

8 日本企業の研究開発資産の蓄積とパフォーマンスに関する実証分析

元橋一之

要 旨

本稿においては、1980年代以降の日本企業におけるR&D投資とR&D資産の蓄積の動向、R&D投資の決定要因およびR&D資産の生産性に関する分析を行った。1990年代前半まで、日本企業は順調にR&D投資を伸ばしてきたが、バブル経済の崩壊によって戦後はじめて民間研究開発投資の総額がマイナス成長となり、それ以降も伸び率が低下している。これに従って、R&D資産の蓄積スピードも1980年代が10%以上であったのが、バブル崩壊以降、4%台と半分以下のペースに落ち込んだ。

その背景としては、バブル崩壊といったデマンドショックによって企業の財務状況が悪化したことが影響していると考えられる。研究開発投資は、設備投資（有形固定資産投資）と比べて将来の収益に関する不確実性が高いものであるため、内部留保などの企業内部の資金が用いられることが多い。企業の財務状況の悪化が研究開発投資の足を引っ張っていることは、R&D投資の決定要因に関する分析によって確認された。また、R&D投資はその価格動向によっても影響を受けるので、研究開発税制の充実などによって研究開発コストを下げる政策が重要である。

一方で、R&D資産を明示的に取り入れた生産関数を推計した分析による

と、バブル崩壊の前後で R&D 資産の限界生産性は上昇していることがわかった。これは、財務状況の悪化による資金的制約やビジネスにおいてグローバルなイノベーション競争環境が厳しくなるなか、企業が収益性の高い分野に研究開発活動を集中させていることによるものと考えられる。とくに 1990 年代後半以降、日本企業は自社の研究開発を開発的色彩が強いプロジェクトに集中させ、基礎的な研究については産学連携などの外部連携を模索する動きを進めている。本稿における分析の結果、1990 年代後半以降、産学連携を行っている企業についてはより自社の R&D 資産の限界生産性が高いことがわかった。

本稿を作成するにあたって深尾京司一橋大学教授をはじめとするバブル・デフレ研究；マクロ経済、TFP、産業構造、IT 分科会の委員各位から貴重なコメントを頂いた。また、東京大学工学系研究科の袁媛特任助教授からはデータベース構築に際して多大な助力を頂いた。ここに感謝の意を表したい。ただし、本文中の誤りはすべて筆者の責任である。

1 はじめに

日本経済は踊り場に差しかかっている。2002年から続いた景気の上昇局面は転換期をむかえている。1990年代前半のバブル崩壊から日本経済は低成長時代に入ったが、2000年以降、企業セクターを中心に景気の回復が見られた。しかし、この戦後最長といわれる景気上昇局面も2002年から2007年の平均経済成長率は2.1%と力強さに欠ける。政府は中長期的な経済財政運営を行う上での前提としている経済成長率を2%と置いているが、このいわば巡航スピードとほとんど変わらない伸び率である。1990年代の平均成長率である1.4%よりも高い数字となっているが、1980年代の4%を超える数字とは比べようもない。

日本経済を供給サイドからみると、高齢化と少子化が進むことによって労働投入の減少が予想されるなかで、生産性の伸びが重要になっている。また、設備投資による資本蓄積が経済成長に与える影響も重要であるが、研究開発投資やソフトウェア投資のような無形資産への投資活動の重要性が高まっている。無形資産は企業会計においては、ソフトウェア資産など一部の項目が財務諸表上に計上されているが、研究開発による知識の蓄積、商品や企業のブランド価値、優れた経営手法などの組織資産など、経営戦略上重要な投資は財務諸表には表れてこない。これらの財務諸表に表れてこない無形資産については、企業の時価総額と財務諸表上の総資産の差として表れてくるという考え方があるが、企業によっては、時価総額が総資産の数倍になっているものもある。

一方で、無形資産のマクロ経済的な側面については、国民経済計算(SNA)の改定にもなって把握が行われてきている。たとえば、1993年のSNA改定(93SNA)において、ソフトウェアを設備投資として取り扱い、国民経済計算体系のなかで明示的に取り扱うべきであるという勧告がなされ

た。この勧告に基づいて、欧米諸国においてソフトウェア投資や資本の把握とそれぞれの国の GDP 統計への取り込みが行われ、日本においても 2000 年基準改定において、一部のソフトウェアが GDP 統計に取り入れられるようになった。また、研究開発投資に関しても、これまでは中間投入として取り扱われてきたが、サテライト勘定を設けて資本計上するための検討が進んでいる。ソフトウェア（情報化資産）や研究開発費（革新的資産）のみならず、ブランド資産や企業の組織変革にともなう費用などの経済的競争能力を加えた無形資産投資のマクロレベルの把握がなされつつある (Corrado *et al.* [2006], Fukao *et al.* [2007])。

このように無形資産に対する注目が集まってきているのは、経済活動において無形資産の重要性が高まっていると同時に、無形資産の蓄積が生産性と密接な関係をもっていることによる。資本や労働などの生産要素に対して中立的な生産性（全要素生産性）の伸びは、経済成長率から各生産要素の貢献度を引いた残差項（ソローの残差）として計測される。マクロレベルや産業レベルで全要素生産性を計測する際には、データの制約などで資本として勘案されない無形資産の貢献度は全要素生産性のなかに含まれることとなる。また、無形資産の蓄積は労働投入や資本投入の限界生産性と補完的な関係にあるともいわれている。その代表的な事例がコンピュータやソフトウェアなどの IT 資本と企業組織、人事管理システム、すぐれた業務プロセスなどの組織資産との関係である。IT 投資はそれ自体で企業の生産性上昇をもたらすのではなく、それに見合った組織的投資が行われることによってはじめてその効果が表れるといわれている (Bresnahan *et al.* [2002])。このように、生産性主導の経済成長が必要となっている日本経済において、無形資産の蓄積をどう進め、無形資産をいかに効率的に活用して経済パフォーマンスにつなげていくかは非常に重要な問題といえる。また、1980 年代後半からみられた景気の過熱とバブル崩壊、1990 年代以降の低成長時代にかけて日本経済における無形資産の位置づけがどのように変化してきたかについて検討することは、今後の無形資産に関する政策や企業経営を考える上で意義が大きい。

本稿では、研究開発投資や技術革新資産に焦点をあてて、マクロ、ミクロ両面から見た無形資産の蓄積とその経済的パフォーマンスに対する影響について分析する。

2 R&D 資本の蓄積とその効率性を巡る議論

2.1 研究開発投資の動向

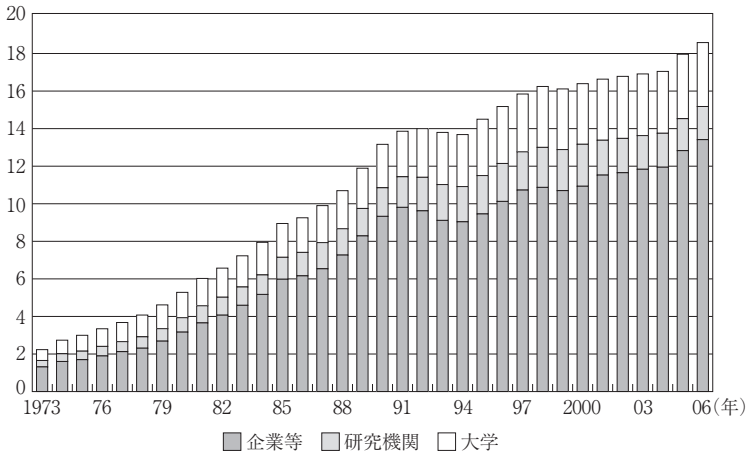
R&D 資本は研究開発投資の積み上げによって計測することができる。企業会計原則において研究開発に関する支出については損金として取り扱われ、資産計上されることはない。「科学技術研究調査」（総務省）によると 2006 年度の企業における研究開発費は総額で 13.3 兆円となっており、その費目別内訳は人件費が 39.9%、原材料費が 18.7%、有形固定資産購入費が 8.7%などとなっている。マクロ統計（SNA 統計）においては、このうち有形固定資産購入費（設備投資額）については有形資産としてとらえられるが、それ以外の 91.3%の費目はやはり資産計上されない。

研究開発投資は、企業などにおける新商品開発や製作技術の改良などのための将来への投資であり、そこでえられた知見や知識は無形ではあるが企業にとっても重要な資産といえる。しかしながら、研究開発活動は不確実性をともなうものであり、たとえばある研究プロジェクトが成功した場合と失敗した場合には当該 R&D ストックの将来的な価値は大きく異なる。このような理由から、企業会計や SNA 統計において研究開発は資産化されていない¹⁾。ただし、R&D 資本を計測して、その経済的な価値に関する取り組みは、研究者レベルでは盛んに行われている。その際には有形固定資産の推計と同様、恒久棚卸法に基づいて、一定の償却率において、研究開発投資額の積み上げが行われる。したがって、R&D 資本の蓄積について検討するためには、まず研究開発投資の動向についてみるのが重要である。

図表 8-1 はマクロレベルの研究開発費の動向である。「科学技術研究調査」（総務省）は民間企業の研究開発だけでなく、大学や公的研究機関も含めた日本全体の研究開発活動を把握するために行われている。2006 年度の研究開発費の総額は約 18.5 兆円でそのうち 13.3 兆円が民間企業、1.8 兆円が独立行政法人を含む公的研究機関、3.4 兆円が大学によるものとなっている。なお、民間企業の研究開発費のほとんどは企業自身の経費によってまかなわれ（2006 年度で 98.6%）、一方、公的研究機関や大学はその研究開発費のほ

1) なお、SNA 統計においては R&D 資本に関するサテライト勘定を設ける議論が進んでおり、日本において R&D サテライト勘定に関する研究が行われている（川崎[2006]）。

図表 8-1 研究開発費の動向（単位：兆円）



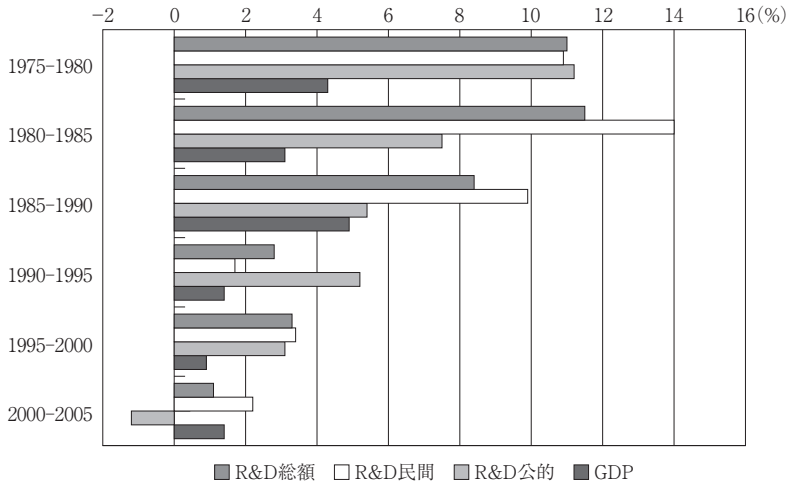
出所) 総務省「科学技術研究調査」。

とんどが公的資金か授業料によって手当てされている（2006年度で95.8%）。したがって、企業等の研究開発投資は民間R&D、公的研究機関や大学における研究開発投資は公的R&Dと呼ぶことができる。

第1次オイルショック後の研究開発投資額は、1991年まで順調に伸びてきた。しかし、バブル経済の崩壊と同時にその伸びは一時マイナスとなり、伸び率自体も1980年代以前と比べて低い水準にとどまっている。研究開発費はその4割程度が人件費によって占められており、設備投資と比べて一般的に時系列的な変動は小さい。しかし、「平成18年度民間企業の研究開発に関する調査報告」（文部科学省）によると企業が研究開発費を減らす要因として最も多いのが「売上の減少」となっている。このように1990年代以降の研究開発費の低い伸びはマクロ経済環境の影響を受けたと推測される。

この点をより詳細にみるために、図表8-2はGDPの伸びと研究開発投資の伸び（GDPデフレータの実質化したもの）の推移を示した。それぞれ1975-2005年まで5年ごとの平均伸び率を示している。まず民間R&Dについてみると各期ともGDP成長率より高い伸び率となっている。ただし、ここで注意しないといけないのは、研究開発活動は製造業、それも電気機械、輸送機械、製薬などの一部の業種に集中していることである。したがって、

図表 8-2 R&D と GDP の伸び率比較



出所) 総務省「科学技術研究調査」などから著者推計。

ここでのマクロレベルの GDP との比較は大きなトレンドを見るものと考えていただきたい。1990 年を境に GDP は 4% 前後から 2% 以下に落ち込んでいるが、民間 R&D についても 10% 前後の伸び率であったのが、2-3% 程度に大きく低下している。GDP デフレーターはこのところずっとマイナスが続いているが、経済成長率の低下、デフレの進行とともに、研究開発費の伸び率も低下してきている。

このように日本の R&D 資本蓄積に関する動向は決して芳しいものといえないが、一方で日本の研究開発費 GDP 比率は 3.5% 程度と、欧米諸国と比べて高い水準にある。この比率は R&D の伸び率自体は低下しているが、GDP よりも早いスピードで成長しているため、上昇傾向にある。このことから、「日本において研究開発投資は十分行われており、経済成長や生産性が伸び悩んでいるのは研究開発の効率性に問題がある」という議論があるが、後述するように、研究開発の効率性については特段の低下は見られないことがわかった。したがって、むしろマクロ経済要因によって研究開発投資の伸び率が低下していることが問題である可能性が高い。

2.2 技術の陳腐化のスピード

R&D 資産は恒久棚卸法を用いると以下のとおり推計することが可能である。

$$RDstock_t = RD_t + (1 - \delta_t)RDstock_{t-1} \quad (8.1)$$

ここで、R&D ストックの初期値を決めると毎年の研究開発費（デフレーターで実質化したもの）と資産の減耗率（ δ ）を代入することによって、毎年の R&D ストックが計算される。前節では R&D の伸び率が低下していることを見たが、R&D 資産の蓄積について議論するためには δ の動向も重要である。有形固定資産において δ は資本の減耗率を示すが、無形資産である R&D ストックは、資本が物理的に減耗するわけではないので、R&D ストック全体のうち当該技術が陳腐化して経済的な価値をもたなくなる割合、つまり技術の陳腐化スピードと解釈することが適当である。デルタが大きいほど R&D ストック全体において陳腐化する部分が多い、つまり陳腐化のスピードが速いということになる。

最近、とくにエレクトロニクス製品などにおいて製品のライフサイクルが短くなったといわれている。たとえば、「民間企業の研究開発に関する調査報告（平成 13 年度）」（文部科学省）において、7 割以上の企業が「研究開発の収益期間が短くなった」と答えている。その背景には、技術革新のスピードが速くなったこと、製品のデジタル化が進むことによって後発者（たとえば韓国や中国の企業）のキャッチアップスピードが上がったこと、インターネットの普及や WTO ルールの広がりなどによって国境という貿易障壁が低くなり、国際競争の激化が進んでいることなどを挙げることができる。日本においてマクロレベルでみると研究開発投資の伸び率の低下がみられたが、デルタが上昇しているとする R&D 資本の蓄積スピードはさらに遅くなる。

ただ、このような定性的な情報については豊富に存在するものの、具体的に δ としてどのような数字を置くのが適当か、またその値は上昇してきているのか、については標準的な手法は存在しない。1 つの方法としては平均的な製品のライフサイクルに関する情報を企業アンケートで入手することが考えられる。やや古いデータになるが、経団連による「産業技術力強化のための実態調査（1998 年）」によると、製品ライフサイクルは事業分野によって

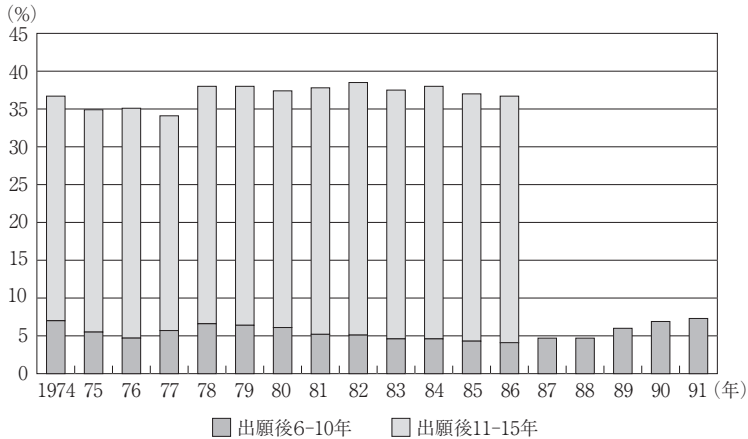
も異なるが、平均的には（調査時点から）10年前は11.1年、5年前は8.9年、調査時点では8.1年と徐々に短くなっている。製品寿命を8年として、残存簿価10%定率法でデルタを計算すると11.7%となり、毎年10%程度のR&Dストックが減耗していることとなる。このように企業アンケート調査からえられた情報からデルタを推計することは可能であるが、データが調査回答者の主観によって左右されるという問題がある。また、毎年、数千億円単位の研究開発を行っている大企業においては、多種多様な製品を開発しており、企業として平均的な製品ライフサイクルを示すことの難しさは察しがつく。このような条件の下で集められた情報はデータの質の面で問題が大きい可能性がある。

より、客観的なデータに基づく方法としては、特許の保有年数を用いるものがある。特許の有効期間は出願日から20年と定められているが、権利として保有するためには毎年、手数料がかかる。したがって、企業は、所有する特許が経済的価値をもたなくなった（価値が手数料の額より小さくなった）と判断した際には、当該特許を放棄するのが合理的である。特許の出願、登録、権利消滅に関するデータは、特許庁の行政データとして公開されていることから、この特許の保有状況から技術の陳腐化スピードを算出し、技術分野別に比べたり、年によってどのように変化してきているかについて分析することができる。日本においては、この手法に基づいて、後藤ら[1986]が70年代までの技術陳腐化率を、蜂谷[2004]が80年代後半までの動向を求めている。蜂谷[2004]によると特許データにみる技術寿命は徐々に短くなっており、1982年では16.3年であったものが1988年では9.3年まで縮まっているとしている。

ここでは、最新の特許データ（IIP パテントデータベース）を用いて、1990年代までの技術寿命の状況を見てみた²⁾。まず図表8-3は、出願年ごとの権利放棄特許の割合を見たものである。たとえば1974年に提出された特許のうち、出願後10年までの間に権利放棄された特許の割合が約7%、これが出願後15年となると36%となっている。ここで用いたデータは2002年末までの特許保有状況をカバーしたものであるため、出願後10年までの権利

2) IIP パテントデータベースは特許庁における「整理標準化データ」を用いて研究者用に加工した公表特許データである。詳細については Goto and Motohashi[2007]を参照されたし。

図表 8-3 出願後の期間による権利放棄特許の割合



出所) IIP パテントデータベースを基に著者推計。

放棄割合については 1991 年まで、出願後 15 年までのデータについては 1986 年までに 出願された特許についての状況を しめしている。このデータによると 1980 年代までは特段のトレンドは見られないが、1990 年代に入って放棄特許の割合がやや上昇している。つまり、技術の陳腐化スピードが上昇していることを示す結果となった。

2.3 研究開発投資の質の変化

これまで R&D 資産の蓄積に関するマクロレベルの動向について論じてきたが、研究開発投資は業種や技術分野によっても異質性が高い活動であり、研究開発活動にタイプ分けを行い、資本蓄積のプロセスにおける異質性についても考慮に入れることが重要である。前述したように製品のライフサイクルの短縮化は研究開発コストの上昇をもたらす。資本ストックの価格については、資本レンタルサービス価格という考え方があり、以下の式で与えられる (Jorgenson[1963])。

$$p_k = \frac{1}{1-\tau}(r+\delta) \quad (8.2)$$

ここで τ は実行法人税率、 r は利子率、 δ は減価償却率 (技術陳腐化率)

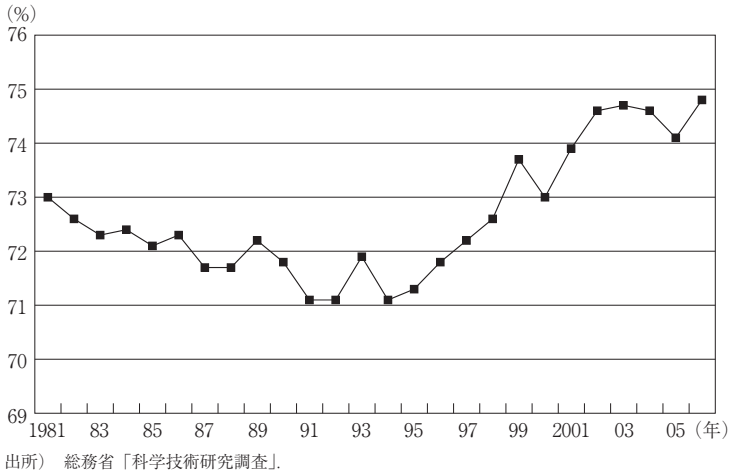
であり、 δ の上昇はレンタルサービス価格の上昇をもたらす。企業はこの価格上昇に見合った研究開発にともなうリターンを実現するためにより収益性が高いプロジェクトに対して研究開発の絞り込みを行うという行動をとることが考えられる。また、日本企業の技術レベルは欧米などの企業のレベルに追いつき、キャッチアップモデルからトップランナー型の研究開発への移行が必要となっている。それにともなって、研究開発活動の不確実性はますます上昇し、長期的なリターンが期待できる基礎研究より、より短期的な利益を追求するための開発研究が重視されることとなる。「科学技術研究調査」（総務省）においては、研究開発の目的別（基礎研究、応用研究、開発研究）に研究開発費の調査が行われている。図表8-4は、企業における研究費のうち開発研究が占める割合の推移を見たものであるが、そのシェアは着実に上昇している。

このような日本企業をめぐる研究開発環境の変化については、さまざまなアンケート調査の結果にも表れている。2004年2月に行われた「RIETI 研究開発外部連携実態調査」（経済産業研究所）によると、企業の担当者が研究開発において重視している項目として「市場ニーズを取り込んだ研究開発」や「開発リードタイムの短縮」を挙げる声が高かった（図表8-5）。IT分野に見られるような技術革新スピードの上昇、東アジア諸国のキャッチアップなど、国際的なイノベーション競争が激化してきている。そのような状況のなかで企業の研究開発部門には、消費者ニーズを的確にとらえた商品をスピーディに導入することがいっそう求められている。このような状況において、研究開発投資からの短期的なリターンを求める声が強まった結果であると解釈できる。

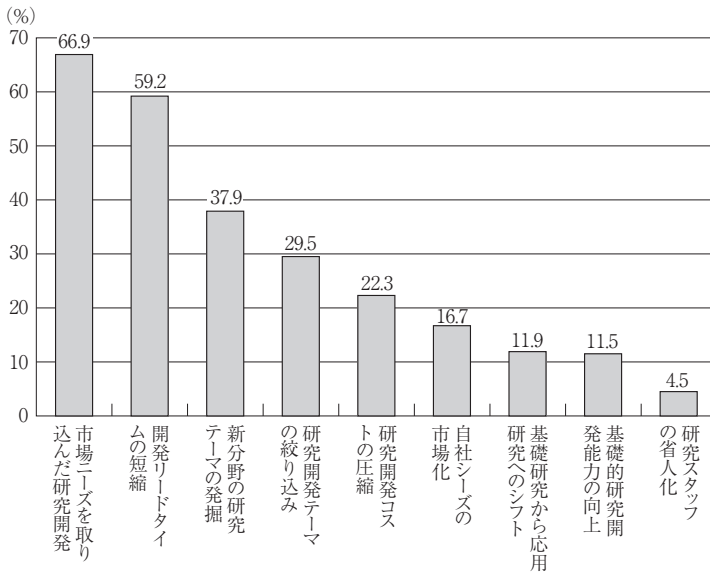
2.4 研究開発における外部連携の活発化

市場競争の激化の一方でイノベーションを実現するための技術的な複雑さは増している。このように研究開発における質を高めながらスピード競争に対応していくために研究開発において他の企業や大学などとの連携を強化する動きが活発化している。また、画期的な商品を開発するためには、基礎的な研究や従来行っていなかった新規分野に取り組むことも必要になっている。そのためには大学や公的研究機関との連携も重要である。企業における

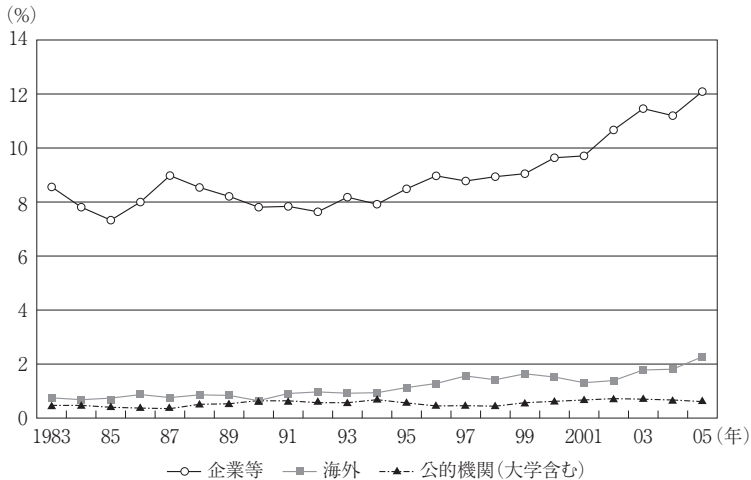
図表 8-4 研究費に占める開発研究の割合（企業等）



図表 8-5 研究開発で重視している事項（複数回答）



図表 8-6 研究開発に関する外部支出の内部支出の割合



出所) 総務省「科学技術研究調査」。

R&D 資産は内部的な研究開発だけでなく、外部から技術を取り込むことによっても充実させることができる。したがって、このような研究開発の外部連携の動きを把握することも重要である。

「科学技術研究調査」(総務省)においては、研究開発の外部支出に関する調査が行われており、図表 8-6 は支出相手タイプ別に外部支出額の内部研究開発費に対する割合の推移を見たものである。2005 年時点で見ると他企業(国内)に対する外部支出の割合が最も高く 12.1%、海外への支出割合が 2.3%、大学や公的研究機関に対する支出割合が 0.6%となっている。ただし、国内他企業や海外への支出については、国内や海外に存在する子会社に対する支出の割合が大きいと考えられる。純粋な外部連携の動きについてはここから読み取ることが困難であるが、これらの連携割合についてトレンドとしては上昇傾向にある。一方で大学や公的研究機関などのいわゆる産学連携の割合については、金額的には小さく、とくに上昇トレンドは見られない。

図表 8-6 は内部研究費と外部支出額の合計から割合を求めたものであることから、研究開発費の大きい大企業の動向の影響が大きくなる。研究開発の外部連携に関する詳細については、2004 年に経済産業研究所の「研究開発

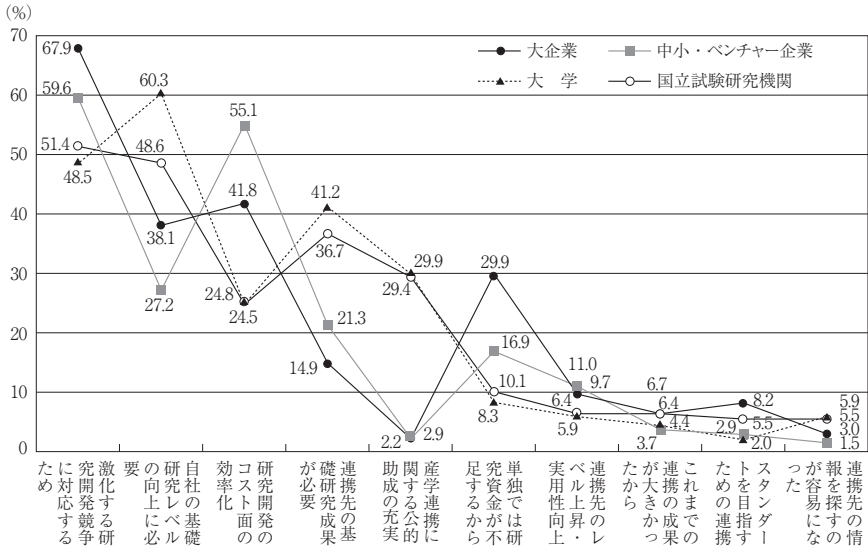
外部連携実態調査」が行われており、ここでは外部連携の動向の他、外部連携の目的、障害となる要因などの定性的な項目についても調査が行われている。この調査は2001年に年間3件以上特許出願を行った企業を対象として行われたものであるが、回答企業のうち7割以上の企業が何らかの形で研究開発の外部連携を行っていることがわかった。連携の相手先としては、大企業、中小・ベンチャー企業、大学などが考えられるが、すべての相手先について5年前と比較して連携割合が増加している。また、連携先別に見た「今後増加させる」という企業の割合は、大企業で33.8%、中小・ベンチャー企業で36.9%、大学で44.9%（なお、それ以外はほとんどが「現状並み」で、「減少させるという企業」の割合は数%）となっており、産学連携も含めて研究開発における外部連携は趨勢的に増加してきていることを示している。

外部連携を進める理由について、連携先別にグラフにまとめたのが、図表8-7である。企業間の連携については「激化する研究開発競争への対応」や「研究開発のコスト面の効率化」を、大学や国研との連携（いわゆる産学連携）については「自社の基礎研究レベルの向上」や「連携先の基礎研究成果が必要」をあげる企業が多い。研究開発競争が激化するなかで、研究開発の効率化と質（たとえば「自社の基礎研究レベル」）の向上の両方が求められており、その内容によって、外部連携を使い分けようとする企業の姿を示している。

研究開発に関する外部連携が進むなかで、その成果を社内のイノベーションプロセスに効果的に取り込んでいくためには、自社研究を共同研究との関係でどのように位置づけるかが重要になっている。図表8-8は自社研究と共同研究（連携先別）に、その研究テーマの内容についてまとめたものである。まず、自社で行うのは「商品化に近い」、「自社のコア技術開発」である。その一方で中小・ベンチャー企業との連携では「自社にない新規分野の研究開発」が高くなっており、大学や国研とのいわゆる産学連携の内容としては、「最新技術」を求める「基礎的な研究開発」を行っていることがわかった。

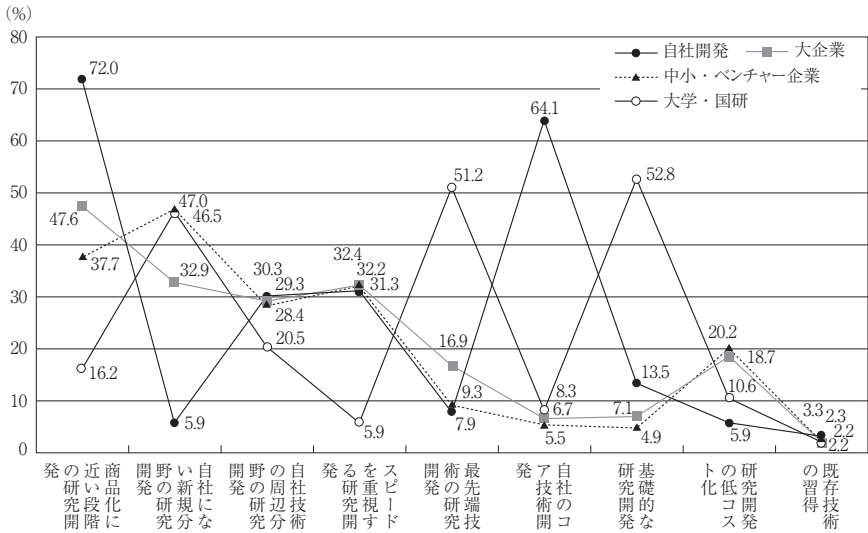
このように企業は、社内研究は、コア技術や商品化に近いものにフォーカスして、イノベーションの幅（新たな研究テーマ）や深さ（基礎的な研究）については外部リソースに依存する研究開発に関する「選択と集中」を行っ

図表 8-7 連携を増加させる理由 (M.A.)



出所) 経済産業研究所「RIETI 研究開発外部連携実態調査」。

図表 8-8 研究開発の連携相手先と研究テーマ (M.A.)



出所) 経済産業研究所「RIETI 研究開発外部連携実態調査」。

ている。ただし、利益率の低い事業分野を切り捨てる事業ポートフォリオの「選択と集中」とは異なり、ここではむしろ研究開発のスコープは広げる方向にあり、ただしそれに取り組む社内リソースをコア技術に集中させるという意味であることに留意が必要である。

3 研究開発投資の決定要因に関する分析

3.1 理論モデル

このように日本企業の研究開発をめぐる動向は1990年前半のバブル崩壊前後で大きく変化してきている。バブル崩壊までは旺盛な研究開発活動の結果、R&D資産の蓄積は順調に進んだ。しかし、バブル崩壊によって、日本経済は低成長時代に入り、研究開発投資の伸び率も低下した。また、技術の陳腐化スピードが速まりつつあるともいわれており、R&D資産の蓄積のスピードは低下してきている。このように研究開発投資やR&D資産の蓄積スピードのスローダウンはマクロ経済環境のほかに、イノベーションに関する国際競争の激化など各種要因が影響していると考えられる。ここでは、研究開発投資の決定要因に関する定量的分析を行い、バブル崩壊にともなう研究開発投資のスローダウンの要因について検討を行う。

研究開発投資の分析については、設備投資の分析に用いられている投資関数の考え方を流用することができる(Hall[1992])。ここで企業は以下の利潤関数を最大化するように設備投資を決定すると考える。

$$f(RD_t) = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{(1-\tau)Y_t(K_t) - \theta_t RD_t - \Phi(RD_t, K_t)}{(1+r)^{-t}} \quad (8.3)$$

ただし、ここで RD ：研究開発費、 Y ：企業のアウトプット、 τ ：実行税率、 θ ：研究開発費に関する税調整価格（研究開発に関する税制特例がない場合は $1-\tau$ ）、 K ：研究開発ストック、 Φ ：研究開発に関する調整コスト、 r ：割引率、である。

また、 RD と K については、第2節の式(8.1)の変数名を変えた以下の式に従ってダイナミックに決まる。

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + RD_t \quad (8.1)'$$

ここで、 δ は研究開発ストックの減耗率（技術の陳腐化スピード）である。上記の $f(RD)$ を最大にする RD は動学的最適化問題として解くことができるが、そのためには生産関数 Y と設備投資調整関数 Φ に形状を決めることが必要である。ここでは、 Y はコブ・ダグラス型、 Φ は RD の 2 乗項を含む通常のを仮定する。すなわち、

$$Y_t = A \cdot K^\alpha \cdot F \quad (\text{ここで } F \text{ は資本, 労働などの他の生産要素}) \quad (8.4)$$

$$\Phi(RD_t, K_t) = \frac{1}{2\phi} \cdot \frac{RD_t^2}{K_t} \quad (8.5)$$

オイラーの差分方程式を用いて、上記のモデルは以下のとおりに解くことができる。

$$\frac{RD_{t+1}}{K_{t+1}} = \frac{1+r}{1+\delta} \left[\frac{RD_t}{K_t} - \frac{1}{2} \left(\frac{RD_t}{K_t} \right)^2 + \phi \left(\frac{\theta_t}{1-\tau_t} - \alpha \frac{Y_t}{K_t} \right) \right] - \phi \frac{\theta_{t+1}}{1-\tau_{t+1}} \quad (8.6)$$

ここで θ は法人税の他、研究開発に関する税額控除制度の影響を受けることに注意することが必要である。研究開発については、通常どの国においても寛容な優遇税制が設けられている。日本については、歴史的に増加試験研究費（過去最大額など基準年と比べた増分に対して一定割合の税額控除が認められる制度）が設けられてきたが、2003 年度から毎年の研究開発費全体に対して一定額を税額控除できる制度が認められた³⁾。この研究開発税制の影響を勘案した θ については、以下のとおり定式化できる。

$$\theta_t = P_t^{RD} [1 - T_t(\tau - ETC_t)] \quad (8.7)$$

なお、ここで P^{RD} は研究開発費のアウトプットに関する相対価格（研究開発費デフレータ/GDP デフレータ）、 T は企業が法人税を払っているかどうかのダミー変数、 ETC は有効研究開発税額控除率で、過去 K 年間の平均

3) 日本における研究開発税制の変遷については章末付表 A を参照。

値の基準値に基づいて増加試験研究費の税額控除が行われる場合の ETC は次のとおり示される。

$$ETC_{i,t} = TC_i^e \left[B_t - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (1+r)^{-i} B_{t+i} \right] \quad (8.8)$$

TC は税制上の限界的控除率であり、 B はそれぞれの年において研究開発費が比較値を上回るかどうかを示すダミー変数である。比較年からの増加分に税額控除を認める方法では、今年の研究開発費の増加は来年度以降の基準値を引き上げにつながる。もし、今年だけ研究開発費を増やして、来年以降は基準値を下回る場合 ($B_{t+1} - B_{t+k}$ が 0 の場合) は、 $ETC = TC$ となるが、それ以外の場合は将来受けるべき税額控除分を今年受けることになるので、その金利分の効果しかもたないこととなる。1999 年度改正の前は過去最高額が比較値とされていたため、研究開発に関するインセンティブとしては非常に小さいものに留まっていたと考えられる。もし、企業は将来にわたってずっと研究開発費を増加させ続けると考えた場合については、今年度の増加分は必ず来年度の税額控除対象の減少分となるので、以下のとおりとなる。

$$ETC_{i,t} = TC_i^e \left(1 - \frac{1}{1+r} \right) = TC_i^e \frac{r}{1+r} \quad (8.9)$$

なお、2003 年度からは、研究開発費総額に対して税額控除が認められるようになったため、原則として $ETC = TC$ と考えることができる⁴⁾。ただし、研究開発に関する税額控除については、法人税支払額に対して一定割合（現在は 30%）という上限が設けられていることから、この影響についても勘案することが必要である。つまり上記の ETC は税額控除の上限に達するまで適当されるものであり、それ以上について $ETC = 0$ として計算する必要がある。

4) ただし、税額控除率が研究開発費売上高比率によって決まるため、 ETC は企業によって一定ではない。Ex ante の企業に対するインセンティブと Ex post の結果（実際に適応された税率）が異なることも考えられるが、その場合はより詳細な R&D のモデルが必要となる。ここでは上記の 2 社が一致すると考えて分析を進める。

3.2 データセットと推計モデル

ここでは、「科学技術研究調査」(総務省)に関する企業パネルデータ(1983-2005年)と日本経済研究所の公開財務データをリンクしたものの分析に用いている。「科学技術研究調査」については、毎年調査が行われている調査票「甲」の対象企業(企業等A:資本金1億円以上の企業)に関するパネルデータが作成されており、これに企業パフォーマンスや財務状況に関するデータを用いるために公開財務データをリンクした⁵⁾。

財務諸表データから接続した項目は以下のとおりである。

- 法人税額:99年前は「法人税等」、2000年以降は「法人税、住民税および事業税」。
 - ・ 法人税等:法人税等充当金,納税充当金,法人税,住民税等引当額,長期納税引当金(繰入額)
 - ・ 法人税,住民税および事業税:法人税等充当金,納税充当金,法人税,住民税等引当金(繰入額),事業税
- 粗付加価値額(営業利益+人件費+減価償却額)
- 資金制約:キャッシュフロー
- 資金調達の容易度:デッドエクイティレシオ

データのサンプル数であるが、「科学技術研究調査」のパネルデータについては1,315-3,650サンプルのアンバランスパネル、これに上場企業の財務諸表を接続するとサンプル数は552-1,179に減少する(詳細については付表Bを参照)。しかし、研究開発費の総額を見ると同調査の企業等の総額に対して、最近では65%以上をカバーしており、マクロレベルの研究開発費の動向を把握するためにも有益なデータであることがわかる。

実証モデルは理論的に導かれた式(8.7)を書き換えた以下のものが基本モデルとなる。

$$rd_t = \beta_1 \cdot rd_{t-1} + \beta_2 \cdot rd_{t-1}^2 + \beta_3 \cdot y_{t-1} + \beta_4 \cdot tax_t + \beta_5 \cdot tax_{t-1} \quad (8.10)$$

なお、ここで rd は RD/K , y は Y/K , tax は税効果で $\theta/(1-\tau)$ である。

5) ここでのデータベースと定量分析の結果は「イノベーションデータベース基盤整備に関する調査研究」(経済産業省委託調査)によるものである。データベースの詳細については、東京大学[2008]を参照のこと。

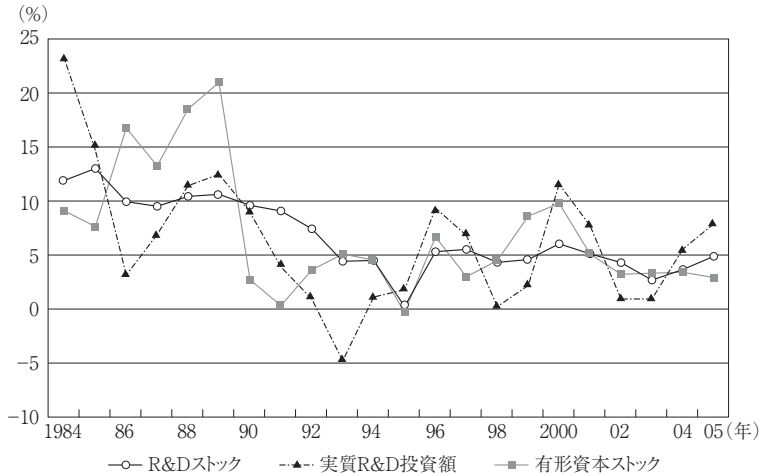
式 (8.10) を推計するためには R&D ストック (R&D 資産) である K を推計することが必要である。R&D ストックはストックの初期値 (1983 年) と毎年の実質 R&D 投資額, R&D 資産の償却率 (陳腐化スピード) が必要である。まず実質 R&D 投資額は, 各年の名目投資額を GDP デフレーターで実質化した。また, 1983 年の R&D ストックの初期値については, 1983 年までの実質 R&D 投資額の伸び率, 1983 年から 1987 年までの 5 年間の値を求め, 1983 年からその値までの年平均伸び率 (中心年である 1985 年までの 2 年間) で伸びてきたと仮定した⁶⁾。最後に R&D ストックの償却率は 15% とした。なお, この値は Hall and Mairesse [1995] などでも用いられている標準的な値である。ちなみに償却率 15% は定率法で残存価値 10% とした場合, 耐用年数は約 14 年である。製品のライフサイクルとしては少し長い, 前述したとおり特許データの保有期間については, 15 年までで権利放棄されたものの割合は 36% と半数以上のものは 15 年以上保有されている。特許として保有する技術は研究開発費活動のなかでもとくに重要で長期間保有するものであると考えられるが, 平均的な技術の耐用年数を示すデータがない状況で償却率 15% (約 14 年) という数字は製品ライフサイクルと特許保有期間の間に収まっている。なお, 前節では, 技術の陳腐化スピードが加速している可能性が高いことを述べたが, ここでは, 償却率について期間を通して一定と仮定した。

図表 8-9 は, R&D ストック, 実質 R&D 投資額, 有形資本ストック (ここでの実質固定資産投資額は, 各企業の固定資産簿価に JIP データによる産業別時価簿価率で調整したものを利用) の伸び率の推移を示した。

1990 年代前半のバブル崩壊後, R&D 投資の伸び率が大きく落ち込んでいることから, R&D ストックの伸び率も低下している。なお, R&D ストックの年平均伸び率は 1984-1991 年, 1991-2005 年のそれぞれについて 10.5%, 4.5% となっており, 伸び率は半分以下となった。なお, 有形資本ストック伸び率はそれぞれ 10.9%, 4.5% とほぼ同じ値となっているが, 図 8-9 を見ればわかるように R&D 資本ストックよりも変動が大きい。これは R&D 投資の 3 割以上は人件費であるため, 設備投資と比べて変動が少ないことによ

6) なお, この値がマイナスになる場合は伸び率を 0 とした。

図表 8-9 R&D ストックなどの伸び率推移



出所) 著者による推計。

る。

式 (8.10) のとおり，R&D に関する投資・ストック比率の推移は税制の影響を受ける。とくに研究開発投資については，比較的寛容な税制措置がとられていることから，法人税の変化とともに研究開発税制の影響についても勘案することが重要である。式 (8.8) の tax は，研究開発税制の相対的な充実度と考えることができる。ちなみに研究開発に関する優遇税制がまったく存在しない場合は $ETC=0$ であることから $\theta=1-\tau$ となり $tax=P^{RD}$ となる。

ここではまず研究開発投資の実効税額控除率である ETC の変化についてみることにする。前述したとおり比較値からの増加試験研究費制度の場合は，現時点における R&D の増額は将来受けるべき税額控除の減額となるラチェット効果が働いたため，長期的な R&D インセンティブとしては弱いものとなる。2003 年度からは R&D 総額に対する税額控除制度に切り替わったため， ETC は大きく上昇したと考えられる。

ETC の変化を見るために必要となるのは r (利率) である。ここでの r は企業の資金調達コスト (WACC: Weighted Average Cost of Capital) を用いることが適当と考えられるので，まず企業ごとの WACC を算出した。

WACC は以下のとおり，資本コスト (r_e) と負債コスト (r_d) の加重平均として与えられる．

$$r = \frac{D}{D+E} r_d + \frac{E}{D+E} r_e \quad (8.11)$$

(D は負債総額， E は株式時価総額)

ここで，資本コストについては CAPM (Capital Asset Pricing Model) を用い，負債コストについては有利子負債利率を用いることが一般的である．まず資本コストであるが，CAPM に基づいて，以下の式で与えられる．

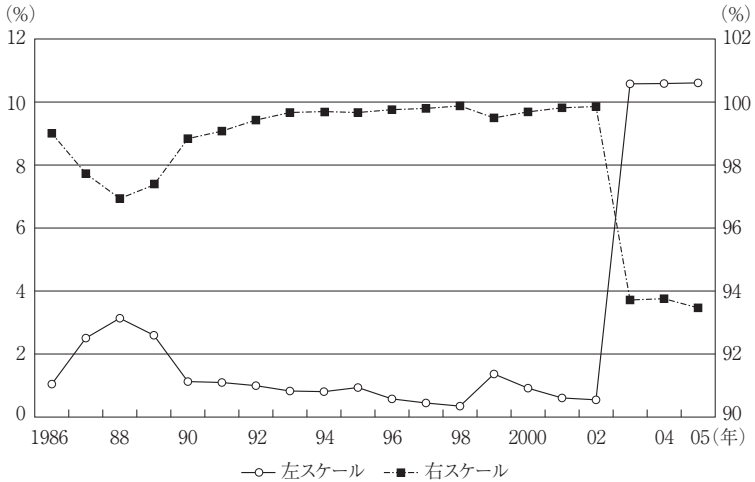
$$r_e = r_f + \beta(r_m - r_f) \quad (8.12)$$

ここでリスクフリーレート (r_f) は長期国債 (10 年) の利回りをを用い， r_m については TOPIX の 3 年平均利回りをを用いた．ただ，ここで問題となるのはバブル崩壊後，TOPIX の 3 年利回りがマイナスになる期間があることである．なお，TOPIX の利回りについては，多くの年でマイナスとなっている．そもそもマーケットの利率 (r_m) は，リスクのない r_f を下回ることはありえないが，バブルの形成や崩壊といった要因によって，マーケットの利率がマイナスになることも事後的にはありうる．ここでは r_m が r_f を下回る年については， r_e として r_f の値を用いることにした．また，本来は企業毎に β の情報を収集し，式 (8.12) に当てはめることが必要となるが，ここでは $\beta=1$ と簡略化した．したがって， r_m が r_f を上回る年においては $r_e=r_m$ となる．

負債コストについては，財務諸表データを用いて，(支払利息・割引料+社債利息+cp 利息)/(負債合計-買掛金-支払手形-未払い金) によって求めた．このようにして求めた企業別の利率から式 (8.9) によって有効税額控除率 (ETC: Effective Tax Credit Rate) を求めた．また，この ETC を用いて Tax を推計し，両者の平均的な動向について図表 8-10 に示した．

まず，ETC (実効 R&D 税額控除率) であるが，1980 年代後半は利率 (WACC) が比較的高かったことによって，増加試験研究費の税額控除制度においても 2% 以上の税額控除率となっていた．しかし，利率の低下とともに ETC は 1998 年には 0.37% まで低下した．1999 年に若干上昇している

図表 8-10 実効 R&D 税額控除率と R&D 税制による税制コスト低下度



出所) 著者による推計。

のは、基準年の考え方を変えたことによるものであるが、その変化はマージナルなものといわざるをえない。ETC に大きな変化を与えたのは、R&D 投資全体に対する税額控除が認められた 2003 年度の改正であり、一気に 10% 以上に跳ね上がった。この R&D 税制による税コストの低下率 (Taxfactor) は、当然のことながら ETC と逆の動きをしており、2003 年に大きく低下した。

3.3 実証分析の結果

式 (8.11) は研究開発に関する投資モデルから理論的に導かれた式 (8.8) をベースにしているが、このモデルを推計するためにはいくつかの調整が必要である。まず、式 (8.8) は企業の投資行動に関して供給サイドから導かれたものであり、新商品やコスト削減などの研究開発に関するニーズに関する要因が取り入れられていない。また、実際のモデルの推計においては、需要サイドのファクターとしてマクロレベルの景気変動による影響も無視できない。したがって、ここでは研究開発に関するニーズについては産業ダミーを、マクロレベルの景気変動に対しては、年ダミーを入れて推計することが

重要である。

また、研究開発費の決定要因について分析する際には、企業が置かれている資金的制約をコントロールすることが重要である。研究開発費は長期的な投資にあたるため、企業の内部留保によって賄われることが多いことがわかっている。また、外部資金を調達することによって研究開発を行う際にも、資金をどのように調達するか（たとえば融資かエクイティか）によってもそのコストは異なる（Hall[1992]）。Ogawa[2007]はバブル崩壊前と崩壊後の研究開発費の決定要因について分析しており、キャッシュフローの付加価値額に対する比率や負債資本比率の影響が大きいことを示している。したがって、ここでは、式(8.11)の基本モデルに加えて、キャッシュフロー比率(cashr)と総資産における負債の比率(debratio)を加えたモデルを推計することにした。

図表8-11にこれらの分析結果を示した。モデル(1)はOLSによって基本モデルである式(8.11)を推計したもので、モデル(2)とモデル(3)はパネルデータの固定効果モデルによって、基本モデルと資金的制約に関する変数を加えて推計したものである。なお、パネルデータ推計に関するHausman検定の結果、1%水準で変動効果モデルが棄却され、固定効果モデルが支持される。固定効果モデルによる推計結果は、産業ダミーではカバーできない細かな需要要因や研究開発に関する質的な違いなどが企業単位でコントロールされているため、OLSよりも望ましい結果が得られることが期待できる。ただ、OLSと固定効果モデルの結果をみると、ほぼ同様の結果が得られている。まず、rdとrdの2乗項については、それぞれプラス、マイナスで統計的に有意な係数がえられており、式(8.8)の理論モデルの符号と一致する。また、税制効果については、当期はプラス、1期前はマイナスの理論モデルどおりの結果となった。研究開発税制の充実によって、taxfactorが下がるとより多くの研究開発が行われるという結果になっている。また、taxfactorが変化しない場合であっても、今期と前期の係数の和はマイナスであり、taxfactorのレベルによって研究開発費ストック比率が影響を受けることがわかる。

一方、yについてはプラスで統計的に有意な係数となっており、理論モデルとは逆の結果になった。y(付加価値の研究開発ストックに対する比率)は、コブ・ダグラス型生産関数において、研究開発ストックの限界生産性を示し

図表 8-11 研究開発費・ストック比率の決定要因に関する分析結果

	(1) OLS	(2) FE	(3) FE	(4) SYS-GMM	(5) SYS-GMM
rd_{t-1}	0.757 (79.54)**	0.545 (46.44)**	0.540 (46.17)**	0.909 (28.89)**	0.877 (30.56)**
rd^2_{t-1}	-0.283 (28.49)**	-0.143 (12.68)**	-0.138 (12.28)**	-0.423 (9.04)**	-0.377 (9.31)**
y_{t-1}	0.0001 (10.49)**	0.0003 (13.72)**	0.0003 (13.39)**	0.0001 (1.73)	0.0001 (1.78)
taxfactor _t	-0.971 (35.78)**	-0.848 (32.71)**	-0.990 (35.62)**	-0.693 (3.17)**	-0.515 (3.14)**
taxfactor _{t-1}	0.382 (13.71)**	0.295 (10.44)**	0.361 (12.46)**	0.373 (2.63)**	0.277 (2.55)*
debratio			-0.032 (6.33)**		-0.032 (3.71)**
cashr			-0.019 (3.72)**		0.012 (0.71)
定数項	0.915 (36.12)**	0.869 (35.47)**	1.005 (38.49)**	0.484 (3.23)**	0.387 (3.38)**
サンプル数	14957	14981	14904	14957	14915
グループ数	—	1244	1223	1244	1223
産業ダミー	yes	—	—	yes	yes
年ダミー	yes	yes	yes	yes	yes
R-squared	0.68	0.58	0.58	—	—
Hansen-J	—	—	—	0.108	0.026

Absolute value of t statistics in parentheses

* significant at 5%; ** significant at 1%

ている。理論的には、1期前の限界生産性が高いと研究開発が積極的に行われ、今期のR&D投資のストックに対する比率に対しては負の影響があると考えられる。しかし、ここでは正の影響が見られ、推計モデルに何らかの問題があることを示唆している。また、モデル(3)について、負債比率はマイナスで統計的に有意な結果で予想どおりであるが、キャッシュフロー比率については正であるべき係数が負で統計的優位となっている。この点についても何らかの影響を受けていることが考えられる。

パネルデータの固定効果モデルの問題は、説明変数がすべて外生変数として取り扱われていることである。しかし、たとえばここで被説明変数であるrdの1期前の値であるrd(-1)が説明変数として用いられているが、rd

(-1)は1期前の被説明変数であり誤差項 $\varepsilon(-1)$ と相関関係をもつ。一方で被説明変数であるrdの分母であるR&Dストックは、図8-9でも見たように時系列的に安定的な動きをしていて、誤差項についても時差相関があると考えられることから、 $\text{cov}(\text{rd}(-1), \varepsilon) = 0$ というrd(-1)の外生性は満たされていない可能性が高い。また、 $y(-1)$ についても、一時点の需要変動が $y(-1)$ を押し上げ、それがrd(-1)を通じて ε と正の相関関係をもつことも想定される。

このような説明変数の内生性の問題に対処するために、内生変数の2期分のラグを操作変数としたシステムGMM (Generalized Method of Moment) による推計も行った。図表8-11のモデル(4)が基本モデル、モデル(5)が資金需要に関する項目も加えた拡張モデルの推計結果である。なお、システムGMMはArellano and Bond[1991]によるGMMモデルを拡充したもので、ARモデルの階差方程式に対して説明変数のラグを操作変数として用いるほか、レベルに関する式に対してラグをとった階差を操作変数として用いて、GMMによって推計するものである(Blundell and Bond[1998])。R&D投資ストック比率のように説明変数が変動が少ない変数の場合、その階差をとると有益な情報が失われることになるが、レベルに関する方程式も残しながら推計を行う点でオリジナルのARモデルより優れているといわれている。

なお、システムGMMによる推計により、 y については統計的有意ではなく、また、キャッシュフロー比率については、統計的有意ではないものの符号はプラスと理論モデルと異なる係数を得た。このように、まだモデル改良の余地があることに留意されたい。

それでは、バブル崩壊によるR&D投資やR&Dストックの落ち込みは、どのような要因によるものであろうか。図表8-11からロバストな結果として得られるのは、(1)税制効果に対する影響、(2)負債比率に対する影響の2点である。前者については、利子率(WACC)の低下によって、従来の増加試験研究費税額控除制度のインセンティブ効果が低下してきたところ、2003年度の税制改正によって、R&D投資全体に対する税額控除が認められるようになった。この効果については、今後とも期待できる。なお、モデル(5)によると長期的な税制効果に対する係数は $-0.5(-0.877+0.377)$ となる。2002年から2003年にかけてtaxfactorは6%低下したため、 $6\% \times 0.5 = 3\%$

の R&D 投資ストック比率の押し上げ効果をもつこととなる。2002 年時点の R&D ストックの額は約 5.5 兆円なので、その 3%として研究開発費を約 1,700 億円押し上げる効果をもつといえる。

しかし、その一方で、企業の資金的な制約によって、研究開発費が圧縮されてきたこともわかった。バブル崩壊によって、企業の財務状況が悪化し、研究開発費の削減が行われ、R&D ストックの伸び率も低下してきている。このようなマクロ経済環境の変化が研究開発費や R&D ストックの押し下げ要因となっていることを確認することができた。

4 研究開発資産の企業パフォーマンスに対する影響

4.1 理論フレームワーク

前節においてバブル崩壊後の R&D 投資や R&D ストックの伸び率の低下は、企業の財務状況の悪化が影響していることがわかった。一方で 2003 年度に研究開発税制の充実が行われ、今後の研究開発投資の伸びに期待できる。また、日本企業の研究開発を巡る環境は大きく変化しており、バブル崩壊の前後において研究開発活動そのものの内容も変化していることが考えられる。第 2 節で見たように、イノベーションに関するグローバル競争の激化やキャッチアップ型からフロントランナー型モデルへの移行にともなう研究開発に関する不確実性の上昇などによって、企業における研究開発は商品開発を中心とし、基礎的な研究は産学連携などの外部連携を進める動きが見られる。このようにバブル崩壊によるマクロ経済環境の変化の他にもグローバル化やイノベーション競争の激化などの構造的な要因が、1990 年代以降の日本企業の研究開発活動に大きな影響を与えていると考えられる。

バブル崩壊以降、企業の R&D 投資の伸び率が低下し、R&D 資産の蓄積スピードが遅くなったが、R&D 資産の効率そのものも低下したのではないかということもいわれている。その背景には、日本企業の研究開発意欲は欧米企業と比べて旺盛であるにもかかわらず、それが企業の収益性やひいてはマクロレベルの経済成長につながっていないという問題意識がある。たとえば、榊原[2003]は日本企業の商品開発力が低下していることを指摘している。また、Branstetter and Nakamura[2003]は、特許でみた研究開発ストックの

蓄積が生産性などのアウトプット指標につながっておらず、研究開発の生産性が低下していることを指摘している。一方で Ogawa[2007]はバブル前後で研究開発と TFP 伸び率の関係について分析を行い、バブル崩壊後は両者の関係がより強まったことを示している。

ここでは前節で述べた企業レベルデータを用いて推計することによって、バブル崩壊後の R&D 生産性の変化について分析を行う。分析のフレームワークとしては、以下の研究開発ストックを明示的に取り入れたコブ・ダグラス型生産関数を用いる。

$$lva_{it} = \alpha + \beta_l lemp_{it} + \beta_k lcap_{it} + \beta_{rd} lr_{d_{it}} + \varepsilon_{it} \quad (8.13)$$

ここで lva は粗付加価値、 $lemp$ は労働投入、 $lcap$ は有形資本投入、 lr_{d} は研究開発ストックでそれぞれ対数をとっている。 β はそれぞれの投入要素におけるアウトプットに対する弾性値でここでは規模に対する収穫一定の仮定 (β の合計が 1) はおかない。

コブダグラス型生産関数において、研究開発ストックの限界生産性は推計された β を用いて以下のとおり計算することが可能である。

$$\frac{\partial VA}{\partial RD} = \beta_{RD} \cdot \frac{VA}{RD} \quad (8.14)$$

本節において、この値がバブル前後においてどのように変化したかについて分析を行う。

なお、わが国における研究開発ストックの限界生産性については、Odagiri and Iwata[1986]や Goto and Suzuki[1989]などの研究が存在するが、いずれも 1980 年代までのデータを用いて行われたものである。また、Kwon and Inui[2003]は 1990 年代以降のデータを用いている。バブル崩壊の前後の状況を比較したものとして、産業レベルのデータを用いたものは存在するが (たとえば、絹川[2000])、企業レベルデータを用いたものは存在しない。なお、Ogawa[2007]はバブル前後の状況について企業データを用いた分析を行っているが、R&D 投資が TFP に与える影響をみたもので、R&D ストックの生産性を見たものではない。

4.2 実証モデルと推計結果

式 (8.12) を推計するためのデータは、前節で用いた「科学技術研究調査」(総務省) と上場企業の財務データに関するパネルデータを用いた。ただし、企業会計上、研究開発費は損金として扱われるため、推計に用いる変数についての調整が必要である。まず、アウトプットである粗付加価値額であるが、従来の現金給与総額+減価償却費+リース料に研究開発費を加えたものを用いる。なお、通常の粗付加価値額については、JIP データによる産業別アウトプット、インプットデフレーターを用いたダブルデフレーションにより実質化し、研究開発費については GDP デフレーターで実質化したものを加えた。また、労働投入については、研究開発ストックの計算に人件費が含まれているためインプットの二重カウントを防ぐために研究開発要員以外の従業員数を用いた。有形資本ストックは、企業の有形固定資産残高(簿価ベース)を JIP データベースにおける産業別時価簿価比率を用いて時価ベースに変換したもの⁷⁾、研究開発ストックについては、前節で用いたものを用いた。

式 (8.13) の推計にあたっては、年次ダミー、産業ダミーをいれた OLS の他、固定効果モデル、システム GMM の 3 通りで行った。説明変数である lva は企業ごとに persistent な動きをすることがわかっているため 1 期のラグを説明変数として入れたものも推計した。結果については図表 8-12.1 のとおりである。経営者や従業員の質、組織資本やノウハウなどの企業毎の要素がコントロールされていない OLS は、これらの要因が R&D と正の関係にある場合(企業の経営能力が高いとより R&D を活発に行うことが考えられる)、R&D の係数はプラス方向のバイアスがかかる。固定効果モデルは期間を通して変化しない企業独自の要因をコントロールしたものとして、OLS よりも優れているが、逆に説明変数の誤差が含まれると係数に対してマイナスのバイアスがかかるといわれている (Woodridge[2000])。モデル(2)とモデル(4)の lrd に関する係数を比較すると、0.028 と 0.016 と後者の方が小さくなっており、真の値はこの間にある可能性が高い。システム GMM は、固定効果モデルの一種である階差モデルとともに式 (8.13) のレベルに

7) 研究開発に関する有形固定資産については、損金として取り扱われているため、有形固定資産に関するインプットの二重カウントの問題はない。

図表 8-12.1 生産関数に関する推計結果

	(1) OLS	(2) OLS	(3) FE	(4) FE	(5) SYS-GMM
lva(-1)		0.812 (219.80)**		0.658 (132.19)**	0.803 (50.42)**
lemp	0.662 (86.76)**	0.132 (28.89)**	0.39 (26.91)**	0.171 (17.73)**	0.143 (10.51)**
lcap	0.25 (39.46)**	0.046 (13.61)**	0.29 (20.18)**	0.068 (6.87)**	0.047 (5.43)**
lrd	0.149 (33.50)**	0.028 (10.99)**	0.108 (12.07)**	0.016 (2.18)*	0.025 (5.70)**
定数項	5.227 (71.61)**	0.673 (9.30)**	7.331 (28.48)**	2.916 (16.51)**	1.259 (10.43)**
サンプル数	19988	17951	19988	17951	17951
グループ数			1421	1352	1352
産業ダミー	yes	yes	—	—	yes
年ダミー	yes	yes	yes	yes	yes
R-squared	0.81	0.96	0.2	0.61	—
Hansen-J	—	—	—	—	0.000

Absolute value of t statistics in parentheses

* significant at 5%; ** significant at 1%

出所) 著者による推計.

関する式の両者を用い、また説明変数の内生性の問題を解決するために操作変数をいれた GMM 推計を行うものであることから、もっともバイアスの少ない結果が得られることが期待できる。モデル(5)で lrd の計数は 0.025 で統計的に有意になっており、モデル(2)とモデル(4)による推計結果の間に取まった。

そこでシステム GMM 法を用いて、データの期間を(1)バブル崩壊前である 1984-1991 年、(2)バブル崩壊によって R&D 伸び率が縮小した 1991-1998 年、(3) R&D 投資にやや持ち直しの動きが見られる 1998-2005 年の 3 つに分けて式 (8.13) の推計を行った。結果は図表 8-12.2 のとおりである。

Lrd の計数については、0.016、0.030、0.036 と上昇している。ただし、この推計式には被説明変数のラグが説明変数として入っているため、lrd の限界生産力を求めるためには定常状態 ($lva=lva(-1)$) における lrd の計数を求める必要がある。モデル(6)については、 $0.016/(1-0.718)$ で 0.057 となる。これに式 (8.14) に基づいた VA/RD を乗じたものが限界生産力であ

図表 8-12.2 バブル前後で期間を分けた生産関数に関する推計結果

	(6) 1984-1991	(7) 1991-1998	(8) 1998-2005
lva(-1)	0.718 (24.04)**	0.804 (24.99)**	0.787 (31.35)**
lemp	0.229 (7.81)**	0.137 (4.88)**	0.151 (8.94)**
lcap	0.063 (3.18)**	0.038 (3.59)**	0.044 (3.80)**
lrd	0.016 (2.07)*	0.030 (4.22)**	0.036 (5.45)**
定数項	1.810 (6.97)**	1.201 (4.62)**	1.316 (8.37)**
サンプル数	4665	6787	8168
グループ数	786	1067	1308
産業ダミー	yes	yes	yes
年ダミー	yes	yes	yes
Hansen-J	0.000	0.000	0.000
beta (RD) LT	0.057	0.153	0.169
VA/RD	2.319	2.241	2.212
RD productivity	0.132	0.343	0.374

Absolute value of t statistics in parentheses

* significant at 5%; ** significant at 1%

出所) 著者による推計。

る。図表 8-12.2 には各期における R&D ストックの限界生産力の算出結果を示しているが、バブル崩壊前には 13.2%であったのが、崩壊後は 34.3%、37.4%と両期間とも上昇している。このように R&D ストックの生産性はバブル崩壊後低下したという事実は認められず、むしろ上昇傾向にある。

このように R&D ストックの限界生産性は 1990 年代に入って上昇しているが、これは 1980 年代と比べて、バブル経済の崩壊後、日本企業は研究開発活動を総額としては絞り込みながら、より収益性に高い分野にフォーカスしていることによるのではないかと考えられる。これまで見ていたようにグローバルな競争が激化するなか、日本企業は自社における研究開発投資についてより開発的な色彩の強いプロジェクトにフォーカスし、基礎的な研究については産学連携などの外部連携によって進める動きが進んでいる。また、「選択と集中」の時代といわれるように研究開発についても自社の強みを生

かした分野にフォーカスし、周辺領域や新分野については他社との連携によって進めるという傾向も観察されている (Motohashi[2008])。

最後にこのような研究開発活動に関する動向が、R&D ストックの限界生産性に対して影響を与えているかについて分析を行う。ここでは、R&D ストックの係数である β_{RD} を以下のように分解して、(1)研究開発の多角化度 (DIV)、(2)産学連携の活用度 (UNIV) および(3)開発プロジェクトへの傾注度 (DEV) が R&D ストックの係数にどのような影響を与えるかについて分析を行った。

$$\beta_{RD} = \beta_{RD'} + \beta_{div} * DIV + \beta_{univ} * UNIV + \beta_{dev} * DEV \quad (8.15)$$

図表 8-12.3 研究開発に関する特性と R&D ストックの係数

	(9) 1984-1991	(10) 1991-1998	(11) 1998-2005
lva(-1)	0.699 (25.35)**	0.798 (28.11)**	0.804 (26.48)**
lemp	0.228 (9.41)**	0.154 (6.41)**	0.132 (6.12)**
lcap	0.073 (5.22)**	0.039 (4.53)**	0.052 (4.89)**
lrd	0.025 (3.39)**	0.024 (4.25)**	0.032 (4.55)**
lrd*div	-0.001 (0.73)	0.000 (0.44)	-0.001 (0.91)
lrd*univ	-0.004 (1.75)+	0.005 (0.89)	0.006 (1.63)+
lrd*dev	-0.002 (0.97)	0.000 (0.45)	-0.002 (1.93)+
定数項	1.869 (8.40)**	1.191 (5.85)**	1.121 (6.29)**
サンプル数	4665	6787	8168
グループ数	786	1067	1308
産業ダミー	yes	yes	yes
年ダミー	yes	yes	yes
Hansen-J	0.000	0.000	0.000

z statistics in parentheses

+ significant at 10%; * significant at 5%; ** significant at 1%

出所) 著者による推計。

ここで DIV については、「科学技術研究調査」の分野別研究開発費に関するデータをベースとした多角化指数（1-ハーフィンダール指数）、UNIV については、大学または公的研究機関に対する外部研究開発支出の内部研究開発費の割合、DEV については研究費総額に対する開発研究費の割合を用いた。式（8.15）を式（8.13）に代入すると lrd と DIV、UNIV 及び DEV のそれぞれに関する交差項が加わる。これを図表 8-12.2 と同じ時期別にシステム GMM で推計した結果が図表 8-12.3 である。

交差項に関する係数に着目するとバブル崩壊までは、産学連携の度合いに関する係数がマイナスで 10% 有意となっており、バブル崩壊まではむしろ自前主義で研究を進めている企業の方が研究開発ストックの生産性が高かったことを示している。1998 年以降については、UNIV と lrd の交差項に対する係数がプラスで有意となり、逆に産学連携によって R&D ストックの生産性が高まるという傾向が観察される。ただし、1998 年以降は DEV と lrd の交差項に対する係数がマイナスで統計的有意となっており、開発に対して傾注している企業における R&D ストックの生産性は相対的に低いということがわかった。最後に研究開発の多角化度であるが、R&D ストックの生産性との関係は見られなかった。

5 結論

本稿においては、1980 年代以降の日本企業における R&D 投資と R&D 資産の蓄積の動向、R&D 投資の決定要因および R&D 資産の生産性に関する分析を行った。1990 年代前半まで、日本企業は順調に R&D 投資を伸ばしてきたが、バブル経済の崩壊によって戦後はじめて民間研究開発投資の総額がマイナス成長となり、それ以降も伸び率が低下している。これに従って、R&D 資産の蓄積スピードも 1980 年代が 10% 以上であったのが、バブル崩壊以降、4% 台と半分以下のペースに落ち込んだ。

その背景としては、バブル崩壊といったデマンドショックによって企業の財務状況が悪化したことが影響していると考えられる。研究開発投資は、設備投資（有形固定資産投資）とくらべて将来の収益に関する不確実性が高いものであるため、内部留保などの企業内部の資金が用いられることが多い。

企業の財務状況の悪化が研究開発投資の足を引っ張っていることは、R&D投資の決定要因に関する分析によって確認された。また、R&D投資はその価格動向によっても影響を受けるので、研究開発税制の充実などによって研究開発コストを下げる政策が重要である。

一方で、R&D資産を明示的に取り入れた生産関数を推計した分析によると、バブル崩壊の前後でR&D資産の限界生産性は上昇していることがわかった。これは、財務状況の悪化による資金的制約やビジネスにおいてグローバルなイノベーション競争環境が厳しくなるなか、企業が収益性の高い分野に研究開発活動を集中させていることによるものと考えられる。とくに1990年代後半以降、日本企業は自社の研究開発を開発的色彩が強いプロジェクトに集中させ、基礎的な研究については産学連携などの外部連携を模索する動きを進めている。本稿における分析の結果、1990年代後半以降、産学連携を行っている企業についてはより自社のR&D資産の限界生産性が高いことがわかった。

本稿においては、日本企業のR&D投資とR&D資産の蓄積についてとくにバブル崩壊前後の動向に着目しながら分析を行ってきたが、最後に本稿では触れられなかった残された問題について述べたい。

まず、本稿で用いたデータは上場企業によるもので大企業が中心となっており、中小企業が入っていないことに注意が必要である。研究開発活動は量的には大企業に集中しているため、本稿で用いたデータベースによって、民間研究開発費総額の6割以上をカバーしているが、企業の数としてはごく一部である。とくに最近のトレンドである産学連携を外部連携との関係でいうと、企業年齢が若く比較的規模が小さい研究開発型中小企業は、大企業と比べて産学連携によってより高い生産性を確保していることがわかっている(Motohashi[2008])。これは、中小企業は、大企業と比較して資金や人材などのリソースが豊富に存在しないことから、外部連携に積極的に取り組み、新商品の開発などのより製品化に近い内容の研究を行うインセンティブが高いことによる。日本のイノベーションシステムは大企業が中心の自前主義が特徴であるといわれているが、最近では国際的にオープンイノベーションの流れが進むなかでネットワーク型システムへの移行が必要であるという議論がなされている。この点でもハイテクベンチャーや中小企業の日本のイノベー

ションシステムにおける位置づけがますます重要になってきているといえる。今後は大企業だけでなく、中小企業にける研究開発活動に関する研究が行われることが期待される。

また、本稿においては、R&D 資産の限界生産性について分析を行ったが、生産要素に対して中立的な全要素生産性との関係については触れていない。R&D 資産と全要素生産性の関係について分析する際には、R&D 資産の外部経済性について掘り下げることが必要である。企業レベルの生産性を考える際には、自社の R&D 資産のみならず、外部からの技術スピルオーバー効果の重要性が指摘されている (Griliches[1990])。日本においても、自社の R&D 資産だけでなく、他社の R&D 資産も加味した生産関数を推計することによって、R&D 投資の外部効果に関する分析が行われている (Goto and Suzuki[1989], 絹川[2000])。ただし、これらはバブル崩壊前の状況に関する分析か産業レベルのデータを用いたもので、企業レベルで 1980 年代から最近までの内容を取り扱ったものは見当たらない。この分析については、本稿で用いたデータセットを用いて行うことが可能であるので、今後の課題としたい。

付表 A 研究開発税制の変遷

	方式	比較試験研究費	税額控除率	支払法人税の控除限度額
1967 年度-	増加試験研究費 税額控除	過去最高額	20%	10%
1999 年度-	増加試験研究費 税額控除	直近 5 年間のうち上位 3 年間の研究費の平均 (ただし、当期研究費が前年度及び前々年度を下回らないこと)	15%	12%
2003 年度-	増加試験研究費 or 研究費総額	これまでの制度に加えて、研究費総額に対する税額控除方式を選択することが可能	(研究費総額の) 10% + 売上高試験研究費割合 $\times 0.2$ (12%が上限)	20%
2006 年度-	増加試験研究費 and 研究費総額	直近 5 年間のうち上位 3 年間の研究費の平均 (ただし、当期研究費が前年度および前々年度を下回らないこと)	増加分に対する 5% + (研究費総額の) 8% + 売上高試験研究費割合 $\times 0.2$ (10%が上限)	20%

注) たとえば、1999 年度とは、1999 年 1 月 1 日以降に開始し、4 月 1 日以降に終了する会計年度。

出所) 著者による作成。

付表 B 研究開発に関するデータセットのカバレッジ

	科研統計 パネル	財務諸表 接続	R&D サンプル (億円)	R&D 総額 (億円)	R&D カバー率 (%)
1983	1,315	552	23,674	45,601	51.9
1984	1,395	581	29,102	51,366	56.7
1985	1,493	621	34,035	59,399	57.3
1986	1,564	646	37,100	61,201	60.6
1987	1,654	659	39,511	64,942	60.8
1988	1,763	718	45,625	72,193	63.2
1989	1,884	765	52,469	82,338	63.7
1990	1,972	789	58,218	92,671	62.8
1991	2,140	826	62,189	97,430	63.8
1992	2,335	877	63,632	95,606	66.6
1993	2,548	933	59,708	90,536	65.9
1994	2,698	964	61,146	89,802	68.1
1995	2,650	944	61,510	93,958	65.5
1996	2,784	971	66,433	100,584	66.0
1997	2,891	997	71,202	106,584	66.8
1998	3,103	1,038	70,487	108,001	65.3
1999	3,272	1,077	69,983	106,302	65.8
2000	3,518	1,140	75,620	108,602	69.6
2001	3,650	1,179	77,452	114,510	67.6
2002	3,510	1,142	76,676	115,768	66.2
2003	3,607	1,133	76,007	117,589	64.6
2004	3,425	1,106	79,901	118,673	67.3
2005	3,554	1,106	83,119	127,458	65.2

出所) 著者による推計。

参考文献

- 川崎泰史[2006], 「R&Dの資本化について」 New ESRI Working Paper Series, 内閣府経済社会総合研究所, No. 1.
- 絹川真哉[2000], 「日本の製造業における R&D 生産性の再検討」 富士通総合研究所, FRI Review 2000.1.
- 経済産業研究所[2004], 「平成 15 年度日本のイノベーションに関わる研究開発外部連携実態調査報告書」 2004 年 6 月.
- 後藤晃・本城昇・鈴木和志・滝野沢守[1986], 「研究開発と技術進歩の経済分析」『経済分析』103号, 経済企画庁経済研究所.
- 榊原清則[2003], 「展望論文: 日本の技術経営——研究開発は経営成果と結びついているか」技術革新型企業創生プロジェクト Discussion Paper Series #03-01, 2003 年 10 月.
- 東京大学[2008], 『平成 19 年度産業技術調査事業: イノベーションデータ分析基盤に関する調査事業報告書』平成 20 年 3 月, 国立大学法人東京大学.
- 蜂谷義昭[2004], 「技術の寿命は縮まっているか? (1)」日本政策投資銀行今週のトピック

- ス No. 072-01, 2004年8月19日.
- Arellano, M and Bond, S. [1991], "Some tests of specification for panel data." *Review of Economic Studies*, 58(2), pp. 277-297.
- Arellano, M and O. Bover [1995], "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models", *Journal of Econometrics*, 68(1), pp. 29-51.
- Blundell, R. and S. Bond [1998], "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models," *Journal of Econometrics*, 87(1), pp. 115-143.
- Branstetter, L and Y. Nakamura [2003], "Is Japan's Innovative Capacity in Decline?," NBER Working Paper, #9438.
- Bresnahan, T. F., Brynjolfsson, E., Hitt, L. [2002], "Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence," *Quarterly Journal of Economics*, 117(1), pp. 339-376.
- Corrado, C., C. Hulten, and D. Sichel. [2006], "Intangible Capital and Economic Growth." NBER Working Paper, No. 11948.
- Fukao, K., S. Hamagata, T. Inui, H. U. Kwon, T. Makino, T. Miyagawa, and J. Tokui [2006], Estimation Procedure and TFP Analysis of the JIP Database 2006. Paper presented at the Research Institute of Economy, Trade and Industry International Conference. July 24-25. Tokyo.
- Fukao, K., S. Hamagata, T. Miyagawa and K. Tonogi [2007], "Intangible Investment in Japan: Measurement and Contribution to Economic Growth," RIETI Discussion Paper, 07-E-34.
- Goto A. and K. Motohashi [2007], "Construction of a Japanese Patent Database and a first look at Japanese patenting activities," *Research Policy*, 36(9), pp. 1431-1442.
- 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(4), 555-564.
- Griliches, Z. and J. Mairesse [1990], "R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and US Manufacturing Firms," in C. Hulten (ed.), *Productivity Growth in Japan and the United States*, University of Chicago Press, pp. 317-348.
- Hall, B [1992], "R&D tax policy during 1980's: success or failure?" NBER Working Papers, #4240.
- Hall, Bronwyn H. & Mairesse, Jacques [1995], "Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms," *Journal of Econometrics*, 65(1), pp. 263-293.
- Jorgenson, D. W. [1963], "Capital Theory and Investment Behavior," *American Economic Review*, 57(3), pp. 217-224.
- Kwon, H. and T. Inui [2003], "R&D and Productivity Growth in Japanese Manufacturing Firms," ESRI Discussion Series Paper, No. 44.
- Mairesse, J. and M. Sassenou [1990], "R&D Productivity: A Survey of Econometric Studies at the Firm Level," NBER Working Papers, #3666.
- Motohashi, K. [2008], "Growing R&D Collaboration of Japanese Firms and Policy Implica-

- tions for Reforming the National Innovation System," *Asia Pacific Business Review*, 14(3), pp. 339–361.
- Motohashi, K. [2005], "University-industry collaborations in Japan: The role of new technology-based firms in transforming the National Innovation System," *Research Policy*, vol. 34(5), pp. 583–594.
- Ogawa, K. [2007], "Debt, R&D investment and technological progress: A panel study of Japanese manufacturing firms' behavior during the 1990s," *Journal of the Japanese and International Economies*, 21(4), pp. 403–423.
- Odagiri, H. and H. Iwata[1986], "The Impact of R&D on Productivity Increase in Japanese Manufacturing Corporations," *Research Policy*, 15(1), pp. 13–19.
- Woodridge, J. [2002], *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, MIT Press Cambridge MA USA.