

**Research Unit for Statistical
and Empirical Analysis in Social Sciences (Hi-Stat)**

**研究開発と生産性上昇：
企業レベルのデータによる実証分析**

権 赫旭
深尾 京司
金 榮懋

October 2008

Hi-Stat

Institute of Economic Research
Hitotsubashi University
2-1 Naka, Kunitatchi Tokyo, 186-8601 Japan
<http://gcoe.ier.hit-u.ac.jp/index.html>

研究開発と生産性上昇：
企業レベルのデータによる実証分析

2008年10月

権 赫旭

日本大学経済学部

深尾京司

一橋大学経済研究所

金 榮愨

JSPS 特別研究員・一橋大学イノベーション研究センター

研究開発と生産性上昇：企業レベルのデータによる実証分析

2008年10月

権 赫旭・深尾京司・金 榮慤

R&D and Productivity Growth: An Empirical Analysis Based on Firm-Level Data

October 2008

Hyeog Ug KWON, Kyoji FUKAO and YoungGak KIM

要旨

本論文では、研究開発投資が TFP 上昇率にどのような影響を与えるのかについて、従来多くの研究で使われてきた企業の財務データに含まれる研究開発投資額と、より信頼できると考えられる科学技術研究調査報告個票の研究開発投資額、2 つのデータを利用して、それぞれ回帰分析を行い、結果を比較した。これにより我々は以下の結果を得た。第一に、研究開発投資は、いずれのデータや推計式を使っても、TFP 上昇率に対して統計的に有意な正の効果を持った。第二に、産業別、時期別に分割して推計しても、研究開発投資は有意な正の効果をも TFP 上昇率に与えたことには変わりなかった。ただし、時期別の効果には大きな違いがなかったのに対し、産業間では研究開発投資の効果は大きく異なった。これは、産業内の技術機会などの差が、研究開発投資の TFP 上昇効果を左右している可能性を示唆する。第三に、研究開発を性格別に分けた場合、開発研究と応用研究が TFP 上昇率に与えた効果は高く、非常に安定的な効果が計測された。一方、基礎研究は電気機械産業の TFP 上昇に大きく寄与したとの結果を得た。

1. はじめに

1990年代における日本経済の記録的な低成長の原因として、Hayashi and Prescott (2002)、Fukao et al.(2003)などの一連の研究は全要素生産性（以下ではTFPと呼ぶ）上昇率の低下が原因の一部であったと指摘している。¹ 日本経済の低成長の主要な原因の一つがTFP上昇率の下落であることに対してはコンセンサスが形成されているが、なぜTFP上昇率が下落したかについてはまだ十分に解明されていない。90年代におけるTFP上昇率下落の原因に関して、Nishimura, Nakajima, and Kiyota (2005)や Fukao and Kwon(2006)は、退出企業と参入・存続企業間の動学的資源再配分の観点から分析を行い、TFPが相対的に低い企業が存続するために、新しい技術や経営方式を持った企業が参入できず、結果として創造的破壊のメカニズムの低下を招き、TFP上昇率が低下した可能性を指摘した。これと関連して、Caballero, Hoshi and Kashyap (2006)は、再生可能性がないにもかかわらず銀行の低利貸し出しで延命させられている「ゾンビ企業」の存在が、日本経済のTFP上昇率の下落をもたらした可能性を指摘している。しかし、TFP上昇率の重要な決定要因でと考えられる研究開発投資の動向と、90年代日本経済におけるTFP上昇率の下落の間の関係を分析した研究はあまり行われてこなかった。例外として、Branstetter and Nakamura (2003) は企業の特許データと研究開発投資データを用いて、電気機械産業を除く産業において研究開発投資による特許取得への寄与が90年代に低下したことを指摘している。

本研究では、Branstetter and Nakamura (2003)のような知識生産関数のアプローチではなく、研究開発投資の生産性上昇への寄与を明らかにする実証研究においてしばしば採用される、TFP 上昇率を研究開発集約度に回帰し、研究開発の収益率を推計する方法により、研究開発投資の TFP 上昇効果がどのように変化したかについて分析する。

企業レベルのデータを用いた研究開発収益率の推計は、これまでもいくつか行われ

¹ 日本の TFP 上昇率の減速に関する既存研究については、乾・権 (2005) によるサーベイを参照されたい。

てきたが、本研究は直近までをカバーしていることに加え、以下の点で新しい。

第一に、従来、研究開発に関する研究でしばしば使われてきた、上場企業の財務データに報告されている研究開発支出額は、過小で正確ではないと指摘されてきた (Suzuki (1993))。本研究では、より信頼性が高いと考えられる「科学技術研究調査報告」の研究開発支出額の個票データを使った推計と、上場企業の財務データを使った推計を比較することにより、研究開発支出額に関するデータの質がどの程度、研究開発投資の TFP 上昇効果に関する実証結果の差異をもたらすかについて確認した。

第二に、研究開発投資が TFP 上昇に及ぼす効果を分析する場合には、本来、研究開発のための労働投入や機器購入を、TFP を計算する際の生産要素投入から除くべきである。しかし、研究開発投資の内訳についてデータを得ることが困難であるため、多くの研究ではこの二重計算 (研究開発投資を、「生産コスト」と「投資」として二重に計算する) 問題を解決していない。このため、従来の研究では、研究開発投資を急速に拡大している企業について、TFP 上昇を過少に評価し、このため研究開発投資の TFP 上昇効果を過少に推計する危険があった。幸い、「科学技術研究調査報告」の研究開発支出額では、人件費など研究開発支出額構成要素別に報告してある。我々は、これらの情報を利用して、各生産要素の投入量と投入コスト・シェアから、研究開発のための生産要素の投入量とそのコストを引くことにより、二重計算問題を解決した TFP を計測することができた。我々は、二重計算問題を処理する前後の結果の比較を通じて、二重計算問題がもたらすバイアスの大きさを明らかにした。

第三に、1986 年から 2005 年までの長期間について、大規模なパネルデータを用いることにより、日本経済の低成長時期と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区別して、研究開発投資の TFP 上昇効果を比較することができた。また我々は、産業別の推計も行った。

第四に、日本企業はアメリカ企業に比べて、基礎研究よりは応用研究や開発研究に重

点を置いてきたという指摘がある (Mansfield (1980))。「科学技術研究調査報告」は性格別に研究開発支出額を報告しているため、基礎研究、応用研究および開発研究の収益率を、区別して推計することができた。

第五に、研究開発収益率には減価償却率を含む粗収益率と除いた純収益率がある。理論的には、減価償却率を含んでいる粗収益率が純収益率より大きくなると考えられるが、既存研究の推計結果によると逆になるケースも存在する (Harhoff (1998))。我々は、粗収益率と純収益率を同時に推計することにより、日本の技術知識ストックの減価償却率も間接的に推計した。

本研究の構成は以下のとおりである。2 節で研究開発投資と TFP 上昇の関係に関する既存研究の簡単なサーベイを行う。3 節では推計モデルと TFP の測定方法に関して説明する。4 節では実証分析の結果を示す。最終節では、本研究の主な結果と今後に残された課題について簡単に述べる。

2. 既存研究

企業レベルのデータを用いた研究開発投資の生産性への寄与を分析した主要な既存研究に関しては、Mairesse and Sassenou (1991) と Wieser (2005) が、手法や推定結果などに関して、詳細なサーベイを行っている。表 1 はこれらサーベイ論文の結果をまとめたものである。また、日本の製造業における企業レベルの研究開発投資と TFP 上昇に関する代表的な既存研究としては Odagiri and Iwata (1986) と Goto and Suzuki (1989)、生産関数の推計による研究開発収益率を計測した既存研究として、Griliches and Mairesse (1990) と Kwon and Inui (2003) があげられる。

(挿入 表 1)

Odagiri and Iwata (1986)と Goto and Suzuki (1989)の研究は製造業に属している企業のみを分析対象にし、研究開発投資が TFP 上昇率に与えた効果について分析している。これらの研究に使用されたデータは 1970 年代後半から 1980 年代初半のデータであり、他の先進国に比べて日本経済の成長が高い期間における推計結果といえる。135 企業を対象にして研究開発収益率を推計した Odagiri and Iwata (1986)は 0.17~0.20 といった収益率を得た。Goto and Suzuki (1989)では産業別に研究開発収益率を推計し、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 0.33 と高い収益率の結果を得ており、1970 年代の研究開発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。Griliches and Mairesse (1990)や Kwon and Inui (2003)のように労働生産性上昇率と研究開発投資間の関係を分析した結果をみると、70 年代末の研究開発収益率が 30%であるのに対して、90 年代は 16%である。サンプル数や生産性の指標が異なることなど考慮しても、研究開発収益率はかなり低下した可能性があると言える。

欧米諸国に関する近年の研究として Harhoff (1998)、Hall and Mairesse (1995, 1996)、Smith et al. (2004)、Wakeline (2001)等がある。これらの研究をみると研究開発収益率は 0.22~0.27 の範囲にある。

3. 推計モデルとTFPの測定²

3.1 推計モデル

研究開発投資が生産性上昇に与える効果を分析するために、我々は次のような Cobb-Douglas 生産関数を導入する。

$$Y_i = Z_i^{\eta} R_i^{\alpha} e^{\mu} \quad (1)$$

ここで、Yは企業iの付加価値額、Zは技術知識ストック以外の生産要素 - 資本ストック、

² 推計モデルと TFP 測定に関しては付加価値ベースの TFP について説明する。

労働投入量 - を表し、³ μ は技術進歩率である。Rは技術知識ストックである。

(1) 式の両辺の対数をとって、時間に対して微分すると次式を得る。⁴

$$\frac{\dot{Y}_i}{Y_i} = \mu + \eta_z \left(\frac{\dot{Z}_i}{Z_i} \right) + \alpha \left(\frac{\dot{R}_i}{R_i} \right) \quad (2)$$

(2) 式の右辺の第2項を両辺から引くと、次の(3)式が得られる。

$$TFPG_i = \frac{\dot{Y}_i}{Y_i} - \eta_z \left(\frac{\dot{Z}_i}{Z_i} \right) = \mu + \alpha \left(\frac{\dot{R}_i}{R_i} \right) \quad (3)$$

ここで、TFPGはTFP上昇率である。TFP上昇率は伝統的な成長会計方法から、付加価値額の成長率から生産要素の投入量の増加率を引いた残差として求められる。(3)式の α は技術知識ストックに対する付加価値の弾力性をあらわす。たとえば、 α は次のように書くことができる。

$$\alpha = \frac{\partial Y_i}{\partial R_i} \frac{R_i}{Y_i} \quad (4)$$

(4)式を利用して、(3)を次のように変更できる。

$$TFPG_i = \mu + \rho \left(\frac{\dot{R}_i}{Y_i} \right) \quad (5)$$

ρ は技術知識ストックの限界生産力であるので、技術知識ストックの純収益率を表していると考えることができる。

Griliches (1984)が示したように、技術知識ストックの減価償却率を0とすると純技術知識ストック増分の付加価値に対する比率と研究開発投資フローの付加価値に対する比率が等しくなるので、(5)式は次のように表わすことができる。

$$TFPG_i = \mu + \rho \left(\frac{E_i}{Y_i} \right) \quad (6)$$

ここで、Eは研究開発支出額である。

³ 時間を表す下付き添え文字 t は省略した。

⁴ 対数値の時間に対する微分は次のように表記する： $\frac{\dot{X}}{X} = \frac{\partial \ln X}{\partial t}$ 。

(6) 式の研究開発支出額を性格別研究開発支出額に分けると、次のように表わすことができる。

$$TFPG_i = \mu + \rho_b \left(\frac{B_{E,i}}{Q_i} \right) + \rho_a \left(\frac{A_{E,i}}{Q_i} \right) + \rho_d \left(\frac{D_{E,i}}{Q_i} \right) \quad (7)$$

下付き添え文字 E は性格別研究開発支出額で、 B は基礎研究、 A は応用研究、 D は開発研究の支出額を意味する。研究開発集約度に関するデータの詳細な説明は補論 1 を参照されたい。

我々は政策投資銀行の『財務データバンク』のデータと総務省の『科学技術研究調査報告』の個票データを接合したデータを用いて、(5) 式と (6) 式を推計することで、研究開発純収益率と粗収益率を計測する。

3.2 TFP 計測

TFP 上昇率は次のように計測した。

$$TFPG_i = \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}}\right) - \frac{S_{L,it-1} + S_{L,it}}{2} \ln\left(\frac{L_{it}}{L_{it-1}}\right) - \frac{S_{K,it-1} + S_{K,it}}{2} \ln\left(\frac{K_{it}}{K_{it-1}}\right)$$

ここで、 Y 、 L 、 K は企業の産出額、労働投入量（従業者数×労働時間）、純資本ストックである。 S_L 、 S_K は総費用に占める各生産要素のシェアを示す。このように計測された全要素生産性は企業間投入シェアの差異と生産物市場が不完全競争であっても正しい TFP 算出できる点で優れているが、規模に対する収益不変、生産要素市場の完全競争を仮定する必要があることに注意を要する。

上昇率の測定における測定誤差のバイアスを除くため、長期にわたる TFP 上昇を被説明変数とする推計も行った。この場合には、以下で定義される TFP のレベルの差（年

率化した) で上昇率を定義した。企業 i の t 期の TFP レベル は Good, Nadiri, and Sickles (1997) と Aw, Chen, and Roberts (1997) などに従って、以下の式のように計算した。

$$\ln TFP_{i,t} = (\ln Y_{i,t} - \overline{\ln Y_t}) - \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} (S_{n,i,t} + \overline{S_{n,t}}) (\ln X_{n,i,t} - \overline{\ln X_{n,t}})$$

where $t = 0$,

$$\begin{aligned} \ln TFP_{i,t} &= (\ln Y_{i,t} - \overline{\ln Y_t}) - \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} (S_{n,i,t} + \overline{S_{n,t}}) (\ln X_{n,i,t} - \overline{\ln X_{n,t}}) \\ &+ \sum_{s=1}^{t-1} (\overline{\ln Y_s} - \overline{\ln Y_{s-1}}) - \sum_{s=1}^{t-1} \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} (\overline{S_{n,s}} + \overline{S_{n,s-1}}) (\overline{\ln X_{n,s}} - \overline{\ln X_{n,s-1}}) \end{aligned}$$

where $t \neq 0$.

ただし、 $Y_{i,t}$ 、 $S_{n,i,t}$ 、 $X_{n,i,t}$ は、それぞれ、企業 i の t 期の産出、企業 i の t 期の投入要素 n のコスト・シェア、企業 i の t 期の投入要素 n の投入量を表す。各変数の上にバーがついているのは、企業が属している産業の、その変数の平均を表わす。基準年は 1981 年にした。TFP 上昇率の計測に必要なデータに関する詳細な説明は補論 A にまとめた。

TFP 上昇率と研究開発集約度に関する記述統計は表 2 に示されている。

(挿入 表 2)

4. 分析結果

4.1 研究開発の収益率

(6) 式の推計結果は、表 3 に報告されている。推計方法として、企業レベルの系列相関と不均一分散を考慮した OLS と説明変数の内生性 (Endogeneity) 問題を排除するために System GMM を利用した。すべての推計において、研究開発集約度は 1 期ラグにかえて利用した。表 3 において、(1) - (4) は付加価値ベースの TFP 上昇率と研究開発集約度を利用した推計結果で、(5) - (8) は産出ベースの TFP 上昇率と研究開

発集約度を利用した推計結果である。また、(3)、(4)と(7)、(8)は二重計算問題を処理した後の研究開発収益率の推計結果である。全サンプルだけではなく、製造業に限定した推計も行った。全サンプルに占める製造業企業の割合が8割以上であるために全サンプルを利用した推計結果と製造業企業のみを対象にした推計結果はほとんど違わなかった。パネルAが基本的な結果であり、パネルBは産業ダミーを含んだ推計結果である。パネルCはSystem GMMの推計結果であり、パネルDは4年間のTFP上昇率と4期ラグの研究開発集約度を回帰した結果である。

(挿入 表3)

推計結果は、推計式の構造を変えたり、二重計算問題を解決してもあまり変わらなかった。以下では、主な推計結果を、推計式(1)と(3)をベースにしてまとめる。パネルAの結果から、研究開発粗収益率が26%であることがわかる。表2に示されているように、全期間の研究開発集約度が0.164であるので、(4)式を利用すると研究開発の弾力性を計算できる。研究開発弾力性は0.043である。これは研究開発支出額が10%上昇すると実質付加価値額が0.4%増加することを意味する。「日本産業生産性データベース (Japan Industrial Productivity Database) 2008年版 (以下ではJIP2008と略記)」によると本研究の分析期間である1986年から2005年までの日本経済全体の実質GDP (実質粗付加価値) 年成長率は2%であるので、0.4%という付加価値に対する研究開発弾力性は小さい数字ではない。

既存研究では、外生的な技術進歩などによる産業間の技術進歩の差が、企業の生産性上昇に影響を与えるという結果が得られている。産業ダミーを含んだ推計と含まない推計の結果を比べると、研究開発収益率の大きさが異なることが確認できる。産業ダミーを含んだ場合の研究開発収益率が0.5%ほど低くなっている。このことは、産業内に蓄

積された技術知識ストックによる技術機会拡大が、企業の生産性上昇を説明する上で重要で可能性を示唆している。

研究開発に含まれている研究員の数と有形固定資産を、労働や資本から分離するという二重計算の調整が、研究開発の真の収益率を検証する上で重要であると従来指摘されてきた。表1に示されるように、フランスでは二重計算を調整することにより、研究開発収益率について4.2%高い結果を得ている。権・乾（2003）の研究も二重計算問題の処理により、研究開発弾力性が2%高くなるとの結果を得ている。既存研究の結果と違って、本研究では二重計算問題を処理した効果が0.7%しかなく、産業ダミーを考慮するとそのわずかな効果も消えた。

研究開発集約度の内生性問題を処理するために行った System GMM の推計結果はパネルの C としてまとめた。操作変数として研究開発集約度の2期と3期ラグ変数を使った。サガン・テスト (Sagan Test) の結果から、操作変数による内生性のコントロールは十分ではないと言える。研究開発集約度のラグ変数以外の有効な操作変数を探すことは今後の課題としたい。

TFP 上昇率の測定における測定誤差のバイアスを除くため、長期差分による推計も行った。年次データを使った場合より研究開発収益率が低くなっているが、研究開発は TFP 上昇率に対してまだ正の効果を与えている。既存研究の結果をみると、フランスでは有意な結果が得られていないが、オランダでは有意な結果が示されている。これらの結果は、研究開発収益率の推計において測定誤差が生み出すバイアスの大きさが、国によって異なる可能性があることを示唆している。

付加価値ベースの TFP 上昇率と研究開発集約度の代わりに、総産出ベースの TFP 上昇率と研究開発集約度を使った場合についても、産業ダミーを含んだ OLS の推計結果以外は、付加価値ベースの結果と概ね整合的である。

表4には企業財務データの研究開発支出額を使った場合と「科学技術研究調査」の

研究開発支出額を使った場合で、研究開発収益率に差異があるか否かを検証した結果がまとめてある。表2が示すように、企業財務データからの研究開発集約度には2000年を前後に大きな断層がある。2000年以降については、企業財務データと「科学技術研究調査」の研究開発集約度はほぼ一致している。表4の結果をみると、企業の研究開発支出額を過小に報告した時期とその後の時期を分けてそれぞれ比較すると、企業財務データの研究開発支出額を用いた推計と「科学技術研究調査」の研究開発支出額を用いた推計の間には、大きな差がないことがわかる。この結果は研究開発支出額データの質によるバイアスがあまり大きくないことを意味している。

(挿入 表4)

技術知識ストックの純増分を付加価値で割った値を説明変数とし、TFP上昇率を回帰することによって、研究開発純収益率を推計した結果が、表5にまとめてある。研究開発の純収益率は2%と非常に小さい。理論的に、減価償却率を除いている研究開発純収益率は、減価償却率を含んでいる粗収益率よりも小さくなることが期待されるが、そのとおりの実証結果になっている。研究開発の粗収益率と純収益率の推計から日本の技術知識ストックの減価償却率が20%-25%ぐらいであると推測できる。企業の技術知識ストックの減価償却率が15%であるといわれる既存研究の結果よりやや高い数字である。

(挿入 表5)

4.2 産業別推計結果

研究開発集約度が高い電気産業、化学産業、輸送用機械産業と機械産業に分割して

推計した結果が表 6 である。研究開発が生産性上昇に統計的に有意で正の効果を与えることは産業別に分割して推計しても観察できる。全サンプルの結果と同様に、二重計算問題を処理しても、推計された研究開発収益率にはあまり影響しないことが確かめられた。

大規模なデータセットを使ったことや分析期間の違いなどがあるが、Goto and Suzuki (1989)の研究と比べて、輸送用機械産業においては研究開発収益率がかなり低い水準になっている一方で、電気機械産業においては同水準である。90年代以降の日本経済成長を牽引した輸送用機械産業において推計された研究開発投資効果が低かった原因については、より厳密な分析が必要であろう。

(挿入 表 6)

4.3 時期別推計結果

全期間を 5 年毎と 10 年毎に分割して推計した結果が、表 7 である。1995 年以前および 1996 年以降に、10 年間ずつ分割して推計した結果を見ると、年ダミーと産業ダミーを一緒に考慮した推計では、二重計算問題処理の有無と関係なく、研究開発収益率はこの 2 期間で大きくは変化しなかったのがわかる。産業ダミーを除いた推計では、「バブル経済」崩壊直後の期間を含む前期に比べて、後期において研究開発収益率が 0.5%程度高くなっている。

(挿入 表 7)

10 年間という長期間の結果と同様に、5 年間ずつに分割して行った推計結果も「バブル経済」崩壊直後の期間（1990 年から 1995 年）を除くと研究開発収益率の変化は見

られなかった。このような結果は、特許データを用いて日本企業の研究開発の効果を分析した Branstetter and Nakamura (2003)の結果とは異なる。

4.4 性格別推計結果

表 8 には企業の研究開発支出額を基礎研究、応用研究、開発研究に分けて、各性格別研究開発の収益率を推計した結果がまとめてある。基礎研究の集約度は 2 期ラグを、応用研究集約度と開発研究集約度は共に 1 期ラグを取った。性格別研究開発の収益率の推計にはサンプルを製造業に限定して行った。

(挿入 表 8)

パネル A と B の結果を見ると、全期間をプールした場合の推計結果は、コントロールする変数の選択や推計式の構造に関係なく、研究開発収益率が統計的に有意で正であることを示している。産業ダミーを含んだ推計式では、基礎研究の収益率が一番高い。一方、年ダミーだけを考慮した推計式では開発研究の収益率が一番高くなっている。

時期別に分割し、産業ダミーが含まれた結果を見ると、90 年以前に基礎研究の収益率が高く、最近になるほど基礎研究の TFP 上昇に対する効果が減少していることがわかる。応用研究と開発研究の TFP 上昇への寄与は時期によってあまり大きく変化していない。この結果から応用研究と開発研究が日本企業の TFP 上昇を支えてきたといえる。

パネル C は基礎研究集約度と開発研究集約度の交差項を新たに入れた推計結果と、基礎研究集約度と各産業ダミーの交差項を導入した推計結果のまとめである。基礎研究は直接 TFP 上昇率に効果を与えるだけでなく、開発研究の効果を促進させることで間接的に TFP 上昇率に寄与する可能性も考えられる。全サンプルを移用した推計結果

からはその間接的な効果を確認することができたが、時期別に分割した場合には有意な結果が得られなかった。産業ダミーとの交差項の結果を見ると、電気機械産業においては基礎研究の寄与が大きい、その他の産業において基礎研究の寄与は小さいとの結果になっている。

5. 結論及び今後の課題

研究開発投資が、TFP 上昇率にどのような影響を与えるのかについて、日本企業の財務データとより信頼性の高い「科学技術研究調査報告」の個票データを利用して分析した。分析結果をまとめると次のようになる。

第一に、研究開発投資の TFP 上昇効果はいずれのデータや推計式を使っても統計的に有意な正の値であった。

第二に、産業別、時期別に分割して推計しても、研究開発投資が有意な正の効果を TFP 上昇率に与えたとの結果は変わらなかった。時期別の変化には大きな変化がなかった一方で、産業別の研究開発投資の効果は大きく異なった。これは、産業内の技術機会などの産業間格差が、TFP 上昇に直結する可能性を示唆する。

第三に、研究開発を性格別に分けた場合、開発研究と応用研究が TFP 上昇率に与える効果は高く、非常に安定的であった。一方、基礎研究は電気機械産業の TFP 上昇には大きく寄与したとの結果を得た。

残された研究課題は以下の通りである。

まず、技術知識ストックのスピルオーバー効果が TFP 上昇の重要な源泉であることはいうまでもない。推計モデルの中にスピルオーバーを規定すると思われる変数を追加することにより、スピルオーバー効果を明示的に推計することが必要であろう。

次に、研究開発投資を促進するための政策、知的財産制度の効果や産学連携の効果も分析する必要があるだろう。

最後に、技術知識ストックが生産性を上昇させるまでの中間過程を明らかにする必要がある。製品イノベーションと工程イノベーションは生産性上昇のみに影響を与えるだけでなく、経営組織や市場競争環境の変化などを通じて、研究開発活動にも影響を及ぼすこともあり得る。つまり、生産性の上昇が高い産業、企業がより研究開発活動を活発に行っているといった逆の因果関係に注意した分析の必要性があろう。

補論 A. TFP 上昇率と R&D 集約度の計測のためのデータについて

1. 産出

本論文では、産出の指標として産出額 (Gross output) と付加価値額 (Value-added) の 2 種類を利用する。名目産出額は売上高に在庫増減を足して求めた。ただし、商業の場合は、名目産出額から仕入れ額を引いた額を名目産出額とした。実質産出額は、名目産出額を産出デフレーターで割ることによって求めた。名目産出額を実質化するための産出デフレーターは JIP2008 の産出デフレーターを DBJ の産業分類に合わせて作成した。産出額が 0 (零) また負の場合、サンプルから除いた。実質付加価値額は、実質産出額から実質中間投入額を引いて求めた。

2. 中間投入

以下のように中間投入額を求めた。

$$\text{売上原価} + \text{販売費} \cdot \text{一般管理費} - (\text{賃金総額} + \text{減価償却費} + \text{研究開発費})$$

ただし、商業に関しては、産出額と同様に、仕入れ額を除くことにした。

$$\text{売上原価} + \text{販売費} \cdot \text{一般管理費} - (\text{賃金総額} + \text{減価償却費} + \text{研究開発費} + \text{仕入れ額})$$

実質化のための中間投入デフレーターは JIP2008 の中間投入デフレーターを DBJ の産業分類に合わせて作成した。

3. 資本

各企業の実質純資本ストック ($K_{f,t}$) は、以下のように恒久棚卸法 (Perpetual Inventory Method: PI 法) によって作成された。

$$K_{f,t} = (1 - \delta_t) K_{f,t-1} + I_{f,t}$$

初期値は 1970 年の土地を除いた、簿価表示の有形固定資産額 ($KNB_{f,t}$) を JIP2008 の投資デフレーター⁵ (P^k_t) で割ることによって求めた。 δ_t は、企業 f が属する産業の資本減耗率⁶ である。

⁵ JIP2008 の資本データを DBJ の産業分類にあわせて調整し、再集計することによって作成した。

⁶ JIP2008 の資本データを DBJ の産業分類に基づいて再分類し、資本財ストックと資本減

有形固定資産に対する実質投資額 ($I_{f,t}$)は、土地を除いた各企業の簿価表示の有形固定資産額の増加分に、有形固定資産額に対する会計上の減価償却額 ($DEP_{f,t}$)を足して、投資デフレーターで割って求めた。上記の内容は以下の式で表すことができる。

$$I_{f,t} = \frac{KNB_{f,t} - KNB_{f,t-1} + DEP_{f,t}}{P_t^k}$$

4. 労働

各企業の労働投入は、期末従業者数に産業の平均労働時間を掛けて算出した。平均労働時間は JIP2008 から取った。

5. 各生産要素のコスト

(1) 資本コスト

資本のユーザー・コスト ($c_{f,t}^k$)は以下のように計算されている。

$$c_{f,t}^k = \frac{1 - z_{f,t}}{1 - u_t^i} P_t^k \left\{ \lambda_{f,t} r_t + (1 - u_t)(1 - \lambda_{f,t}) i_t + \delta_t^i - \left(\frac{\dot{P}_t^k}{P_t^k} \right) \right\}$$

ここで、 $z_{f,t}$ は、1 単位の投資に対する固定資本減耗の節税分、 u_t は法人実効税率、 $\lambda_{f,t}$ は企業の自己資本比率、 r_t は長期市場金利(利付き国債利回り(10年のもの))、 i_t は長期貸出金利(長期貸出プライムレート)を、それぞれ表わしている。固定資本減耗の節税分 ($z_{f,t}$)と、法人実効税率 (u_t)は以下のように計算した。

$$z_{f,t} = \frac{u_t \cdot \delta_t^i}{\lambda_{f,t} r_t + (1 - u_t)(1 - \lambda_{f,t}) i_t + \delta_t^i} \cdot$$

$$u_t = \frac{u_t^n \cdot (1 + u_t^l) + u_t^c}{1 + u_t^c}$$

耗額を再集計することによって作成した。産業別の資本財構成の変化による資本減耗率を考慮しているため、ここで求めた減耗率は時間とともに変わるため、添え字 t が付いている。

ここで、 u^n 、 u^l 、 u^c はそれぞれ、法人税率、住民税率、事業税率である。

(2) 労働コスト

労働コストとして、従業者に対する賃金総額を使った。

(3) 中間投入コスト

名目中間投入額を中間投入コストとした。

6. 研究開発集約度

研究開発集約度は、実質研究開発支出額を実質産出額で割って求めた。実質研究開発支出額は、名目研究開発支出額を「科学技術白書」の研究開発デフレーターで割った値である。本論文では、2種類の産出の概念を利用するため、産出研究開発集約度と付加価値研究開発集約度の2種類を作成した。

7. 研究開発ストック

企業 f の t 期の研究開発ストック ($K_{f,t}^R$)は、以下のようにPI法によって作成された。

$$K_{f,t}^R = (1 - \delta^R)K_{f,t-1}^R + I_{f,t}^R$$

ただし、実質研究開発投資額 ($I_{f,t}^R$)は、「科学技術研究調査報告」の名目研究開発支出総額を「科学技術白書」の研究開発デフレーターで割って求めた。また、 δ^R は、Goto and Suzuki (1989)で求めた産業別研究開発ストックの減耗率である。

8. 二重計算問題の処理

研究開発のための投入要素が産出のための投入要素としても計上されるため、産出及び生産性指数には研究開発のための投入要素の寄与も含まれることになる。「科学技術研究調査報告」では、研究開発支出額の構成要素である人件費、有形固定資産の購入額、原材料額を分けて報告している。これらの情報を利用して、各生産要素の投入額と投入コストから研究開発のための生産要素の投入額とそのコストを引くことで二重計算問題を処理した上で、TFPを計測した。

参考文献

- Bartelsman, E. J., van Leeuwen, G. Nieuwenhuijsen, H. and Zeelenberg, K. (1996) "R&D, and Productivity Growth: Evidence from Firm-level Data in the Netherlands," *Netherlands Official Statistics*, Vol.11, pp.52-69.
- Branstetter, L. and Y. Nakamura (2003) "Is Japan's Innovative Capacity in Decline?," *NBER Working Paper*, No.9428.
- Caballero, R. J., T. Hoshi and A.K. Kashyap (2006) "Zombie Lending and Depressed Restructuring in Japan," *NBER Working Paper*, No.12129.
- Goto, A. and Suzuki, K. (1989) "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 71, pp.555-564.
- Griliches, Z. (1979) "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth," *Bell Journal of Economics*, Vol.10, pp.92-116.
- Griliches, Z. and Mairesse, J. (1990) "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, pp.317-348.
- Griliches, Z. (1998) *R&D and Productivity: the Econometric Evidence*, Chicago: University of Chicago Press.
- Hall, B. and Mairesse, J. (1995) "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms," *Journal of Econometrics*, Vol.65, pp.263-293.
- Harhoff, D. (1998) "R&D and Productivity in German Manufacturing Firms," *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.6, pp.28-49.
- Kwon, H. and Inui, T. (2003) "R&D and Productivity Growth in Japanese Manufacturing Firms," ESRI Discussion Paper Series, No.44

- Mairesse, J. and Hall, B. (1996) “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*, no.5501.
- Mairesse, J. and Sassenou, M. (1991) “R&D and Productivity: a Survey of Econometric Studies at the Firm Level,” *NBER Working Paper*, no.3666.
- Nishimura, K.G., T. Nakajima and K. Kiyota (2005) “Does the Natural Selection Mechanism Still Work in Severe Recessions? Examination of the Japanese Economy in the 1990s,” *Journal of Economic Behavior and Organization* , Vol.58, pp.53-78.
- Suzuki, K. (1993) “R&D Spillovers and Technology Transfer Among and Within Vertical Keiretsu Groups: Evidence from the Japanese Electrical Machinery Industry,” *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 11, pp.573-591.
- Wakelin, K. (2001) “Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms,” *Research Policy*, Vol.30, pp.1079-1090.
- Wieser, R. (2005) “Research and Development Productivity and Spillovers: Empirical Evidence at the Firm Level,” *Journal of Economic Survey*, Vol.19, pp.587-621.
- 後藤晃 (1993) 「日本の技術革新と産業組織」 東京大学出版会

表1) 企業レベルにおける研究開発投資の収益率

研究	企業数	分析期間	モデル	推計方法	直接収益率
米国					
Mansfield(1980)	16(石油・化学)	1960-76	TFP(付加価値)	一階差分	0.275 **
Link(1981)	174	1971-76	TFP(付加価値)	一階差分	0.000
Link(1981)	19(輸送用機械)	1971-76	TFP(付加価値)	一階差分	0.150
Link(1981)	33(化学)	1971-76	TFP(付加価値)	一階差分	0.070 **
Link(1981)	34(機械)	1971-76	TFP(付加価値)	一階差分	0.050
Link(1983)	302	1975-79	TFP(売上高)	一階差分	0.060
Griliches and Mairesse(1983)	343	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.190 **
Griliches and Mairesse(1983)	57(医薬品)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.410 **
Griliches and Mairesse(1983)	62(化学)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	-0.100
Griliches and Mairesse(1983)	65(電子)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	-0.060
Griliches and Mairesse(1983)	47(電機装置)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	-0.440
Griliches and Mairesse(1983)	112(機械)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.110
Griliches and Mairesse(1990)	525	1973-80	労働生産性(売上高)	一階差分	0.410 **
Griliches and Mairesse(1990)	525	1973-80	労働生産性(売上高)、 産業ダミー	一階差分	0.270 **
日本					
小田切(1983)	123(Science sectors)	1969-81	TFP(売上高)	一階差分	0.256 **
小田切(1983)	247(その他)	1969-81	TFP(売上高)	一階差分	-0.475
小田切と岩田(1986)	135	1966-73	TFP(付加価値)	一階差分	0.201 *
小田切と岩田(1986)	135	1966-73	TFP(付加価値)、産業 ダミー	一階差分	0.170
小田切と岩田(1986)	135	1974-82	TFP(付加価値)	一階差分	0.169 **
小田切と岩田(1986)	135	1974-82	TFP(付加価値)、産業 ダミー	一階差分	0.113 *
Sassenou(1988)	394	1973-81	労働生産性(売上高)	一階差分	0.690 **
Sassenou(1988)	394	1973-81	TFP(付加価値)	一階差分	0.220 **
Sassenou(1988)	394	1973-81	TFP(付加価値)、産業 ダミー	一階差分	-0.020
後藤と鈴木(1989)	13(医薬品)	1976-84	TFP(付加価値)	一階差分	0.420 **

研究	企業数	分析期間	モデル	推計方法	直接収益率
後藤と鈴木(1990)	5(電機装置)	1976-84	TFP(付加価値)	一階差分	0.220 **
後藤と鈴木(1991)	3(自動車)	1976-84	TFP(付加価値)	一階差分	0.330 **
Griliches and Mairesse(1990)	406	1973-80	労働生産性(売上高)	一階差分	0.560 **
Griliches and Mairesse(1990)	406	1973-80	労働生産性(売上高)、 産業ダミー	一階差分	0.300 *
権と乾(2003)	3830	1995-98	労働生産性(付加価値)、 産業ダミー	一階差分	0.163 **
フランス					
Griliches and Mairesse(1983)	185	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.310 **
Griliches and Mairesse(1983)	47(医薬品)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.270 *
Griliches and Mairesse(1983)	30(化学)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.000
Griliches and Mairesse(1983)	37(電子)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.120
Griliches and Mairesse(1983)	34(電機装置)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.450 *
Griliches and Mairesse(1983)	39(機械)	1973-78	労働生産性(売上高)	一階差分	-0.550
Hall and Mairesse(1995)	197	1980-87	労働生産性(付加価値)	一階差分	0.231 **
Hall and Mairesse(1995)	197	1980-87	労働生産性(付加価値)、 二重計算調整	一階差分	0.273 **
Hall and Mairesse(1995)	197	1980-87	労働生産性(付加価値)	長期差分	0.036
Hall and Mairesse(1995)	197	1980-87	労働生産性(付加価値)、 二重計算調整	長期差分	0.065
英国					
Wakelin(2000)	98	1988-96	労働生産性(売上高)	一階差分	0.340 **
Wakelin(2000)	98	1988-96	労働生産性(売上高)、 産業ダミー	一階差分	0.280
オランダ					
Bartelsman et al.(1996)	209	1985-89	労働生産性(付加価値)、 二重計算調整	長期差分	0.218 **
Bartelsman et al.(1996)	159	1989-93	労働生産性(付加価値)、 二重計算調整	長期差分	0.173 **

注)Mairesse and Sassenou (1991), Wieser(2005)と各論文。 **、*はそれぞれ5%、10%有意であることを示す。

表2)記述統計(付加価値ベース)

年度	全産業								製造業							
	TFP上昇率	TFP上昇率(二重計算調整)	研究開発集約度(DBJデータ)	研究開発集約度(科学技術調査報告データ)	基礎研究集約度(科学技術調査報告データ)	応用研究集約度(科学技術調査報告データ)	開発研究集約度(科学技術調査報告データ)	TFP上昇率	TFP上昇率(二重計算調整)	研究開発集約度(DBJデータ)	研究開発集約度(科学技術調査報告データ)	基礎研究集約度(科学技術調査報告データ)	応用研究集約度(科学技術調査報告データ)	開発研究集約度(科学技術調査報告データ)		
1986	サンプル数 403 平均値 -0.099 標準偏差 0.188	341 -0.108 0.192	403 0.099 0.137	403 0.207 0.245	382 0.015 0.038	403 0.050 0.089	403 0.141 0.177	339 -0.109 0.198	283 -0.118 0.201	339 0.116 0.144	339 0.243 0.252	318 0.018 0.041	339 0.059 0.095	339 0.166 0.183		
1987	385 0.024 0.191	323 0.013 0.197	385 0.107 0.142	385 0.199 0.236	384 0.014 0.033	385 0.048 0.085	385 0.135 0.174	320 0.033 0.204	265 0.020 0.212	320 0.126 0.149	320 0.235 0.243	320 0.017 0.036	320 0.057 0.091	320 0.160 0.181		
1988	349 0.106 0.192	290 0.094 0.194	349 0.125 0.150	349 0.189 0.201	345 0.014 0.033	349 0.048 0.080	349 0.126 0.145	286 0.116 0.206	233 0.104 0.210	286 0.150 0.155	286 0.227 0.203	283 0.017 0.036	286 0.058 0.085	286 0.150 0.149		
1989	364 0.093 0.200	298 0.079 0.197	364 0.122 0.144	364 0.190 0.205	361 0.014 0.033	364 0.048 0.078	364 0.125 0.139	300 0.107 0.214	242 0.094 0.212	300 0.145 0.149	300 0.227 0.208	298 0.017 0.036	300 0.058 0.083	300 0.149 0.142		
1990	388 0.083 0.166	319 0.080 0.174	388 0.120 0.143	388 0.191 0.212	385 0.015 0.039	388 0.050 0.084	388 0.126 0.154	322 0.087 0.179	262 0.086 0.188	322 0.141 0.148	322 0.224 0.217	320 0.018 0.043	322 0.059 0.090	322 0.149 0.160		
1991	402 0.010 0.143	330 -0.002 0.147	402 0.118 0.142	402 0.185 0.188	400 0.014 0.032	402 0.050 0.079	402 0.119 0.128	334 0.010 0.153	271 -0.003 0.158	334 0.138 0.147	334 0.218 0.189	332 0.016 0.034	334 0.059 0.084	334 0.140 0.130		
1992	400 -0.049 0.171	326 -0.046 0.153	400 0.121 0.140	400 0.192 0.190	395 0.015 0.038	400 0.051 0.077	400 0.126 0.140	334 -0.053 0.183	270 -0.048 0.163	334 0.141 0.144	334 0.225 0.191	330 0.018 0.041	334 0.059 0.082	334 0.147 0.144		
1993	396 -0.025 0.145	320 -0.038 0.142	396 0.124 0.139	396 0.189 0.195	393 0.016 0.041	396 0.050 0.086	396 0.124 0.146	329 -0.023 0.155	263 -0.035 0.153	329 0.144 0.142	329 0.222 0.198	327 0.019 0.044	329 0.059 0.091	329 0.146 0.151		
1994	394 0.037 0.150	317 0.035 0.142	394 0.119 0.131	394 0.174 0.168	390 0.014 0.036	394 0.046 0.066	394 0.115 0.131	327 0.061 0.141	262 0.058 0.130	327 0.138 0.134	327 0.204 0.169	324 0.016 0.039	327 0.053 0.070	327 0.135 0.134		
1995	392 0.072 0.164	315 0.067 0.153	392 0.114 0.125	392 0.175 0.181	390 0.013 0.032	392 0.043 0.067	392 0.118 0.151	329 0.090 0.170	264 0.082 0.158	329 0.132 0.129	329 0.204 0.184	327 0.015 0.034	329 0.050 0.071	329 0.137 0.158		
1996	397 0.085 0.154	313 0.078 0.147	397 0.113 0.127	397 0.166 0.175	391 0.013 0.032	397 0.041 0.057	397 0.112 0.147	334 0.098 0.161	262 0.091 0.154	334 0.131 0.130	334 0.193 0.178	329 0.015 0.035	334 0.047 0.060	334 0.131 0.153		
1997	413 0.062 0.186	314 0.062 0.183	413 0.105 0.120	413 0.161 0.172	402 0.012 0.029	413 0.039 0.056	413 0.111 0.144	348 0.079 0.193	262 0.081 0.191	348 0.121 0.124	348 0.186 0.176	339 0.014 0.031	348 0.045 0.059	348 0.129 0.150		
1998	405 -0.059 0.155	315 -0.062 0.154	405 0.109 0.122	405 0.171 0.176	399 0.012 0.025	405 0.040 0.060	405 0.120 0.149	341 -0.071 0.163	264 -0.073 0.163	341 0.126 0.126	341 0.199 0.178	335 0.013 0.027	341 0.046 0.063	341 0.139 0.154		
1999	408 0.085 0.208	310 0.077 0.208	408 0.109 0.116	408 0.160 0.153	396 0.012 0.025	408 0.036 0.051	408 0.112 0.130	343 0.100 0.213	260 0.093 0.210	343 0.127 0.119	343 0.185 0.154	334 0.014 0.027	408 0.041 0.053	343 0.130 0.134		
2000	548 0.122 0.183	405 0.127 0.184	548 0.134 0.125	548 0.135 0.132	536 0.009 0.022	548 0.029 0.044	548 0.098 0.111	477 0.138 0.182	351 0.144 0.186	477 0.151 0.126	477 0.152 0.133	468 0.010 0.023	477 0.032 0.047	477 0.110 0.114		
2001	577 -0.055 0.246	425 -0.038 0.219	577 0.136 0.124	577 0.157 0.154	567 0.010 0.023	577 0.031 0.047	577 0.116 0.132	508 -0.065 0.256	372 -0.046 0.230	508 0.151 0.124	508 0.175 0.155	499 0.011 0.024	508 0.034 0.049	508 0.130 0.135		
2002	576 0.071 0.187	416 0.073 0.169	576 0.144 0.130	576 0.148 0.149	567 0.010 0.025	576 0.029 0.042	576 0.109 0.129	502 0.078 0.187	365 0.080 0.177	502 0.162 0.130	502 0.167 0.150	496 0.011 0.026	502 0.032 0.044	502 0.123 0.133		
2003	573 0.117 0.199	409 0.122 0.190	573 0.131 0.120	573 0.129 0.115	564 0.010 0.026	573 0.026 0.039	573 0.094 0.093	502 0.139 0.186	359 0.139 0.192	502 0.146 0.121	502 0.144 0.115	493 0.011 0.028	502 0.029 0.041	502 0.104 0.094		
2004	575 0.114 0.175	409 0.123 0.180	575 0.122 0.116	575 0.122 0.114	566 0.008 0.026	575 0.026 0.043	575 0.088 0.088	504 0.115 0.161	357 0.125 0.161	504 0.136 0.117	504 0.137 0.115	496 0.009 0.028	504 0.029 0.045	504 0.098 0.090		
2005	565 0.096 0.158	394 0.093 0.155	565 0.110 0.106	565 0.114 0.107	556 0.008 0.025	565 0.024 0.041	565 0.081 0.083	497 0.100 0.165	342 0.099 0.163	497 0.123 0.107	497 0.127 0.108	488 0.009 0.027	497 0.027 0.043	497 0.091 0.084		
全期間	サンプル数 8,910 平均値 0.047	6,889 0.042	8,910 0.120	8,910 0.164	8,769 0.012	8,910 0.020	8,910 0.112	7,576 0.055	5,809 0.051	7,576 0.120	7,576 0.180	7,456 0.014	7,576 0.044	7,576 0.120		

表3) R&D粗収益率の推計結果
パネルA(年ダミー含む)

	全産業 (1)	製造業 (2)	全産業 (3)	製造業 (4)	全産業 (5)	製造業 (6)	全産業 (7)	製造業 (8)
OLS								
研究開発集約度	0.260 *** (0.018)	0.260 *** (0.019)	0.253 *** (0.022)	0.254 *** (0.024)	0.196 *** (0.014)	0.170 *** (0.015)	0.161 *** (0.015)	0.129 *** (0.016)
R-squared	0.187	0.205	0.199	0.212	0.160	0.176	0.167	0.182
サンプルサイズ	8,769	7,456	6,889	5,809	8,889	7,575	6,983	5,893
パネルB(年・産業ダミー含む)								
	全産業 (3)	製造業 (4)	全産業 (5)	製造業 (6)	全産業 (3)	製造業 (4)	全産業 (5)	製造業 (6)
OLS								
研究開発集約度	0.209 *** (0.023)	0.209 *** (0.023)	0.209 *** (0.028)	0.209 *** (0.028)	0.011 (0.014)	0.011 (0.014)	-0.026 * (0.014)	-0.026 * (0.014)
R-squared	0.214	0.234	0.230	0.244	0.214	0.232	0.231	0.245
サンプルサイズ	8,769	7,456	6,889	5,809	8,889	7,575	6,983	5,893
パネルC(GMM、年ダミー含む)								
研究開発集約度	0.322 *** (0.023)	0.303 *** (0.022)	0.265 *** (0.025)	0.261 *** (0.025)	0.337 *** (0.063)	0.332 *** (0.072)	0.354 *** (0.057)	0.358 *** (0.064)
サンプルサイズ	8,769	7,456	6,889	5,809	8,889	7,575	6,983	5,893
Sargan J Statistic	226.1	233.0	198.7	194.1	136.8	135.6	99.5	99.2
Sargan p value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
パネルD(4年間の成長, OLS、年ダミー含む)								
研究開発集約度	0.144 *** (0.028)	0.136 *** (0.027)	0.171 *** (0.017)	0.160 *** (0.018)	0.224 *** (0.015)	0.194 *** (0.016)	0.205 *** (0.017)	0.172 *** (0.018)
R-squared	0.314	0.296	0.335	0.310	0.259	0.232	0.271	0.244
サンプルサイズ	1,835	1,575	1,423	1,208	1,860	1,597	1,447	1,227

(注1)(1)-(4)推計に付加価値TFP上昇率を、(5)-(8)推計に産出TFP上昇率を利用した。特に(3)、(4)と(7)、(8)は二重計算を調整したTFP上昇率を利用した推計結果である。

(注2)被説明変数は過去4期間のTFP上昇率。説明変数は、4期前の研究開発集約度

(注3)推計期間: 1986~2005年。

(注4)括弧内の数字はOLSの場合に企業レベルの系列相関と不均一分散を考慮した標準偏差で、GMMの場合には不均一分散を考慮した標準偏差である。

(注5)* p<.1, ** p<.05, *** p<.01

表4) 企業財務データの研究開発データと科学技術研究調査の研究調査データのR&D収益率比較
パネルA(年ダミー含む)

	全産業	製造業	全産業	製造業
1998年以前、OLS、産出を使ったTFP上昇率				
研究開発集約度(DBJ)(注1)	0.158 *** (0.01667)	0.126 *** (0.01759)		
研究開発集約度(科調)(注1)			0.157 *** (0.01355)	0.138 *** (0.01496)
R-squared	0.152	0.178	0.158	0.182
サンプルサイズ	5,239	4,391	5,175	4,335
1999年以降、OLS、産出を使ったTFP上昇率				
研究開発集約度(DBJ)	0.208 *** (0.03199)	0.166 *** (0.03284)		
研究開発集約度(科調)			0.280 *** (0.03069)	0.244 *** (0.03355)
R-squared	0.015	0.009	0.028	0.020
サンプルサイズ	3,783	3,300	3,714	3,240
パネルB(年・産業ダミー含む)				
1998年以前、OLS、産出を使ったTFP上昇率				
研究開発集約度(DBJ)(注1)	0.054 *** (0.01573)	0.049 *** (0.01584)		
研究開発集約度(科調)(注1)			0.015 (0.01664)	0.014 (0.01656)
R-squared	0.201	0.225	0.198	0.221
サンプルサイズ	5,239	4,391	5,175	4,335
1999年以降、OLS、産出を使ったTFP上昇率				
R&D集約度(DBJ)	0.052 * (0.02646)	0.053 ** (0.02681)		
R&D集約度(科調)			0.059 ** (0.02741)	0.055 ** (0.02735)
R-squared	0.205	0.221	0.203	0.219
サンプルサイズ	3,783	3,300	3,714	3,240
パネルC(年ダミー含む)				
1998年以前、OLS、付加価値を使ったTFP上昇率(注2)				
R&D集約度(DBJ)(注1)	0.241 *** (0.027)	0.239 *** (0.029)		
R&D集約度(科調)(注1)			0.239 *** (0.022)	0.245 *** (0.024)
R-squared	0.171	0.187	0.210	0.227
サンプルサイズ	5,076	4,232	5,017	4,182
1999年以降、OLS、付加価値を使ったTFP上昇率(注2)				
R&D集約度(DBJ)	0.247 *** (0.032)	0.218 *** (0.034)		
R&D集約度(科調)			0.334 *** (0.030)	0.315 *** (0.033)
R-squared	0.107	0.125	0.134	0.150
サンプルサイズ	3,820	3,331	3,752	3,274
パネルD(年・産業ダミー含む)				
1998年以前、OLS、付加価値を使ったTFP上昇率(注2)				
研究開発集約度(DBJ)(注1)	0.202 *** (0.036)	0.205 *** (0.036)		
研究開発集約度(科調)(注1)			0.221 *** (0.030)	0.220 *** (0.030)
R-squared	0.200	0.216	0.220	0.236
サンプルサイズ	5,076	4,232	5,017	4,182
1999年以降、OLS、付加価値を使ったTFP上昇率(注2)				
研究開発集約度(DBJ)	0.190 *** (0.032)	0.190 *** (0.032)		
研究開発集約度(科調)			0.266 *** (0.030)	0.259 *** (0.030)
R-squared	0.186	0.208	0.199	0.220
サンプルサイズ	3,820	3,331	3,752	3,274

(注1)“DBJ”は、「日本政策投資銀行企業財務データバンク」から、
“科調”は、科学技術研究調査からデータを作成したことを示す。

(注2)付加価値＝産出額－中間投入額

表5) R&D純収益率の推計結果

パネルA(年ダミー含む)

	全産業 (1)	製造業 (2)	全産業 (3)	製造業 (4)
OLS				
研究開発集約度	0.022 *** (0.005)	0.021 *** (0.006)	0.024 *** (0.004)	0.024 *** (0.005)
R-squared	0.136	0.152	0.147	0.161
サンプルサイズ	6,938	5,850	6,889	5,809

パネルB(年・産業ダミー含む)

	全産業 (3)	製造業 (4)	全産業 (5)	製造業 (6)
OLS				
研究開発集約度	0.014 ** (0.006)	0.015 ** (0.006)	0.017 *** (0.005)	0.019 *** (0.005)
R-squared	0.190	0.206	0.205	0.219
サンプルサイズ	6,938	5,850	6,889	5,809

(注1)すべての推計に付加価値TFP上昇率利用した。

特に(3)、(4)は二重計算を調整したTFP上昇率を利用した推計結果である。

(注2)推計期間:1986~2005年。

(注3)括弧内の数字はOLSの場合に企業レベルの系列相関と不均一分散を考慮した標準偏差で

(注4)* p<.1, ** p<.05, *** p<.01

表6) 産業別R&D粗収益率の推計結果

パネルA: 二重計算調整前

	電機産業	化学産業	輸送用機械産業	機械産業
OLS				
研究開発集約度	0.253 *** (0.033)	0.155 *** (0.026)	0.0792 *** (0.028)	0.228 *** (0.049)
R-squared	0.444	0.182	0.244	0.211
サンプルサイズ	1,183	1,546	756	1,255

製造業、4期間の成長、OLS(注2)

研究開発集約度	0.0829 *** (0.017)	0.115 *** (0.032)	0.0888 *** (0.024)	0.203 *** (0.040)
R-squared	0.566	0.159	0.171	0.408
サンプルサイズ	258	312	163	271

パネルB: 二重計算調整後

	電機産業	化学産業	輸送用機械産業	機械産業
OLS				
研究開発集約度	0.262 *** (0.040)	0.14 *** (0.030)	0.0992 ** (0.041)	0.177 *** (0.055)
R-squared	0.447	0.191	0.23	0.23
サンプルサイズ	835	1,218	567	947

製造業、4期間の成長、OLS(注2)

研究開発集約度	0.113 *** (0.026)	0.0675 *** (0.021)	0.113 *** (0.030)	0.128 *** (0.033)
R-squared	0.588	0.073	0.176	0.449
サンプルサイズ	177	242	124	199

(注1) 被説明変数は過去4期間のTFP上昇率。

説明変数は、4期前の実質研究開発集約度。

(注2) 推計期間: 1986~2005年。

(注3) 被説明変数はすべて、付加価値TFP上昇率で、年ダミーを含む。

(注4) 括弧内の数字はOLSの場合に企業レベルの系列相関と不均一分散を考慮した標準偏差である。

(注5) * p<.1, ** p<.05, *** p<.01

表7) 期間別R&D粗収益率の推計結果

全産業						製造業						
パネルA: 二重計算調整前						パネルC: 二重計算調整前						
	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	1986-1995	1996-2005	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	1986-1995	1996-2005
OLS(年ダミー)							OLS(年ダミー)					
研究開発集約度	0.255 *** (0.038)	0.198 *** (0.019)	0.322 *** (0.022)	0.283 *** (0.035)	0.233 *** (0.026)	0.307 *** (0.020)	0.269 *** (0.041)	0.195 *** (0.021)	0.31 *** (0.023)	0.273 *** (0.039)	0.241 *** (0.028)	0.295 *** (0.022)
R-squared	0.25	0.136	0.206	0.128	0.208	0.159	0.262	0.155	0.22	0.151	0.222	0.179
サンプルサイズ	1,857	1,968	2,124	2,820	3,825	4,944	1,539	1,640	1,805	2,472	3,179	4,277
OLS(年・産業ダミー)							OLS(年・産業ダミー)					
研究開発集約度	0.285 *** (0.053)	0.163 *** (0.029)	0.245 *** (0.025)	0.242 *** (0.035)	0.235 *** (0.036)	0.234 *** (0.022)	0.283 *** (0.053)	0.163 *** (0.028)	0.242 *** (0.025)	0.235 *** (0.035)	0.235 *** (0.036)	0.228 *** (0.021)
R-squared	0.283	0.178	0.251	0.212	0.228	0.208	0.287	0.196	0.262	0.244	0.238	0.23
サンプルサイズ	1,857	1,968	2,124	2,820	3,825	4,944	1,539	1,640	1,805	2,472	3,179	4,277
パネルB: 二重計算調整後						パネルD: 二重計算調整後						
	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	1986-1995	1996-2005	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	1986-1995	1996-2005
OLS							OLS					
研究開発集約度	0.251 *** (0.045)	0.211 *** (0.017)	0.313 *** (0.022)	0.242 *** (0.047)	0.236 *** (0.031)	0.286 *** (0.024)	0.264 *** (0.048)	0.211 *** (0.019)	0.297 *** (0.023)	0.231 *** (0.052)	0.245 *** (0.033)	0.272 *** (0.027)
R-squared	0.244	0.156	0.206	0.122	0.215	0.159	0.257	0.176	0.219	0.136	0.23	0.172
サンプルサイズ	1,571	1,608	1,657	2,053	3,179	3,710	1,285	1,330	1,399	1,795	2,615	3,194
OLS(年・産業ダミー)							OLS(年・産業ダミー)					
研究開発集約度	0.283 *** (0.060)	0.187 *** (0.024)	0.232 *** (0.027)	0.197 *** (0.047)	0.245 *** (0.042)	0.208 *** (0.025)	0.281 *** (0.060)	0.188 *** (0.024)	0.229 *** (0.027)	0.191 *** (0.047)	0.245 *** (0.042)	0.202 *** (0.025)
R-squared	0.289	0.205	0.255	0.224	0.242	0.214	0.292	0.223	0.266	0.243	0.252	0.228
サンプルサイズ	1,571	1,608	1,657	2,053	3,179	3,710	1,285	1,330	1,399	1,795	2,615	3,194

(注1) 推計期間: 1986~2005年。

(注2) 被説明変数はすべて、付加価値TFP上昇率である。

(注3) 括弧内の数字はOLSの場合に企業レベルの系列相関と不均一分散を考慮した標準偏差である。

(注4) * p<.1, ** p<.05, *** p<.01

表8) 性格別R&D粗収益率の推計結果

パネルA: 二重計算調整前

	全期間	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005
製造業、OLS(年ダミー)					
研究開発集約(Basic)	0.222 * (0.119)	0.361 ** (0.182)	0.215 * (0.116)	0.330 * (0.194)	-0.294 ** (0.131)
研究開発集約(Applied)	0.238 *** (0.053)	0.282 ** (0.115)	0.173 *** (0.040)	0.286 *** (0.084)	0.252 *** (0.092)
研究開発集約(Development)	0.272 *** (0.020)	0.245 *** (0.043)	0.200 *** (0.032)	0.316 *** (0.026)	0.342 *** (0.047)
R-squared	0.205	0.261	0.154	0.224	0.157
サンプルサイズ	7,333	1,491	1,629	1,774	2,439

製造業、OLS(年・産業ダミー)

研究開発集約(Basic)	0.301 *** (0.109)	0.456 *** (0.138)	0.205 (0.126)	0.387 ** (0.184)	-0.005 (0.133)
研究開発集約(Applied)	0.233 *** (0.063)	0.355 *** (0.133)	0.137 *** (0.040)	0.240 *** (0.082)	0.200 ** (0.082)
研究開発集約(Development)	0.193 *** (0.021)	0.211 *** (0.056)	0.165 *** (0.037)	0.239 *** (0.028)	0.267 *** (0.040)
R-squared	0.235	0.292	0.195	0.265	0.248
サンプルサイズ	7,333	1,491	1,629	1,774	2,439

パネルB: 二重計算調整後

	全期間	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005
製造業、OLS(年ダミー)					
研究開発集約(Basic)	0.125 (0.155)	0.373 * (0.195)	0.083 (0.086)	-0.013 (0.171)	-0.331 ** (0.148)
研究開発集約(Applied)	0.205 *** (0.061)	0.262 ** (0.126)	0.157 *** (0.039)	0.252 *** (0.076)	0.144 (0.101)
研究開発集約(Development)	0.285 *** (0.023)	0.248 *** (0.054)	0.237 *** (0.021)	0.323 *** (0.027)	0.321 *** (0.063)
R-squared	0.214	0.261	0.175	0.222	0.147
サンプルサイズ	5,809	1,285	1,330	1,399	1,795

製造業、OLS(年・産業ダミー)

研究開発集約(Basic)	0.270 ** (0.129)	0.508 *** (0.136)	0.101 (0.096)	0.115 (0.178)	-0.042 (0.133)
研究開発集約(Applied)	0.190 *** (0.073)	0.339 ** (0.143)	0.120 *** (0.040)	0.171 ** (0.076)	0.050 (0.083)
研究開発集約(Development)	0.206 *** (0.025)	0.204 *** (0.070)	0.206 *** (0.025)	0.242 *** (0.030)	0.244 *** (0.056)
R-squared	0.245	0.300	0.221	0.266	0.246
サンプルサイズ	5,809	1,285	1,330	1,399	1,795

(注1) 推計期間: 1986~2005年。

(注2) 被説明変数はすべて、付加価値TFP上昇率である。

(注3) 括弧内の数字はOLSの場合に企業レベルの系列相関と不均一分散を考慮した標準偏差である。

(注4) * p<.1, ** p<.05, *** p<.01

表8) 性格別R&D粗収益率の推計結果(続き)

パネルC: 二重計算調整後

	全期間	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005
製造業、OLS(年・産業ダミー)					
研究開発集約度 (Basic)	0.044 (0.104)	0.359 (0.359)	-0.055 (0.120)	0.185 (0.221)	0.061 (0.168)
研究開発集約度 (Applied)	0.196 *** (0.071)	0.342 ** (0.143)	0.122 *** (0.041)	0.169 ** (0.076)	0.056 (0.083)
研究開発集約度 (Development)	0.196 *** (0.026)	0.199 *** (0.070)	0.186 *** (0.029)	0.245 *** (0.030)	0.255 *** (0.062)
Basic*development	0.422 *** (0.074)	0.159 (0.263)	0.972 (0.701)	-0.550 (1.212)	-1.020 (1.253)
R-squared	0.246	0.301	0.223	0.266	0.246
サンプルサイズ	5,809	1,285	1,330	1,399	1,795
製造業、OLS(年ダミー)					
研究開発集約度 (Basic)	-0.257 (0.295)	-0.418 (0.686)	-0.083 (0.261)	0.181 (0.493)	-0.651 (0.631)
研究開発集約度 (Applied)	0.222 *** (0.060)	0.286 ** (0.126)	0.166 *** (0.040)	0.248 *** (0.078)	0.107 (0.111)
研究開発集約度 (Development)	0.270 *** (0.024)	0.234 *** (0.056)	0.226 *** (0.024)	0.321 *** (0.027)	0.320 *** (0.064)
Basic*電機産業	0.991 *** (0.354)	1.110 (0.725)	0.807 ** (0.397)	1.290 * (0.734)	2.910 ** (1.138)
Basic*化学産業	0.118 (0.289)	0.238 (0.686)	0.166 (0.263)	-0.221 (0.496)	0.264 (0.619)
Basic*輸送用機械産業	0.143 (0.327)	0.811 (0.698)	0.518 (0.572)	-0.577 (0.951)	-1.320 (0.817)
Basic*機械産業	-0.109 (0.355)	0.319 (0.909)	-0.256 (0.426)	-0.902 (0.638)	0.651 (0.703)
R-squared	0.221	0.274	0.178	0.227	0.155
サンプルサイズ	5,809	1,285	1,330	1,399	1,795

(注1) 推計期間: 1986~2005年。

(注2) 被説明変数はすべて、付加価値TFP上昇率である。

(注3) 括弧内の数字はOLSの場合に企業レベルの系列相関と不均一分散を考慮した標準偏差である。

(注4) * p<.1, ** p<.05, *** p<.01