,644	37,727	37,727	22,644	22,644	37,727	37,727	22,644	22,644	37,727	37,727	22,644	22,644	22,644	22,644
企業数	-	-	4,490	4,490	2,731	2,731	4,490	4,490	2,731	2,731	4,490	4,490	2,731	2,731	4,490	4,490	2,731	2,731	2,731	2,731
決定係数	0.9106	0.8653	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(注)：\*、\*\*、\*\*\* は、それぞれ、 $p < 0.1$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ に対応する。カッコ内は標準誤差であり、OPの標準誤差は、Bootstrap法による500回の繰り返し計算を通じて得た。

表3(2) 生産関数(全サンプル)

	OLS		Static (1)		Static (2)		Static (3)		Static (4)		Dynamic (1)		Dynamic (2)		Dynamic (3)		Dynamic (4)	
	(1)	(2)	Static (1)	OP	Static (2)	OP	Static (3)	OP	Static (4)	OP	Dynamic (1)	OP	Dynamic (2)	OP	Dynamic (3)	OP	Dynamic (4)	
企業年齢	.0015*** (.0002)	.0020*** (.0002)	.0020 (.2750)	OP	.0033 (.0834)	OP	.0046*** (.0017)	OP	.0050*** (.0014)	OP	.0072 (.0898)	OP	.0097 (.1021)	OP	.0065*** (.0017)	OP	.0058*** (.0019)	OP
資本ストック	.0612***	.0907***	.1080***		.1386***		.0386***		.0261		.0452***		.0599***		.0586***		.0750***	
労働	.5448*** (.0021)	.5412*** (.0023)	.5215*** (.0332)		.5413*** (.0368)		.4462*** (.0147)		.4530*** (.0211)		.2501*** (.0061)		.2726*** (.0090)		.2607*** (.0135)		.2342*** (.0159)	
中間財	.3788*** (.0034)	.3186*** (.0033)	.3602*** (.0186)		.3029*** (.0185)		.3889*** (.0209)		.3391*** (.0222)		.3534*** (.0185)		.2970*** (.0188)		.3788*** (.0207)		.3294*** (.0224)	
Omega 1	-	-	-		-		.0584 (.0485)		.1289** (.0619)		-		-		.0969** (.0488)		.1445*** (.0505)	
産業売上高	.0146 (.0135)	.1698*** (.0039)	.0056 (.0112)		.1694*** (.0158)		.0256** (.0108)		.1180*** (.0197)		.0062 (.0111)		.1637*** (.0160)		.0275** (.0108)		.1066*** (.0204)	
時間ダミー	-0060*** (.0011)	-0073*** (.0011)	-0031** (.0015)		-0017 (.0016)		.0015 (.0016)		.0015 (.0015)		-0018 (.0015)		-0010 (.0016)		.0012 (.0016)		.0003 (.0016)	
産業ダミー	YES	NO	YES	NO	NO	YES	YES	NO	NO	NO	YES	NO	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Proxy 1	-	-	-		-		R&D		R&D		-		-		R&D		R&D	
Proxy 2	-	-	投資		投資		投資		投資		投資		投資		投資		投資	
観測数	24,848	24,848	37,727		37,727		22,644		22,644		37,727		37,727		22,644		22,644	
企業数	-	-	4,490		4,490		2,731		2,731		4,490		4,490		2,731		2,731	
決定係数	0.9106	0.8748	-		-		-		-		-		-		-		-	

(注)：\*、\*\*、\*\*\*は、それぞれ、 $p < 0.1$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ に対応する。カッコ内は標準誤差であり、OPの標準誤差は、Bootstrap法による500回の繰り返し計算を通じて得た。

表 3 (3) 知識生産関数 (全サンプル)

	KPF	KPF	KPF	KPF	KPF	KPF	KPF	KPF	KPF
	F.E (1)	R.E (1)	F.E (2)	R.E (2)	F.E (3)	R.E (3)	F.E (4)	R.E (4)	KPF
企業年齢	.0072*** (.0005)	.0044*** (.0005)	.0085*** (.0006)	.0044*** (.0005)	.0072*** (.0005)	.0045*** (.0005)	.0085*** (.0006)	.0048*** (.0005)	
資本ストック	.0030 (.0023)	.0158*** (.0022)	.0020 (.0023)	.0151*** (.0022)	.0030 (.0023)	.0146*** (.0022)	.0020 (.0023)	.0143*** (.0022)	
労働	.2426*** (.0066)	.3216*** (.0060)	.2420*** (.0066)	.3216*** (.0060)	.2426*** (.0066)	.3108*** (.0061)	.2420*** (.0066)	.3104*** (.0061)	
中間財	.5331*** (.0048)	.5375*** (.0045)	.5325*** (.0048)	.5372*** (.0045)	.5331*** (.0048)	.5274*** (.0045)	.5325*** (.0048)	.5263*** (.0045)	
知識ストック	.0238*** (.0052)	.0309*** (.0051)	.0235*** (.0052)	.0308*** (.0050)	.0238*** (.0052)	.0301*** (.0051)	.0235*** (.0052)	.0304*** (.0051)	
産業売上高	-	-	.0336*** (.0055)	.0272** (.0056)	-	-	.0336*** (.0055)	.0331*** (.0052)	
時間ダミー	0 (omitted)	.0012 (.0007)	0 (omitted)	.0022*** (.0007)	0 (omitted)	.0012* (.0007)	0 (omitted)	.0023*** (.0007)	
産業ダミー	YES (omitted)	YES	YES (omitted)	YES	NO	NO	NO	NO	NO
観測数	18,443	18,443	18,443	18,443	18,443	18,443	18,443	18,443	18,443
企業数	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
Hausman Test	chi2 (5) = 678.04***	chi2 (6) = 698.91***	chi2 (6) = 645.92***	chi2 (6) = 672.85***					

(注): \*, \*\*, \*\*\* は、それぞれ、 $p < 0.1$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  に対応する。カッコ内は標準誤差である。KPF は、知識生産関数 (Knowledge Production Function) を、F.E は固定効果モデルを、R.E はランダム効果モデルを、それぞれ指す。知識ストックは、資本ストックと同様に、恒久棚卸法を仮定した上で、各期の研究開発費を積み上げた。減価償却率は、Hall (2007) に従い 15% とした。知識ストックの初期値は、資本ストックと全く同じ手順で計算した。

表3(4) 生産関数(サブ・サンプル)

	Non R&D Performers				Stable R&D Performers				Occasional R&D Performers				
	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP
	Static (1)	Static (2)	Dynamic (1)	Dynamic (2)	Static (1)	Static (2)	Dynamic (1)	Dynamic (2)	Static (1)	Static (2)	Dynamic (1)	Dynamic (2)	
企業年齢	.0028 (.1309)	.0053 (.0047)	.0014 (.6844)	.0022 (.7770)	.0040** (.0017)	.0046** (.0021)	.0054** (.0024)	.0056*** (.0022)	.0025 (.5328)	.0023 (.1364)	.0029 (.1267)	.0028 (.2788)	
資本ストック	.1340*** (.0301)	.2149*** (.0279)	.1057*** (.0093)	.1286*** (.0404)	.0357** (.0161)	.0498** (.0221)	.0560*** (.0139)	.0679*** (.0157)	.0066 (.0292)	.0026 (.0298)	.0445 (.0308)	.0373 (.0341)	
労働	.5389*** (.0407)	.5069*** (.0410)	.6029*** (.0501)	.6453*** (.0705)	.4648*** (.0225)	.5145*** (.0276)	.2652*** (.0420)	.2504*** (.0468)	.3810*** (.0578)	.3937*** (.0504)	.3190*** (.0482)	.3220*** (.0501)	
中間財	.2739*** (.0314)	.2289*** (.0337)	.2660*** (.0300)	.2209*** (.0336)	.3843*** (.0220)	.3439*** (.0227)	.3754*** (.0218)	.3305*** (.0230)	.4195*** (.0496)	.4208*** (.0463)	.3942*** (.0514)	.3877*** (.0503)	
Omega 1	-	-	-	-	.1059* (.0587)	.1792** (.0713)	.0618 (.0413)	.1078** (.0530)	-.3434 (.2301)	-.1877 (.2325)	.0669 (.1558)	.1615 (.1585)	
時間ダミー	-.0096** (.0042)	-.0062 (.0045)	-.0082** (.0039)	-.0057 (.0044)	.0021 (.0015)	.0002 (.0016)	.0016 (.0015)	-.0013 (.0016)	-.0097 (.0084)	-.0104 (.0090)	-.0107 (.0084)	-.0138 (.0088)	
産業ダミー	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	
Proxy 1	-	-	-	-	R&D 投資	R&D 投資	R&D 投資	R&D 投資	R&D 投資	R&D 投資	R&D 投資	R&D 投資	
Proxy 2	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	
観測数	13,418	13,418	13,418	13,418	20,632	20,632	20,632	20,632	2,012	2,012	2,012	2,012	
企業数	1,750	1,750	1,750	1,750	2,304	2,304	2,304	2,304	427	427	427	427	

(注)：\*、\*\*、\*\*\*は、それぞれ、 $p < 0.1$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ に対応する。カッコ内は標準誤差であり、OPの標準誤差は、Bootstrap法による500回の繰り返し計算を通じて得た。

表 3 (5) 生産関数 (サブ・サンプル)

	Non R&D Performers				Stable R&D Performers				Occasional R&D Performers			
	OP	OP	OP	OP	Static (1)	Static (2)	Dynamic (1)	Dynamic (2)	Static (1)	Static (2)	Dynamic (1)	Dynamic (2)
	Static (1)	Static (2)	Dynamic (1)	Dynamic (2)	Static (1)	Static (2)	Dynamic (1)	Dynamic (2)	Static (1)	Static (2)	Dynamic (1)	Dynamic (2)
企業年齢	.0028 (.1289)	.0061 (.0766)	.0015 (.6725)	.0052 (.5846)	.0041** (.0017)	.0052*** (.0015)	.0054** (.0023)	.0066*** (.0020)	.0026 (.5204)	.0033 (.1887)	.0031 (.2229)	.0033 (.2056)
資本ストック	.1337*** (.0301)	.2080*** (.0338)	.1065*** (.0093)	.1689*** (.0275)	.0361** (.0157)	.0420 (.0256)	.0556*** (.0140)	.0781*** (.0167)	.0083 (.0290)	.0027 (.0299)	.0456 (.0308)	.0761** (.0354)
労働	.5397*** (.0407)	.5028*** (.0369)	.6014*** (.0499)	.5621*** (.0615)	.4648*** (.0225)	.4722*** (.0248)	.2633*** (.0413)	.2436*** (.0438)	.3817*** (.0582)	.3915*** (.0489)	.3119*** (.0484)	.2703*** (.0524)
中間財	.2737*** (.0314)	.2435*** (.0283)	.2658*** (.0300)	.2364*** (.0282)	.3844*** (.0220)	.3302*** (.0226)	.3755*** (.0218)	.3217*** (.0227)	.4191*** (.0497)	.3984*** (.0472)	.3935*** (.0514)	.3711*** (.0494)
Omega 1	-	-	-	-	.1070* (.0587)	.1708** (.0704)	.0629 (.0413)	.0990* (.0530)	-.3412 (.2297)	-.1621 (.2290)	.0665 (.1564)	.0954 (.1536)
産業売上高	.1222*** (.0463)	.3382*** (.0354)	.1219*** (.0452)	.3363*** (.0349)	.0245** (.0111)	.1086*** (.0203)	.0242** (.0108)	.0976*** (.0210)	.0784 (.0914)	.1726*** (.0496)	.1080 (.0871)	.1650*** (.0466)
時間ダミー	-.0079* (.0043)	-.0031 (.0044)	-.0065 (.0040)	-.0024 (.0042)	.0029* (.0016)	.0022 (.0016)	.0024 (.0016)	.0007 (.0016)	-.0078 (.0088)	-.0062 (.0087)	-.0082 (.0089)	-.0099 (.0086)
産業ダミー	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO
Proxy 1	-	-	-	-	R&D	R&D	R&D	R&D	R&D	R&D	R&D	R&D
Proxy 2	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資	投資
観測数	13,418	13,418	13,418	13,418	20,632	20,632	20,632	20,632	20,12	20,12	20,12	20,12
企業数	1,750	1,750	1,750	1,750	2,304	2,304	2,304	2,304	427	427	427	427

(注)：\*、\*\*、\*\*\*は、それぞれ、 $p < 0.1$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ に対応する。カッコ内は標準誤差であり、OPの標準誤差は、Bootstrap法による500回の繰り返し計算を通じて得た。

表4 (1) - 1 ノンパラメトリック分析 (静学)

業種分類	Group	OBS	Mean	Std. Dev	Standard Deviation Test		T-Test		Kolmogorov-Smirnov Test		
					Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	Smallest Group	Difference	P-Value
全産業	1	19,006	3.564431	3.207992	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	0.9985	0.000
	0	4,940	.0464371	.0628217					1	0.0000	1.000
製造業	1	14,800	3.459833	2.758266	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	0.9996	0.000
	0	756	.0491294	.0447479					1	0.0000	1.000
非製造業	1	4,206	3.932489	4.422986	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	0.9971	0.000
	0	4,184	.0459506	.0655505					1	0.0000	1.000
D2	1	57	7.060145	5.80706	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	9	.6452784	.408756					1	0.0000	1.000
D3	1	1,668	2.634101	1.012048	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	308	.0321771	.0178761					1	0.0000	1.000
D4	1	1,282	4.678352	3.812218	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	137	.0596717	.073502					1	0.0000	1.000
D5	1	443	3.287995	5.191555	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	170	.0654815	.0350576					1	0.0000	1.000
D6	1	222	3.483545	1.555415	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	37	.0322267	.023271					1	0.0000	1.000
D7	1	2,226	3.49537	2.104909	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	15	.0667217	.0274626					1	0.0000	1.000
D8	1	477	3.998918	2.539305	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	11	.1019304	.0326902					1	0.0000	1.000

(注) Group 0 は Non R&D Performers を、Group 1 は R&D Performers をそれぞれ指す。Standard Deviation Test における帰無仮説 (Ho: Ratio=1) は、Group 0 と Group 1 の標準偏差が等しいことを指す。より具体的には、Group 0 と Group 1 の標準偏差を SD (0) および SD (1) としたとき、その比率 SD (0) /SD (1) が 1 であることを仮定する。これに対して対立仮説 (Ha: Ratio < 1) はこの比率が 1 よりも小さいこと、換言すれば、Group 1 の分散が Group 0 のそれよりも大きいことを仮定する。また、T-Test における帰無仮説 (Ho: Diff=1) は、二つの Group における平均値の差 (Diff = Mean (0) - Mean (1)) が 0 であること (つまり二つの Group における平均値が等しいこと) を仮定する。これに対する対立仮説 (Ha: Diff < 0) は、Group 1 の平均が Group 0 の平均よりも大きいとする仮説である。

表4 (1) - 2 ノンパラメトリック分析 (静学: つづき)

業種分類	Group	OBS	Mean	Std. Dev	Standard Deviation Test		T-Test		Kolmogorov-Smirnov Test		
					Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	Smallest Group	Difference	P-Value
D9 石油・石炭製品	1	81	10.71743	11.112579	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
D10 ゴム製品	0	11	.0117418	.0062566	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
D11 ガラス・土石製品	1	214	3.039796	1.151192	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
D12 鉄鋼	0	11	.0277046	.0028681	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
D13 非鉄金属	1	707	3.388732	1.373612	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
D14 金属製品	0	14	.0737663	.065569	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
D15 機械	1	465	2.428555	1.008784	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
D16 電気機器	0	54	.026383	.009388	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
D17 輸送用機器	1	322	3.298839	1.710586	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
D18 精密機器	0	14	.0480745	.0122168	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
	1	845	2.271296	.7827382	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	33	.02027	.0029104	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
	1	2,495	2.618761	1.229795	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	93	.029503	.0123306	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
	1	2,635	4.395611	3.513778	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	7	.1361215	.1063371	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
	1	1,116	2.91004	1.311737	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	11	.0225601	.006848	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000
	1	453	2.599948	1.209751	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	6	.097394	.0340175	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	1	0.0000	1.000

(注) Group 0は Non R&D Performers を、Group 1は R&D Performers をそれぞれ指す。Standard Deviation Test における帰無仮説 (Ho: Ratio=1) は、Group 0と Group 1の標準偏差が等しいことを指す。より具体的には、Group 0と Group 1の標準偏差をSD (0) およびSD (1) としたとき、その比率SD (0)/SD (1) が1であることを仮定する。これに対して対立仮説 (Ha: Ratio < 1) はこの比率が1よりも小さいこと、換言すれば、Group 1の分散がGroup 0のそれよりも大きいことを仮定する。また、T-Test における帰無仮説 (Ho: Diff=0) は、二つの Group における平均値の差 (Diff = Mean (0) - Mean (1)) が0であること (つまり二つの Group における平均値が等しいこと) を仮定する。これに対する対立仮説 (Ha: Diff < 0) は、Group 1の平均がGroup 0の平均よりも大きいとする仮説である。

表4 (1) - 3 ノンパラメトリック分析 (静学：つづき)

業種分類	Group	OBS	Mean	Std. Dev	Standard Deviation Test		T-Test		Kolmogorov-Smirnov Test		
					Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	Smallest Group Difference	P-Value	
D19 その他製品	1	817	3.332846	2.059318	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	132	.0436217	.0234108					1	0.0000	1.000
D20 電気・ガス業	1	238	5.581432	1.716	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	4	.0245355	.0050398					1	0.0000	1.000
D21 陸運業	1	18	3.23895	.7200324	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	485	.0174812	.0230514					1	0.0000	1.000
D22 海運業	1	35	9.070717	3.023719	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	111	.0719799	.0750751					1	0.0000	1.000
D23 空運業	1	29	1.975865	.3273262	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	28	.043337	.0136509					1	0.0000	1.000
D24 倉庫・運輸関連業	1	32	2.040953	.1676916	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	137	.029983	.0184211					1	0.0000	1.000
D25 情報・通信業	1	1,013	2.98865	2.728106	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	252	.0390643	.0187871					1	0.0000	1.000
D26 卸売業	1	449	8.514352	7.271434	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	547	.0863538	.1011169					1	0.0000	1.000
D27 小売業	1	108	4.947879	5.469517	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	0.9919	0.000
	0	617	.0361959	.0358563					1	0.0000	1.000
D32 不動産業	1	51	3.487021	1.788602	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	0.9729	0.000
	0	666	.0520535	.052125					1	0.0000	1.000

(注) Group 0は Non R&D Performers を、Group 1は R&D Performers をそれぞれ指す。Standard Deviation Test における帰無仮説 (Ho: Ratio=1) は、Group 0と Group 1の標準偏差が等しいことを指す。より具体的には、Group 0と Group 1の標準偏差をSD (0) およびSD (1) としたとき、その比率SD (0) /SD (1) が1であることを仮定する。これに対して対立仮説 (Ha: Ratio < 1) はこの比率が1よりも小さいこと、換言すれば、Group 1の分散がGroup 0のそれよりも大きいことを仮定する。また、T-Test における帰無仮説 (Ho: Diff=1) は、二つの Group における平均値の差 (Diff = Mean (0) -Mean (1)) が0であること (つまり二つの Group における平均値が等しいこと) を仮定する。これに対する対立仮説 (Ha: Diff < 0) は、Group1の平均がGroup 0の平均よりも大きいとする仮説である。



表 4 (1) — 4 ノンパラメトリック分析 (酔学: つづき)

業種分類	Group	OBS	Mean	Std. Dev	Standard Deviation Test		T-Test		Kolmogorov-Smirnov Test		
					Ho: Ratio=1	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0	Ha: Diff < 0	Smallest Group Difference	P-Value	
D33	1	416	2.795466	2.802981			Ho: Diff=0	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
サービス業	0	1,009	.0391744	.0491127			Pr (F < f) = 0.0000	Pr (T < t) = 0.0000	1	0.0000	1.000

(注) Group 0 は Non R&D Performers を、Group 1 は R&D Performers をそれぞれ指す。Standard Deviation Test における帰無仮説 (Ho: Ratio=1) は、Group 0 と Group 1 の標準偏差が等しいことを指す。より具体的には、Group 0 と Group 1 の標準偏差を SD (0) および SD (1) としたとき、その比率 SD (0) / SD (1) が 1 であることを仮定する。これに対して対立仮説 (Ha: Ratio < 1) はこの比率が 1 よりも小さいこと、換言すれば、Group 1 の分散が Group 0 のそれよりも大きいことを仮定する。また、T-Test における帰無仮説 (Ho: Diff=1) は、二つの Group における平均値の差 (Diff = Mean (0) - Mean (1)) が 0 であること (つまり二つの Group における平均値が等しいこと) を仮定する。これに対する対立仮説 (Ha: Diff < 0) は、Group 1 の平均が Group 0 の平均よりも大きいとする仮説である。なお、水産・農林業・証券商品先物取引業・その他金融業・不動産業・サービス業は、Group 1 と Group 0 の間でペアを作成するのに十分なデータが確保されなかった。このため、上記検定を実施することができなかった。

表4 (2) - 1 ノンパラメトリック分析 (動学)

業種分類	Group	OBS	Mean	Std. Dev	Standard Deviation Test		T-Test		Kolmogorov-Smirnov Test		
					Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	Smallest Group	Difference	P-Value
全産業	1	19,006	19.12415	18.94628	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	0.9995	0.000
	0	4,940	.0441217	.0566689					1	0.0000	1.000
製造業	1	14,800	18.30942	17.09777	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	756	.0476699	.0435082					1	0.0000	1.000
非製造業	1	4,206	21.99101	24.14495	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	0.9990	0.000
	0	4,184	.0434806	.0587376					1	0.0000	1.000
D2	1	57	28.84749	19.12121	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	9	.623845	.3271592					1	0.0000	1.000
D3	1	1,668	16.87938	9.25996	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	308	.0290931	.0141943					1	0.0000	1.000
D4	1	1,282	24.21475	25.22433	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	137	.0603662	.0761538					1	0.0000	1.000
D5	1	443	14.4347	9.170044	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	170	.0623932	.0304143					1	0.0000	1.000
D6	1	222	17.33996	9.620822	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	37	.0298116	.0183548					1	0.0000	1.000
D7	1	2,226	17.2728	12.38552	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	15	.067347	.0280195					1	0.0000	1.000
D8	1	477	24.44002	21.16527	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
	0	11	.0855041	.0240971					1	0.0000	1.000

(注) Group 0 は Non R&D Performers を、Group 1 は R&D Performers をそれぞれ指す。Standard Deviation Test における帰無仮説 (Ho: Ratio=1) は、Group 0 と Group 1 の標準偏差が等しいことを指す。より具体的には、Group 0 と Group 1 の標準偏差を SD (0) および SD (1) としたとき、その比率 SD (0) /SD (1) が 1 であることを仮定する。これに対して対立仮説 (Ha: Ratio < 1) はこの比率が 1 よりも小さいこと、換言すれば、Group 1 の分散が Group 0 のそれよりも大きいことを仮定する。また、T-Test における帰無仮説 (Ho: Diff=1) は、二つの Group における平均値の差 (Diff = Mean (0) - Mean (1)) が 0 であること (つまり二つの Group における平均値が等しいこと) を仮定する。これに対する対立仮説 (Ha: Diff < 0) は、Group 1 の平均が Group 0 の平均よりも大きいとする仮説である。

表4 (2) - 2 ノンパラメトリック分析 (動学: つづき)

業種分類	Group	OBS	Mean	Std. Dev	Standard Deviation Test		T-Test		Kolmogorov-Smirnov Test	
					Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	Smallest Group Difference	P-Value
D9 石油・石炭製品	1 0	81 11	63.03842 .0122049	68.1355 .0061615	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D10 ゴム製品	1 0	214 11	16.58593 .0290177	9.877974 .0030584	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D11 ガラス・土石製品	1 0	707 14	15.83575 .074667	9.207302 .0690446	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D12 鉄鋼	1 0	465 54	12.70669 .0266902	8.499778 .0088846	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D13 非鉄金属	1 0	322 14	16.82466 .0500848	10.71725 .0116043	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D14 金属製品	1 0	845 33	11.1758 .020167	5.262551 .00268	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D15 機械	1 0	2,495 93	13.50515 .0286251	7.854696 .0106912	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D16 電気機器	1 0	2,635 7	24.54181 .1245562	22.90299 .0874417	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D17 輸送用機器	1 0	1,116 11	18.54695 .0225774	13.13224 .0054107	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000
D18 精密機器	1 0	453 6	13.37677 .0881239	7.472661 .0276545	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000

(注) Group 0は Non R&D Performersを、Group 1は R&D Performersをそれぞれ指す。Standard Deviation Testにおける帰無仮説 (Ho: Ratio=1) は、Group 0と Group 1の標準偏差が等しいことを指す。より具体的には、Group 0と Group 1の標準偏差をSD (0) およびSD (1) としたとき、その比率SD (0)/SD (1) が1であることを仮定する。これに対して対立仮説 (Ha: Ratio < 1) はこの比率が1よりも小さいこと、換言すれば、Group 1の分散がGroup 0のそれよりも大きいことを仮定する。また、T-Testにおける帰無仮説 (Ho: Diff=0) は、二つのGroupにおける平均値の差 (Diff = Mean (0) - Mean (1)) が0であること (つまり二つのGroupにおける平均値が等しいこと) を仮定する。これに対する対立仮説 (Ha: Diff < 0) は、Group 1の平均がGroup 0の平均よりも大きいとする仮説である。

表4(2) - 3 ノンパラメトリック分析(動学: つづき)

業種分類	Group	OBS	Mean	Std. Dev	Standard Deviation Test		T-Test		Kolmogorov-Smirnov Test		
					Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	Smallest Group Difference	P-Value	
D19 その他製品	1 0	817 132	16.94346 .0415892	12.64158 .0214701	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D20 電気・ガス業	1 0	238 4	34.1286 .0297317	16.47092 .0060488	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D21 陸運業	1 0	18 485	21.69633 .0179705	6.41492 .0299601	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D22 海運業	1 0	35 111	49.14841 .0698226	15.16109 .0600863	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D23 空運業	1 0	29 28	12.01594 .0398572	2.844822 .0100585	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D24 倉庫・運輸関連業	1 0	32 137	8.955215 .029538	.7695371 .0193221	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D25 情報・通信業	1 0	1,013 252	17.12464 .0372252	20.13423 .0171507	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D26 卸売業	1 0	449 547	43.54714 .0799921	41.72875 .0890669	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D27 小売業	1 0	108 617	23.09682 .0349134	14.35591 .0318594	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000
D32 不動産業	1 0	51 666	14.28766 .0497451	9.642354 .0413858	Ho: Ratio=1 Pr (F < f) = 0.0000	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0 Pr (T < t) = 0.0000	Ha: Diff < 0	0 1	1.0000 0.0000	0.000 1.000

(注) Group 0は Non R&D Performers を、Group 1は R&D Performers をそれぞれ指す。Standard Deviation Test における帰無仮説 (Ho: Ratio=1) は、Group 0と Group 1の標準偏差が等しいことを指す。より具体的には、Group 0と Group 1の標準偏差をSD(0)およびSD(1)としたとき、その比率SD(0)/SD(1)が1であることを仮定する。これに対して対立仮説 (Ha: Ratio < 1) はこの比率が1よりも小さいこと、換言すれば、Group 1の分散がGroup 0のそれよりも大きいことを仮定する。また、T-Test における帰無仮説 (Ho: Diff=0) は、二つの Group における平均値の差 (Diff = Mean(0) - Mean(1)) が0であること (つまり二つの Group における平均値が等しいこと) を仮定する。これに対する対立仮説 (Ha: Diff < 0) は、Group 1の平均がGroup 0の平均よりも大きいとする仮説である。

表 4 (2) - 4 ノンパラメトリック分析 (動学: つづき)

業種分類	Group	OBS	Mean	Std. Dev	Standard Deviation Test		T-Test		Kolmogorov-Smirnov Test		
					Ho: Ratio=1	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0	Ha: Diff < 0	Smallest Group Difference	P-Value	
D33	1	416	14.23012	10.40654	Ho: Ratio=1	Ha: Ratio < 1	Ho: Diff=0	Ha: Diff < 0	0	1.0000	0.000
サービス業	0	1009	.0365141	.0448249	Pr (F < f) = 0.0000		Pr (T < t) = 0.0000		1	0.0000	1.000

(注) Group 0 は Non R&D Performers を、Group 1 は R&D Performers をそれぞれ指す。Standard Deviation Test における帰無仮説 (Ho: Ratio=1) は、Group 0 と Group 1 の標準偏差が等しいことを指す。より具体的には、Group 0 と Group 1 の標準偏差を SD (0) および SD (1) としたとき、その比率 SD (0) / SD (1) が 1 であることを仮定する。これに対して対立仮説 (Ha: Ratio < 1) はこの比率が 1 よりも小さいこと、換言すれば、Group 1 の分散が Group 0 のそれよりも大きいことを仮定する。また、T-Test における帰無仮説 (Ho: Diff=1) は、二つの Group における平均値の差 (Diff = Mean (0) - Mean (1)) が 0 であること (つまり二つの Group における平均値が等しいこと) を仮定する。これに対する対立仮説 (Ha: Diff < 0) は、Group 1 の平均が Group 0 の平均よりも大きいとする仮説である。なお、水産・農林業・証券商品先物取引業・その他金融業・不動産業・サービス業は、Group 1 と Group 0 の間でペアを作成するのに十分なデータが確保されなかった。このため、上記検定を実施することができなかった。

表 5 (1) Ratio 1

業種分類	業種分類		業種分類		業種分類	Static	Dynamic	Static	Dynamic	Static	Dynamic
	Static	Dynamic	Static	Dynamic							
水産・農林業	0.346	0.082	鉄鋼	0.927	0.213	空運業	0.897	0.188			
鉱業	0.390	0.096	非鉄金属	0.740	0.170	倉庫・運輸関連業	0.864	0.209			
建設業	0.735	0.155	金属製品	0.860	0.196	情報・通信業	0.826	0.197			
食料品	0.522	0.120	機械	0.798	0.176	卸売業	0.343	0.079			
繊維製品	0.732	0.172	電気機器	0.609	0.130	小売業	0.664	0.164			
パルプ・紙	0.670	0.153	輸送用機器	0.842	0.168	不動産業	1.076	0.300			
化学	0.694	0.156	精密機器	0.902	0.203	サービス業	0.800	0.185			
医薬品	0.680	0.139	その他製品	0.656	0.151	全産業	0.709	0.157			
石油・石炭製品	0.559	0.124	電気・ガス業	0.609	0.120	製造業	0.711	0.157			
ゴム製品	0.725	0.155	陸運業	0.717	0.145	非製造業	0.702	0.157			
ガラス・土石製品	0.620	0.147	海運業	0.304	0.066						

(注) Ratio 1 は、R&D Performing firms の総生産性 (内生産性と外生産性の和) に占める内生的生産性の比率を指す。

表5 (2) Ratio 2

業種分類	業種分類		業種分類		業種分類	業種分類		
	Static	Dynamic	Static	Dynamic		Static	Dynamic	
水産・農林業	-	-	鉄鋼	45.06	空运業	207.22	26.23	139.05
鉱業	6.11	24.99	非鉄金属	32.90	倉庫・運輸関連業	146.51	39.10	164.66
建設業	46.08	253.84	金属製品	62.37	情報・通信業	280.75	38.19	182.28
食料品	39.56	181.77	機械	46.82	卸売業	225.36	56.81	274.83
繊維製品	27.00	114.01	電気機器	15.11	小売業	81.39	71.21	297.97
パルプ・紙	53.75	263.69	輸送用機器	56.78	不動産業	306.42	38.35	155.45
化学	25.42	116.19	精密機器	13.30	サービス業	69.41	39.04	182.52
医薬品	16.48	105.74	其他製品	40.28	全産業	192.09	38.42	190.28
石油・石炭製品	378.22	1938.4	電気・ガス業	73.44	製造業	307.11	34.58	168.83
ゴム製品	52.62	244.36	陸運業	83.67	非製造業	399.76	45.34	221.21
ガラス・土石製品	24.03	103.01	海運業	53.37		249.61		

(注) Ratio 2は R&D Performers における外生生産性を Non R&D Performers における外生生産性で除した値として定義される。

表6 (1) 生産性の分解：全企業

Year	静学的な場合				動学的な場合			
	$\Sigma sP(S)$	$P(S)_{AV}$	$\Sigma \Delta s\Delta P(S)$	Year	$\Sigma sP(D)$	$P(D)_{AV}$	$\Sigma \Delta s\Delta P(D)$	
2001	1.000	0.456	0.544	2001	1.000	0.336	0.664	
2002	0.888	0.434	0.454	2002	0.881	0.309	0.572	
2003	0.909	0.442	0.467	2003	0.888	0.307	0.581	
2004	0.927	0.440	0.487	2004	0.900	0.305	0.595	
2005	0.946	0.453	0.493	2005	0.913	0.308	0.605	
2006	0.950	0.443	0.508	2006	0.926	0.303	0.623	
2007	1.015	0.443	0.571	2007	0.982	0.305	0.678	
2008	1.013	0.438	0.575	2008	0.991	0.304	0.687	
2009	1.010	0.429	0.582	2009	0.981	0.295	0.686	
2010	1.032	0.435	0.597	2010	0.989	0.295	0.694	
2011	1.182	0.480	0.702	2011	1.045	0.321	0.724	

(注) 静学的な場合における表中の各値は2001年の集計生産性の値 ( $\Sigma sP(S)$ ) で基準化されている。同様に、動学的な場合における表中の各値は2001年の加重平均の値 ( $\Sigma sP(D)$ ) で基準化されている。

表6(2) 生産性の分解: R&amp;D Performers と Non R&amp;D Performers (静学)

Year	Within		Between		Group 0				Group 1		Group 0	
	$\Sigma sP(S)$	Average	Sum	Within	P(S)_AV	$\Sigma \Delta s\Delta P(S)$	Within	P(S)_AV	$\Sigma \Delta s\Delta P(S)$	Within	P(S)_AV	$\Sigma \Delta s\Delta P(S)$
2001	1.000	0.554	0.446	1.094	0.564	0.530	0.014	0.010	0.004	0.014	0.007	0.004
2002	0.888	0.495	0.393	0.978	0.538	0.440	0.012	0.009	0.003	0.012	0.007	0.003
2003	0.909	0.507	0.402	1.003	0.549	0.454	0.011	0.008	0.003	0.011	0.007	0.003
2004	0.927	0.516	0.411	1.022	0.551	0.471	0.010	0.007	0.002	0.010	0.007	0.002
2005	0.946	0.526	0.420	1.042	0.570	0.472	0.010	0.007	0.003	0.010	0.007	0.003
2006	0.950	0.526	0.424	1.041	0.557	0.484	0.012	0.007	0.005	0.012	0.007	0.005
2007	1.015	0.557	0.457	1.104	0.560	0.544	0.011	0.007	0.004	0.011	0.007	0.004
2008	1.013	0.556	0.457	1.102	0.557	0.544	0.011	0.007	0.004	0.011	0.007	0.004
2009	1.010	0.555	0.455	1.099	0.541	0.559	0.012	0.006	0.005	0.012	0.006	0.005
2010	1.032	0.572	0.460	1.132	0.544	0.588	0.012	0.006	0.006	0.012	0.006	0.006
2011	1.182	0.664	0.518	1.317	0.616	0.701	0.011	0.006	0.005	0.011	0.006	0.005

(注) Group 0 は Non R&D Performers を、Group 1 は R&D Performers を示す。表中の各値は2001年の集計生産性 ( $\Sigma sP(S)$ ) で基準化されている。

表6(3) 生産性の分解: R&amp;D Performers と Non R&amp;D Performers (動学)

Year	Within		Between		Group 0				Group 1		Group 0	
	$\Sigma sP(D)$	Average	Sum	Within	P(D)_AV	$\Sigma \Delta s\Delta P(D)$	Within	P(D)_AV	$\Sigma \Delta s\Delta P(D)$	Within	P(D)_AV	$\Sigma \Delta s\Delta P(D)$
2001	1.000	0.549	0.451	1.095	0.417	0.678	0.002	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000
2002	0.881	0.486	0.395	0.971	0.385	0.587	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
2003	0.888	0.491	0.397	0.982	0.383	0.599	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
2004	0.900	0.497	0.403	0.993	0.384	0.610	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
2005	0.913	0.504	0.409	1.007	0.388	0.619	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
2006	0.926	0.508	0.418	1.015	0.383	0.632	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
2007	0.982	0.536	0.447	1.070	0.386	0.684	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2008	0.991	0.540	0.451	1.079	0.387	0.691	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2009	0.981	0.535	0.446	1.068	0.373	0.695	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2010	0.989	0.544	0.445	1.086	0.369	0.716	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2011	1.045	0.583	0.462	1.165	0.414	0.752	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

(注) Group 0 は Non R&D Performers を、Group 1 は R&D Performers を示す。表中の各値は2001年の集計生産性 ( $\Sigma sP(S)$ ) で基準化されている。



Appendix 生産関数 (産業別)

産業名	企業年齢		資本		労働		中間財		Omega 1		時間ダミー		観測数	企業数
	係数	S.E.	係数	S.E.	係数	S.E.	係数	S.E.	係数	S.E.	係数	S.E.		
水産・農林業	Static	.0098 (1.253)	.1107** (.0517)	.5273 (.3850)	-1.455 (1.328)	.7694 (7.814)	(.0468)	(.0407)	100	12				
	Dynamic	.0068 (.9112)	.0923 (.0337)	.7509*** (.1638)	-.0978 (.2372)	-1.714 (10.04)	(.0854)	(.0854)	100	12				
鉱業	Static	.0179 (2.344)	.1361 (.4380)	-1.274* (.7497)	.3841 (.0401)	-8.614 (23.04)	.0750 (.2040)	(.2040)	63	9				
	Dynamic	.0017 (2.760)	-.0498 (.2427)	.2836 (.5332)	.5780 (.4833)	20.92 (18.15)	.1354 (.1716)	(.1716)	63	9				
建設業	Static	.0009 (0.0109)	-.1393*** (.0139)	.1321*** (.0248)	.8222**** (.0349)	-2.089 (.1850)	.0036* (.0022)	(.0022)	1,819	220				
	Dynamic	.0022** (0.011)	-.0142** (.0067)	-.0730 (.0411)	.8208*** (.0331)	-2.300** (.1104)	.0036* (.0021)	(.0021)	1,819	220				
食料品	Static	.0019 (1.200)	-.0063 (.0469)	.5228*** (.0744)	.4198*** (.0750)	.3849 (.6088)	-.0088 (.0063)	(.0063)	1,407	152				
	Dynamic	.0031 (0.048)	.0338 (.0323)	.2990*** (.0654)	.4256*** (.0778)	.7918* (.4455)	-.0066 (.0067)	(.0067)	1,407	152				
繊維製品	Static	.0065 (0.060)	.0369 (.0307)	.1673 (.1138)	.3442** (.1506)	.6195 (.8273)	-.0236* (.0121)	(.0121)	513	59				
	Dynamic	.0043 (1.394)	.0484** (.0235)	.4205*** (.1368)	.2849* (.1547)	-6.268 (.7404)	-.0174 (.0119)	(.0119)	513	59				
パルプ・紙	Static	-.0015 (1.820)	-.0682 (.1194)	.6503** (.3053)	.5905*** (.2099)	.2411 (3.660)	.0253 (.0181)	(.0181)	246	31				
	Dynamic	.0039 (7.825)	.0317 (.0421)	.4581* (.2414)	.2857 (.2611)	1.566 (2.048)	.0213 (.0192)	(.0192)	246	31				
化学	Static	.0021 (0.031)	-.0167 (.0356)	.4457*** (.0564)	.4519*** (.0534)	1.447** (.5724)	.0122*** (.0038)	(.0038)	2,362	245				
	Dynamic	.0030 (0.034)	.0021 (.0326)	.2776*** (.0807)	.4576*** (.0516)	1.028** (.5110)	.0098** (.0040)	(.0040)	2,362	245				
医薬品	Static	.0025 (2.933)	-.0044 (.0324)	.6673*** (.1184)	.2453*** (.0728)	-5.322 (1.139)	.0346*** (.0083)	(.0083)	535	64				
	Dynamic	.0039 (4.114)	.0315 (.0266)	.5001*** (.1776)	.2388*** (.0732)	-2.254 (7.037)	.0372*** (.0091)	(.0091)	535	64				
石油・石炭製品	Static	.0030 (6.822)	-.0531 (.9959)	-.2439 (3.251)	.8555 (.5883)	-25.27 (125.2)	.0189 (.6823)	(.6823)	95	12				
	Dynamic	.0019 (1.243)	.0075 (.8471)	-.0070 (1.721)	.7207 (1.015)	2.313 (86.02)	-.0346 (.9759)	(.9759)	95	12				
ゴム製品	Static	.0052 (3.543)	.0040 (.0583)	-.0719 (.1162)	.5491*** (.0909)	1.749 (2.174)	-.0095 (.0102)	(.0102)	214	21				
	Dynamic	.0027 (0.111)	.0206 (.0283)	.2240*** (.0732)	.5133*** (.1087)	1.878 (3.480)	-.0069 (.0114)	(.0114)	214	21				
ガラス・土石製品	Static	.0033 (1.930)	-.0083 (.0512)	.2993*** (.0907)	.4668*** (.0757)	.3135 (.5758)	-.0010 (.0055)	(.0055)	765	79				
	Dynamic	.0032 (3.641)	.0268 (.0592)	.2766** (.1149)	.4455*** (.0781)	-4.403 (.5455)	-.0025 (.0059)	(.0059)	765	79				
鉄鋼	Static	.0010 (1.608)	-.0291 (.0706)	.1035* (.0559)	.7753*** (.0576)	-1.636 (.5694)	-.0137*** (.0069)	(.0069)	531	60				
	Dynamic	.0019 (0.051)	.0111 (.0685)	-.0128 (.1315)	.7336*** (.0636)	.4297 (.6359)	-.0196 (.0070)	(.0070)	531	60				

Appendix 生産関数(産別: つづき)

産業名	企業年齢		資本		労働		中間財		Omega 1		時間ダミー		観測数	企業数	
	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E			
非鉄金属	Static	-.0002	(.2251)	-.0439	(.0701)	.2074***	(.0774)	.7829***	(.0603)	.6321	(.6953)	-.0251***	(.0063)	412	50
	Dynamic	.0023	(.4478)	.0068	(.0562)	-.0286	(.0999)	.7855***	(.0690)	-.3309	(1.015)	-.0264***	(.0066)	412	50
金属製品	Static	.0018	(.2234)	-.0138	(.0420)	.4022***	(.0738)	.4972***	(.0531)	-.7885**	(.3787)	-.0090*	(.0049)	978	111
	Dynamic	.0031	(.0065)	.0248	(.0274)	.2168**	(.1009)	.4967***	(.0588)	.2782	(.4440)	-.0100**	(.0501)	978	111
機械	Static	.0021	(.0017)	-.0229	(.0183)	.3062***	(.0510)	.5579***	(.0417)	-.0516	(.2250)	.0087	(.0028)	2,596	287
	Dynamic	.0035	(.0032)	.0098	(.0148)	.1610	(.1504)	.5379***	(.0368)	-.0871	(.1390)	.0084***	(.0027)	2,596	287
電気機器	Static	.0052	(.1138)	.0186	(.0478)	.5117***	(.0578)	.2171***	(.0511)	-.4608*	(.2445)	.0279***	(.0044)	2,920	348
	Dynamic	.0045	(.4368)	.0443	(.0294)	.5057***	(.1128)	.2062***	(.0502)	-.0633	(.2058)	.0242***	(.0044)	2,920	348
輸送用機器	Static	.0024	(.0045)	-.0269	(.0388)	.3077***	(.0840)	.5427***	(.0860)	-.2383	(.2687)	.0091**	(.0040)	1,185	127
	Dynamic	.0027	(.1601)	.0077	(.0317)	.2266***	(.0854)	.5237***	(.0907)	-.0776	(.2929)	.0057	(.0040)	1,185	127
精密機器	Static	.0023	(.3516)	.0054	(.1477)	.5444***	(.1289)	.3577**	(.1594)	-.3177	(.8646)	-.0070	(.0083)	495	58
	Dynamic	.0038	(.3264)	.0407	(.1180)	.3951**	(.1611)	.3193*	(.1691)	.0038	(.8295)	-.0075	(.0088)	495	58
その他製品	Static	.0025	(.3891)	-.0011	(.0267)	.4992***	(.0796)	.3969***	(.0589)	.1663	(.5591)	-.0075	(.0057)	967	112
	Dynamic	.0041	(.5727)	.0370	(.0240)	.3138**	(.1330)	.3841***	(.0594)	.1313	(.4520)	-.0074	(.0060)	967	112
電気・ガス業	Static	.0012	(.4194)	-.0033	(.1480)	.9199***	(.1562)	.1333**	(.0615)	1.362	(1.225)	.0394***	(.0111)	252	24
	Dynamic	.0047	(.6807)	.0191	(.1052)	.5823***	(.1583)	.1466**	(.0664)	-.3662	(1.320)	.0298**	(.0126)	252	24
情報・通信業	Static	.0029	(.0049)	.0054	(.0361)	.3364***	(.0562)	.4539***	(.0417)	.0371	(.2267)	-.0139**	(.0061)	1,946	303
	Dynamic	.0032	(.3518)	.0343	(.0235)	.2683***	(.0667)	.4471***	(.0402)	.1168	(.1877)	-.0136**	(.0066)	1,946	303
卸売業	Static	.0050	(.7652)	.0464	(.0631)	.7181***	(.1369)	.1426**	(.0606)	.3336	(1.658)	-.0415	(.0186)	951	127
	Dynamic	.0080	(.5097)	.0530	(.0568)	.4542**	(.2053)	.1766***	(.0616)	.8667	(1.207)	-.0257	(.0187)	951	127
小売業	Static	.0052	(1.562)	.0778	(.1678)	.2673	(.3183)	.3303	(.2775)	3.057	(8.695)	-.0831	(.0618)	260	45
	Dynamic	.0059	(1.874)	.0787	(.1280)	.4940	(.3786)	.1238	(.3483)	5.383	(10.23)	-.0351	(.1042)	260	45
不動産業	Static	.0006	(1.917)	-.0276	(.2984)	-.0676	(.3662)	.8048**	(.3991)	-.6286	(3.915)	.0076	(.2066)	82	18
	Dynamic	.0027	(1.384)	.0027	(.2125)	.0564	(.1045)	.6559**	(.2889)	0	(.1068)	-.0389	(.1409)	82	18

Appendix 生産関数 (産業別：つつぎ)

	企業年齢		資本		労働		中間財		Omega 1		時間ダミー		観測数		企業数
	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E	係数	S.E	
サービス業	Static	.0041 (.2413)	-0.0039 (.6283)	.0382 (.0225)	.4391*** (.0719)	.2938*** (.0881)	.3769*** (.0708)	.2289 (.5947)	.0047 (.4020)	.0047 (.0104)	.0099 (.0086)	.0027* (.0016)	.0021 (.0016)	721 721	126 126
	Dynamic	.0037 (.6283)	.0252 (.0881)	.0311 (.0274)	.3928*** (.0337)	.2328*** (.0337)	.4095*** (.0251)	.1642** (.0650)	.1612 (.1139)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	16,221 16,221
製造業	Static	.0038*** (.0014)	.0191 (.0030)	.0311 (.0193)	.3928*** (.0337)	.2328*** (.0337)	.4095*** (.0251)	.1642** (.0650)	.1612 (.1139)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	6,423 6,423	915 915
	Dynamic	.0005 (.0005)	.0250 (.0062)	.0167 (.0167)	.4815*** (.0414)	.2223*** (.0366)	.2161*** (.0374)	.1712* (.0970)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	.0021 (.0016)	6,423 6,423

(注)：\*、\*\*、\*\*\*は、それぞれ、 $p < 0.1$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ に対応する。推計される生産関数は、表3 (2) OP/Static (4) およびOP/Dynamic (4) である。産業ダミーは説明変数としては含まれない。表でStaticは、労働を静学変数として扱った場合を指す。これに対して、Dynamicは、労働を動学変数 (状態変数) として扱った場合に相当する。S.E (Standard Error: 標準誤差) は、Bootstrap法による500回の繰り返し計算を通じて得た。なお、陸運業・海運業・空運業・倉庫・運輸関連業・証券・商品先物取引業・その他金融業については、R&Dのデータが少ないために繰り返し計算ができなかった。