

# 最新データで探る日本製造業の研究開発投資の効率性

張 本 浩

東京国際大学論叢 商学・経営学研究 第1号 抜刷  
2015年（平成27年）9月20日



# 最新データで探る日本製造業の研究開発投資の効率性

張 本 浩

## 目 次

1. はじめに
2. 先行研究
3. 研究開発投資の理論的考察
4. 日本の製造業における研究開発投資と技術知識ストック
5. 研究開発投資の効率性の推定
6. 結論

## 1. はじめに

現代の産業社会における技術（特に製造業の生産技術）は主に「研究開発努力（research and development effort）」の産物であり、企業にとってはさらなる生産性向上の源である。また、企業は技術によって激しい競争を乗り越え成長や安定を収めることができ、社会全般にとって技術は新たな活力を生み出す原動力と考えられる。

伝統的経済学の中の企業は、所与とされる企業環境の下で価格の機能を中心に動く市場メカニズム（market mechanism）の中で最適化（利益最大化や費用最小化）のために、自分の用いるインプットと自分の産出するアウトプットの数量および価格をいくらにするべきであるかという問題に焦点を当てるのみで、能動的に技術を創り出しそれを活用するような存在ではない。しかし、現代企業の多くは需要関数（demand function）や費用関数（cost function）といった企業環境を所与のものとしてそのまま受け入れるのではなく、むしろ新しい技術に

よって新製品や新サービスを創り出し企業環境が自分にとって有利なものとなるよう市場に働きかけその結果を見据えながらインプットを導入しアウトプットの生産量や価格を決めている。すなわち、現代の企業は環境から影響を受けながらも、積極的に環境を制御しようとする存在といえよう。

企業が自分を取り巻く環境を制御するために取り得る行動は、環境制御のために取り入れる手段の種類によって「直接的資源投入、経験効果の利用、および企業組織の調整」の3つに大別される。直接的資源投入とは、製品差別化や生産コストの低減を目的として直接資源を投入する行動と定義することができる。製品差別化を目的とする広告宣伝（advertisement）や生産コストの低減を目的とする研究開発（research and development）などがその代表例である。本研究では直接的資源投入としての研究開発に的を絞り、それを理論的に考察した後、日本の製造業における研究開発投資の現状を概観するとともに、積極的に研究開発活動を行っている日本の3工業（化学工業、電気電子通信機械器具製造業、輸送用機械器具製造業）の技術知識ストックを測定しそれに基づいて上記3工業の研究開発投資の効率性を調べる。本研究で検証を試みる仮説と付属論点は次のとおりである。

仮説：

研究開発活動は製造業の付加価値（効率）を高める。

付属論点①：

積極的に研究開発活動を行っている3工業の間に研究開発活動の成果に差が存在する。

付属論点②：

製造業において1990年代と2000年代の研究開発活動の成果に差が存在する。

本研究は以上の仮説と論点を実証するためにあくまでも日本の製造業の数値データを用いた定量的分析をメインとし、研究開発の質の検証(定性的分析)は今後の研究に委ねることにする。

## 2. 先行研究

研究開発の効率性に関する研究において先駆的かつ代表的な研究者としてはGriliches(1980)とLev and Sougiannis(1996)があげられる。<sup>1)</sup>両者の研究モデルは類似しており、後者は前者の研究を継承していると思われる。彼らの研究モデルは以下のように表される。

$$\begin{aligned} Q &= TF(C, L) \\ T &= G(K, O) \\ K &= \sum w_t R_{t-i} \end{aligned} \quad (2.1)$$

上式で、 $Q$ はアウトプット(売上高、あるいは付加価値)、 $C$ と $L$ はそれぞれ資本投入量と労働投入量、 $T$ は平均技術達成水準(全要素生産性)、 $K$ は累積研究開発資産、 $O$ は生産性に影響を及ぼす他の要因、 $R$ は各期に支出された研究開発投資、 $w$ は技術知識の現状に対する過去の研究開発の重み、を表す。そして、 $F$ 関数と $G$ 関数は通常「コブダグラス(Cobb-Douglas)型生産関数」として具体化される(べき)としている。

このモデルは研究開発の効率性の研究で用いられる典型的なものであり高い合理性を持っていると思われるので本研究ではこのモデルを基本に据えるが、(2.1)式を具体化する過程で、技術知識ストック( $K$  and/or  $T$ )の求め方に独自の視点や方法を用い、研究開発の効率性の指標として回帰推定係数の他に新しい効率性指標

を求めて利用する。言い換えると、本研究では「企業の付加価値に対する技術・資本・労働の効果を数値化する」という長年の研究テーマに沿ってデータを収集し、そのデータを当てるための回帰モデルとしては合理的かつ実用的な生産関数として多くの経済・経営研究で用いられている「コブダグラス(Cobb-Douglas)型生産関数」に基づいたモデルを採用する。したがって、本研究は基本的に経済学の典型的な生産関数モデルに基づいて研究開発の効率性の測定を試みるという伝統的な研究の流れに属するものであるが、研究開発を理論的に考察したり、技術知識ストックの求め方に確率的要素を組み込み、回帰により得られる「技術知識ストックの産出弾力性」の他に研究開発投資の収益率として「技術知識ストックの限界生産性」をも求めて利用するなど先行研究とはやや異なる視点や改良が導入されている。その他の研究開発関連の先行研究やその概要については「4.2節」を参照されたい。

## 3. 研究開発投資の理論的考察

企業が一定期間中に生産する製品の生産量(需要)を $Q$ 、製品の価格を $p$ 、研究開発投資額を $i$ 、単位生産費用を $c$ 、固定費用を $FC$ で表わせば、この企業の一定期間中の総費用( $TC$ )は

$$TC = FC + cQ + i \quad (3.1)$$

と書くことができる。 $c = f(i)$ と仮定すると、研究開発投資額( $i$ )が増えると単位生産費用が低下すると考えられるので「 $dc/di < 0$ 」である。

一定期間中の利益を $\pi$ で表し、需要関数を $Q = g(p)$ と仮定すると、企業の利益は

$$\pi = pQ - (FC - cQ + i) \quad (3.2)$$

と表される。ここで利益を最大にする製品価格と研究開発投資額を求めるために、(3.2)式を

$p$ と $i$ のそれぞれについて偏微分しそれらをゼロとおくと、

$$\frac{\partial \pi}{\partial p} = Q + p \frac{dQ}{dp} - c \frac{dQ}{dp} = 0 \quad (3.3)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial i} = -Q \frac{dc}{di} - 1 = 0 \quad (3.4)$$

の式が得られ、この(3.3)式と(3.4)式の両方を同時に満たす $p$ と $i$ の値がわれわれの求める最適解である。

(3.3)を解くと、

$$c = p + Q \frac{dp}{dQ} \quad (3.5)$$

となるが、上式の右辺は限界収益 (marginal revenue) であり、需要の価格弾力性 ( $e$ ) の概念を導入すると、それは $p \left(1 - \frac{1}{e}\right)$ となる<sup>2)</sup>ので、

(3.5)式は

$$c = p \left(1 - \frac{1}{e}\right) \quad (3.6)$$

と表わされる。

単位生産費用の研究開発投資弾力性 (研究開発投資額を1%変化させると単位生産費用が何%変化するかを表わす指標) を $\gamma$ とすると、(3.4)は

$$i = \gamma c Q \quad (3.7)$$

となる。ただし、 $\gamma = -(i/c)(dc/di)$ である。

また、(3.6)と(3.7)により

$$\frac{i}{pQ} = \gamma \left(1 - \frac{1}{e}\right) \quad (3.8)$$

の式が得られる。この式は、収益に対する研究開発投資額の比率 (以下「対収益研究開発投資比率」と略称する) を表し、企業が研究開発を

行うとき、収益のなかからどれくらいの額を研究開発投資にまわすべきかを決めるときの基準として使える。(3.8)によると、単位生産費用の研究開発投資弾力性 ( $\gamma$ ) が大きければ対収益研究開発投資比率は高くなり、需要の価格弾力性 ( $e$ ) が大きくても対収益研究開発投資比率は高くなることが予想される。

以上は環境制御のための企業努力として一回の研究開発投資に限った場合の極めて単純な分析である。すなわち、この分析には、「長期間にわたる企業努力」の視点が欠けており、企業努力の効果 (結果) における不確実性の存在も考慮されていない。しかし、単純明瞭な解析的分析により企業の研究開発投資における指針ともいべきものを提示していることに本考察の意義を見出すことができる。

## 4. 日本の製造業における研究開発投資と技術知識ストック

### 4.1 研究開発投資の推移

2013年日本の産業 (金融業、保険業を除く全産業) は2000年の研究開発投資額の1.09倍にあたる12兆6,898億円を研究開発に投資した。また、2013年日本の製造業は全産業の総研究開発投資額の88.7%にあたる11兆2,615億円を研究開発に投資した。2000年のデータと比較すると、投資額において14.7%伸びており、対売上高研究開発投資比率でも2000年で3.0%であったのが、2013年では4.15%に達し、1.38倍の伸びを示している。<sup>3)</sup>

製造業を17工業に分類すると、表1に示されるように、1990年、2000年、2010年、2013年ともに、化学工業 (以下「C工業」と呼ぶ)、電気電子通信機械器具製造業 (以下「E工業」と呼ぶ)、輸送用機械器具製造業 (以下「T工業」と呼ぶ) の3工業で他工業より多くの研究開発投資が行われ、これらの3工業の研究開発投資総額は製造業のそののほぼ70%を占めている。表1からはこれらの3工業の内部研究開発投資額 (各工業が自工業の研究開発のために投資し

た額)が時間の経過とともに増加していることが確かめられる。

このように、内部研究開発投資額において、製造業のなかで他工業より相対的に高い数値を示すのは「C工業、E工業、およびT工業」であり、これらの3工業では他工業に比べ相対的に旺盛な研究開発活動が行われていると考えられるので、以下ではこれらの3工業を便宜的に「研究開発志向工業」と称し、その研究開発の動向についてももう少し詳しく考察する。

図1に示されているように、E工業の内部研究開発投資はC工業とT工業のそれを大きく上回っており、2005年頃までE工業ではC工業とT工業の内部研究開発投資額の2倍以上が研究

開発に投資されている。このことは、C工業とT工業よりE工業の方で生産コスト低減のための技術がより重要な要素であることと、E工業は市場における競争に打ち勝つための手段として新技術の開発を余儀なくされている可能性のあることがうかがえる。しかし、研究開発志向3工業ともに2007年～2009年の研究開発投資額は減少しており、C工業とT工業よりE工業の方でより大きく減少している。(図1参照)

研究開発志向3工業の内部研究開発投資額の傾向変動を確かめるために、「内部研究開発投資額を被説明変数、年次(年度-1989)を説明変数」として1990年以降のデータを用いて単回帰を行った結果、説明変数の推定係数が

表1 製造業の内部研究開発投資額

業種	項目	内部研究開発投資額(億円)			
	年度	1990	2000	2010	2013
製造業		86,603	98,160	104,657	112,615
食料品製造業		2,175	2,286	2,375	2,337
繊維工業		883	771	1,207	1,346
パルプ・紙・紙加工品製造業		486	477	422	206
印刷・同関連業		377	389	349	289
<b>化学工業(医薬品製造業を含む)</b>		<b>14,168</b>	<b>16,259</b>	<b>20,199</b>	<b>21,890</b>
石油製品・石炭製品製造業		920	355	523	468
プラスチック製品製造業		1,117	1,293	1,408	1,561
ゴム製品製造業		1,179	1,308	1,330	1,418
窯業・土石製品製造業		2,153	1,767	1,440	1,497
鉄鋼業		3,038	1,534	1,511	n.a.
非鉄金属製造業		1,407	1,493	1,619	1,522
金属製品製造業		1,296	1,209	783	706
業務用機械器具製造業		6,503	8,836	9,477	10,502
<b>電気電子通信機械器具製造業</b>		<b>31,463</b>	<b>38,200</b>	<b>32,406</b>	<b>33,430</b>
<b>輸送用機械器具製造業</b>		<b>14,961</b>	<b>15,526</b>	<b>21,213</b>	<b>24,972</b>
精密機械工業		3,358	4,869	n.a.	n.a.
その他の製造業		1,121	1,587	1,475	1,554

(出所)『科学技術研究調査報告／産業、売上高階級別研究関係従業者数及び社内使用研究費(企業)1985年版～2014年版』総務庁統計局。

「C工業300.66 ( $t$ 値12.38), E工業173.28 ( $t$ 値1.81), T工業499.16 ( $t$ 値9.58)」となったので、研究開発志向3工業とも時間の経過とともに内部研究開発投資額は増加傾向にあり、T工業の増加傾向がもっとも強くE工業の増加傾向がもっとも弱いことがわかる。

次に、他工業で研究開発志向工業関連の研究開発に投資された総額を求める。そのために、 $t$ 年度の $j$ 工業における $i$ 工業分野への研究開発投資額を $R_t(j|i)$ とすると、 $t$ 年度に他工業で支出された $i$ 工業分野の総研究開発投資額は

$$R_t'(i) = \sum_j R_t(j|i), \text{ただし } i \neq j \quad (4.1)$$

となる。以下ではこれを「 $i$ 工業の外部研究開発投資額」と呼ぶことにする。

製造業に属する諸工業の「製品・サービス分野別社内使用研究費」を基に求めた外部研究開

発投資額においては、表3および図2に示されているように、E工業とT工業では増加傾向が見られるのに対して、C工業ではほぼ横ばいの状態が続いている。また、研究開発志向3工業とも2008年以降では投資額が減少し、特にE工業に対する投資額は急減している。

研究開発志向3工業の「外部研究開発投資額を被説明変数、年次(年度-1989)を説明変数」として1990年以降のデータを用いて単回帰を行った結果、説明変数の推定係数が「C工業17.03 ( $t$ 値2.29), E工業61.90 ( $t$ 値2.12), T工業128.10 ( $t$ 値15.01)」となったので、研究開発志向3工業とも時間の経過とともに外部研究開発投資額は増加傾向にあるものの、T工業の増加傾向がもっとも強くC工業の増加傾向がもっとも弱いことがわかる。さらに、C工業の外部研究開発投資額は90年代以降ほとんど伸びておらず、2000年代にはT工業の外部研究開

表2 内部研究開発投資額

(単位: 億円)

年度 \ 区分	1990	1995	2000	2005	2010	2013	平均
C工業	14,168	15,549	16,259	19,221	20,199	21,890	17,881.00
E工業	31,463	32,736	38,200	40,332	32,406	33,430	34,761.17
T工業	14,961	13,609	15,526	21,851	21,213	24,972	18,688.67

(出所) 『科学技術研究調査報告／産業、売上高階級別研究関係従業者数及び社内使用研究費(企業)1985年版～2014年版』総務庁統計局。

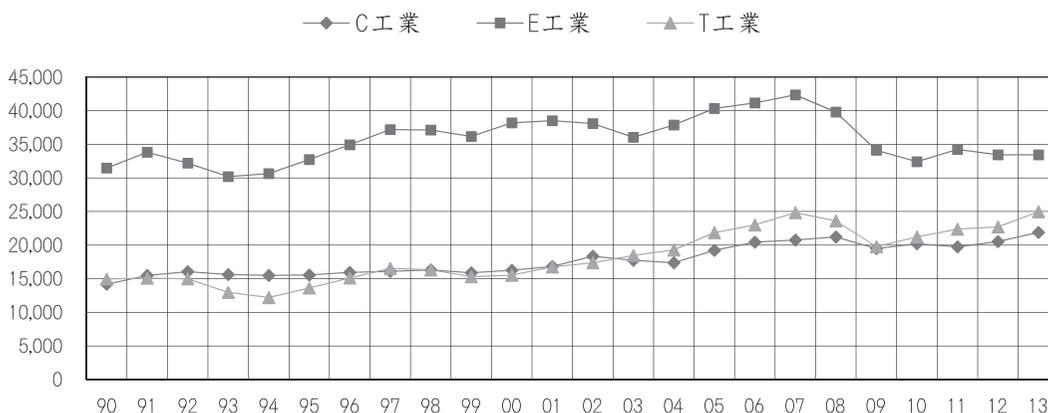


図1 内部研究開発投資額の推移

表3 外部研究開発投資額

(単位：億円)

年度 区分	1990	1995	2000	2005	2010	2013	平均
C工業	3,037	2,988	3,033	3,250	3,337	3,166	3,135.17
E工業	4,042	4,210	5,389	6,423	5,627	4,115	4,967.67
T工業	2,211	2,450	2,998	3,861	3,894	4,826	3,373.33

(出所)『科学技術研究調査報告／産業、製品・サービス分野別社内使用研究費(支出額)(資本金1億円以上の企業)1985年版～2014年版』総務庁統計局。

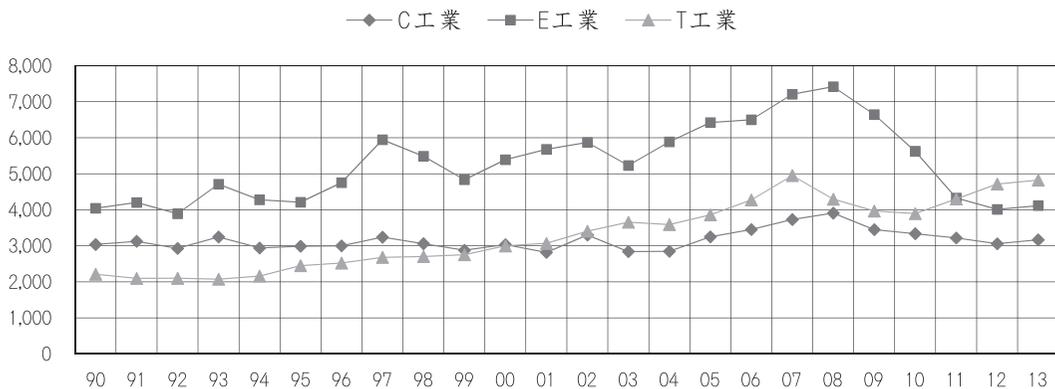


図2 外部研究開発投資額の推移

発投資額をも下回るようになっている。

#### 4.2 技術知識ストック (technological & knowledge stock)

企業の生産活動のアウトプット（製品やサービス）が過去の設備投資によって形成される資本ストック (capital stock) から生み出されるのと同じように、企業の保有する技術知識は主に企業が過去に投じた研究開発投資によって創られ技術知識ストックとして企業内に保持されると考えることができる。

後藤（1993）は「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、経験の積み重ねからなっている。多くの研究開発のケーススタディは、過去の研究開発から得られた知識・経験をベースとしてさらに新たな研究開発を付け加えることによって技術進歩が実現されることを示している。……。企

業の生産活動にとって重要なのはこのような過程を経て蓄積されてきた知識・経験のストックである」と述べる。<sup>4)</sup> また、Griliches (1998) は「生産性に対する過去の研究開発投資の影響については次の3点を考慮しなければならない。第1に考慮すべき点は、研究開発投資が行われてから実際に新しい発明（新しい知識や新製品）が生まれるまでの時間的遅延 (time lag) である。第2に考慮すべき点は、研究開発によって造られる新しい発明（新しい知識や新製品）がマーケットによって確実に受け入れられるまでの時間的遅延である。最後に考慮すべき点は、外部環境の変化や競争者が生み出すより新しい知識や新製品によって現在の知識や製品が陳腐化 (obsolescence) することである」と説く。<sup>5)</sup> すなわち、研究開発には、研究開発投資が行われてから実際に新しい知識や新製品が発明されそれがマーケットによって確実に受け

入れられるまでにはある程度の時間がかかり、どのような技術や製品でも外部環境が変わったりあるいは現在の技術や製品より優れたものが発明されたりすることによって現在の技術や製品が相対的に古くなった場合、現在の技術や製品は陳腐化していくということである。

研究開発とその成果に関する以上の諸見解をまとめると、「新しい技術知識は過去の研究開発投資の蓄積としての技術知識ストックによって創られるが、研究開発投資が行われてから新しい技術知識が創られるまでには時間的遅延が伴う。また、古くなった技術知識は陳腐化し技術知識ストックから流出していく。したがって、技術知識ストックは研究開発投資によって増加し、陳腐化によって減少する」ということになる。以下、技術知識ストックの形成と密接な関連をもつ「時間的遅延」と「陳腐化」についての先行研究の結果をまとめる。

研究開発を広義に捉えると、研究開発とは、研究開発投資によって生み出される新製品や新サービスなどがマーケットに根を下ろし企業の収益や利益に何らかの影響を及ぼすまでの諸活動であり、それらの諸活動の遂行にかかる時間（研究開発投資が行われそこから生み出される新製品や新サービスが企業の収益や利益に反映されるまでの時間）は一般に「研究開発リードタイム（R&D lead time）」と呼ばれている。

鈴木・宮川（1986）の推計によると、「基礎、応用、開発すべての平均において、日本の製造業の平均研究開発リードタイム（1981年）は2.8年であり、C工業で3.7年、E工業で2.1年、T工業で3.0年である。それに対して、アメリカの製造業の平均研究開発リードタイム（1978年）は3.9年であり、C工業で4.2年、E工業で3.0年、T工業で4.0年である。」<sup>6)</sup> また、渡辺（1998）の分析によると、「1970年代以降、技術の陳腐化率が高まるとともに技術開発競争が激しくなった結果、研究開発の期間が段々短くなってきている。例えば、日本の製造業における研究開発リードタイムは、1970年に平均3.6年であったのが、1978年には3.3年となり、1993

年には2.9年にまで短縮されている」という。<sup>7)</sup>

次に、現在の技術知識は外部環境の変化やより新しい技術知識の出現により陳腐化していくのが一般的である。このような技術知識の陳腐化は概ね次のような原因によって引き起こされると考えられている。第1に、技術革新の結果としてより魅力的な技術・製品・プロセスが利用可能となり、それによって既存の技術・製品・プロセスの利用価値が低下し陳腐化していく。企業が研究開発活動によって新しい技術を獲得しそれによって収益をあげるには、その技術を体化した新製品や新サービスを販売するか、あるいは新技術自体を他企業にライセンス販売するかの2つの方法があるが、より魅力的な新技術が出現すると、それら2つの方法が取れなくなり、より古い技術は陳腐化せざるを得なくなる。技術知識の陳腐化の第2の原因は、時間の経過とともに特定の新しい技術知識が組織外部に漏洩されその専門性が薄れることである。すなわち、外部者に新しい技術知識が模倣されもはや新しい技術知識でなくなるという現象がおこるのである。

技術知識の陳腐化に関しては、Griliches（1998）は「80年代のヨーロッパではおよそ半分ほどの特許が10年以内で更新されそのほとんどが相当期間中一定の有用性を保つと期待されたが、10年を過ぎて更新された残り半分ほどの特許はその特許の将来収入の期待値が低い更新コストを下回った。このことは時間の経過とともに大多数の特許の価値が急速に陳腐化することを示唆する」と述べ、<sup>8)</sup> 渡辺（1998）は日本の製造業における技術の陳腐化率を「1970年平均8%（平均寿命12.5年）、1980年平均10%（同10年）、1993年平均12%（同8.5年）」と推定している。<sup>9)</sup>

以上のデータから日本では80年代以降激しい技術開発競争により企業の研究開発投資が急激に増えるとともに技術知識の陳腐化率が大きくなり、企業側では技術知識の陳腐化率の増大への対応策の1つとして研究開発のスピードアップ（研究開発リードタイムの短縮）が図ら

れている可能性がうかがえる。

以上のことを要約すると、「フローとしての研究開発投資によって技術知識ストックが増加する。研究開発投資が行われた後、技術知識ストックが増えるまでには時間的遅延が介在し、新しい技術知識の開発によって古い技術知識は陳腐化していく（技術知識ストックが減少する）」ということになる。

このように新しい技術知識はフローとしての研究開発投資の積み重ねによって創り出されると考えられるが、それを具体的に把握するのは大変難しい。技術情報が人や物に体化され可視的なデータとして存在しない場合も多く、例えば技術情報が設計図やマニュアルのような形で明示されている場合でもその評価と具体化には様々な問題が含まれるのが普通である。そこで、ここでは、これまでの考察に基づき、当期の技術知識ストックの形成に関わる要素として、(a) 前期の技術知識ストック、(b) 当期以前の研究開発投資額、(c) 自然変動要因、および (d) 陳腐化率、の4つに限定し、次のようにして技術知識ストックを算出する。

$$S_t = \sum_{i=1}^m \lambda_{t-i} IN_{t-i} + (1 - \rho_{t-1}) S_{t-1} \quad (4.2)$$

- S : 技術知識ストック
- m : 研究開発投資の有効期限
- $\lambda$  : (研究開発投資の) 技術知識ストックへの変換率
- IN : 研究開発投資額
- $\rho$  : 技術知識ストックの陳腐化率

研究開発投資の有効期限 (m) については、現実値を捉えることは大変難しいので、鈴木・宮川 (1986) および渡辺 (1998) の分析結果の数値を参考にして  $m = 3$  と仮定する。すなわち、研究開発投資は去年の投資から3年前の投資までが今年の技術知識ストック形成に影響を与えるとする。また、研究開発活動は不確実性が高く (確実に成果を得ることの保証はなく)、その成果は研究開発投資が行われてからある程

度の時間が経過しないと得られない性質のものであると思われるので、変換率 ( $\lambda$ ) については、「 $\lambda_{t-1}$  : 平均値0.05, 標準偏差0.005,  $\lambda_{t-2}$  : 平均値0.1, 標準偏差0.01,  $\lambda_{t-3}$  : 平均値0.2, 標準偏差0.02」の正規分布に従う変数と仮定する。

技術知識ストックの陳腐化率 ( $\rho$ ) は、今節の先行研究の数値を参考にして、10%と仮定する。また、技術知識ストックは1985年～2013年の数値を推定しなければならないが、そのときに規定値として必要な初期値 (1984年度の技術知識ストック) としては1984年度の研究開発投資額を用いた。このようにして求めた製造業 (表1の17工業) および研究開発志向3工業の技術知識ストックは「表4」のように表わされる。まず、表4から、製造業および研究開発志向3工業の技術知識ストックが時間の経過とともに持続的に増えていることが確かめられる。研究開発志向3工業の技術知識ストックの傾向変動を確かめるために、「技術知識ストックを被説明変数、年次 (年度 - 1989) を説明変数」として1990年以降のデータを用いて単回帰を行った結果、説明変数の推定係数が「C工業1965.10 (t値37.10), E工業4210.84 (t値24.59), T工業2242.13 (t値59.19), 製造業9983.38 (t値36.37)」となったので、製造業および研究開発志向3工業とも時間の経過とともに技術知識ストックは増加傾向にあり、E工業の増加傾向がもっとも強いことがうかがえる。しかし、2000年の技術知識ストックを1990年のそれで割って見ると、「製造業2.16倍, C工業2.06倍, E工業2.37倍, T工業2.06倍」となる。ところで、2013年の技術知識ストックを2000年のそれで割って見ると、「製造業1.42倍, C工業1.42倍, E工業1.33倍, T工業1.64倍」となり、研究開発志向3工業とも2000年代に入り技術知識ストックの伸び率は1990年代のそれに比べて相対的に大きく低下していることがわかる。ところで、研究開発志向3工業の中で技術知識ストックの伸び率の減少がもっとも小さいのはT工業となっている (表5参照)。

「表6と図3」は各年度の「付加価値 (= 産

表 4 技術知識ストック

(単位：億円)

区分 \ 年度	1990	1995	2000	2005	2010	2013	平均
製造業	114,501	193,263	247,411	287,957	333,965	351,230	254,721
C工業	24,197	40,760	49,762	59,371	67,753	70,428	52,045
E工業	43,765	76,937	103,508	119,617	138,216	137,937	103,330
T工業	22,182	35,456	45,678	54,222	69,079	75,032	50,275

表 5 技術知識ストックの傾向変動

区分 \ 結果	回帰係数( <i>t</i> 値)	技術知識ストックの伸び率	
		2000/1990	2013/2000
製造業	9983.38(36.37)	2.16	1.42
C工業	1965.10(37.10)	2.06	1.42
E工業	4210.84(24.59)	2.37	1.33
T工業	2242.13(59.19)	2.06	1.64

出－中間投入) ÷ 技術知識ストック」の数値をもとに作成されたものである。これらによると、次の4点の傾向が浮かび上がる。

第1に、E工業以外の製造業の「単位技術知識ストックあたり付加価値（以下、単位技術知識付加価値と略称する）」が年々低下している。製造業および研究開発志向3工業の単位技術知識付加価値の傾向変動を確かめるために、「単位技術知識付加価値を被説明変数、年次（年度－1993）を説明変数」として1994年以降のデータを用いて単回帰を行った結果、説明変数の推定係数が「C工業－0.043 (*t* 値－12.21)、E工業0.071 (*t* 値10.21)、T工業－0.042 (*t* 値－5.70)、製造業－0.097 (*t* 値－7.69)」となり、E工業だけが僅かながら時間の経過とともに単位技術知識付加価値が増加傾向を示すものの、製造業やその他の2工業ではすべて減少傾向を示す。E工業の場合、2002年までは単位技術知識付加価値が1を下回っていたが、2003年からは一貫して1を上回るようになっていく。C工業とT工業の場合は両方とも1994年以降単位技術知

識付加価値が持続的に減少している。単位技術知識付加価値を企業のパフォーマンスに対する研究開発投資の効果を示す1尺度と考えると、E工業以外の製造業の単位技術知識付加価値が持続的な減少傾向を示すということはE工業以外の製造業において企業のパフォーマンスに対する研究開発投資の効果が年々薄れているということになる。

次に、研究開発志向3工業の単位技術知識付加価値は製造業全体のそれを大きく下回っている。これは、製造業に属する他の工業より研究開発志向3工業の方で企業のパフォーマンスに対する研究開発投資の効果がより小さいことを物語る。

第3に、研究開発志向3工業のなかで研究開発投資額がもっとも大きかったE工業の単位技術知識付加価値が2000年以降改善されているのに対して、C工業とT工業のそれは悪化している。

最後に、研究開発志向3工業の中で全期間を通じてもっとも単位技術知識付加価値が高いの

表6 単位技術知識ストックあたりの付加価値

年度 区分	1995	2000	2005	2010	2013	平均
製造業	4.789	3.876	3.462	3.307	3.045	3.696
C工業	1.846	1.700	1.397	1.349	1.304	1.519
E工業	0.732	0.968	1.305	1.941	1.727	1.335
T工業	2.771	2.291	2.330	2.027	1.710	2.226

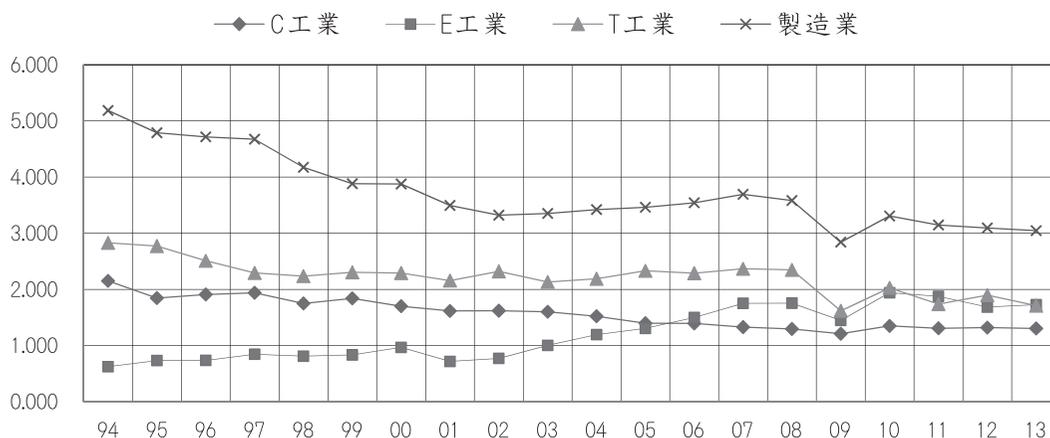


図3 単位技術知識ストックあたり付加価値の推移

はT工業となっている。

以上の考察により、単位技術知識付加価値においては次のような3点の特徴が見受けられる。

第1に、E工業以外の研究開発志向工業において単位技術知識付加価値が年々減少していることである。次に、研究開発投資額（技術知識ストック）の多いE工業やC工業よりその少ないT工業の方で単位技術知識付加価値が全体的に高いことである。最後に、製造業および研究開発志向3工業のすべてにおいて2009年の単位技術知識付加価値が急減しその後徐々に回復していることである。これは、2008年に起きた「リーマン・ショック」の影響を示しているものと考えられる。

### 5. 研究開発投資の効率性の推定

企業のアウトプット（付加価値）は技術知識ストックだけではなく、それ以外のファクター（資本や労働）からも影響を受けると考えられる。したがって、この節では重回帰分析を用いて各独立変数の産出弾力性を求め、それによって研究開発投資が付加価値に及ぼす影響（研究開発投資の効率性）を数値化することにする。

そのためにここでは合理的かつ実用的な生産関数として多くの経済・経営研究で利用されている「コブダグラス（Cobb-Douglas）型生産関数」モデルに基づいて以下のような関数を設ける。

$$Y = Ae^{\gamma t} S^{\alpha} K^{\beta} L^{1-\beta} \quad (5.1)$$

$\left\{ \begin{array}{l} Y: \text{付加価値} \\ S: \text{技術知識ストック} \\ K: \text{資本ストック} \\ L: \text{労働投入量} \end{array} \right.$	<p>が得られる。</p> $\ln(Y/L) = \alpha \ln S + \beta \ln(K/L) + \gamma t \quad (5.3)$
--	---

(5.1) 式において、 $\gamma$ は例えば技術知識ストックがゼロであっても生ずるであろう「非体化技術進歩率」であり、 $t$ は基準年から測った年次、 $\alpha$ は「技術知識ストックの産出弾力性」、 $\beta$ は「資本の産出弾力性」である。

次に、技術知識ストックの限界生産性（技術知識ストックが1単位増えたときに得られる付加価値の増加分）を研究開発投資の収益率（ $\tau$ ）と考えると、

$$\tau = \frac{\partial Y}{\partial S} = \alpha A e^{\gamma t} S^{\alpha-1} K^{\beta} L^{1-\beta} = \alpha \frac{Y}{S} \quad (5.2)$$

となる。

実測データを用いて回帰を行うために、まず(5.1)式の中の $A=1$ とし、次に(5.1)式の両辺を $L$ で割った後対数化して整理すると、次式

(5.3) 式による回帰（regression）に使用するデータは、科学技術研究調査報告、国民経済計算年報、民間企業資本ストック、等々から採取した時系列データであるが、産業別研究施設・設備の（代替）データが得られなかったため回帰には「研究施設・設備を含む資本ストック」の値をそのまま使用せざるを得なかった。労働投入量は「(就業者数－研究関係従業者数)×労働時間数」の値を使用した。

(5.3) 式による回帰の結果は「表7」と「表8」のようにまとめられる。表のなかの最初の数値は推定係数、括弧の中の数値は $t$ 値/ $P$ 値、「\*」は推定値が「5%有意水準で有効」、「\*\*」は推定値が「1%有意水準で有効」であることを表わす。一般的に、「 $2 < t < 4, 0.01 < P < 0.05$ 」の場合5%有意水準で有効、「 $t > 4, P < 0.01$ 」の場合1%有意水準で有効と判定される。

まず、表7によると、製造業および研究開発

表7 1990年代（1985～2000）

項目 区分	補正 $R^2$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\tau$
製造業	0.986	0.103(1.693/0.116)	-0.160(-0.813/0.432)	<b>0.035(2.839/0.015)*</b>	0.813
C工業	0.977	<b>0.362(3.650/0.003)*</b>	<b>1.160(3.277/0.007)*</b>	-0.038(-2.395/0.034)	1.003
E工業	0.980	1.000(1.700/0.115)	-0.157(-0.213/0.835)	0.037(1.343/0.204)	1.779
T工業	0.790	0.210(0.968/0.352)	0.272(0.498/0.628)	-0.010(-0.396/0.699)	0.841

表8 2000年代（1995～2013）

項目 区分	補正 $R^2$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\tau$
製造業	0.960	-0.366(-1.117/0.282)	-0.316(-1.284/0.219)	<b>0.053(4.681/0.0003)**</b>	-1.337
C工業	0.759	0.205(0.507/0.620)	<b>1.477(6.183/0.00002)**</b>	-0.015(-1.186/0.254)	0.315
E工業	0.962	1.558(1.528/0.147)	-1.147(-1.176/0.258)	<b>0.107(4.357/0.0006)**</b>	1.935
T工業	0.654	1.994(1.940/0.071)	-0.351(-1.243/0.233)	-0.063(-1.524/0.148)	4.357

志向3工業のなかで技術知識ストックの産出弾力性 ( $\alpha$ ) が有効なのはC工業のみであるが、E工業の $t$ 値が2に近いことからE工業を考察対象に加えると、C工業とE工業において技術知識ストックの産出弾力性 ( $\alpha$ ) と研究開発投資の収益率 ( $\tau$ ) が製造業のそれらを上回っているため、「1990年代において製造業のなかでC工業とE工業の研究開発投資の効率が相対的に高い」ことが認められる。技術知識ストックの産出弾力性 ( $\alpha$ ) と研究開発投資の収益率 ( $\tau$ ) の両方において、数値の高い方から並べると、「E工業>C工業>T工業」の順になり、研究開発志向3工業のなかで相対的に効率的な研究開発活動を行ったのはもっとも研究開発投資額の多いE工業であることがわかる。

次に、表8によると、製造業および研究開発志向3工業のすべてにおいて技術知識ストックの産出弾力性 ( $\alpha$ ) が有効ではないが、唯一 $t$ 値が2に近いT工業の技術知識ストックの産出弾力性 ( $\alpha$ ) が他工業より高い数値を示しており、研究開発投資の収益率 ( $\tau$ ) においては他工業よりはるかに高い数値を示していることなどから、2000年代に入り研究開発志向3工業のなかで相対的に研究開発投資額の少ないT工業の研究開発投資の効率性が飛躍的に高まったといえよう。これは2000年代に入り、電気電子機器産業にかつての勢いが見られなくなっているのに対して、自動車産業はいまだかつての勢いに衰えが見えないことと関連しているかもしれない。

最後に、1990年代と2000年代の両方において、C工業の資本ストックの産出弾力性 ( $\beta$ ) が有効な正の数値を示しており、装置産業としての特徴を表していると考えられる。

## 6. 結 論

以上の分析結果から、(a) 全期間 (1985～2013) において製造業および研究開発志向3工業の研究開発投資額は時間の経過とともに増加傾向を見せるものの、2000年代の後半 (2007

年以降) には減少に転じている。資源ストックはストックの故全期間において持続的に増加している、(b) 1990年代においてはC工業とE工業の研究開発投資が効率的である。研究開発志向3工業のなかでは相対的に研究開発投資額の多いE工業の研究開発投資収益率がもっとも高いのでE工業の研究開発投資がもっとも効率的である、(c) 2000年代では推定係数の有効性の欠如により付加価値に対する研究開発投資の影響についての信頼性の高い結論は導き出せないが、「2000年代に入り研究開発志向3工業のなかで相対的に研究開発投資額の少ないT工業の研究開発投資の効率性が飛躍的に高まった」可能性がある、(d) したがって、「全期間 (1985～2013) において日本の製造業の研究開発投資は増加傾向にあるが、2000年代の後半では減少している。1990年代ではC工業とE工業の研究開発投資は効率的であった (付加価値を増大させた) もの、2000年代の製造業および研究開発志向3工業の研究開発投資の効果については統計的に信頼できる結論を得ることができず、T工業のみ研究開発投資の効率性が飛躍的に高まった可能性がある」という結論を導き出すことができる。

相対的に研究開発投資額の多いE工業の研究開発における効率性の低下と相対的に研究開発投資額の少ないT工業の研究開発における効率性の向上という結果の原因の追及は今後の定性的研究に委ねるしかないが、日本のE工業で旺盛に研究開発投資が行われその結果得られた技術が2000年代に入り他国の企業に容易に模倣されるようになり、また世界経済のグローバルゼーション (globalization) によってE工業の製品が賃金の安い国や地域で製造されるようになったことと関係しているように考えられる。それに対して日本のT工業で開発される技術知識は他国の企業に簡単に模倣されることがなく、したがって日本のT工業で創られる技術や製品にはいまだブランド力や品質が他国より相対的に高い状態が維持されていることが予想される。

区分	内容	結論
仮説	研究開発活動は製造業の付加価値(効率)を高める。	1990年代では認められるが、2000年代では認められない。
付属論点 ①	研究開発志向3工業の間に研究開発活動の成果に差が存在する。	認められる。1990年代ではC工業とE工業、2000年代ではT工業の方の成果が高い。
付属論点 ②	製造業において1990年代と2000年代の研究開発活動の成果に差が存在する。	認められる。1990年代の成果に比べ2000年代の成果が低下している可能性がうかがえる。

以上の考察により、本研究で当初掲げた仮説と2つの論点に対しては上記の表のような結論が導かれる。

各工業間または年代間における研究開発成果の差を生み出す原因としては、経済のグローバル化に伴う国際競争の激化、新興国への技術や資本の移転、新技術開発の難易度の変化、等々のことが考えられるが、本研究のような定量分析のみでは研究開発の成果の差を生み出す原因を特定することはできない。

最後に、本研究はあくまでも研究開発についての定量分析を行ったものであり、そこから得られる諸結論の背後に横たわっている原因の追究や研究開発の質についての仮説の検証(研究開発の定性分析)には立ち入っていない。本研究をより意味のあるものにするには研究開発の定性分析が必要不可欠であることはいうまでもないが、筆者の現状における能力の不足によりそれらは今後の研究課題として取り組んで行きたい。

### 注および参考文献

- 1) Griliches & Lev and Sougiannis.
  - ① Z. Griliches, "R&D and The Productivity Slowdown", *American Economic Review*, Papers and Proceedings of the 92nd Annual Meeting of the AEA, May 1980, vol. 70(2), 343-348.
  - ② Z. Griliches, *R&D and Productivity: the Econometric Evidence*, The University of Chicago Press, 1998, pp. 52-53.
  - ③ B. Lev, T. Sougiannis, "The capitalization, amortization, and value-relevance of R&D", *Journal of Accounting and Economics* 21 (1996) pp. 107-138.
- 2) 「需要の価格弾力性」は次のように表される。

$$e = -\frac{dQ/Q}{dp/p} = -\frac{p}{Q} \frac{dQ}{dp}$$

上式で、 $p$ は製品の価格 (price)、 $Q$ は製品に対する需要 (Quantity) である。

一方、一定期間中の企業の収益 ( $R$ ) は、 $R = p \cdot Q = f(Q) \cdot Q$  であるので、限界収益は次のように表わされる。

$$MR = \frac{dR}{dQ} = f(Q) + f'(Q) \cdot Q$$

したがって、

$$MR = f(Q) \left( 1 + \frac{Q}{f(Q)} \frac{df(Q)}{dQ} \right) = p \left( 1 + \frac{Q}{p} \frac{dp}{dQ} \right)$$

となるので、限界収益は次のように表わされる。

$$MR = p \left( 1 - \frac{1}{e} \right)$$

- 3) 総務庁統計局『科学技術研究調査報告/産業、売上高階級別研究関係従業者数及び社内使用研究費(企業)1985年版~2014年版』。
- 4) 後藤 晃『日本の技術革新と産業組織』東京大学出版会、1993、p. 35.
- 5) Z. Griliches, *ibid*, pp. 53-55.
- 6) 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年、pp. 128-130.  
日本の数値は各研究段階から企業化までのラグ期間のアンケート調査により求められたものを基礎、応用、開発研究の比率で加重平均することによって得られ、アメリカの数値は類似の概念と方法に基づいてリンク (1981) が調査したものである。
- 7) 渡辺千帆『技術経済論』日科技連、1998年、

- pp. 23-25.
- 8) Z. Griliches, *ibid*, pp. 308-313.
- 9) 渡辺, 前掲書, p. 23.
- 10) Z. Griliches, *R&D, Patents, and Productivity*, The University of Chicago Press, 1984.
- 11) J. J. Wetter, *The Impacts of Research And Development Expenditures: The Relationship Between Total Factor Productivity and U.S. Gross Domestic Product Performance*, Springer Science+Business, 2010.
- 12) Technical Insights, *Research and Development: A Review and Analysis of Key Advances*, John Wiley & Sons, 1991.
- 13) L. M. Wingate, *Project Management for Research and Development: Guiding Innovation for Positive R&D Outcomes* (Best Practices and Advances in Program Management Series), CRC Press, 2014.
- 14) 中西泰夫『イノベーションの計量経済分析』専修大学出版局, 2014年.

## 付録 I (元データ)

(単位: 億円)

産業 区分	年 度	付加価値	付加価値	研究開発費	研究開発費	研究開発費	資本ストック	資本ストック	労働 投入量
		I	II	(内部)	(外部)		I	II	
C	81	28,328		6,174	1,123	7,297			80,910.48
C	82	33,551		6,875	1,288	8,163			81,131.52
C	83	37,407		7,745	1,370	9,115			79,230.69
C	84	45,279		8,528	1,577	10,105			83,562.23
C	85	51,556		9,364	1,847	11,211	227,675.25		79,746.07
C	86	57,630		9,836	2,090	11,926	238,402.82		75,626.49
C	87	60,215		10,959	2,333	13,292	246,738.08		74,061.88
C	88	63,625		11,902	2,518	14,420	255,202.14		75,743.93
C	89	72,097		13,139	3,023	16,162	269,223.94		74,333.13
C	90	76,555		14,168	3,037	17,205	285,800.59		76,901.09
C	91	78,810		15,477	3,126	18,603	305,669.27		79,872.17
C	92	86,572		16,047	2,928	18,975	318,708.76		78,401.36
C	93	87,349		15,614	3,247	18,861	322,598.47		77,762.43
C	94	86,469	80,587	15,488	2,940	18,428	331,825.38	315,963.47	77,893.68
C	95	85,296	75,225	15,549	2,988	18,537	341,150.90	325,245.37	72,685.88
C	96	89,521	80,032	15,933	3,000	18,933	343,976.72	327,320.89	69,612.12
C	97	93,104	84,778	16,093	3,240	19,333	353,094.59	335,601.05	69,962.42
C	98	87,948	80,182	16,309	3,060	19,369	360,997.50	343,654.20	67,819.60
C	99	94,305	89,367	15,881	2,878	18,759	363,491.79	345,710.53	65,105.12
C	00	91,481	84,618	16,259	3,033	19,292	369,269.94	350,119.06	68,857.20
C	01	90,846	82,347	16,822	2,817	19,639	375,065.82	354,323.15	68,620.74
C	02	92,942	86,048	18,343	3,301	21,644	372,167.66	351,953.16	64,204.34
C	03	96,646	88,095	17,742	2,841	20,583	362,730.91	345,207.17	64,132.29
C	04	96,546	85,936	17,380	2,848	20,228	368,971.81	349,817.65	65,810.85
C	05	95,262	82,934	19,221	3,250	22,471	370,705.44	348,168.87	66,123.06
C	06	95,359	83,812	20,436	3,452	23,888	359,294.66	351,885.71	70,329.56
C	07	92,791	82,483	20,757	3,729	24,486	372,215.18	358,709.02	67,789.12
C	08	92,214	82,991	21,216	3,908	25,124	389,587.48	368,503.68	69,837.65
C	09	86,517	80,363	19,489	3,450	22,939	395,225.66	370,939.42	68,049.49
C	10	97,548	91,388	20,199	3,337	23,536	403,920.62	378,496.98	68,515.50
C	11		90,351	19,740	3,217	22,957		387,584.72	69,166.46
C	12		92,597	20,530	3,057	23,587		395,904.74	67,892.37
C	13		91,821	21,890	3,166	25,056		400,002.39	66,888.78
E	81	13,619		10,062	712	10,774			327,941.76
E	82	16,929		11,764	915	12,679			331,087.20
E	83	16,314		14,162	1,204	15,366			367,074.24

E	84	18,287		16,345	1,574	17,919			420,208.72
E	85	33,912		19,382	1,917	21,299	124,044.68		422,063.79
E	86	38,223		19,800	2,140	21,940	138,445.17		431,979.99
E	87	44,671		21,635	2,364	23,999	150,789.95		425,661.37
E	88	56,952		24,516	2,750	27,266	168,815.02		435,536.84
E	89	71,034		28,081	3,546	31,627	191,252.96		446,581.29
E	90	93,963		31,463	4,042	35,505	217,332.72		440,387.12
E	91	111,269		33,828	4,202	38,030	244,869.58		443,768.95
E	92	107,876		32,205	3,890	36,095	264,647.61		422,745.47
E	93	104,941		30,198	4,711	34,909	276,858.82		398,174.70
E	94	110,421	43,759	30,648	4,277	34,925	283,239.45	345,126.67	383,063.81
E	95	130,757	56,323	32,736	4,210	36,946	291,619.51	357,147.32	371,216.37
E	96	143,763	60,262	34,936	4,754	39,690	301,803.19	374,138.66	371,500.30
E	97	162,268	72,897	37,194	5,945	43,139	312,887.47	392,143.61	371,378.88
E	98	157,908	74,539	37,128	5,489	42,617	322,233.08	406,294.71	347,210.54
E	99	169,188	82,022	36,159	4,835	40,994	321,799.49	404,985.72	339,787.43
E	00	200,700	100,167	38,200	5,389	43,589	323,539.51	409,073.30	330,371.02
E	01	175,304	76,817	38,524	5,679	44,203	328,297.70	421,766.90	317,839.67
E	02	184,348	85,650	38,091	5,871	43,962	313,671.93	405,284.62	292,224.06
E	03	240,760	115,227	36,043	5,232	41,275	305,893.20	387,888.44	288,583.45
E	04	289,309	140,277	37,878	5,887	43,765	307,238.40	381,160.56	279,873.19
E	05	325,753	156,097	40,332	6,423	46,755	322,202.71	391,572.19	268,353.43
E	06	347,632	182,868	41,170	6,501	47,671	344,692.28	409,047.14	274,953.33
E	07	411,622	217,547	42,362	7,209	49,571	371,453.17	433,155.12	281,742.65
E	08	425,052	227,091	39,787	7,420	47,207	365,473.42	417,778.95	265,597.15
E	09	369,587	193,971	34,117	6,645	40,762	357,604.19	399,328.63	231,120.58
E	10	246,595	268,242	32,406	5,627	38,033	355,816.17	395,932.54	249,456.16
E	11		265,033	34,247	4,329	38,576		396,930.06	251,039.40
E	12		234,799	33,432	4,012	37,444		400,333.38	232,349.15
E	13		238,262	33,430	4,115	37,545		384,441.45	223,654.12
T	81	61,807		6,274	513	6,787			224,057.88
T	82	57,163		6,719	679	7,398			216,380.53
T	83	59,576		7,145	1,051	8,196			218,563.95
T	84	62,928		8,082	1,000	9,082			232,589.29
T	85	79,833		9,357	1,436	10,793	188,296.94		238,742.49
T	86	79,716		9,898	1,418	11,316	199,967.06		225,340.00
T	87	88,064		9,696	1,400	11,096	208,337.07		221,447.19
T	88	94,086		10,864	1,686	12,550	220,380.66		224,065.41
T	89	99,965		12,446	1,863	14,309	233,836.03		234,444.60

T	90	100,064		14,961	2,211	17,172	251,735.73		238,259.47
T	91	105,634		15,087	2,097	17,184	273,037.10		230,332.87
T	92	104,131		14,986	2,100	17,086	289,889.90		238,796.18
T	93	103,040		12,971	2,074	15,045	301,262.77		224,711.74
T	94	98,815	92,633	12,200	2,161	14,361	308,888.71	347,223.19	217,974.25
T	95	104,069	98,261	13,609	2,450	16,059	319,101.85	355,373.85	210,244.43
T	96	100,743	95,171	15,112	2,521	17,633	328,598.52	361,388.75	215,778.03
T	97	95,226	90,333	16,540	2,679	19,219	337,876.61	368,812.94	219,414.75
T	98	97,306	91,981	16,320	2,704	19,024	346,890.07	378,999.12	203,869.65
T	99	105,988	101,015	15,296	2,755	18,051	348,598.20	381,261.49	198,770.59
T	00	109,282	104,636	15,526	2,998	18,524	352,919.64	385,231.56	197,493.05
T	01	109,096	103,125	16,755	3,069	19,824	353,399.22	383,739.87	201,611.71
T	02	124,807	115,425	17,379	3,405	20,784	355,731.86	385,083.19	209,677.39
T	03	121,598	108,464	18,460	3,656	22,116	360,272.50	391,788.48	216,238.78
T	04	130,964	114,974	19,281	3,591	22,872	368,014.08	402,323.03	218,578.63
T	05	145,484	126,347	21,851	3,861	25,712	382,412.50	419,161.68	229,309.50
T	06	158,441	128,561	23,007	4,274	27,281	402,255.52	441,317.21	242,757.58
T	07	169,435	140,609	24,845	4,951	29,796	418,810.34	459,869.63	247,407.11
T	08	175,493	147,294	23,608	4,295	27,903	444,711.62	484,386.85	243,411.96
T	09	125,687	105,162	19,789	3,967	23,756	451,994.06	488,532.80	204,118.80
T	10	143,884	140,050	21,213	3,894	25,107	457,869.98	493,557.87	227,711.20
T	11		124,891	22,378	4,301	26,679		500,477.73	231,198.59
T	12		140,771	22,711	4,715	27,426		504,144.49	238,200.22
T	13		128,319	24,972	4,826	29,798		506,482.93	230,913.23
M	81	714,822		33,666		33,666			2,846,402.13
M	82	733,473		37,464		37,464			2,823,327.60
M	83	744,857		42,487		42,487			2,886,135.68
M	84	779,060		47,765		47,765			2,971,420.14
M	85	858,178		55,436		55,436	1,861,797.95		2,973,238.74
M	86	845,673		57,396		57,396	1,958,948.15		2,940,997.89
M	87	875,379		61,012		61,012	2,036,818.17		2,918,477.07
M	88	938,353		67,546		67,546	2,136,851.23		3,008,758.06
M	89	995,636		77,062		77,062	2,281,278.68		3,038,706.08
M	90	1,068,597		86,603		86,603	2,448,287.10		3,039,168.49
M	91	1,117,968		91,954		91,954	2,637,575.02		3,039,979.89
M	92	1,099,298		89,711		89,711	2,777,338.65		2,945,692.00
M	93	1,054,109		84,546		84,546	2,866,097.82		2,784,004.44
M	94	1,034,388	907,109	83,655		83,655	2,936,273.61	3,063,026.77	2,658,905.87
M	95	1,072,720	925,483	87,744		87,744	3,017,419.29	3,154,924.65	2,591,895.06

M	96	1,108,179	960,508	92,631		92,631	3,085,925.72	3,226,020.80	2,575,182.07
M	97	1,131,406	984,129	98,164		98,164	3,184,531.20	3,326,358.68	2,552,269.34
M	98	1,070,168	926,075	98,071		98,071	3,274,415.71	3,419,294.04	2,393,194.31
M	99	1,061,553	921,120	95,216		95,216	3,311,289.71	3,447,895.39	2,320,505.69
M	00	1,114,394	959,007	98,160		98,160	3,371,312.55	3,498,053.44	2,301,808.38
M	01	1,053,442	895,213	98,849		98,849	3,422,174.83	3,546,688.93	2,236,935.70
M	02	1,039,566	876,047	100,813		100,813	3,405,085.83	3,520,870.60	2,142,837.58
M	03	1,107,825	903,894	100,320		100,320	3,382,148.69	3,504,629.78	2,128,318.81
M	04	1,183,220	955,462	103,884		103,884	3,441,285.24	3,539,027.50	2,122,260.30
M	05	1,251,085	996,986	112,526		112,526	3,526,497.75	3,598,794.47	2,095,467.56
M	06	1,294,823	1,043,965	117,300		117,300	3,631,636.07	3,698,860.17	2,144,660.98
M	07	1,380,081	1,108,683	121,796		121,796	3,780,223.94	3,833,080.96	2,145,245.60
M	08	1,380,355	1,112,962	118,831		118,831	3,926,514.71	3,942,913.90	2,073,343.28
M	09	1,130,661	913,972	104,386		104,386	3,980,567.52	3,962,496.84	1,815,711.25
M	10	1,242,327	1,104,320	104,657		104,657	4,032,314.90	4,009,831.45	1,868,881.69
M	11		1,074,934	107,833		107,833		4,075,420.74	1,848,225.43
M	12		1,069,999	107,041		107,041		4,123,677.25	1,850,184.95
M	13		1,069,556	112,615		112,615		4,131,390.63	1,793,184.83

(注) I : 平成 12 年度基準値 / II : 平成 17 年度基準値 /

## 付録Ⅱ（加工データ）

（単位：億円）

産業区分	年度	付加価値Ⅰ	付加価値Ⅱ	技術知識 ストック	資本ストックⅠ	資本ストックⅡ	労働投入量
C	85	51,556		12,328	227,675.25		79,746.07
C	86	57,630		14,388	238,402.82		75,626.49
C	87	60,215		16,579	246,738.08		74,061.88
C	88	63,625		18,777	255,202.14		75,743.93
C	89	72,097		21,531	269,223.94		74,333.13
C	90	76,555		24,197	285,800.59		76,901.09
C	91	78,810		27,490	305,669.27		79,872.17
C	92	86,572		31,015	318,708.76		78,401.36
C	93	87,349		33,865	322,598.47		77,762.43
C	94	86,469	80,587	37,472	331,825.38	315,963.47	77,893.68
C	95	85,296	75,225	40,760	341,150.90	325,245.37	72,685.88
C	96	89,521	80,032	41,920	343,976.72	327,320.89	69,612.12
C	97	93,104	84,778	43,722	353,094.59	335,601.05	69,962.42
C	98	87,948	80,182	45,832	360,997.50	343,654.20	67,819.60
C	99	94,305	89,367	48,574	363,491.79	345,710.53	65,105.12
C	00	91,481	84,618	49,762	369,269.94	350,119.06	68,857.20
C	01	90,846	82,347	50,976	375,065.82	354,323.15	68,620.74
C	02	92,942	86,048	53,142	372,167.66	351,953.16	64,204.34
C	03	96,646	88,095	55,022	362,730.91	345,207.17	64,132.29
C	04	96,546	85,936	56,492	368,971.81	349,817.65	65,810.85
C	05	95,262	82,934	59,371	370,705.44	348,168.87	66,123.06
C	06	95,359	83,812	60,163	359,294.66	351,885.71	70,329.56
C	07	92,791	82,483	62,099	372,215.18	358,709.02	67,789.12
C	08	92,214	82,991	64,087	389,587.48	368,503.68	69,837.65
C	09	86,517	80,363	66,431	395,225.66	370,939.42	68,049.49
C	10	97,548	91,388	67,753	403,920.62	378,496.98	68,515.50
C	11		90,351	69,109		387,584.72	69,166.46
C	12		92,597	70,188		395,904.74	67,892.37
C	13		91,821	70,428		400,002.39	66,888.78
E	85	33,912		20,911	124,044.68		422,063.79
E	86	38,223		24,399	138,445.17		431,979.99
E	87	44,671		28,418	150,789.95		425,661.37
E	88	56,952		34,243	168,815.02		435,536.84
E	89	71,034		39,504	191,252.96		446,581.29
E	90	93,963		43,765	217,332.72		440,387.12
E	91	111,269		49,003	244,869.58		443,768.95

E	92	107,876		56,693	264,647.61		422,745.47
E	93	104,941		64,127	276,858.82		398,174.70
E	94	110,421	43,759	70,132	283,239.45	345,126.67	383,063.81
E	95	130,757	56,323	76,937	291,619.51	357,147.32	371,216.37
E	96	143,763	60,262	81,948	301,803.19	374,138.66	371,500.30
E	97	162,268	72,897	86,294	312,887.47	392,143.61	371,378.88
E	98	157,908	74,539	92,001	322,233.08	406,294.71	347,210.54
E	99	169,188	82,022	98,498	321,799.49	404,985.72	339,787.43
E	00	200,700	100,167	103,508	323,539.51	409,073.30	330,371.02
E	01	175,304	76,817	107,110	328,297.70	421,766.90	317,839.67
E	02	184,348	85,650	111,174	313,671.93	405,284.62	292,224.06
E	03	240,760	115,227	114,857	305,893.20	387,888.44	288,583.45
E	04	289,309	140,277	117,524	307,238.40	381,160.56	279,873.19
E	05	325,753	156,097	119,617	322,202.71	391,572.19	268,353.43
E	06	347,632	182,868	122,008	344,692.28	409,047.14	274,953.33
E	07	411,622	217,547	124,179	371,453.17	433,155.12	281,742.65
E	08	425,052	227,091	129,484	365,473.42	417,778.95	265,597.15
E	09	369,587	193,971	134,001	357,604.19	399,328.63	231,120.58
E	10	246,595	268,242	138,216	355,816.17	395,932.54	249,456.16
E	11		265,033	141,298		396,930.06	251,039.40
E	12		234,799	139,399		400,333.38	232,349.15
E	13		238,262	137,937		384,441.45	223,654.12
T	85	79,833		10,983	188,296.94		238,742.49
T	86	79,716		12,937	199,967.06		225,340.00
T	87	88,064		14,969	208,337.07		221,447.19
T	88	94,086		17,352	220,380.66		224,065.41
T	89	99,965		19,846	233,836.03		234,444.60
T	90	100,064		22,182	251,735.73		238,259.47
T	91	105,634		24,772	273,037.10		230,332.87
T	92	104,131		27,019	289,889.90		238,796.18
T	93	103,040		29,457	301,262.77		224,711.74
T	94	98,815	92,633	32,748	308,888.71	347,223.19	217,974.25
T	95	104,069	98,261	35,456	319,101.85	355,373.85	210,244.43
T	96	100,743	95,171	37,933	328,598.52	361,388.75	215,778.03
T	97	95,226	90,333	39,402	337,876.61	368,812.94	219,414.75
T	98	97,306	91,981	41,133	346,890.07	378,999.12	203,869.65
T	99	105,988	101,015	43,849	348,598.20	381,261.49	198,770.59
T	00	109,282	104,636	45,678	352,919.64	385,231.56	197,493.05
T	01	109,096	103,125	47,814	353,399.22	383,739.87	201,611.71
T	02	124,807	115,425	49,747	355,731.86	385,083.19	209,677.39

T	03	121,598	108,464	50,875	360,272.50	391,788.48	216,238.78
T	04	130,964	114,974	52,527	368,014.08	402,323.03	218,578.63
T	05	145,484	126,347	54,222	382,412.50	419,161.68	229,309.50
T	06	158,441	128,561	56,203	402,255.52	441,317.21	242,757.58
T	07	169,435	140,609	59,417	418,810.34	459,869.63	247,407.11
T	08	175,493	147,294	62,739	444,711.62	484,386.85	243,411.96
T	09	125,687	105,162	64,999	451,994.06	488,532.80	204,118.80
T	10	143,884	140,050	69,079	457,869.98	493,557.87	227,711.20
T	11		124,891	71,846		500,477.73	231,198.59
T	12		140,771	74,178		504,144.49	238,200.22
T	13		128,319	75,032		506,482.93	230,913.23
M	85	858,178		56,827	1,861,797.95		2,973,238.74
M	86	845,673		67,903	1,958,948.15		2,940,997.89
M	87	875,379		81,050	2,036,818.17		2,918,477.07
M	88	938,353		91,973	2,136,851.23		3,008,758.06
M	89	995,636		104,062	2,281,278.68		3,038,706.08
M	90	1,068,597		114,501	2,448,287.10		3,039,168.49
M	91	1,117,968		129,634	2,637,575.02		3,039,979.89
M	92	1,099,298		143,920	2,777,338.65		2,945,692.00
M	93	1,054,109		161,731	2,866,097.82		2,784,004.44
M	94	1,034,388	907,109	174,916	2,936,273.61	3,063,026.77	2,658,905.87
M	95	1,072,720	925,483	193,263	3,017,419.29	3,154,924.65	2,591,895.06
M	96	1,108,179	960,508	203,660	3,085,925.72	3,226,020.80	2,575,182.07
M	97	1,131,406	984,129	210,515	3,184,531.20	3,326,358.68	2,552,269.34
M	98	1,070,168	926,075	221,929	3,274,415.71	3,419,294.04	2,393,194.31
M	99	1,061,553	921,120	237,322	3,311,289.71	3,447,895.39	2,320,505.69
M	00	1,114,394	959,007	247,411	3,371,312.55	3,498,053.44	2,301,808.38
M	01	1,053,442	895,213	256,208	3,422,174.83	3,546,688.93	2,236,935.70
M	02	1,039,566	876,047	263,761	3,405,085.83	3,520,870.60	2,142,837.58
M	03	1,107,825	903,894	269,642	3,382,148.69	3,504,629.78	2,128,318.81
M	04	1,183,220	955,462	279,266	3,441,285.24	3,539,027.50	2,122,260.30
M	05	1,251,085	996,986	287,957	3,526,497.75	3,598,794.47	2,095,467.56
M	06	1,294,823	1,043,965	294,725	3,631,636.07	3,698,860.17	2,144,660.98
M	07	1,380,081	1,108,683	300,190	3,780,223.94	3,833,080.96	2,145,245.60
M	08	1,380,355	1,112,962	310,639	3,926,514.71	3,942,913.90	2,073,343.28
M	09	1,130,661	913,972	321,658	3,980,567.52	3,962,496.84	1,815,711.25
M	10	1,242,327	1,104,320	333,965	4,032,314.90	4,009,831.45	1,868,881.69
M	11		1,074,934	341,613		4,075,420.74	1,848,225.43
M	12		1,069,999	345,823		4,123,677.25	1,850,184.95
M	13		1,069,556	351,230		4,131,390.63	1,793,184.83

(注) I：平成12年度基準値／II：平成17年度基準値／



**English Summary****The Efficiency of Research & Development Investment  
in the Japanese Manufacturing Industries  
by Analyzing the Latest Industry Data****Hiroshi Harimoto**

The actions of the firm in order to control various environmental factors such as demand function and/or cost function are direct resource investment, making use of experience effects, and adjustment of organization of the firm. Direct resource investment is actions such as product advertisement for the purpose of product differentiation and R&D (Research and Development) for the purpose of decrease in production cost. In this research, R&D investment as a kind of direct resource investment is focused, and the recent situation of R&D investment in the Japanese manufacturing industries is reviewed after considering R&D investment theoretically. In addition, technology and knowledge stock of the 3 Japanese manufacturing industries (chemical industry, electric & electronic industry, and transportation industry) which have actively engaged in R&D is measured, and the efficiency of R&D investment in the 3 Japanese manufacturing industries is estimated on the basis of the above mentioned technology and knowledge stock. In this research, the following 3 hypotheses are tested.

- (1) R&D investment contributes to enhance the value-added of the firm.
- (2) There is a difference among the 3 Japanese manufacturing industries in the results of R&D investment.
- (3) There is a difference between the period of before-2000 and the period of after-2000 in the results of R&D investment.

key words: Research and Development (R&D), R&D Leadtime, Obsolescence of Technology and Knowledge, Technology and Knowledge Stock (TKS), Output Elasticity of TKS, Earning Ratio of R&D Investment.

a table of contents

1. Introduction
2. Previous researches
3. Theoretical consideration of R&D investment
4. R&D investment, Technology & Knowledge Stock in the Japanese manufacturing industries
  - 4.1 Trend in R&D investment
  - 4.2 Technology & Knowledge Stock
5. Efficiency estimation of R&D investment
6. Conclusion