



Discussion Paper Series

No.122

日本製造業におけるR&D活動と生産性：
企業レベルデータによる実証分析

乾友彦・権赫旭

October 2005

**Hitotsubashi University Research Unit
for Statistical Analysis in Social Sciences**

A 21st-Century COE Program

Institute of Economic Research
Hitotsubashi University
Kunitachi, Tokyo, 186-8603 Japan
<http://hi-stat.ier.hit-u.ac.jp/>

日本製造業における R&D 活動と生産性 —企業レベルデータによる実証分析—

乾 友彦**

権 赫旭

〈要約〉

1990年代の日本経済は経済成長が長期に亘って低迷し、全要素生産性に代表される生産性の停滞が指摘されている。生産性の上昇に重要な影響を与える要因として、技術進歩が考えられ、技術進歩に貢献する重要なインプットとして研究開発投資が挙げられる。既に生産性と研究開発投資の関係に関しては多くの内外の実証分析例があるが、日本の企業ベースのデータによる実証分析例は、経済の拡張期における分析であり、またそのサンプルは大企業に限られており、また横断面データを用いていることから観察できない企業固有の特性を考慮した上での R&D 寄与を推計することができていないという問題点を指摘することができる。本稿では 1990 年代におけるの、中小企業を含めた 3000 社以上の企業データを使用することによって、近年の研究開発投資と生産性の関係について考察する。

本稿で得られた結果は、以下の 3 つである。第 1 に 1990 年代においても研究開発の生産性に与える影響は有意に正であるが、その収益率は日本企業に関する既存研究に比べると低下しているものと推察される。第 2 に研究開発の生産性に与える影響は産業別の差異よりも、むしろ企業別の差異の方が大きいものとなっている可能性が指摘されたことである。これは企業別の研究開発マネジメントの良し悪しが、その企業の生産性の良し悪しに結びつく可能性が高いことを示唆するものである。第 3 に、研究開発の生産性に与える影響は規模が大きいほど、あるいはハイテク産業であるほど大きいものとなっていることである。

JEL Classification : O30、L60、C23

Key Words : R&D、生産性、パネルデータ

** 乾 友彦(日本大学経済学部教授、inui@eco.nihon-u.ac.jp)、権 赫旭(一橋大学経済研究所専任講師、kwon2004@ier.hit-u.ac.jp)

***本稿は日本経済学会 2003 春季大分大会で報告し、内閣府経済社会総合研究所でディスカッション・ペーパー (ESRI Discussion Paper Series, No.44) として発表した論文の改訂版である。日本経済学会と内閣府経済社会総合研究所の研究会における発表での討論者の河井啓希慶応義塾大学助教授、中西泰夫専修大学教授および多くの参加者から貴重なコメントを頂いた。

1. はじめに

本稿の目的は、1995～1998年の企業レベルのR&D支出に関する個票データを用いて、日本企業のR&D支出が企業の生産性向上にいかに関与したのかを検証することにある。企業によるR&D支出と生産性に関する研究は過去に既に多く行われており、R&Dの生産性への寄与を分析した主要な先行研究に関し、推定結果・手法、モデルの特定化等をサーベイしたものとして、Mairesse and Sassenou (1991)があげられる。また、日本の製造業における企業レベルのR&D支出と生産性に関する先行研究としては、Odagiri and Iwata (1986)、Goto and Suzuki (1989)、Griliches and Mairesse (1990)がある。これらの先行研究では共通して、R&D支出は生産性向上に大きく正の効果を与える結果を得ている。ただ、先行研究の問題点として次の三点を挙げる事ができる。まず、付加価値、資本、労働のデータに二重計算の問題がある¹。次に日本製造業を対象にした先行研究では横断面データを用いていることから、観察できない企業固有の特性を考慮した上でのR&D寄与を推計することができていない。最後に、上場企業のデータを用いることで、日本の大企業におけるR&D活動以外にR&D活動が中堅・中小企業にどのような機能を果たしてきたかについては分析されてない。従って、本稿では先行研究に比してデータの精度が高く、かつ包括的なパネルデータ²を用いることによって先行研究が持つ問題を克服し、日本におけるR&Dと生産性の関係を新たに考察するものである。加えて本研究の意義として、これまでの日本製造業に関するR&Dと生産性の関係における先行研究が、日本経済が他の先進国に比べて高い成長を実現していた時期を推計期間としているのに対し、最近のデータを使用することで日本経済の成長率が低い時期を推計期間としたことにある。異なる推計期間や経済状況による結果を比較することで、R&Dが生産性向上に与える効果とその重要性の理解を一層深められるものとする。

本稿の構成は以下のとおりである。2節でR&D投資と生産性の関係に関する整理および既存研究の簡単なサーベイを行い、3節では当該研究に使用したデータに関して説明し、4節では本研究における実証分析の結果を示す。5節で本稿の分析結果を纏める。

2. R&D投資と生産性の関係

R&D投資の生産性への影響に関する分析は、R&D投資により技術知識が蓄積され、この蓄積を技術知識ストックと呼び生産関数の中に入れる形で分析されてきた。実際には、フローの投資であるR&D投資に関する過去から現在にわたる時系列データを使用し、何らかの方法でストック化し、このストックを技術知識ストックの代理変数とする。この技術知識ストックの限界生産性をR&D投資の収益率としR&D投資と生産性の関係が分析されてい

¹ 二重計算の問題が修正されていない場合、計測された収益率は超過収益率である。この議論に関しては鈴木・宮川(1986)参照。

² Goto and Suzuki (1989)の研究は企業数が40社と限られ、またGriliches and Mairesse (1990)に関しては、日経NEEDSを使用しており、R&Dに関連するデータの精度の問題を指摘することができる。

る³。この収益率の計算方法には2種類あり、1つはR&D投資のストックを推計して、この推計値と資本、労働等のインプットの情報を使用して生産関数を推計し、ここから産出弾力性を計算する方法⁴と、R&D投資のストックを推計せずにR&D投資と生産額（あるいは付加価値）の比率を使用し、ここから直接収益率を推計する方法がある。後者の方法では、実際問題としては難しいR&D投資のストックの推計を避けることができるが（勿論、R&Dの減耗率を推計するという問題点は残る）⁵、生産関数との整合性を欠いて収益率が各企業で一定と仮定しているといった問題点がある⁶。

日本企業のR&D投資と生産性の関係に関する代表的な研究例として、Odagiri and Iwata (1986)、Goto and Suzuki (1989)、Griliches and Mairesse (1990)が挙げられるが（表1参照）、これらの研究は製造業に属している企業⁷のデータを使用して、R&D投資が生産性に与えた影響について分析を実施している。Griliches and Mairesse (1990)以外の研究は企業の生産性の変数として成長会計方法を用いて推計したTFPを使用している。TFPは企業ごとに資本・労働比率の違いを考慮できる長所があるが、規模の経済の問題を回避できない短所もある。多くの研究で指摘されたように規模の経済を考慮しないままにTFP上昇率を計測すると上方バイアスが発生する。従って、日本の製造業における生産性へのR&Dの寄与は過大評価されてきたかもしれない。また、これらの研究に使用されたデータは1970年代および1980年代初期のデータであり⁸、日本経済の成長が高い期間における推計結果といえる⁹。上記の研究すべては付加価値、資本、労働のデータに二重計算の問題に対して適切な処理を行わなかった。このため、R&Dの貢献を過小に評価した恐れがある。

Odagiri and Iwata (1986)が製造業全体の収益率を計算し、その収益率は前者が0.17～0.20といった結果を得ている。Goto and Suzuki (1989)では産業別にR&D収益率を計算して、医薬品産業で0.42、発送配電用・産業用電気機械で0.22、自動車産業で0.32と高い収益率の結果を得ており、1970年代のR&D投資が生産性の向上に大きく寄与していたことがわかる。

表1を挿入

³ ここでの収益率の説明は、鈴木・宮川（1986）に従っている。

⁴ 産出弾力性を γ とすると、この推計された γ を使用して研究開発の収益率を計算できる（すなわち、研究開発の収益率 $=\gamma \times (\text{生産量}/\text{R\&D投資ストック})$ ）。

⁵ 加えてR&D投資が生産性に影響を与える際のラグについても本来は考慮に入れるべきであるが、この方式では考慮にいれない。

⁶ ここでは本来R&D純投資で推計する必要があるが、データの制約上通常R&D粗投資のデータを使用して推計されている。

⁷ サービス産業の生産性の把握が難しいこととR&D投資の多くが製造業で実施されていることから、生産性に与える影響の分析は製造業が中心である。

⁸ 渡辺（2001）は、1990年代（1992年-1996年）も含めて近年における研究開発投資の収益率を計測しているが、その計測単位は産業レベルである。

⁹ 鈴木・宮川（1986）では、この時期における研究開発の収益率は高度成長期に比して低下しているもの推察している。

欧米諸国に関する研究はサーベイとして Mairesse and Sassenou(1991)があり、近年の研究例として Harhoff(1998)、Hall and Mairesse(1995,1996)、Smith et al. (2004)、Wakeline(2001)等がある。ここに挙げた欧米の研究例は、日本の研究例が収益率のみを計測しているのに対して、弾力性の計測も実施している。これらの研究例をみると弾力性は概ね 0.06~0.25 の範囲、収益率は 0.22~0.27 の範囲にあることがわかる。

表 2 挿入

3. 計測に使用したデータ

本稿で使用したデータは経済産業省編「企業活動基本調査¹⁰」であり、当該データには雇用者 50 人以上規模の企業で、資本金 3 千万円以上の製造業、鉱業、商業の全企業が含まれる。このうち、1995~1998年の期間に R&D 支出が正の値を示し、製造業に区分される 3,830 企業を抽出した¹¹。またこれらの企業の主業に基づいて、総務省統計局「科学技術研究調査」に則し 22 製造業に区分した (表 3 参照)。当該データは企業規模別に R&D 支出額の情報を含んでいるため、企業の規模別、また技術別に R&D と生産性との関係を推察することが可能となった。

まず、このデータを使用して各企業の付加価値を求めた。付加価値額は、営業損益、減価償却費、給与総額、租税公課、賃借料、支払利息・割引料を加えたものである。R & D 支出における中間投入 (原材料費) の問題を考慮に入れるために、総務所の「科学技術研究調査」を使用して産業別の R & D 支出における原材料費比率を求め、これを各産業における各企業の R & D 支出に適用し、R & D 支出における中間投入を先の付加価値額に加えた。このように求められた付加価値を、総務省発行の産業連関表、経済産業省発行の 1980-1985-1990 年、1985-1990-1995 年の接続産業連関表を使用して 59 産業レベルで価格指数を求め実質化を行った (1990 年=100)。

各企業の資本ストックは、次のように求めた。「企業活動基本調査」の有形固定資産には土地が含まれるため、経済産業省発行の「工業統計」を使用して、産業別の有形固定資産における土地比率を求め、この比率を各産業における各企業の有形固定資産額に適用することによって、各企業の土地を除いた有形固定資産額を求めた。次に 1990 年価格による各企業の各時点における純資本ストックを求めるために以下の式を使用した。

$$K_{it} = BV_{it} * (INK_{jt} / IBV_{jt})$$

ただし、 BV_{it} は企業 i の t 年における有形固定資産額 (土地を除く、簿価ベース)、 INK_{jt}

¹⁰ 企業活動基本調査に関する解説は松浦・清田 (2004)、Motohashi (1998)を参照。企業活動基本調査データによる実証分析は、内閣府経済社会総合研究所における『日本の潜在成長力の研究』に関する調査の一部として著者達によって行われた。

¹¹ このデータからは、R&D 支出があったにもかかわらず報告をしなかった企業、また R&D 支出を実際にしなかった企業の区別をすることはできない。

は産業 j の t 年における純資本ストック額 (1990 年価格)、 IBV_{jt} は産業 j の t 年における簿価の資本ストック額とする。 INK_{jt} の推計には、伊藤・深尾 (2001) と同様な手法を用いた。すなわち経済産業省の「工業統計表」にある 1970 年時点の有形固定資産年初現在高 (簿価) を、内閣府経済社会総合研究所編「国民経済計算年報」の「純固定資産の構成」のデフレータを用い、1990 年価格に換算する。次に各産業における 1970 年以降の純資産額の時系列データを、以下の恒久棚卸法によって求めた。

$$INK_{jt} = INK_{jt-1}(1 - \delta_{jt}) + I_{jt}$$

ただし、 INK_{jt-1} は $t-1$ 年の純資本ストック、 δ_{jt} は産業 j の t 年における減価償却率 (増田 (2000) に従い、この償却率を 0.0792 と一定に仮定した)、 I_{jt} は産業 j の t 年における実質粗投資額である。これは工業統計表の「新規有形固定資産取得額」を「国民経済計算報告」にある資本形成デフレータを利用して 1990 年価格にしたものである。なお、ここでも付加価値の計算同様、「科学技術研究調査」における情報を利用して資本ストックの R&D 投資の二重計算を回避した。

このパネルデータセットでは、各企業における雇用者数は報告されているものの、労働時間数の記述がない。そのため、各企業の労働投入は当該企業の雇用者数とその企業が区分された産業別の労働時間数を乗じることで算出した。雇用者総数と研究開発部門における雇用者数は、企業活動基本調査に記述されている。そこで、二重計算を補正するため、研究開発部門における雇用者は雇用者総数から除すこととする。

R&D 支出は、「産業生産性データベース (Japan Industry Productivity Database: JIP データベース)」の R&D デフレータ (1990=100) によりデフレートした¹²。R&D 投資額が一定率 (g) で上昇し、減価償却率も δ 一定だとすると、R&D ストック額 (1990 年価格) は、 $R_t = I_t / (g + \delta)$ として算出することができる。ここで、減価償却率は 15%、実質 R&D 支出額が 2% で上昇していると仮定し、上の式により初期の R&D ストックを推計し、その後の年は恒久棚卸法により各企業の R&D ストック額を推計した。データの概要については、表 4 に纏められている。

表 4 を挿入

4. 実証分析

4.1 生産関数によるアプローチ

¹² データベースの詳細な解説は深尾ほか (2003) を参照。

R&Dの生産性への寄与を検証するため、ここではコブ=ダグラス生産関数により、3つの投入財（労働、資本、知識資本）を用いた推計を行う¹³。この生産関数の推計には、産出・投入の同時決定による統計的な偏りが生じるという不利はあるものの、競争的な要素市場や費用最小化、また収穫一定の仮定を課す必要がないという利点がある。

コブ=ダグラス生産関数を以下のように表わせる。

$$Y_{it} = A_i K_{it}^\alpha R_{it}^\beta L_{it}^{(1-\alpha-\beta+\gamma)} e^{\theta_i + \lambda t + \varepsilon_{it}} \quad (1)$$

ただし、Yは付加価値額、Kは資本ストック、Lは労働投入量、Rは知識資本ストックとする。また、Aは企業の技術レベルを表し、 θ_i は企業固有効果、 λt は時間固有効果、技術変化に内包されないショックを ε_{it} とする。なお、下付記号の*i*と*t*はそれぞれ企業と時間を表すものとする。労働の限界生産力に非負制約を課すため、 $1-\alpha > \beta$ とする。

(1)式の両辺を自然対数に変換し、労働投入で除すと、

$$\log\left(\frac{Y}{L}\right)_{it} = \log A_i + \theta_i + \lambda t + \alpha \log\left(\frac{K}{L}\right)_{it} + \beta \log\left(\frac{R}{L}\right)_{it} + \gamma \log L_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

となる。ただし、 γ は規模を表すパラメータである。この係数が統計的に有意となる時は、収穫一定とする帰無仮説が棄却されることを意味する。また、 γ の値が正の値の時は収穫逓増、負の値の時には収穫逓減を意味することとなる。

さらに、本稿では産業別の違いについても考慮する。Jaffe (1989)によると、産業別の効果を調整する理由として次の3点が挙げられている。一つは、企業別のデフレータの選択に問題があるからである。これは、各企業のデフレータをその企業が属する産業別デフレータで代用しているが、本来企業は多産業にわたった活動をおこなっており、またその各活動の比重は時間とともに変化するからである。次に、資本の稼働率が企業別に調整されていない点である。Odagiri and Iwata (1986)で指摘されているように、稼働率の推移は生産性向上を考える上で重要な要素である。Jaffe (1989)は産業ダミー変数を導入することで、産出・投入同時決定を起因とする同時性バイアスを緩和できるとしている。

生産性へのR&Dの寄与を推計するため、本稿では非観測の企業固有変数 θ_i を(2)式に導入した。これは経営の質と構造、ブランドイメージ、マーケットネットワークなどといった企業間の差を示す企業固有効果の偏りを取り除くためであり、本稿では以下の2つの手法を採用する。

固定効果モデル (within estimate と呼ばれる) により企業固有効果の偏りをコントロールすることができる。Hall and Mairesse (1995)、Mairesse and Hall (1996)とHarhoff (1998)では、この手法をそれぞれフランスの製造企業、フランスと米国の製造企業、ドイツの製造企業に用いている。ただし、固定効果の推定には、自由度が大幅に低下すること、ダミー変数の多さから変数間の多重共線性の問題や、企業固有効果と説明変数間に相関が

¹³ 本稿のモデルに含まれない重要な変数として、輸入を通じた技術のスピルオーバーと、他企業からのR&Dスピルオーバーがあげられる。

あれば一致推定量にならない問題が残されるなどの欠点も有する(Baltagi (2001) 参照)。また、Nickell (1981)は固定効果による推定値は時間軸が有限であり、個体数(ここでは企業数)が無限数であれば一致性を満たさないと指摘している。また、Branstetter (2001)は変数に測定誤差を含むとき固定効果モデルは深刻な偏りを生じさせると指摘する。

そこでもう一つの手法として、固定効果モデルの弱点を改善するべく階差をとることで企業固有効果を排除できる、一階の差分推定(first-differencing estimators)の推計を行う。もし、企業固有効果と説明変数間の相関がなければ、固定効果推定は一階差分推定より有効である。他方で、もし企業固有効果との相関がある時には、一階差分推定のほうが適切となる(Wooldridge (2000)を参照)。というのは、一階差分推定は企業固有効果との相関があっても一致推定量となるからである。

一階差分推定は以下のように求められる。

$$\Delta_1 \log\left(\frac{Y}{L}\right)_{it} = \lambda\Delta_1 t + \alpha\Delta_1 \log\left(\frac{K}{L}\right)_{it} + \beta\Delta_1 \log\left(\frac{R}{L}\right)_{it} + \gamma\Delta_1 \log L_{it} + \Delta_1 \varepsilon_{it} \quad (3)$$

ただし、 $\Delta_1 X = X_t - X_{t-1}$ とする。

本稿では、資本と知的資産変数の測定誤差を考慮に入れて、3期の階差(3年、3-year differences)を取った long differencing estimator に関しても推計を実施する¹⁴。

4.2 R&Dの収益率

R&Dの生産性への寄与を推定する手法として、R&Dの収益率を推定するアプローチもあげることができる。このアプローチの利点として、先述のとおりR&D資産ストックの測定誤差の問題を回避することがあげられる。

労働生産性成長率とR&Dの直接的な関係を検証するため、以下の推定を行う。

$$\Delta_1 \log\left(\frac{Y}{L}\right)_{it} = \lambda\Delta_1 t + \alpha\Delta_1 \log\left(\frac{K}{L}\right)_{it} + \beta\Delta_1 \log R_{it} + \gamma\Delta_1 \log L_{it} + \Delta_1 \varepsilon_{it} \quad (4)$$

(4)式は、労働生産性成長率を資本労働比率と知識資本ストックの関数として表したものである。

定義より、R&D資本ストックの弾力性を、

$$\beta = \frac{\partial Y}{\partial R} \frac{R}{Y} = \rho \frac{R}{Y} \quad (5)$$

として表すことができる¹⁵。

(5)式を(4)式に代入すると、

$$\Delta_1 \log\left(\frac{Y}{L}\right)_{it} = \lambda\Delta_1 t + \alpha\Delta_1 \log\left(\frac{K}{L}\right)_{it} + \rho\left(\frac{E}{Y}\right)_{it} + \gamma\Delta_1 \log L_{it} + \Delta_1 \varepsilon_{it} \quad (6)$$

を得る。ただし、Eは企業iのtにおけるR&D支出とする。R&D投資の減価償却率がゼロ

¹⁴ この方法に関しては、詳しくはBranstetter (2001)、Klette and Johansen(2000)を参照。

¹⁵ Griliches and Lichtenberg (1984)は資本市場が均衡しているもとでは企業間のR&D収益率は一定となると指摘している。

に近い時は、純 R&D 投資は粗 R&D 投資額と一致する¹⁶。R&D 収益率は、R&D と産出額の計測に依存する¹⁷。純収益率と粗収益率の違いは減価償却率にあると考えられ、純収益率の係数は粗収益率の係数より 3~4 倍程度であるものと想定される。Hall and Mairesse (1995) はこれら二つの収益率の差は限定的なものであるとしているが、Harhoff (1998) では純収益率は粗収益率の 3~4 倍だとしている。Goto and Suzuki (1989) では結果は混合している。本稿では、R&D 収益率を純収益率と粗収益率の両方で推定することとする。

4.3 生産関数の推定

表 5 は、全サンプルの生産関数を推定した結果を示している。この表には、産業別ダミーを含む結果と産業ダミーを含まない推定結果を示した。

R&D 弾性値は多くの推計方法有意な結果を得ているが、long differences specification では有意な結果を得ていない。これは、知識資本ストックの計算に計測誤差を含むためと考えられる。また、固定効果による推定と一階差分による推定から得た R&D 弾性値は比較的小さい。これは、先行研究の結果と一致する(Harhoff (1998))。産業別ダミーを含んだ推定と含まない推定結果では、R&D 弾性値は、階差等を使用しないで全データを使用した推計 (the total regression) 以外は大きな違いは見られない。R&D 弾性値における産業間格差が重要であるとする先行研究(Odagiri and Iwata (1986)や Wakeline(2001)) とは異なり、本稿の実証分析結果からは、外生的な技術進歩などによる産業間の 外生的な技術進歩の差は企業の生産性の成長の差異には寄与しない結果となった。このことから、90 年代の日本の製造業では産業別の技術機会より、企業間の格差が生産性成長を説明する上でより重要となっていることが示唆される。

二重計算の修正が R&D の生産性への真の寄与を検証する上で重要である。表 5 に示されるように、total regressions では二重計算が R&D 弾性値を 2%押し上げるのに対して (表 5 には掲載していないが)、固定効果推定では 0.5%押し上げるに止まる結果を得た。規模の経済性に関しては、ほとんどのモデルにおいて収穫一定の帰無仮説が棄却される。total regressions においては、収穫逓増に若干の統計的有意性が確認され、またその他の推定では産業別ダミーの有無に関係なく収穫逓減に強い統計的有意性がみられる。Griliches and Mairesse(1990)における日本企業の推計において非常に強い収穫逓減が観察されており、使用した労働のデータの問題、稼働率の未調整によるものと考察している。また Wakeline(2001)のイギリス企業の研究についても収穫逓減が観察されている。

先行研究 (Mairesse and Sassenou (1991)) に指摘されているように、規模に関する収穫一定の仮定を置かないと、within estimate、first-differencing estimate、long differencing estimate のそれぞれにおいて、資本ストック、R & D 支出におけるパラメータが小さくなる。これは、変数のメジャーメント・エラーや、企業の R & D 支出や投資

¹⁶ 詳しくは Griliches (1998)、p. 221 を参照。

¹⁷ 詳しくは Griliches and Mairesse (1990)を参照。

が決定された上で、短期的には生産と雇用が同時決定されている等に基づくものと考えられている。

そこで、ここでは規模に関する収穫一定の仮定を置いた計測も実施した(表6)。within estimateにおいては、規模に関する収穫一定の仮定を置かない計測(表5)よりも、資本、R&Dストックとともにパラメータの値が大きくなった。また、first-differencing estimateにおいては、R&Dストックにかかるパラメータは、total regressionsを上回る高い値を得た。更に long differencing estimate においては、R&Dストックにかかるパラメータ自体の値は依然小さいものの、統計的に有意となる結果をなり、R&Dの生産性への貢献の重要性が確認された。

いずれのモデル推定においても資本の労働生産性向上への寄与がうかがえる。また、資本のパラメータはいずれのケースにおいてもR&Dストックのパラメータより高いことが確認された。

表5挿入

表6挿入

企業規模別の効果を検証するため、生産関数を3つのサブサンプルに分けて推定した。表7には、雇用者数により区分した企業規模別の生産関数の推定結果を示している。この結果から、中規模企業と比較して、小規模企業と大規模企業に統計的に有意で高いR&Dの弾力性を得られることがわかる。その一方で、観測できない企業固有効果を制御した時には、小規模企業と大規模企業の格差は大きくなる。これは、その他の条件が一定のもとではR&Dが大規模企業における労働生産性の成長により寄与するとする仮説を支持するものと考えられる¹⁸。

表7挿入

さらに、テクノロジーのレベル別によるR&Dの弾力性を検証するため、高テクノロジー、中テクノロジー、低テクノロジー企業に分類したサンプル別の推定も行った。表8から、高テクノロジー企業のR&Dの弾力性が低テクノロジー企業のものよりも高いことが示されている。また、中テクノロジー企業のR&Dの弾力性は統計的に有意な結果ではない。高テクノロジー企業のR&Dの弾力性が、全サンプルによる結果よりも大きいことも示されている¹⁹。

¹⁸ 小規模企業の結果の解釈には注意が必要である。Roper (1999)が指摘するように、R&D活動は小規模企業では非公式に行われることが多く、そのためR&D活動の計測値が過小評価されている可能性を否定できない。

¹⁹ これは、Wakelin (2001)の結果とも整合的である。Wakelin (2001)はイギリス企業に関して、R&D収益率が非革新的(non-innovating)企業よりも革新的(innovating)企業で大きいことを主張している。

表 8 挿入

4.4 R&D 収益率の推定

表 9 は一階差分推定による R&D 収益率の推定結果を示したものである。この表から全サンプルによる結果に関しては、R&D の粗収益率は正值で有意であるとわかるが、純収益率は値が小さく、かつ有意でないことがわかる。理論的には、R&D 純収益率は粗収益率よりも大きいことが期待されるが、本稿では理論とは反対の実証結果を得たことになる。R&D 粗収益率は、日本の製造業における先行研究の R&D 収益率の推定結果と比較してもやや低い（先行研究による推定値レンジは 0.11 (Odagiri and Iwata, 1986) から 0.56 (Griliches and Mairesse, 1990) である）ことである。

表 9 には企業規模別の推定結果も示している。興味深いのは、粗収益率が小規模企業において非常に高い点である。ただし、資本の寄与が小規模企業では小さい。中規模企業の推定結果は統計的に有意ではなく、その収益率も低い。

また、技術のレベル別の推定結果も表 9 に記載した。粗収益率は低テクノロジー企業において高く、純収益率は高テクノロジー企業において大きい。中テクノロジー企業では R&D 効果は統計的には有意でなく、負値を得る結果となった。

以上の結果から、中規模、中テクノロジー企業は R&D よりは景気変動等マクロ経済の諸要因による影響を受けることが示唆される。さらに、中規模、中テクノロジー企業では資本の生産性に与える効果も、統計的に有意な結果を得ることが出来なかった。

表 9 挿入

5. 結語

以上のように、従来のデータに比して包括的で精度の高いデータを使用して、R&D と製造業の生産性との関係を検証したところ、R&D 投資は近年の不況下（1995 年から 1998 年）においても、製造業の生産性改善に重要な役割を果たしていることが確認された。ただし、企業の平均的な R&D 投資の収益率は 1970 年代に比してやや低くなっている可能性はあることがわかった。また、既存研究とは異なり、産業別の差異よりも企業別の差異の方が研究開発の生産性に与える影響として重要となっている可能性があることもわかった。即ち、これは企業別の研究開発マネジメントの良し悪しが、その企業の生産性の良し悪しに結びつく可能性が高いことを示唆する。これは、Smith et al. (2004) にあるように資金調達、コーポレートガバナンスにあり方等を含めて分析することを今後の課題としたい。企業の生産性が自分の研究開発活動だけに依存し、産業内スピルオーバーがあまりないという推計結果について 90 年代の日本における企業 R&D 活動による収益に対する専有可能性が高いためか、低いいためかについてもっと緻密な実証分析を要する。この上で、産業内の技術機

会を拡大するための特許制度設計や税制関連などのような政策的な議論も必要だろう。また、中堅、中小企業の研究開発の生産性への寄与が低い、規模の小さい企業における生産性向上の障害について、一層の考察を進める必要があるものと考えられる。

本稿の分析には更に残された課題がある。R&D スピルオーバーを考慮した研究が今後の課題である。また、より精緻な推定手法や長期的な R&D データを使用することで、R&D ストックの同時性や観測誤差を排除する努力も必要であろう。また Bond, Harhoff and Reenen(2003)にあるように、生産性ショックにダイナミックなフレームワークを導入して GMM による推計を実施することも考えられる。

参考文献

- Baltagi, H *Econometric Analysis of Panel Data*. New York: Wiley, Second edition.2001
- Bond, S, Harhoff, D. and Reenen, J. V. “Corporate R&D and Productivity in German and the United Kingdom, Centre for Economic Performance,” LSE, CEP Discussion Papers, 2003, No. 599.
- Branstetter, L. “Are Knowledge Spillovers International or International in Scope? Microeconomic Evidence from Japan and United States,” *Journal of International Economics*, 2001, Vol. 14, pp. 73-104
- Goto, A. and Suzuki, K. “R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing,” *Review of Economics and Statistics*, 1989, Vol. 71, pp.555-564.
- Griliches, Z. and Lichtenberg, F. “R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship?” in Z. Griliches (ed.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press, 1984, pp. 465-496
- Griliches, Z. and Mairesse, J. “R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and US Manufacturing Firms,” in C. Hulten (ed.), *Productivity Growth in Japan and United States*, Chicago: University of Chicago Press, 1990, pp.317-348.
- Griliches, Z. *R&D and Productivity: the Econometric Evidence*, Chicago: University of Chicago Press, 1998.
- Hall, B. and Mairesse, J. (1995) “Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms, *Journal of Econometrics*, 1995, Vol.65, pp.263-293.
- Harhoff, D. “R&D and Productivity in German Manufacturing Firms,” *Economics of Innovation and New Technology*, 1998, Vol.6, pp.28-49.
- Jaffe, A. B. “Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firm’s Patents, Profits, and Market Value,” *American Economic Review*, 1986, Vol. 76, pp. 984-1001.
- Klette, T. J. and Johansen, F. “Accumulation of R&D Capital and Dynamic Firm Performance: a

Not-so-Fixed Effect Model,” in D. Encaoua, B. H. Hall, F. Laisney, and J. Mairesse(ed.), *The Economics and Econometrics of Innovation*, Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, pp. 367-397.

Kwon, H. and Inui, T. “R&D and Productivity Growth in Japanese Manufacturing Firms,” ESRI Discussion Paper Series, 2003, No.44

Mairesse, J. and Hall, B. “Estimating the Productivity of Research and Development in French and United States Manufacturing Firms: An Exploration of Simultaneity Issues with GMM Methods,” *NBER Working Paper*, 1996, no.5501.

Mairesse, J. and Sassenou, M. “R&D and Productivity: a Survey of Econometric Studies at the Firm Level,” *NBER Working Paper*, 1991, no.3666.

Motohashi, K. “Innovation Strategy and Business Performance of Japanese Manufacturing Firms,” *Economics of Innovation and New Technology*, 1998, Vol.7, pp.27-52.

Nickell, S. J. “Biases in Dynamic Models with Fixed Effects,” *Econometrica*, 1981, Vol. 49, pp. 1417-1426.

Odagiri, H. and Iwata, H. “The Impact of R&D on Productivity Increase in Japanese Manufacturing Companies,” *Research Policy*, 1986, Vol.15, pp.13-19.

Roper, S. “Under-Reporting of R&D in Small Firms: The Impact on International R&D Comparisons,” *Small Business Economics*, 1999, Vol. 12, pp131-135

Smith, V. and Dilling-Hansen, M., Erikssons, T. and Madsen, E.S. “R&D and Productivity in Danish Firms: Some Empirical Evidence,” *Applied Economics*, 2004, Vol. 36, pp. 1797-1806

Wakelin, K. “Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms,” *Research Policy*, 2001,” Vol.30, pp.1079-1090.

Wooldridge, J. M. *Introductory Econometrics: a Modern Approach*, South-Western College Publishing, 2000.

邦語文献

伊藤恵子、深尾京司 「自動車産業の生産性：『工業統計調査』個票データによる実証分析」 *RIETI Discussion Paper Series*, 2001, 01-J-002.

後藤晃「日本の技術革新と産業組織」 東京大学出版会、1993

鈴木和志・宮川努「日本の企業投資と研究開発戦略」 東洋経済新報社、1986

深尾京司ほか「産業別生産性と経済成長：1970-98年」内閣府社会総合研究所、2003

増田宗人資本ストック統計の見方 - 市場評価資本ストックの試算 -」 日本銀行調査統計局 Working Paper、2000、No. 00-5

渡辺千仞編「技術革新の計量分析 - 研究開発の生産性・収益性の分析と評価 -」 日科技連出版社、2001

表1 日本企業によるR&D投資の収益率に関する先行研究例

研究	サンプル	被説明変数	期間	データ	収益率
Odagiri and Iwata (1986)	135企業	TFP上昇率	1966-73	横断面	0.19~0.20 (0.16~0.17) ¹
	168企業	TFP上昇率	1974-82	横断面	0.00~0.17(0.07~0.11) ¹
Goto and Suzuki (1989)	5企業(無機化学)	TFP上昇率	1976-81	横断面	0.32 (0.45) ²
後藤(1993)	5企業(有機化学)	TFP上昇率	1976-81	横断面	0.56 (0.81) ²
	13企業(医薬品)	TFP上昇率	1976-79	横断面	0.22 (0.53) ²
	4企業(ガラス)	TFP上昇率	1976-81	横断面	0.25 (0.19) ²
	5企業(発送配電用・産業用電気機械)	TFP上昇率	1976-82	横断面	0.22(0.53) ²
	5企業(通信機器)	TFP上昇率	1976-80	横断面	0.22 (0.22) ²
	3企業(自動車)	TFP上昇率	1976-81	横断面	0.33 (0.32) ²
Griliches and	1032企業	労働生産性上昇	1973-80	横断面	0.56 (0.20-0.30) ¹

注1: ()内は産業ダミーが含まれたときの収益率

2 ()内の数字は純R&Dの収益率

表2 欧米企業によるR&D投資の収益率、弾力性に関する近年の先行研究例

研究例	研究対象国	サンプル	被説明変数	期間	データ	収益率	弾力性
Harhoff (1998)	ドイツ	443企業	労働生産性	1977-89	パネル		0.08~0.09
		443企業	産出成長率	1977-89	パネル	0.22(0.86) ¹	0.08~0.10
Hall and Mairesse (1995)	フランス	197企業	労働生産性	1980-87	パネル		0.06~0.13
		197企業	付加価値成長率	1980-87	パネル	0.27(0.30-0.34) ¹	
Mairesse and Mairesse (1996)	米国	1073企業	産出	1981-89	パネル		0.09~0.25
	フランス	1232企業	産出	1981-89	パネル		-0.003~0.11
Smith et al.(2004)	デンマーク	201企業	付加価値	1995	横断面		0.08~0.12
		342企業	付加価値	1995-97	パネル		0.08~0.12
Wakelin (2001)	イギリス	98企業	労働生産性上昇率	1988-96	横断面	0.27(規模に関して収穫一定を仮定)	

注1: ()内の数字は純R&D収益率

表3. 産業分類

産業	観察数	企業数	R&D・付加価値比率(%)
高テクノロジー			
1. 医薬品工業	578	144.5	15.2
2. 情報通信機械器具工業	1504	376.0	12.3
3. 総合化学・化学繊維工業	749	187.3	12.9
4. 油脂・塗料工業	300	75.0	13.8
5. その他の化学工業	628	157.0	15.2
6. 自動車工業	1068	267.0	12.3
7. 精密機械工業	457	114.3	14.5
中テクノロジー			
8. 機械工業	2072	518.0	9.3
9. 電気機械器具工業	1063	265.8	10.9
10. ゴム製品工業	206	51.5	8.6
11. プラスチック製品工業	660	165.0	6.1
12. 非鉄金属工業	414	103.5	6.6
13. 石油製品・石炭製品工業	90	22.5	6.5
14. その他の輸送用機械工業	198	49.5	9.5
15. その他の工業	584	146.0	6.1
低テクノロジー			
16. 窯業		0.0	5.2
17. 金属製品工業	1067	266.8	4.8
18. 食品工業	1646	411.5	4.4
19. 繊維工業	556	139.0	5.0
20. パルプ・紙工業	294	73.5	4.4
21. 印刷業	208	52.0	3.0
22. 鉄鋼業	378	94.5	4.2
全製造業	14720	3680	9.0

(注) 1. R&D・付加価値比率は1995-98年の単純平均である。

表4. 変数の概要

分類	変数	中間値	平均	標準偏差	最小値	最大値
	Y	2170.8	11496.7	54653.2	3.7	1477029.0
	K	4428.4	31491.1	153768.0	1.7	3539963.0
	L	530.3	1765.1	6284.9	97.9	153429.7
	E	89.6	1833.0	15660.2	0.8	496212.7
技術による分類						
高テクノロジー企業						
	Y	2999.0	18660.1	80527.0	115.3	1477029.0
	K	6360.1	42139.9	168431.5	1.7	3089535.0
	L	613.1	2466.7	8816.1	97.9	144217.3
	E	198.7	3845.0	25074.5	1.0	496212.7
中テクノロジー企業						
	Y	1870.6	7428.7	32211.9	124.5	957955.9
	K	3474.1	19538.4	89563.8	1.7	2402475.0
	L	498.0	1401.6	5012.0	100.2	153429.7
	E	78.1	1006.3	8270.9	0.8	365174.6
低テクノロジー企業						
	Y	1742.1	8055.0	34341.8	3.7	729344.3
	K	4020.0	32949.4	188423.4	7.2	3539963.0
	L	507.7	1389.1	3486.8	100.2	54050.2
	E	42.0	514.9	2916.5	0.8	67155.2
規模による分類						
小企業(従業員数50人以上、299人以下)						
	Y	1034.8	1286.7	939.8	3.7	14016.0
	K	1973.3	3136.2	4019.1	1.7	65489.3
	L	291.0	310.8	134.6	97.9	633.0
	E	34.7	81.1	124.6	0.8	1690.9
中企業(従業員規模300人以上、1499人以下)						
	Y	4869.0	6432.6	5863.0	245.7	133522.9
	K	9828.2	16397.0	24592.9	112.6	436979.1
	L	1098.2	1292.0	610.4	576.0	3113.2
	E	224.6	519.1	801.8	0.9	10894.9
大企業(従業員規模1500人以上)						
	Y	37523.2	82952.3	152310.1	2257.2	1477029.0
	K	86582.2	233469.3	426727.2	2167.1	3539963.0
	L	5973.1	11092.0	16853.2	2895.4	153429.7
	E	3978.7	15619.8	46606.1	4.8	496212.7

(注)1. 付加価値d(Y)と資本ストック(K)は、1990年価格による(単位:100万円)。労働(L)は、マンアワー表示(単位:1000時間)。2. ここでの付加価値、資本、労働はR & D支出との二重計算を修正する前のものである。3. Eは、名目のR & D支出(単位:100万円)である。

表5 生産関数による推計結果 (3830 社)

		log(K/L)	log(R/L)	log(L)	Obs.
産業ダミーあり					
1	Total regressions	0.215 (40.32)	0.093 (36.80)	0.040 (15.04)	15320
2	Within (Firm) regression	0.065 (7.13)	0.023 (2.65)	-0.372 (-18.78)	15320
3	First differences	0.031 (2.37)	0.035 (2.75)	-0.501 (-15.46)	11490
4	3-year differences	0.079 (3.86)	0.014 (1.01)	-0.298 (-6.93)	3830
5	Total regressions*	0.205 (39.93)	0.071 (28.97)	0.054 (20.70)	15320
産業ダミーなし					
1	Total regressions	0.229 (45.88)	0.126 (50.37)	0.026 (9.08)	15320
2		0.074 (8.19)	0.026 (2.89)	-0.37 (-18.40)	15320
3	First differences	0.043 (3.29)	0.037 (2.93)	-0.483 (-14.84)	11490
4	3-year differences	0.113 (5.47)	0.018 (1.25)	-0.257 (-5.78)	3830
5	Total regressions*	0.221 (46.57)	0.104 (43.47)	0.048 (17.54)	15320

(注) 1. 非説明変数は $\log(Y/L)$. 2. ()内の値は t値 t値に関してTotal、First differences、3-year differencesによる推計は 不均一分散を修正している。3. 3-year differencesによる推計除いて年次ダミーを含む。4. Within推計を除いて22産業ダミーを含む。5. 5の推計式は、二重計算を修正していない推計結果である。

表6 生産関数による推計(規模に関して収穫一定を仮定、3830社)

		log(K/L)	log(R/L)	Obs.
産業ダミーあり				
1	Total regressions	0.224 (42.46)	0.101 (41.17)	15320
2	Within (Firm) regressions	0.118 (13.45)	0.084 (10.29)	15320
3	First differences	0.101 (7.10)	0.149 (10.65)	11490
4	3-year differences	0.120 (6.24)	0.053 (3.81)	3830
5	Total regressions*	0.218 (42.87)	0.083 (35.21)	15320
産業ダミーなし				
1	Total regressions	0.234 (47.33)	0.130 (52.29)	15320
2		0.126 (14.30)	0.087 (10.40)	15320
3	First differences	0.110 (7.69)	0.147 (10.48)	11490
4	3-year differences	0.147 (19.41)	0.052 (3.65)	3830
5	Total regressions*	0.231 (49.07)	0.112 (47.84)	15320

(注) 1. 非説明変数は $\log(Y/L)$. 2. ()内の値は t値 t値に関してTotal、First differences、3-year differencesによる推計は 不均一分散を修正している。3. 3-year differencesによる推計除いて年次ダミーを含む。4. Within推計を除いて22産業ダミーを含む。5. 5の推計式は、二重計算を修正していない推計結果である。

表7 生産関数による推計(規模別)

		log(K/L)	log(R/L)	log(L)	Obs.
小企業(従業員数50人以上、299人以下)					
1	Total regressions	0.184 (27.81)	0.093 (26.95)	-0.009 (-1.07)	8344
2	Within regressions	0.045 (4.17)	0.020 (1.74)	-0.397 (-14.34)	8344
3	First differences	0.028 (1.89)	0.032 (2.06)	-0.484 (-11.55)	6267
4	3-year differences	0.073 (2.86)	0.010 (0.48)	-0.286 (-5.91)	2115
中企業(従業員規模300人以上、1499人以下)					
1	Total regressions	0.252 (31.69)	0.081 (21.62)	0.001 (0.06)	5401
2	Within regressions	0.078 (4.13)	0.018 (1.21)	-0.324 (-8.71)	5401
3		0.018 (0.64)	0.028 (1.27)	-0.502 (-8.52)	4050
4	3-year differences	0.102 (2.99)	0.015 (0.63)	-0.280 (-3.24)	1329
大企業(従業員規模1500人以上)					
1	Total regressions	0.359 (21.58)	0.094 (9.60)	-0.012 (-1.20)	1575
2	Within regressions	0.281 (6.65)	0.088 (2.24)	-0.325 (-4.82)	1575
3	First differences	0.158 (2.71)	0.110 (2.22)	-0.481 (-4.66)	1173
4	3-year differences	0.158 (1.23)	0.060 (1.29)	-0.382 (-2.50)	386

(注) 1. 非説明変数は $\log(Y/L)$. 2. ()内の値は、t値。t値に関してTotal、First differences、3-year differencesによる推計は不均一分散を修正している。
3. 3-year differencesによる推計除いて年次ダミーを含む。4. 全ての推計式において22産業ダミーを含む。

表8 テクノジー別生産関数の推計

		log(K/L)	log(R/L)	log(L)	Obs.
高テクノロジー企業					
1	Within regressions	0.110 (7.11)	0.032 (2.03)	-0.413 (-11.86)	5284
2	First differences	0.084 (3.86)	0.062 (3.03)	-0.493 (-8.88)	3969
3	3-year differences	0.162 (4.27)	0.020 (0.70)	-0.349 (-4.81)	1329
中テクノロジー - 企業					
1	Within regressions	-0.011 (-0.59)	0.001 (0.07)	-0.456 (-12.20)	5287
2	First differences	0.012 (0.42)	0.016 (0.66)	-0.532 (-8.41)	3952
3	3-year differences	0.025 (0.85)	-0.010 (-0.41)	-0.371 (-4.65)	1316
低テクノロジー企業					
1	Within regressions	0.036 (2.50)	0.024 (1.69)	-0.279 (-8.57)	4749
2	First differences	0.006 (0.31)	0.030 (1.55)	-0.467 (-9.22)	3569
3	3-year differences	0.076 (2.55)	0.033 (1.83)	-0.140 (-1.93)	1185

(注) 1. 非説明変数は $\log(Y/L)$. 2. ()内の値は、t値。t値に関してTotal、First differences、3-year differencesによる推計は 不均一分散を修正している。3. 3-year differencesによる推計除いて年次ダミーを含む。

表9 R&D収益率の推計

		dlog(K/L) (E or R)/Y dlog(L)		
粗収益率 (E/Y)				
1	全企業	0.032 (2.43)	0.163 (3.97)	-0.536 (-18.03)
企業サイズ				
2	小企業	0.027 (1.88)	0.301 (6.63)	-0.521 (-13.57)
3	中企業	0.020 (0.69)	0.063 (0.74)	-0.528 (-9.69)
4	大企業	0.158 (2.75)	0.139 (6.56)	-0.587 (-6.56)
テクノロジー別				
5	高テクノロジー	0.084 (3.92)	0.171 (4.90)	-0.558 (-10.66)
6	中テクノロジー	0.013 (0.45)	0.071 (0.75)	-0.550 (-10.02)
7	低テクノロジー	0.007 (0.35)	0.284 (2.10)	-0.491 (-10.21)
純収益率 (R/Y)				
1	全企業	0.032 (2.38)	0.063 (0.73)	-0.535 (-18.00)
企業サイズ				
2	小企業	0.028 (1.89)	0.098 (0.80)	-0.515 (-13.27)
3	中企業	0.020 (0.70)	-0.035 (-0.20)	-0.526 (-9.83)
4	大企業	0.155 (2.66)	0.114 (1.47)	-0.592 (-6.54)
テクノロジー別				
5	高テクノロジー	0.082 (3.79)	0.233 (3.05)	-0.562 (-10.70)
6	中テクノロジー	0.013 (0.46)	-0.242 (1.19)	-0.538 (-9.87)
7	低テクノロジー	0.006 (0.32)	0.132 (1.02)	-0.495 (-10.23)

(注) 1. 非説明変数は $\log(Y/L)$. 2. () 内の値は、t値。t値に関してTotal、First differences、Long differencedによる推計は不均一分散を修正している。3. 3-year differencesによる推計除いて年次ダミーを含む。4. 全ての推計は一階の階差を取った推計である。