

## Articles

論文

日本の製造業におけるR&D  
生産性の再検討

研究員

絹川 真哉



目次

序	・モデルの推定
・R&D 収益率の測定に用いるモデル	1. 推計方法
1. R&D収益率を測定する計量経済モデル	2. 推定結果
2. R&D ストックのモデル	・科学技術政策の評価と提言
・データの作成	1. 民間の研究開発活動をいかに刺激するか
1. R&D 以外のデータ	2. 政府研究機関・大学の民間に対する役割をいかに高めていくか
2. R&D データ	

要旨

- 平成11年8月に成立した「産業活力再生特別措置法」において、科学技術政策は産業競争力強化に大きく貢献することが期待されている。これら政策が本当に効果があるものなのかどうかを判断するためには、技術開発への主なインプットである R&D 投資が、どれだけ産業の生産性を向上させるかについて知る必要がある。しかし、日本の R&D 生産性に関する実証研究は多くなく、更にバブル崩壊以降である90年代のデータを用いた実証研究はほとんどない。
- 本稿は日本の中分類製造業のパネルデータを用い、計量経済学的に R&D 生産性を推計した。コブ=ダグラス型生産関数の推計結果は、1990年代を含めたデータセットを用いても、産業内における R&D の収益率が非常に高いことを示している。
- 更に本稿は、産業間でのスピルオーバー効果、政府・大学 R&D の産業へのスピルオーバー効果、そして産業における基礎研究投資のプレミアム効果の有無を検証した。推定結果は、それらの効果が製造業においては存在していない可能性を示している。
- これらの結果より、製造業の利益を最大にするためには、製造業自身の研究開発を刺激していくことが必要である。しかし、試験研究費の税額控除制度などの政策は、企業にとってあまり使い勝手が良くなかったためにこれまで十分に浸透してこなかった。企業の研究開発努力を更に促していくために、科学技術政策の抜本的改革が必要である。

# Reconsideration of R&D productivity in Japanese manufacturing industries

Economist **Shinya Kinukawa**

## CONTENTS

### Introduction

- . Model specification
- . Construction of the data
- . Estimation methods and results
- . Evaluation of recent Japanese technology policy

## SUMMARY

1. In recent Japanese law on special measures for industrial revitalization, technology policy is expected to fill the large role to improve industry's productivity. To appreciate whether the policy is really effective or not, we need to know what extent R&D investment, which is the major input to technological development, improves the productivity of industry. But, there is only a little studies that estimate the productivity of R&D in Japanese industry, and moreover, little studies using the data of 90's, that is after the bubble burst.
2. This paper estimates the productivity of R&D econometrically using 2-digit Japanese manufacturing industries panel data. The result of estimation of Cobb-Douglas type production function shows that the rate of return of intra-industry's R&D is very high although the estimation includes 90's data.
3. In addition, this paper evaluates inter-industry R&D spillover effect, government and university R&D spillover effect on manufacturing industries, and industry's basic research premium. The result shows the possibility that these factors have no effect on the return in manufacturing industries.
4. From these results, technology policies that stimulate industry's R&D investment are recommended to maximize the return in manufacturing industries. But in Japan, such a policy as tax deduction on research expenditures has not worked enough because of its inconvenience. To enhance industry's R&D, drastic reform in technology policy is urgent.

## 序

新産業の創出や企業の競争力向上など、研究開発投資に期待される効果は多い。平成11年8月に成立した「産業活力再生特別措置法」においても「研究活動の活性化等」はその柱の1つであり、「政府資金による委託研究成果に係る知的財産権の取扱い」と「承認 TLO（技術移転事業者）に対する特許料の減免など」が盛り込まれている。このような科学技術政策の立案や評価には、研究開発投資が産業に与える影響についての知識が必要で、実証研究はそれら知識を我々に与えてくれる。

研究開発投資の経済効果を計測する試みは、これまでに膨大な数の研究が蓄積されているが、日本の産業を対象としたものは多くない。その中で、例えば Goto and Suzuki (1989) は、7産業の生産関数をそれぞれ企業パネルデータから推定し、R&D ストック収益率はグロスで約33%、ネットで約39%と高い水準であることを示した。また、後藤・若杉 (1984) は製造業17業種についてのクロスセクション・データを用いた生産関数の推定より、自己負担研究費と技術導入対価支払額の合計の収益率がグロスで39.3%であることを示した。

本稿は90年以降を含む2桁分類製造業の業種パネルデータによって、日本の製造業における研究開発投資の収益性を再検討する。更に、産業内 R&D の収益性のみならず、他産業 R&D と政府・大学 R&D からのスピルオーバー、そして製造業における基礎研究が収益率に与える影響を同時に検証する。

産業間 R&D ストックのスピルオーバー効果については多くの研究成果があり、それらのサーベイ論文として、例えば Mohnen (1996) などがある。産業間の R&D スピルオーバーは、これまで2つの考え方に基づいて検証されてきた<sup>1)</sup>。1つは中間財や資本に体化された研究開発のスピルオ

ーバーである。先端技術産業など研究開発支出の大きい産業が生産する中間財、資本財の価格は、企業間競争のために研究開発による品質向上を完全には反映していない。よって、このような財を購入する企業は、財に体化された研究開発を十分な対価を支払うことなく得ることができる。もう1つは知識そのもののスピルオーバーで、知識の占有不可能性、リバース・エンジニアリングなどによって漏れ出す知識・技術である。中間財や資本を通じた R&D スピルオーバーは価格測定の問題であり、例えばヘドニック価格など品質変化を組み込んだ価格を用いれば R&D スピルオーバーの問題ではなくなる。本稿では後者の知識スピルオーバーを分析対象とする。

日本国内における産業間での知識スピルオーバーに関する実証研究は少ない。その中で、Goto and Suzuki (1989) はほぼ産業3桁分類に対応する45産業のクロスセクションデータを用い、エレクトロニクス関連の R&D ストックからその他産業への知識スピルオーバーを検証した。その効果は正かつ有意で、エレクトロニクス関連 R&D ストックの社会的収益率が4.3%であることを示した。

政府 R&D ストックのスピルオーバーは、米国については Nadiri and Mamuneas (1994) がある。彼らは製造業各業種の費用関数に政府 R&D を加えて推定し、政府 R&D の社会的収益率がサンプル期間平均で約8.7%であることを示した。大学 R&D については、製造業の生産性や付加価値への影響を調べた研究は見られないが、製造業の特許と研究開発支出へ与える影響については Jaffe (1989) があり、地域パネルデータを用いた分析から大学 R&D が民間の特許と研究開発の増加に影響しているとの結果を得ている。

基礎研究が収益率に与える影響については、Griliches (1986) が1967、1972、1977年の米国企業クロスセクションデータを用いて検証し、研究開発投資収益率において基礎研究のプレミアムが

存在するとの結論を得ている。更に、Lichtenberg and Siegel (1991) は1972年から1985年までの米国企業パネルデータを用い、基礎研究のプレミアムを再確認している。

以下、第1節で推定するモデル、第2節で推定に用いたデータ、第3節で推定方法と推定結果を説明し、最後に第4節で推定結果をもとに政策評価と提言を行う。

## ・ R&D 収益率の測定に用いるモデル

### 1 . R&D 収益率を測定する計量経済モデル

R&D ストックの収益率を推計するモデルとして、本稿は資本ストック、労働、そして R&D ストックの3生産要素から付加価値を生産する産業レベルのコブ=ダグラス型生産関数を用いる。

$$Y = Ae^{\lambda t} L^\alpha C^\beta K^\gamma \dots\dots\dots (1)$$

$Y$  : 付加価値額

$t$  : タイムトレンド

$L$  : 労働投入

$C$  : 資本ストック

$K$  : R&D ストック

Goto and Suzuki (1989) など多くの研究者が、労働投入量と資本ストック量の2つの生産要素について1次同次を仮定している。本稿は研究開発投入要素の二重計算を除くため、研究者(および研究部門従事者)、研究開発部門の資本ストックを通常の労働投入と資本ストックから差し引く。所得は資本と労働、そして R&D ストックに対しても分配されなければならない。このため、通常要素について1次同次を仮定せず、より一般的な(1)式を用いる。

は R&D ストックが1%増加した時に付加価値が何%増加(または減少)するかを示す弾力性  $\frac{K}{Y} \frac{\partial Y}{\partial K}$  である。R&D ストックが1円増加した時

に付加価値が何円増加(または減少)するかを示す収益率  $\rho = \frac{\partial Y}{\partial K}$  を推定するため、(1)式の対数

型、

$$y = a + \lambda t + \alpha l + \beta c + \gamma k$$

を(2)式へと変形する(基本モデル)。なお、以下で小文字は対数を、 $\Delta$  は1階階差を示す。

### 基本モデル

$$\Delta y = \lambda + \alpha \Delta l + \beta \Delta c + \rho \frac{\Delta K}{Y} \dots\dots\dots (2)$$

(2)式の右辺第4項は、まず収益率の定義より、

$$\rho = \frac{\partial Y}{\partial K} = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{K}{Y} \frac{Y}{K} = \frac{\partial \log Y}{\partial \log K} \frac{Y}{K} = \gamma \frac{Y}{K}$$

$$\therefore \gamma = \rho \frac{K}{Y}$$

対数の1階階差が伸び率に近似的に等しく、

$$\Delta k \cong \frac{\Delta K}{K}$$

となることを用いた。なお、産業レベルの R&D の収益率には、企業の私的な収益率だけではなく、産業内における企業間でのスピルオーバーによる社会的収益も含まれる。

次に、(2)式に外部経済効果(R&D スピルオーバー効果)として他産業 R&D ストック、そして政府・自治体研究機関および大学の R&D ストックを加える。更に、製造業における基礎研究投資のプレミアムを検証するため、Griliches (1986) 同様、(当該産業における)研究開発支出全体に対する基礎研究支出の比率を加え、(2)式を(3)式へと拡張する(拡張モデル)。

### 拡張モデル

$$\Delta y = \lambda + \alpha \Delta l + \beta \Delta c + \rho_1 \frac{\Delta K1}{Y} \dots\dots\dots (3) \\ + \rho_2 \frac{\Delta K2}{Y} + \rho_3 \frac{\Delta K3}{Y} + \theta BR$$

$K1$  : 産業内 R&D ストック

$K_2$  : 産業外 R&D ストック

$K_3$  : 政府・大学 R&D ストック

$BR$  : R&D 支出に占める基礎研究支出の比率

$\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  はそれぞれ産業外スピルオーバー、政府・大学 R&D スピルオーバーによって製造業の収益率がどれだけ増加するかを示す。また、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  が有意に正であれば、基礎研究投資収益にプレミアムが存在する。

## 2. R&D ストックのモデル

企業の有する技術知識の大部分は、過去の研究開発によって生み出された知識、経験の積み重ねであり、研究開発に失敗した場合でも、ネガティブデータとして貴重な知識・経験が得られる<sup>2)</sup>。このような考えに基づき、多くの実証研究が R&D ストックを過去の研究開発支出額の積み重ねとして捉えている。本稿もこの考え方に従い、R&D ストックを恒久棚卸法 (perpetual inventory method) によって定式化する。

$$K_t = R_{t-1} + (1-\delta)K_{t-1}$$

$K_t$  : t 期における R&D ストック

$R_{t-1}$  : t-1 期における実質研究開発支出額

$\delta$  : 技術知識の減耗率

$R_t$  の代わりに  $R_{t-1}$  を用いるのは、新しく得られた知識が生産に用いられるまでのラグを考慮したものである<sup>3)</sup>。また、R&D ストックは毎年一定の減耗率  $\delta$  で毎年減少していくと仮定する。R&D ストックの減耗は以下の要因で起る<sup>4)</sup>。まず、より進んだ優れた技術が生み出された場合である。既存技術が知識としては残っていても、生産過程で用いられなくなればその知識は陳腐化し、知識全体の一部分が減耗したことになる。もう一つは、時間の経過とともにある企業が開発した技術が他企業に広がっていく場合である。その技術を開発した企業の収益は、他社もその技術を使うことで低下する。産業レベルでは、新しい技術が

広がっていくことで新規参入が増加し、産業全体の収益が低下していく。

初期時点  $t=1$  の R&D ストックは、それ以前の実質研究開発支出額の増加率が毎年  $g (>0)$  であったと仮定し、以下のように求める。

$$\begin{aligned} K_1 &= R_0 + (1-\delta)R_{-1} + (1-\delta)^2 R_{-2} + \dots \\ &= R_0 + \left(\frac{1-\delta}{1+g}\right)R_0 + \left(\frac{1-\delta}{1+g}\right)^2 R_0 + \dots \\ &= \frac{R_0}{1-\left(\frac{1-\delta}{1+g}\right)} = \frac{R_0(1+g)}{g+\delta} = \frac{R_1}{g+\delta} \end{aligned}$$

## 3. データの作成

製造業業種別データを用い、推定に必要な各変数を作成した。対象業種は、繊維、パルプ・紙、化学、石油・石炭製品、窯業・土石製品、鉄鋼、非鉄金属、金属製品、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械の12業種。R&D ストックは、これらに食品、出版・印刷を加え、14業種とした。

付加価値、労働、資本のデータは1981年から1997年について作成し、R&D ストックは1972年から作成した。初期時点の R&D ストックを推計するには、前述のように初期時点以前の R&D 支出額の伸び率が必要になるが、実際には初期時点以降の伸び率で代替するため、初期時点の R&D ストック推計値は誤差が大きくなる。しかし、時間の経過とともに誤差も小さくなっていくため、R&D ストックは1972年から推計し、生産関数の推計には1981年以降のデータを用いた。

### 1. R&D 以外のデータ

#### (1) 付加価値

経済企画庁「国民経済計算」の経済活動別国内総生産(実質)、平成2年基準。

## (2) 資本ストック

経済企画庁「民間企業資本ストック」の取付ベース（粗）資本ストック。ストック系列は期末値なので、推定の際には前年の数値を用いた。これに、通産省「稼働率指数」の業種別の稼働率指数（年平均）を掛け合わせた。なお、食品、出版・印刷の2業種は稼働率指数が得られないため、生産関数を推定する際の対象業種から除いた。

## (3) 労働投入量

当該産業の期末従業員数に総実労働時間数を乗じて求めた。出所はともに労働省「毎月勤労統計要覧」。

## (4) 研究開発の資本ストックと労働投入の調整

研究開発活動における資本ストックと労働投入量を、通常の資本ストック、労働投入量から差し引く。この調整が推定結果に大きな影響を与えることは Hall and Mairesse (1995) によって示された。研究開発活動における資本ストックと労働投入量の推計方法は次節で説明する。

## 2. R&D データ

### (1) 産業内 R&D ストック

まず、総務庁「科学技術研究調査報告」の社内使用研究費支出額（会社等）に技術輸入対価支払額を加え、1970年以降について実質化。デフレーターはすべての業種について、経済企画庁「国民経済計算」の GDP デフレーターを適用した。

初期時点（1972年）の R&D ストックを推計する際に用いた実質 R&D 支出額の成長率として、1973年から10年間の年成長率の平均を用いた。

R&D ストック減耗率はすべての業種について10%を適用した<sup>5)</sup>。R&D と生産性に関する多くの実証研究が減耗率について企業または産業ごとに同じ減耗率を適用している。最近の実証研究について見ると、企業レベルでは、フランス企業を対象とした Hall and Mairesse (1995)、インド企業を対象とした Basant and Fikkert (1996) が15%

を適用している。なお、Hall and Mairesse (1995) は減耗率を25%とした場合も推計しており、15%とした時の推定結果と大きな差がないことを示した。産業レベルでは、Bernstein and Mohnen (1998) が日米の製造業に対して10%を適用している。アンケート調査においては、三菱総合研究所(1990) が技術または理論のライフタイムを「当該技術/理論が何らかの形で発表（論文発表、デモンストレーション、特許出願等）されてから、新技術あるいは改良技術によって代替されるまでの期間」と定義して質問紙による調査を行い、ライフタイムの逆数から減耗率を推計した。その結果、製造業計の減耗率は9.8%となり、ほぼ10%となった。

### (2) 研究開発投資における労働と資本

労働投入量については、社外兼務者を除いた研究開発従事者数に「毎月勤労統計要覧」の総実労働時間数を乗じて求めた。

資本ストックについてはまず資本デフレーターを算出した。社内使用研究費支出額（会社等）のうちの有形固定資産購入費を 土地・建物等とその他、 機械・器具・装置等の2つに分け、ウェイトを求める。そして については日本不動産研究所「全国市街地価格指数」の全国市街地価格指数（住宅地、商業地、工業地の平均、9月時点） については日本銀行「物価指数年報」の機械器具を用い、それぞれのウェイトで加重平均することで資本デフレーターを算出した。このデフレーターを用いて社内使用研究費支出額（会社等）のうちの有形固定資産購入費を実質化し、每期足し合せることで粗資本ストックを算出した。初期時点の粗資本ストックは R&D ストックと同様の方法で求めた。

### (3) 産業外 R&D ストック

産業外の R&D ストックは、当該産業を除いた各産業にウェイトを乗じて足し合せた。ウェイトとして何を用いるかは、前述のようにスピルオーバーを中間財や資本財を介したものと捉えるか、

あるいは知識や技術が直接的に他へ波及するものを捉えるかによって異なる。本稿では後者のスピルオーバーを対象とし、ウェイトとして Jaffe (1986) が提唱した 2 つの企業 (または産業)  $i$  と  $j$  との間の技術的近さを示す以下の指標を用いる。

$$P_{ij} = \frac{f_i f_j'}{\sqrt{(f_i f_i')(f_j f_j')}}$$

ベクトル  $f_i = (f_{i1} \cdots f_{ik})$  は、第  $i$  産業においてどの分野にどれだけの研究開発支出が行われたかを示す。 $P_{ij}$  は 0 と 1 の間となり、1 に近ければ近いほど、2 つの産業の研究開発分野は似通っている。そして、2 つの産業の研究開発分野が似通っていればいるほど、技術や知識のスピルオーバーが起りやすいと考える。 $f_i$  として、「科学技術研究調査報告」の産業、製品分野別社内使用研究費 (支出額) を用い、 $P_{ij}$  を 1975 年、1980 年、1985 年、1990 年、1995 年について作成し、これらを平均して用いた (付表参照)。

#### (4) 研究機関および大学の研究開発投資

「科学技術研究調査報告」の国営研究機関理学、国営研究機関工学、公営研究機関理学、公営研究機関工学、大学理学、そして大学工学の内部使用研究費を用い、それぞれの R&D ストックを算出した。デフレーターはいずれも GDP デフレーター (90 年基準) を用い、減耗率を 10% とした。Nadiri and Mamuneas (1994) も政府 R&D ストックの減耗率として 10% を採用している。また、前述の三菱総合研究所 (1990) は大学や研究所に対しても同様の調査を行っており、減耗率 10.3% という結果を得ている。

#### (5) 基礎研究費比率

「科学技術研究調査報告」の性格別社内使用研究費から基礎研究の比率を求め、R&D ストックの場合と同様、1 年のタイムラグをとった。性格別社内使用研究費は基礎研究、応用研究、開発研究の 3 つに分けられ、「科学技術研究調査報告」

では以下のように定義されている。

#### 基礎研究

特別な応用、用途を直接に考慮することなく、仮説や理論を形成するためもしくは現象や観察可能な事実に関して新しい知識を得るために行われる理論的または実験的研究。

#### 応用研究

基礎研究によって発見された知識を利用して、特定の目標を定めて実用化の可能性を確かめる研究及び既に実用化されている方法に関して、新たな応用方法を探索する研究。

#### 開発研究

基礎研究、応用研究及び実際の経験から得た知識の利用であり、新しい材料、装置、製品、システム、工程等の導入または既存のこれらのものの改良をねらいとする研究。

## ・モデルの推定

### 1. 推計方法

基本モデル(2)式、そして外部性と基礎研究比率を加えた拡張モデル(3)式の 2 つのモデルを、前述 12 業種について、1982 年から 1997 年までの 16 年間のパネルデータを用い推定した。誤差項については、各業種個別の効果と時間の効果の 2 つを考慮した The 2-way error component regression model によって定式化した。

(基本モデル)

$$\Delta y_{it} = \lambda + \alpha \Delta l_{it} + \beta \Delta c_{it} + \rho \frac{\Delta K1_{it}}{Y_{it}} + u_{it}$$

$$u_{it} = \mu_i + \tau_t + v_{it}$$

(拡張モデル)

$$\Delta y_{it} = \lambda + \alpha \Delta l_{it} + \beta \Delta c_{it} + \rho_1 \frac{\Delta K1_{it}}{Y_{it}} + \rho_2 \frac{\Delta K2_{it}}{Y_{it}} + \rho_3 \frac{\Delta K3_{it}}{Y_{it}} + \theta BR_{it} + u_{it}$$

$$u_{it} = \mu_i + \tau_t + v_{it}$$

$\mu_i$  が業種ごとの個体効果 (Individual effect)  $\tau_t$  が時間効果 (Time effect) である。  $v_{it}$  は平均 0、分散  $\sigma_v^2$  を持つ確率項である。モデルは更に、  $\mu_i$  と  $\tau_t$  の定式化によって 2 つに別れる。

1 つは、  $\mu_i$  と  $\tau_t$  をパラメーターとして扱うモデルで、固定効果モデル (Fixed effects model) と呼ばれる。固定効果モデルは業種と時点の数だけダミー変数を加えた Least Square Dummy Variable (LSDV) モデルによって、ダミー変数以外のパラメーターの有効推定量 (Efficient estimator) が得られる。

もう 1 つは  $\mu_i$  を平均 0、分散  $\sigma_\mu^2$  の確率項、  $\tau_t$  を平均 0、分散  $\sigma_\tau^2$  の確率項とするモデルで、変量効果モデル (Random effects model) と呼ばれる。  $\mu_i$  は時間を通じて一定で、  $\tau_t$  は業種を通じて一定である。  $v_{it}$ 、  $\mu_i$ 、  $\tau_t$  は互いに独立であり、更に説明変数からも独立である。変量効果モデルは Generalized Least Square (GLS) によって推定した。実行可能な GLS (Feasible GLS : FGLS) はいくつかの方法が提案されており、モデルの定式化が正しければ、それらはいずれも漸近的には有効推定量である。 Baltagi (1995) は少なくとも 2 つ以上の FGLS で推定し、それらの間に極端な違いがあるかどうかでモデルの定式化の正しさを確認することを推奨している。

Feasible GLS として、Wallace and Hussain(1969)、Amemiya(1971)、Swamy and Arora(1972)、Nerlove(1971) の各方法を用いた。以下、Baltagi(1995) にならって、それぞれ WAHU、AMEMIYA、SWAR、NERLOVE と略する。各推定方法の特徴を簡単に述べると以下の通りである。

WAHU ;

OLS から得られる誤差項を用いて分散・共分散行列を推定。

AMEMIYA ;

Within estimator から得られる誤差項を用いて分散・共分散行列を推定。

SWAR ;

Within、Between individual、Between time-periods の各回帰モデルの誤差項を用いて分散・共分散行列を推定。

NERLOVE ;

$\mu_i$  と  $\tau_t$  の分散を、LSDV のダミー変数のパラメータから直接推定。

それぞれ詳細については Baltagi(1995) を参照。

固定効果モデル、変量効果モデルのどちらがより望ましい定式化なのかについては、Hausman's test により検定した。帰無仮説は  $X_{it}$  を説明変数とした時、

$$H_0: E(\mu_i | X_{it}) = E(\tau_t | X_{it}) = 0$$

帰無仮説が保持されれば Random effects model が望ましく、棄却されれば Fixed effects model が望ましい。検定統計量は二乗分布に従う。

## 2. 推定結果

### (1) 基本モデルの推定結果

基本モデルでは、Hausman's test の結果より、すべての FGLS について帰無仮説が保持された (図表 1)。したがって、4 つの FGLS による Random effects model の推定結果を見ていく。

労働と資本については FGLS の間で大きな差はなく、いずれも有意。R&D ストックについては若干差が大きい、収益率は 50% 前後と高い値となった。

産業内 R&D ストックの収益率には、企業の私的収益率だけではなく、産業内における企業間スピルオーバーによる社会的収益率も含まれる。企業データを用いた Goto and Suzuki (1989) (ネット約 39%) よりも高い収益率はこの社会的収益率を反映していると思われる (後藤・若杉 (1984) との違いは、クロスセクションとパネルデータ、ネットとグロスとの違いなどによると思われる)。なお、米国の産業内 R&D ストック収益率につい

図表1 基本モデルの推定結果

	Fixed Effects	Random Effects			
	LSDV	WALHUS	AMEMIYA	SWAR	NERLOVE
定数項	-	-0.0095	-0.0067	-0.0078	-0.0049
標準誤差	-	0.0131	0.0163	0.0153	0.0194
t 値	-	-0.7255	-0.4109	-0.5101	-0.2509
労働	0.2615	0.3795	0.3502	0.3548	0.3242
標準誤差	0.1337	0.1249	0.1304	0.1288	0.1343
t 値	1.9556	3.0374	2.6868	2.7554	2.4146
資本	0.4706	0.5458	0.5551	0.5470	0.5285
標準誤差	0.1423	0.1245	0.1292	0.1286	0.1367
t 値	3.3063	4.3836	4.2960	4.2537	3.8649
産業内R&Dストック	0.0252	0.5896	0.4511	0.5107	0.4213
標準誤差	0.5605	0.2605	0.3346	0.3100	0.3800
t 値	0.0449	2.2633	1.3481	1.6473	1.1088
Hausman's test stat.	-	4.4239	3.1903	3.7134	1.8055
p 値	-	0.2192	0.3632	0.4462	0.6138

ての実証研究として、例えば Griliches and Lichtenberg (1984) などがある。彼らのモデルは本稿とほぼ同じで、減耗率をいくつか設定し、3つの期間について推定を行っている。本稿と同じ10%の減耗率では、1959-63で12.9%、1964-68で42.2%、1969-73で74.6%という結果を得ている。70年代前半における産業内 R&D ストック収益率は本稿の約50%という結果をかなり上回っている。

(2) 拡張モデルの推定結果

拡張モデルにおいても5%水準ですべてのFGLSについて帰無仮説が保持された(図表2)。しかし、産業内 R&D ストック収益率はFGLSによって大きく異なる結果となった。WALHUS と SWAR が約70%という非常に高い収益率で、かつ有意となった一方、AMEMIYA と NERLOVE は約30%で、かつ有意でないという結果である。

産業外 R&D ストック収益率もFGLSによる差が大きく、かつ負の収益率となった。t 値については、AMEMIYA が両側5%で、その他が両側10%で有意となった。Jaffe (1986) も企業のクロスセクション・データによる収益関数の推定で、直接的なスピルオーバーの係数が10%有意水準で負になることを確認しており、これは技術知識スピル

オーバー効果と市場での競争効果が同時に働くためと論じている<sup>6)</sup>。つまり、スピルオーバーが直接収益を低下させるのではなく、競争を通じた収益低下がスピルオーバー効果による収益上昇を上回った結果、係数が負になったのである。

他にも、Jaffe (1988) や Adams and Jaffe (1996) などが、産業外からの R&D スピルオーバーが非常に弱いことを示している。前者は企業レベルのクロスセクション・データを用い、R&D スピルオーバーを、産業内 R&D ストックがウェイト1、産業外 R&D ストックがウェイト  $\alpha$  の加重和と定式化してコブ=ダグラス型生産関数を推定した。その結果、 $\alpha$  はゼロに等しく、産業内の R&D スピルオーバーのみが企業の TFP 上昇に貢献していると論じた。後者はプラント・レベルのデータによる分析であり、異なる製造分野の R&D ストックがプラントの生産性へ与える影響はほとんどないとの結果を得ている。

更に Odagiri and Kinukawa (1997) は、日本の先端技術産業における産業間の R&D スピルオーバー効果の有無は産業ごとに、そして中間財・資本財に体化された知識や、知識・技術の拡散といったスピルオーバーの経路にも依存していること

図表 2 拡張モデルの推定結果

	Fixed Effects	Random Effects			
	LSDV	WALHUS	AMEMIYA	SWAR	NERLOVE
定数項	-	-0.0098	0.0025	-0.0103	0.0019
標準誤差	-	0.0189	0.0392	0.0222	0.0428
t 値	-	-0.5211	0.0641	-0.4653	0.0433
労働	0.1939	0.3254	0.2886	0.3177	0.2653
標準誤差	0.1332	0.1261	0.1453	0.1287	0.1505
t 値	1.4558	2.5817	1.9864	2.4681	1.7635
資本	0.5219	0.5895	0.6021	0.5981	0.5742
標準誤差	0.1397	0.1217	0.1402	0.1236	0.1498
t 値	3.7356	4.8432	4.2957	4.8408	3.8334
産業内R&Dストック	0.2014	0.7787	0.2873	0.6942	0.2989
標準誤差	0.6002	0.2314	0.5082	0.2862	0.5457
t 値	0.3356	3.3661	0.5653	2.4259	0.5477
産業外R&Dストック	-0.6443	-0.1791	-0.4171	-0.2204	-0.4193
標準誤差	0.2680	0.1079	0.2036	0.1228	0.2235
t 値	-2.4042	-1.6604	-2.0486	-1.7947	-1.8760
政府・大学R&Dストック	-0.1870	-0.0330	-0.0062	0.0045	-0.0428
標準誤差	0.3242	0.1864	0.2692	0.2034	0.2972
t 値	-0.5767	-0.1773	-0.0230	0.0223	-0.1439
基礎研究比率	0.6806	0.1304	0.3890	0.1741	0.4540
標準誤差	0.3293	0.1829	0.3215	0.2163	0.3412
t 値	2.0668	0.7130	1.2100	0.8052	1.3305
Hausman's test stat.	-	12.0728	6.4691	11.2377	4.3259
p 値 (二乗分布)	-	0.0604	0.3727	0.0813	0.6327

を示した。このため、全業種の R&D ストックの加重和では産業間 R&D スピルオーバーを十分に把握できない可能性もある。

政府・大学 R&D ストック収益率についてはいずれの FGLS もゼロに近く、政府・大学からの民間への直接的スピルオーバーについては否定的な結果となった。

その理由としてまず、本稿では政府・大学で蓄積された知識が直接民間にスピルオーバーしている可能性のみを検証していることが挙げられる。それらが、例えば研究組合での共同研究などを通して民間の研究開発活動に影響を与え、間接的に民間の生産性へ影響を与えている可能性がある。これについては、モデルをトランスログ型にすることで検証できる。しかし、推定するパラメータが拡張モデルで22（定数項含む）と膨大になり、

業種数12では Between estimator を必要とする GLS（SWAR）が推定できない。また多重共線性の問題も深刻になる。

一方、国公立研究機関や大学で行われている研究開発が、企業の視点からは十分に評価できるものではなかった可能性もある。科学技術庁「平成10年度 民間企業の研究活動に関する調査報告」によれば、大学・国立研究機関の研究成果全般について「評価できる」と回答した企業は約14%と低く、「評価できるものとそうでないものとの差が大きい」と回答した企業は、大学に対して47.7%、国立研究機関に対して34.6%と最も多かった（図表3）。

最後に、基礎研究比率についても有意性は否定された。基礎研究比率の高い産業とそうでない産業との間に収益の差はないという結果である。企

業レベルと産業レベルという違いはあるが、Griliches (1986) や Lichtenberg and Siegel (1991) が得た結果とは大きく異なる。

1981年から1996年の基礎研究比率を産業ごとに平均すると、化学工業が最も高く、唯一10%を上回っている(図表4)。化学工業は医薬・バイオと係わりが深く、これらの分野は基礎研究がより直接的に製品開発へと結びついているためである。

基礎研究比率のプレミアムが米国では確認され、日本ではできなかったことは、化学分野における日本企業の相対的な遅れに対応していると思われる。実際、化学、医薬分野における日本企業の欧米企業に対する後れはこれまでも論じられてきた(伊丹(1991))。更に、日本経済新聞社の「研究開発活動に関する調査」結果によれば(日本経済新聞8/2/99)、化学工業と係わりの深い医薬・バイオは、回答者の75%が「米国に比べて日本は劣位」、57%が「欧州に対して日本が劣位」と見ている。

### (3) 産業の選択による拡張モデルの再推計

基本モデルではさほど大きくなかったFGLSによる違いが拡張モデルでは大きくなり、更に産業外R&Dストックの収益率については10%水準で有意にマイナスとなった。

このような結果が、他産業R&Dを足し合せるときに用いるウェイトに依存している可能性もある。技術距離をウェイトに用いると、R&Dストックが非常に大きい産業と技術距離が近い産業が存在する時、その産業の産業外R&Dストックが著しく大きくなる。

産業外R&Dストック(R&Dストックの差分を付加価値で割ったもの)を産業ごとに比較すると、非鉄、精密機械は他産業と比べて水準が著し

図表3 企業による大学、国立研究機関等の研究成果に対する評価

	(単位：%)	
	大学	国立研究機関
評価できるものとそうでないものの差が大きい	47.7	34.6
どのような成果があるのか分からないので評価できない	27.8	31.7
費用対効果が悪い	23.1	33.3
知的所有権の取得が少なく、成果として受け取りにくい	29.2	20.6
研究・開発のスピードが遅く、成果が陳腐化している	25.7	21.8
論文発表など、本来の成果が十分でない	18.1	15.4
評価できる	14.4	14.6
同規模の資金補充があれば民間でも行える	7.5	14.8
評価できるような成果はない	3.0	3.1
その他	3.2	3.3
無回答	3.1	4.2

(資料) 科学技術庁「平成10年度民間企業の研究活動に関する調査報告」

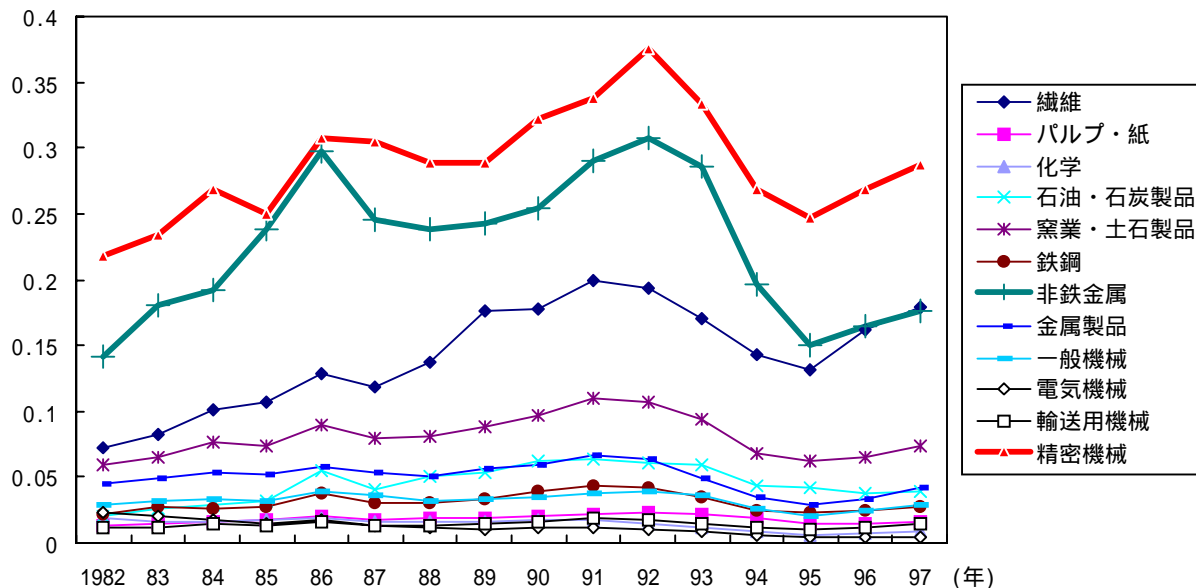
図表4 産業別基礎研究比率

	(単位：%)
	基礎研究比率 1981～96年平均
<b>化学工業</b>	<b>12.57</b>
石油製品・石炭製品工業	9.92
鉄鋼業	8.60
窯業	8.00
繊維工業	7.96
パルプ・紙工業	5.85
非鉄金属工業	5.14
輸送用機械工業	4.18
機械工業	4.16
電気機械工業	4.07
精密機械工業	3.90
金属製品工業	3.32

く、かつ非常に似通った動きとなっている(図表5)。非鉄、精密機械はともに電気機械と技術距離が大きいいため、水準の大きい電気機械R&Dストックの動きに大きく引き寄せられているのである。

そこで、非鉄と精密機械を除いて推定したところ、産業外R&Dストック収益率はいずれも有意ではなくなった(図表6)。よって、12業種全てを用いて推定した場合に産業外R&Dストックの負の収益率が有意となったのは、電気機械と技術距離が近いために産業外R&Dストックが不自然に大きくなった非鉄と精密機械を含めたためである可能性もある。

図表5 産業外 R&D ストック ( K2/Y )



図表6 非鉄、精密を除いた拡張モデルの推定結果

	Fixed Effects	Random Effects			
	LSDV	WALHUS	AMEMIYA	SWAR	NERLOVE
定数項	-	0.0096	0.0294	0.0215	0.0300
標準誤差	-	0.0225	0.0335	0.0284	0.0372
t 値	-	0.4251	0.8764	0.7547	0.8062
労働	0.2690	0.3331	0.3624	0.3516	0.3311
標準誤差	0.1969	0.1681	0.1813	0.1760	0.1923
t 値	1.3659	1.9817	1.9993	1.9972	1.7214
資本	0.4625	0.6066	0.5539	0.5714	0.5254
標準誤差	0.1433	0.1246	0.1344	0.1305	0.1425
t 値	3.2285	4.8699	4.1224	4.3771	3.6873
産業内R&Dストック	0.0409	0.6421	0.4195	0.5098	0.3864
標準誤差	0.5431	0.2522	0.3395	0.3018	0.3739
t 値	0.0754	2.5460	1.2354	1.6893	1.0335
産業外R&Dストック	-0.5197	-0.2065	-0.4167	-0.3242	-0.4124
標準誤差	0.8359	0.2808	0.4501	0.3706	0.5224
t 値	-0.6217	-0.7355	-0.9258	-0.8749	-0.7895
政府・大学R&Dストック	0.0519	-0.2840	-0.3005	-0.3029	-0.3047
標準誤差	0.7292	0.2465	0.3632	0.3104	0.4167
t 値	0.0711	-1.1521	-0.8272	-0.9757	-0.7312
基礎研究比率	0.1403	0.0662	0.0170	0.0416	0.0426
標準誤差	0.3871	0.1932	0.2895	0.2469	0.3167
t 値	0.3625	0.3426	0.0589	0.1684	0.1344
Hausman's test stat.	-	4.7287	2.7683	3.4564	1.7311
p 値 ( 二乗分布 )	-	0.5791	0.8373	0.7498	0.9427

## 科学技術政策の評価と提言

最後に、前節で得られた推定結果をもとに政策評価および提言を試みる。

### 1. 民間の研究開発活動をいかに刺激するか

産業外 R&D ストックと政府・大学 R&D ストックからのスピルオーバー効果は確認できなかったが、産業内 R&D ストックの収益率は基本モデルで約50%と非常に大きくなった。このことから、製造業の収益を増大させるためには、民間 R&D をいかに刺激していくかが最も重要な政策課題である。

#### (1) 直接的政策

民間研究開発を直接刺激する政策としては、税制上の優遇措置、補助金、などが挙げられる。それらの中で、例えば補助金については、後藤・若杉(1984)が、政府から民間が受入れた研究開発費は生産性上昇に明確には寄与していないと報告していることなどから、民間企業自身の研究開発努力を促進していくには税制上の優遇措置が最も効果的と思われる。

我が国では租税特別措置法に基づく「増加試験研究費の特別税額控除制度」が税制上の措置の中

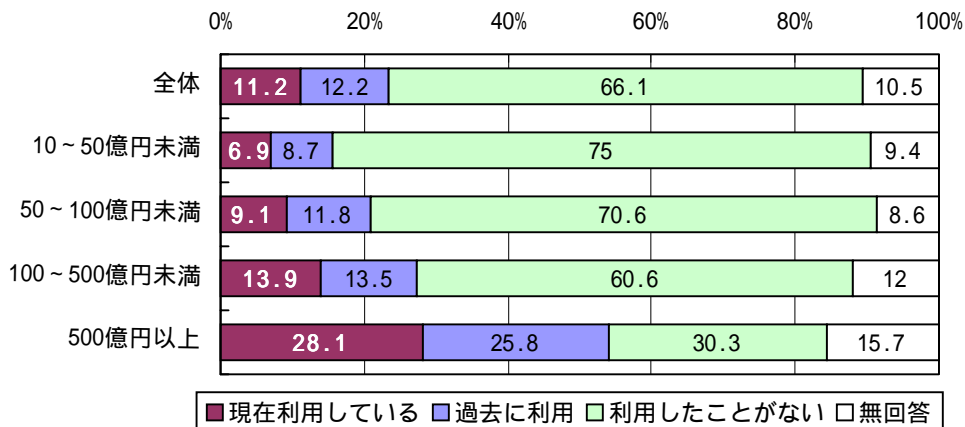
心的なもの1つとなっている。同制度は、当該年度における研究開発投資が過去最高額(これが「比較試験研究費」と定義されている)を超えて増加した場合、その増加部分の一定割合を税額控除する制度で、昭和42年度の創設以来30年以上が経過している。しかし、科学技術庁「平成10年度 民間企業の研究活動に関する調査報告」によれば、同制度はこれまで、そして現在においても積極的に利用されているとは言えない。調査対象企業の約66%が制度を利用したことがなく、最も利用している500億円以上の企業においても、現在利用しているのは3割に満たない(図表7)。

同制度は平成11年度税制改正において、比較試験研究費が従来の「過去最高額」から「過去5年間のうち多いほうから3年間の平均額」に、控除限度額について法人税額の10%から12%にするなどの変更が行われた。しかし、企業にとっての使い勝手の良さという観点からは、このような部分的な変更は決して十分なものとは言えない。比較試験研究費を「過去5年間の平均額」のように簡素化するなど、抜本的な変更が必要であろう。

#### (2) 間接的政策

民間研究開発の補助を直接目的としたものではなくとも、間接的に民間研究開発の振興や効率化

図表7 「増加試験研究費の特別税額控除制度」利用状況



(資料) 科学技術庁「平成10年度 民間企業の研究活動に関する調査報告」

に寄与する政策もいくつか考えられる。

科学技術庁「平成9年度 民間企業の研究活動に関する調査報告」では、調査対象企業の61.4%が研究開発戦略の見直しを既に行っており、更に25.7%が今後見直しを行う予定であると回答した。そして、戦略見直しに際して重視している点として、48.5%の企業が「研究開発分野の絞り込み」を挙げている。

研究開発戦略の再構築と事業再構築は密接に関係しており、株式交換により企業の合併・買収を可能にする商法の改正や、産業活力再生特別措置法における事業再構築の円滑化などは、科学技術政策上も有益である。

## 2. 政府研究機関・大学の民間に対する役割をいかに高めていくか

本稿は、これまで政府・大学の研究成果が民間の生産性に直接は影響していなかった可能性を示した。

しかし、民間企業は製品技術・開発研究指向を強める一方、新技術開発のシーズとなるような研究を大学や国公立研究機関に求めるようになってきている。科学技術庁「平成10年度 民間企業の研究活動に関する調査報告」によれば、企業が大学や

国立研究機関等で行われるべき研究として挙げているのは、大学に対しては「自由な発想を重視した研究」(78.1%)、国立研究機関等に対しては「高リスク・高コストの研究」(76.6%)が最も多い。今後は民間と政府・大学との役割分担、相互交流がいっそう重要になると思われる。したがって、政府・大学から民間へのスピルオーバーが機能するような環境を早急に整備する必要がある。

(1) 国公立研究機関・大学の研究開発活動の改善  
前述のように、民間企業による大学や国立研究機関等に対する評価は厳しく、国公立研究機関・大学の研究開発活動そのものの改善が必要である。

科学技術庁「平成10年度 民間企業の研究活動に関する調査報告」によれば、大学や国立研究機関が研究を進める上で改善すべき点として、「組織間の研究者の移動がなく、柔軟性、競争性に欠ける」、「研究評価の基準が明確でない」、「類似の研究を複数の研究機関が実施している」、「研究費の配分がバラマキ型で、競争性に欠ける」等を挙げる企業が多い(図表8)。

国立研究機関・大学において競争性が欠けることは、競争的研究資金(公募型研究資金)の少なさにも現れている。競争的研究資金とは、申請された研究テーマの審査段階で競争的な選抜が行わ

図表8 大学や国立研究機関が研究を進める上で改善すべき点

(単位: %)

	大学	国立研究機関
組織間の研究者の移動がなく、柔軟性、競争性に欠ける	41.1	37.8
産官学の連携が不十分	36.7	38.6
研究評価の基準が明確でない	39.5	30.6
研究テーマや成果の公開、発信など情報提供が不十分	29.2	34.1
類似の研究を複数の研究機関が実施している	31.1	31.0
研究・開発のスピードが遅い	30.3	30.3
研究費の配分がバラマキ型で、競争性に欠ける	25.2	33.1
研究の目的、ターゲットが不明確	30.6	20.8
テーマや組織が細分化されすぎている	21.2	14.8
費用対効果が悪い	14.3	19.3
組織の本来のミッションを遂行していない	4.9	10.9
研究委託、共同研究の相手先として満足の行くレベルでない	7.6	4.6
その他	2.2	1.8
無回答	4.2	4.5

(資料) 科学技術庁「平成10年度民間企業の研究活動に関する調査報告」

れるもので、科学技術庁「平成10年度 民間企業の研究活動に関する調査報告」によれば、科学技術関係予算に占める割合は米国が33.8%（2000年度）、英国が40.1%（1999年度）、そして日本が8.3%（1999年度）である。

国立研究機関等の改革が独立法人化や組織統合にとどまるならば、民間に不足する機能を国立研究機関や大学が担い、補完していくことはできない。「平成11年版科学技術白書」が主張している競争的資金の拡大など、運営方法そのものを改善していく必要がある。

## (2) 民間との交流活性化

図表8では、大学や国立研究機関が研究を進める上で改善すべき点として、「産官学の連携が不十分」、「研究テーマや成果の公開、発信など情報提供が不十分」を挙げている企業も多い。

このような日本の現状とは対照的に、例えば米国のコンピュータ産業は産学間の相互交流・情報交換によって大きな発展を遂げた。大学はハードウェアやソフトウェアにおける基礎研究、そして応用研究の拠点であり、コンピュータ産業における科学者、エンジニアを多く輩出した。一方、企業はコンピュータを廉価でレンタルしたり、寄付するなど、大学におけるコンピュータ研究の立ち上げに大きく寄与した（Mowery and Rosenberg（1998））。

現在政府が進めている技術移転機関（TLO）の活性化、国の持つ特許の民間移転促進など一連の政策は、政府・大学と民間の交流を深めていくための第1歩と言える。今後は、民間との共同研究や人材交流を更に深めていく必要がある。

## 【注】

- 1) 以下の説明は Griliches（1995）による。
- 2) 後藤（1993）第2章による。
- 3) 最近の実証研究では、Hall and Mairesse（1995）、

Basant and Fikkert（1996）が同様の定式化を行っている。

- 4) 再び後藤（1993）第2章による。
- 5) 特許収入期間（1985年「科学技術白書」掲載の「民間企業の研究活動に関する調査」より）の逆数から業種ごとに異なる減耗率を求め、これを用いた推定も行った。後述する複数の FGLS による推計結果の違いが、すべての業種で減耗率10%とした時の推定結果に比べて大きく広がる結果となった。
- 6) スピルオーバーと社内研究費の交差項の係数は正となり、間接的なスピルオーバー効果は存在すると Jaffe（1986）は論じている。

## 【参考文献】

- 伊丹敬之・伊丹研究室（1991）『日本の化学工業 なぜ世界に立ち遅れたのか』NTT 出版。
- 後藤晃（1993）『日本の技術革新と産業組織』東京大学出版会。
- 後藤晃・若杉隆平（1984）「技術政策」（小宮隆太郎・奥野正寛、鈴木興太郎 編『日本の産業政策』第6章 東京大学出版会）
- 三菱総合研究所（1991）『平成2年度 日米テクノストックの定量的比較に関する調査研究 - 日米の産業技術システム・科学アセットの比較評価』機械振興協会経済研究所。
- Adams, J.D. and A.B. Jaffe (1996) "Bounding the effects of R&D: An investigation using matched establishment-firm data", *NBER Working Paper*, 5544.
- Amemiya, T. (1971) "The estimation of the variances in a variance-components model", *International Economic Review* 12, 1-13.
- Baltagi, B.H. (1995) "Econometric analysis of panel data", John Wiley & Sons.
- Basant, R. and B. Fikkert (1996) "The effects of R&D, foreign technology purchase, and domestic and international spillovers on productivity in Indian firms",

- Review of Economics and Statistics* 78, 187-199.
- Bernstein, J.I. and P. Mohnen (1998) "International R&D spillovers between U.S. and Japanese R&D intensive sectors", *Journal of International Economics* 44, 315-338.
- Jaffe, A. (1986) "Technological opportunity and spillover of R&D: Evidence from firm's patents, profit and market value", *American Economic Review* 76, 984-1001.
- Jaffe, A. (1988) "Demand and supply influences in R&D intensity and productivity growth", *Review of Economics and Statistics* 70, 431-437.
- Jaffe, A. (1989) "Real effects of academic research", *American Economic Review* 79, 957-970.
- Goto, A. and K. Suzuki (1989) "R&D capital, rate of return on R&D investment and spillover of R&D in Japanese manufacturing industries", *Review of Economics and Statistics* 71, 555-564.
- Griliches, Z. (1986) "Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970s", *American Economic Review* 76, 141-154.
- Griliches, Z. (1995) "R&D and productivity : econometric results and measurement issues", in *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, edited by Paul Stoneman, 52-89, Blackwell.
- Griliches, Z. and F. Lichtemberg (1984) "R&D and productivity growth at the industry level: Is there still a relationship?", in *R&D, Patents, and Productivity*, edited by Zvi Griliches, 465-96, University of Chicago Press.
- Hall, B.H. and J. Mairesse (1995) "Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing Firms", *Journal of Econometrics* 65, 263-293.
- Lichtenberg, F. and D. Siegel (1991) "The impact of R&D investment on productivity: New evidence using linked R&D-LRD data", *Economic Inquiry* 29, 203-229.
- Mohnen, P. (1996) "R&D externalities and productivity growth", *OECD STI REVIEW* 18, 39-66.
- Mowery, D.C. and N. Rosenberg (1998) "Paths of innovation: Technological change in 20th century America", Cambridge University Press.
- Nadiri, M.I. and T.P. Mamuneas (1994) "The effects of public infrastructure and R&D capital on the cost structure and performance of U.S. manufacturing industries", *Review of Economics and Statistics* 76, 22-37.
- Nerlove, M. (1971) "Further evidence on the estimation of dynamic economic relations from a time-series of cross-sections", *Econometrica* 39, 359-382.
- Odagiri, H. and S. Kinukawa (1997) "Contributions and channels of interindustry R&D spillovers: An estimation for Japanese high-tech industries", *Economic Systems Research* 9, 127-142.
- Swamy, P.A.V.B. and S.S. Arora (1972) "The exact finite sample properties of the estimators of coefficient in the error components regression models", *Econometrica* 40, 261-275.
- Wallace, T.D. and A. Hussain (1969) "The use of error components models in combining cross-section and time-series data", *Econometrica* 37, 55-72.

付表：技術距離（1975、80、85、90、95年の平均）

	食品	繊維	パルプ・紙	出版・印刷	化学
食品	1.0000	0.1603	0.0188	0.0227	0.3401
繊維	0.1603	1.0000	0.0454	0.0540	0.4614
パルプ・紙	0.0188	0.0454	1.0000	0.0431	0.0853
出版・印刷	0.0227	0.0540	0.0431	1.0000	0.0603
化学	0.3401	0.4614	0.0853	0.0603	1.0000
石油・石炭製品	0.0346	0.1100	0.0199	0.0371	0.2071
窯業	0.0182	0.1487	0.0147	0.0878	0.1937
鉄鋼業	0.0059	0.0283	0.0071	0.0817	0.0341
非鉄金属	0.0026	0.0394	0.0059	0.1110	0.0414
金属製品	0.0080	0.0333	0.0067	0.0481	0.0325
機械	0.0116	0.0472	0.0229	0.2497	0.0364
電気機械	0.0012	0.0548	0.0020	0.2808	0.0366
輸送用機械	0.0019	0.0684	0.0018	0.0308	0.0064
精密機械	0.0089	0.0447	0.0128	0.2462	0.0512

	石油・石炭製品	窯業	鉄鋼業	非鉄金属	金属製品
食品	0.0346	0.0182	0.0059	0.0026	0.0080
繊維	0.1100	0.1487	0.0283	0.0394	0.0333
パルプ・紙	0.0199	0.0147	0.0071	0.0059	0.0067
出版・印刷	0.0371	0.0878	0.0817	0.1110	0.0481
化学	0.2071	0.1937	0.0341	0.0414	0.0325
石油・石炭製品	1.0000	0.1495	0.0327	0.1446	0.0252
窯業	0.1495	1.0000	0.0581	0.1126	0.0498
鉄鋼業	0.0327	0.0581	1.0000	0.0953	0.1281
非鉄金属	0.1446	0.1126	0.0953	1.0000	0.1851
金属製品	0.0252	0.0498	0.1281	0.1851	1.0000
機械	0.0211	0.0931	0.1826	0.0720	0.2005
電気機械	0.0585	0.1568	0.0991	0.3056	0.1320
輸送用機械	0.0026	0.0184	0.0410	0.0806	0.1863
精密機械	0.0387	0.1077	0.0853	0.1287	0.0698

	機械	電気機械	輸送用機械	精密機械
食品	0.0116	0.0012	0.0019	0.0089
繊維	0.0472	0.0548	0.0684	0.0447
パルプ・紙	0.0229	0.0020	0.0018	0.0128
出版・印刷	0.2497	0.2808	0.0308	0.2462
化学	0.0364	0.0366	0.0064	0.0512
石油・石炭製品	0.0211	0.0585	0.0026	0.0387
窯業	0.0931	0.1568	0.0184	0.1077
鉄鋼業	0.1826	0.0991	0.0410	0.0853
非鉄金属	0.0720	0.3056	0.0806	0.1287
金属製品	0.2005	0.1320	0.1863	0.0698
機械	1.0000	0.2006	0.2255	0.3418
電気機械	0.2006	1.0000	0.0655	0.3376
輸送用機械	0.2255	0.0655	1.0000	0.0700
精密機械	0.3418	0.3376	0.0700	1.0000