

# 製造業における研究開発投資と生産性\*

小 橋 晶

## 1 はじめに

戦後、日本の製造業は目覚ましい技術進歩を遂げた。初期の日本の技術進歩には外国からの技術導入が大きく貢献していたと考えられるが、それ以後の技術進歩は民間企業の研究開発によるところが大きい。現在、日本の研究開発投資の大きさは先進国のなかでもトップクラスにあるが、民間部門の研究開発支出に占める割合が際立って大きいということが日本の特徴として挙げられる。表1に示されているように、比較的民間部門の割合が大きいアメリカと比較しても10%の開きがある。インターネットなどの情報技術の進歩が軍事目的の技術開発によるところが大きいアメリカに対して、日本の技術進歩は民間企業の研究開発によるところが大きいと思われる。

図1は製造業の研究開発費の推移を示している。バブル景気崩壊後、一時的

表1 主要国における研究費の負担割合  
(科学技術研究調査報告による)<sup>1)</sup>

	民間	政府	その他
日 本	79.4%	20.4%	0.02%
ア メ リ カ	69.5%	30.5%	—
ド イ ツ	37.1%	61.2%	1.8%
イ ギ リ ス	42.3%	49.6%	8.0%
フ ラ ンス	33.3%	52.3%	14.3%

\* 同志社大学の中尾武雄教授より有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝する。

1) 日本とアメリカは1997年度、その他の国は1995年度のデータである。

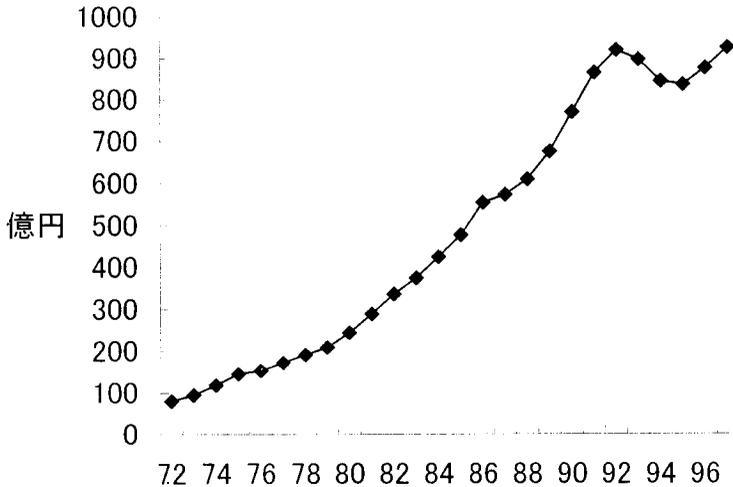


図1 製造業の研究開発費の推移

に研究開発投資は減少しているが、その後回復に転じている。近年の日本の経済成長率は低下しており、同時に生産性の上昇率も低下しているという指摘がある。民間企業の研究開発投資と生産性上昇率の関係に何か変化が起こっているのだろうか。

1980年代はじめより、Griliches, Mansfield らによって研究開発投資と生産性の相関に関する研究が行われてきた。現在にいたるまで研究開発投資と生産性の相関については多くの研究があり、企業ベース、産業ベースのデータによって、研究開発投資と生産性の上昇率の間に有意な関係があることが確認されている。日本の製造業を対象としたものとしては、Goto and Suzuki [1989], Mansfield [1988] などがある<sup>2)</sup>。しかし、これらは80年代前半までの分析であり、また時間を通じての変化は考察されていない。本稿では、70年代後半から90年代半ばまでの日本の製造業を対象とし、パネル推定法によって研究開発投

2) フランスの製造業を対象とした研究では Hall and Mairesse [1995]、ドイツを対象とした研究では Harhoff [1995] がある。

資と生産性の相関に傾向的な変化があったことを明らかにする。

1977年から1995年の約20年を4つの期間に分け、それぞれの期間における研究開発投資の限界収益率を推計したところ、徐々に低下してきているということが明らかになった。それと同時に、生産性の上昇率と研究開発投資の相関関係が低下していることがわかった。これら2つの現象が何を意味し、日本の製造業にどのような変化が起きているのかを検討する。

以下第2節でデータの説明、第3節でモデル、第4節で推定結果、第5節で結論を述べる。

## 2 デ ー タ

日本の主要な製造業である、食品工業、繊維工業、パルプ・紙、化学工業、石油・石炭製品、窯業、金属製品工業、一般機械工業、電気機械工業、輸送機械工業、精密機械工業の11産業をとりあげる。対象とする期間は1977年から1995年である。しかし、データの制約から、石油・石炭製品工業と窯業は1980年から、パルプ・紙製造業では1978年からのサンプル期間となる。

生産性の上昇率は、総要素生産性 (Total Factor Productivity) 上昇率を使用する。これは、付加価値増加率から労働増加率と資本ストック増加率を引くことによって得られる。労働投入量は「就業者×平均労働時間」、資本投入量「平均資本ストック×稼働率」により求めた。このとき使用した、国内総生産、資本ストック、就業者数は国民経済計算による。また労働時間、稼働率はそれぞれ毎月勤労統計、通産統計による。

TFP上昇率の推移が表2および図2に示されている。5年ごとに区切り、その平均上昇率計算した。92年以降の景気後退期にはどの業種でもTFP上昇率は低く、かなりの業種で負の値をとっていることがわかる。また図2からは、化学工業、電気機械工業のTFP上昇率の低下が著しいことが読み取れる。表3は11業種のなかでの上昇率の順位をまとめたものである。どの期間でも電気機械工業、化学工業が1位、2位となっている。石油・石炭鉱業は87年—91年

表2 TFP上昇率

	Total (77-95)	77-81	82-86	86-91	91-95
食品	-0.0068001	0.000576	-0.01197	-0.0132	-0.00155
繊維	0.00360693	0.013775	-0.00853	-0.00809	0.020685
パルプ・紙	-0.0005934	0.010646	-0.01254	0.007667	-0.01004
化学	0.02996297	0.06195	0.030631	0.012056	0.011529
石油・石炭	-0.0216298	-0.04672	-0.02248	0.00127	-0.01783
窯業	0.00378338	0.004818	0.008621	-0.00045	-0.00247
金属	0.00781283	0.011805	0.016667	-0.00476	0.007466
機械	0.01274282	0.03424	0.01057	0.011681	-0.01009
電気	0.05170757	0.085232	0.044994	0.04409	0.027716
輸送	0.00569691	0.006926	0.004141	0.005324	0.006572
精密機械	0.01021406	0.043315	0.006884	0.009134	-0.02565

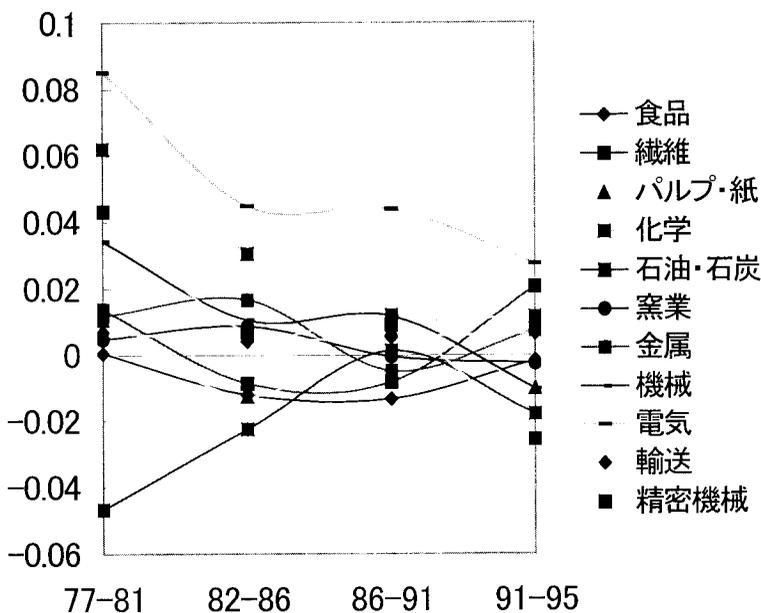


図2 TFP上昇率の推移

表3 TFP上昇率の順位

	Total (77-95)	77-81	82-86	86-91	91-95
食品	3	10	9	11	6
繊維	8	5	8	10	3
パルプ・紙	9	7	10	5	9
化学	2	2	2	2	2
石油・石炭	11	11	11	7	11
窯業	7	8	5	8	7
金属	5	6	3	9	4
機械	3	4	4	3	10
電気	1	1	1	1	1
輸送	6	9	7	6	5
精密機械	4	3	6	4	8

の期を除いて最下位となっている。その他の業種については多少の変動があるが、全体として見ると大きな変化はないと言える。

研究開発投資のデータに関しては、総務庁統計局の科学技術研究調査報告を使用する。他にも、有価証券報告書に研究開発費の記載はある。しかし、後藤〔1993〕によれば有価証券報告書に報告されている研究費は科学技術研究調査報告書の28パーセントでしかなく、ギャップが大きいという理由で使用しなかった。特に科学技術研究調査報告には支出が種類別に記載されているので、固定有形資産、人件費、原材料費、その他の支出の4つの比率をもとめウェイトづけし研究費デフレーターを算出し、実質研究開発支出を求めた。

### 3 モ デ ル

これまでの研究開発投資と技術進歩の関係についての研究では、主に2種類の分析方法がとられている。第1は、技術知識ストックを推計し、その生産への弾力性を推計する方法である。第2には、研究開発投資の限界収益率を直接推計する方法がある。本分析では2つの理由から後者の方法を採用。第1の方法は知識ストックの推計することを必要とするが、第2の方法はフローの研究

開発投資額のデータのみから推計できるという利点がある。また、前者は全ての産業で弾力性が等しいという仮定をしなければならないが、後者の方法は限界収益率が一定になるという仮定をおくことになる。本研究では産業レベルのデータを用い推計を行うので、産業間で弾力性（生産関数）が等しいと仮定するよりも、限界収益率が産業間で均等化されるという仮定のほうが妥当と思われる。

次の拡張されたコブ・ダグラス型生産関数を用いる。

$$Y = Ae^{\lambda t} L^{\alpha} K^{1-\alpha} R^{\gamma}$$

$R$ ：技術ストック投入量

$\alpha$ ：労働分配率

$\lambda$ ：その他の要因の成長率

この式の両辺を  $L^{\alpha} K^{1-\alpha}$  で割ると、

$$TFP = \frac{Y}{L^{\alpha} K^{1-\alpha}} = Ae^{\lambda t} R^{\gamma}$$

となる。ここで時間に関して微分すると、

$$\frac{\dot{TFP}}{TFP} = \lambda + \gamma \frac{\dot{R}}{R}$$

となる。 $\gamma$  は弾力性なので、 $\gamma = \frac{\partial Y}{\partial R} \cdot \frac{R}{Y}$  がなりたっている。これを用いて上

式を書き換えると、総要素生産性上昇率（TFP上昇率）は

$$\frac{\dot{TFP}}{TFP} = \lambda + \frac{\partial Y}{\partial R} \cdot \frac{\dot{R}}{Y} \quad (1)$$

と表わすことができる。そこで、総要素生産性上昇率と研究開発投資・付加価値比率が得られれば係数である限界収益率<sup>3)</sup>を推計できる。 $\dot{R}$  は技術知識ストックの増分だが、その年の研究開発投資で代用する。その場合、技術ストッ

3) Jones and Williams [1998] によれば、正の限界収益率は、研究開発投資が社会的観点から過小となっていることを意味する。

クの減耗は考慮しないことになる。しかし、減耗を考慮したとしても結果に大きな差異を生まないということが Hall and Mairesse [1995] で明らかにされている。また、企業レベルの分析を異なり、産業間で競争する訳ではないので技術ストックの減耗はそれほど重要ではないだろう。

パネル形式のデータを用いる利点は、ある産業に特有な性質を切片の変化によって対処できる点にある。その際の推定方法として固定効果分析 (Fixed Effects) と変量効果分析 (Random Effects) がある<sup>4)</sup>。前者は切片を非確率変数として扱うが、これはダミー変数を用いて推計することもできる。後者は切片を確率変数として扱う。ただし、切片と説明変数に相関がある場合、推定量は一致性をもたない。変量効果分析が可能かどうかの判断は、Hausman 検定とよばれる方法によって行われる。帰無仮説は「定数項に相関がない」であり、棄却できない場合にのみ変量効果分析を行なうことができる。本分析では、切片は研究開発投資以外の要因による生産性上昇率を表わす  $\lambda$  であった。これは様々なショックによる総要素生産性の変動要因を含んでいる。よって、 $\lambda$  を時間に関して一定と仮定するよりも、確率変数として扱うほうが妥当と思われる。

研究開発投資と生産性の関係を考えるうえで無視できないのがラグの問題である。一般に、研究開発投資を行ってからその成果が生まれるまでには一定の期間が必要だろう。しかし、このラグ分布の形状を推計する事は困難であり、また平均ラグ期間についても様々な見解がある。例えば、Goto and Suzuki [1989] では企業へのアンケート調査の結果から、平均ラグを3年として分析をしている。本分析でもそれに従い、ラグ分布の形状の特定化はせず平均ラグを3年とし推定する。

#### 4 推定結果

まず、1977年からのバブル景気がはじける1991年までの期間をサンプルとし(1)式を推定した。結果は表4に示されている。Hausman 検定の  $P$  値

4) Greene [1993] などを参照。

表4 1997—1991年の平均限界収益率

	限界収益率	P 値	Hausman 検定 P 値	自由度修正済み決定係数	D · W比
77-91年	0.342873	0	0.5752	0.199112	2.14172

表5 5年ごとの平均限界収益率

	限界収益率	P 値	Hausman 検定 P 値	自由度修正済み決定係数	D · W比
77-81年	0.362189	0.002	0.6979	0.224589	1.67056
82-86年	0.343441	0.009	0.1464	0.169088	1.96799
87-91年	0.204575	0.094	0.1017	0.07796	1.92283

は0.5752となっており、10パーセント水準でも棄却されない。よって、定数項に相関があるとは言えないので変量効果分析による推定を行なうことができる。限界収益率である係数は1パーセント水準で有意である。決定係数はそれ程高くなく0.2程度であるが有意な結果を得た。

次に傾向的な変化を見るために、バブル期の1987年—1991年、それ以前の10年を2つに分割した1977年—1981年、1982年—1986年と、5年間ずつ3つの期間にわけて推計を行なった。

表5に3つの期間の推定結果が示されている。Hausman 検定によって、全ての期間で変量効果分析が選択される。77年—81年、82年—86年の限界収益率は、0.35前後となっている。この値と76年—84年の限界収益率の推定を行った Goto and Suzuki [1989] の結果と比較しよう。彼らは企業ベースのデータを用いて推定している。化学、薬品、窯業、電気機械、通信機器、自動車の7産業の限界収益率を推定しているので、本分析とは多少異なるが、産業全体の平均限界収益率は0.32から0.35と推計されている。この値は、本稿で得られた70年代後半から80年代前半の値とほぼ一致する。

次にバブル景気の崩壊以後の、景気後退期である1992年から1995年までの期間での推定を見てみよう。表6に示されている通り、良い結果は得られなかった。Hausman 検定により変量効果分析が選択されるが、係数は有意ではない。理由として、景気後退に伴う労働、資本ストックの調整が速やかになされず、

表 6 1992年—1995年の平均限界収益率

	限界収益率	P 値	Hausman 検定 P 値	自由度修正済み決定係数	D・W比
92-95年	0.032201	0.715	0.7776	-0.020004	1.31316

総要素生産性が相当大きなバイアスをもっていることが考えられる。

このように、92—95年には有意な推定結果は得られなかったが、それまでの期間の限界収益率をよく見ると、77年—81年は36%、82年—86年は34%、87年—91年20%と年代が進むにつれて低下していることがわかる<sup>5)</sup>。

研究開発投資の収益率を分析するには、企業家による投資資金の需要と投資家による資金の供給の両側面を考える必要がある。企業家による資金の需要は、右下がりの曲線となると考えられる。なぜなら、研究開発投資による期待収益はプロジェクトごとに異なり、企業は最も期待収益の高いプロジェクトから実行していくからである。また、需要曲線の位置は最終財の(期待)需要や、研究開発による成果の大きさ(技術機会の有無)などの影響を受けシフトする。投資家による供給は、いくつかの要因により右上がりの曲線になると考えられる。供給曲線は、投資家の予想や技術ストックの減耗率などの影響を受けシフトする。そして研究開発投資水準は、需要と供給が一致する点、つまり研究開発投資の限界収益率とコストが一致する点に決まる。従って、収益率の低下は、需要曲線の下へのシフトか、供給曲線の右へのシフトによって引き起こされる。よって、供給曲線のシフトによって企業は低い費用で資金調達できるようになり、低い収益率しかもたらさないプロジェクトにまで手がけるようになったという可能性と、需要曲線が内側にシフトし収益率が低下したという可能性の2つが考えられる。

表5からもう一点わかることは、決定係数の低下である。77年—81年、82年—86年、87年—91年の決定係数は、0.2台から0.1台、そしてバブル期では0.1を下回っている。生産性の決定要因としての研究開発投資の重要性が低下して

5) Hall [1993]によればこのような現象は80年代前半のアメリカの製造業でも観察されている。

いと解釈できる。92年—95年の期間で有意な結果がえられなかった理由は、生産性上昇率のデータがバイアスをもっていた為ではなく、構造的な変化による可能性もある。

## 5 結 論

本稿では、パネルデータを用いて研究開発投資の限界収益率を推計した。推計により限界収益率が傾向的な低下と決定係数の低下が明らかになった。この要因として、供給曲線のシフトと需要曲線のシフトが考えられる。問題となるのは需要曲線のシフトによって限界収益率が低下している場合である。需要曲線は、最終財の需要が望めないような不況期には下にシフトする。しかし、87年—91年期の好況期にも限界収益率は低下しているので、このケースは考えにくい。他に需要曲線が下にシフトする要因としては、収益を見込める技術機会が減少していることがあげられる。

92年代以降では有意な推計結果を得ることはできなかった。これは不況による攪乱要因によって総要素生産性が正しく推計できないためと見ることもできる。しかし、70年代後半からバブル期までの分析から、研究開発投資と生産性上昇率の相関関係が弱まってきていることが明らかになった。つまり、生産性上昇率の決定要因としての研究開発投資のウェイトが小さくなってきているため、92年以降は相関が観測されなかったとも考えられる。

これらの結果から、次のような可能性も考えられる。相関関係が弱まってきていることは生産性が上昇するような技術機会の減少を意味し、資金の需要曲線の下へのシフトが、限界収益率の低下につながっているのかもしれない。

本研究では、限界収益率の低下と決定係数の減少という2つの現象が起きていることを明らかにした。本分析の枠組みでは、これらの現象が供給側の要因なのか需要側の要因なのか、明確な結論をくだすことはできない。これからの課題としたい。

## 【参考文献】

- 後藤晃「日本の技術革新と産業組織」東京大学出版会, 1993年.
- Goto, A. and K. Suzuki, "R & D Capital, Rate of Return on R & D Investment and Spillover of R & D in Japanese Manufacturing Industry," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 71, 1989, pp. 555-564.
- Greene, W. H., *Econometric Analysis*, Prentice Hall, 1993 (3rd. ed.).
- Hall, B. H., "Industrial Research during the 1980s: Did the Rate of Return Fall?," *Brooking Papers: Microeconomics* 2, 1993, pp. 289-330.
- Hall, B. H. and J. Mairesse, "Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms", *Journal of Econometrics*, Vol. 65, 1995, pp. 263-293.
- Harhoff, D., "R & D and Productivity in German Manufacturing Firms," *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 6, 1998, pp. 29-49.
- Jones, C. I. and J. C. Williams, "Measuring The Social Return to R & D," *Quarterly Journal of Economics*, November, 1998, pp. 1119-1135.
- Mansfield, E., "Industrial R & D in Japan and the United States: A Comparative Study," *American Economic Review*, Vol. 78, 1989, pp. 223-228.