

わが国製造業における研究開発投資の決定要因

後藤 晃・古賀款久・鈴木和志

本稿は、産業レベルの変数(専有可能性と技術機会)および企業レベルの変数(売上高とキャッシュフロー)を用いて、わが国企業の研究開発投資に対する決定要因を論じた。専有可能性と技術機会は、これまで数量化の難しかった変数であり、本稿では質問票調査から得たデータを基礎に作成している。推計の結果、専有可能性と技術機会は、いずれも研究開発投資の決定要因として重要な要因であることが示された。これに対して、キャッシュフローは、先行研究とは異なり、大規模企業・中規模企業のいずれにおいてもバインディングであることが示された。

1. はじめに

研究開発費の水準には、産業間で大きな差異がある。例えば、1998年度に医薬品工業では、6811億円(売上高の8.07%)を、また、通信・電子・電気計測器工業では2兆5886億円(売上高の6.43%)を研究開発のために支出している。これに対して、石油製品・石炭製品工業の研究費は、売上高の0.48%(503億円)、出版・印刷業では売上高の1.13%(405億円)にすぎない¹⁾。研究費が技術進歩のインプットであるとするれば、産業の技術進歩のスピードは、投入される研究費に影響を受けるはずである。このような研究費の差異が、いかなる理由によって起こるのか、研究費を決定する要因はどのようなものか、という点を、企業レベルおよび産業レベルのデータを用いて検討することが、この論文の目的である。

研究開発投資の決定要因に関する研究は、二つのグループに大別される²⁾。第1のグループの研究は、シュムペーターの伝統に連なる。シュムペーターは、静学的な資源配分という点からは、完全競争市場における原子的な企業が望ましいが、動学的観点からは、集中の進んだ市場における大規模企業こそが技術革新、ひいては経済発展のエンジンであるとのべている³⁾。

この後、多くの研究者によって、集中度および企業規模と、イノベーションの関係を統計的に検証しようとする研究が多数行われた。得られた結果は様々であるが、概して集中度とイノベーションの関係については、あまり明白な結果は得られていない。

他方、規模については、多くの研究が、規模とイノベーションの間には単に比例的な関係しか存在せず、特に大規模企業が規模に比例以上に優位であるという事実はない、ということを見出している。その意味で特に大規模企業のほうが革新的とは言えないということになる。

1980年代に入ると、大規模企業であること、および、市場が集中しているということの持つ意味がさらに検討され、イノベーションもまた、企業規模、市場の集中度に影響を及ぼし得るという逆の因果関係の存在が指摘された。この点を受けて、実証研究においても、これまで外生変数として扱われてきた企業規模、市場の集中度といった変数を、内生変数として取り扱うべきであるという議論がなされるようになった。この結果、現在では、企業規模、市場集中度よりもさらに基本的な変数にさかのぼって、イノベーションの決定要因を追求するという方向へ向かっている。これらの基本的な変数としては、専有可能性、技術機会、および需要(需要規模、

あるいは需要の成長率、需要の価格弾力性など)の3変数があげられる。専有可能性、技術機会および需要構造は、産業によって異なるが、時間を通じては相対的に安定的な変数である。

専有可能性の高い産業においては、企業は、イノベーションのもたらす社会的便益のうち多くの部分を得ることが保証される。このため、R&D投資に対する企業のインセンティブは高まり、イノベーションは一層促進されるであろう⁴⁾。

技術機会が豊富に存在するということは、より大きな利益をもたらすR&Dプロジェクトが存在するとともに、より効率的な解決手段が存在することを意味するが、これらはいずれも、R&D投資ならびにイノベーションを促進すると考えられる。

需要は、基本的には、それが大きいほど、研究開発費をより多くの生産量に負荷することが可能となるために、あるいは、より多くの販売量にわたってプライス・コストマージンを得ることができるために、より期待収益率の低い研究開発プロジェクトをも手がけられるようになり、研究開発投資は拡大する。

しかしながら、これらの仮説の検証は、専有可能性および技術機会の数量化に困難が伴うため、大変難しい作業となる。後述するように、本論では、専有可能性および技術機会の数量化を、Levin, Nelson, Klevorick and Winter (1987)にならい、質問票調査から得られたデータに基づいて行うことにした。

第2のグループは、研究開発投資の決定要因として、企業に個別特殊的な要因を強調する研究の一群である。これらの研究の中で最も頻繁に引用され、かつ検討されているのは、研究開発投資と内部資金との関係を議論した研究である。これらの研究は、資本市場の不完全性を理由に、内部資金の利用可能性は、研究開発投資の重要な決定要因であると主張している。技術に付随する不確実性を考慮すると、資金制約の問題は、設備投資に比べると研究開発投資において一層深刻な問題となるであろう。内部資金と研究開発投資の関係は、大規模企業が中規模

企業に比べてイノベーション活動に相対的に有利であるのは、大規模企業内に潤沢な資金があるためである⁵⁾、とする議論を一つの論拠として用いられる。

本論では、質問票調査に基づく独自のデータベースを用いて、この二つの流れを統合する形で、研究開発投資の決定メカニズムを検討する。

本論の構成は次の通りである。まず、第2節において、実証分析に用いられるモデルを説明し、変数、使用データおよびサンプルについて言及する。続く、第3節においては、推計結果を、最後に第4節においては、結論を述べる。

2. 実証分析

2.1 基本モデル

本節で行う実証研究では、前節の議論を背景に、研究開発投資の決定要因として、専有可能性および技術機会という研究開発投資のもたらす期待収益に関する変数(産業の変数)と、キャッシュフローという研究開発投資の資金調達に関わる変数(企業固有の変数)の両方を用いた推計を行う⁶⁾。

さらに、研究開発投資が市場における将来の需要にも影響を受ける可能性があることを考慮して、需要の代理変数として当期の売上高成長率を推計式に加える。研究開発活動の成果として生み出される技術は、一種の「情報」であるが、よく知られるように、情報としての技術そのものを市場で販売することは困難である。したがって、研究開発投資を行うか否かの意思決定は、技術を体化した製品の販売からどの程度の収益が得られるか、に依存している⁷⁾。本論で推計されるモデルは、次式(1)式に示される。

$$R_t/K_{t-1} = \text{const} + \alpha_1(CF_{t-1}/K_{t-1}) + \alpha_2((S_t - S_{t-1})/S_{t-1}) + \alpha_3 AP + \alpha_4 TO \quad (1)$$

ここで、(1)式における変数の定義は、各々、以下の通りである； R ；研究開発費、 K ；有形固定資産残高、 CF ；キャッシュ・フロー、 S ；売上高、 AP ；専有可能性、 TO ；技術機会。

2.2 データ

企業の研究開発費については、科学技術庁『民間企業の研究開発に関する調査』において集められたデータを用いた。また、有形固定資産残高、キャッシュ・フローおよび売上高については、有価証券報告書を元に作成された日本政策投資銀行の財務データを用いた。

専有可能性および技術機会は、科学技術政策研究所で1994年に実施した『産業のイノベーションに関する調査』のデータをもとに以下の要領で作成した⁸⁾。

専有可能性については、次の方法で変数を作成した。まず、企業に、専有可能性を確保する手段(後述する(a)-(g)の7手段)を提示し、過去3年間において、イノベーションから得られる競争優位を確保するうえで、それぞれの手段について、その手段が有効だった研究開発プロジェクトの件数が全体の何%を占めるかについて回答をもとめた。提示された手段は、次の通りである。

(a)技術情報の秘匿 (b)特許による保護 (c)他の法的保護(意匠登録半導体回路配置の登録や著作権など) (d)製品の先行的な市場化 (e)製品の販売、サービス網の保有・管理 (f)製品の製造設備やノウハウの保有・管理 (g)生産、製品設計の複雑性。

これらの手段それぞれについての回答を国際標準産業分類の4桁(一部3桁)産業レベルで集計し、各産業について、手段毎の値を得た。そのうえで、各産業について、各手段の値の中の最大値を、その産業の専有可能性の変数とした。

技術機会については、企業に過去3年間に、12種類(以下(a)-(l))の情報源から新規研究開発プロジェクトの提案ないしは既存研究開発プロジェクトの完成につながるような情報を入手したことがあったかどうか、について回答を求めた。

(a)株式所有関係のある供給業者 (b)株式所有関係のない供給業者 (c)同事業・ジョイントベンチャー (d)顧客 (e)大学 (f)公的研究機関 (g)学会・協会 (h)競合他社 (i)コンサルティング会社 (j)その他の外部情報

表1. 基本統計量(1993年度)

全企業

	平均	標準偏差	最小値	最大値
R_t	12,461	34,603	59	363,082
CF_{t-1}	18,028	45,340	-2,455	529,291
S_t	315,124	778,059	2,206	9,030,857
AP	45.81	8.70	32.5	65.7
TO	85.53	7.45	66.0	100.0

単位: R, CF, S は100万円, AP, TO は%

中規模企業

	平均	標準偏差	最小値	最大値
R_t	1,882	2,044	59	12,005
CF_{t-1}	2,903	2,000	-1,178	9,630
S_t	52,825	27,654	2,206	121,205
AP	45.95	9.14	32.5	65.7
TO	85.64	7.77	66.0	100.0

単位: R, CF, S は100万円, AP, TO は%

大規模企業

	平均	標準偏差	最小値	最大値
R_t	22,948	46,560	448	363,082
CF_{t-1}	33,020	60,432	-2,455	529,291
S_t	575,122	1,035,856	48,389	9,030,857
AP	45.67	8.29	32.5	65.7
TO	85.54	7.05	66.0	100.0

単位: R, CF, S は100万円, AP, TO は%

源 (k)社内の他の研究開発部門 (l)社内の生産・製造部門。

この回答を、専有可能性の場合と同じ産業分類で集計し、各産業でそれぞれの手段ごとに入手したことがあるとした企業の割合を求めた。そうして、それぞれの産業における各手段の値の中で最大となる値をもって、その産業の技術機会の変数とした⁹⁾。

本推計の対象となったのは製造業に分類される企業227社であり、これら227社の研究費総額は、わが国の産業部門における研究費総額のおよそ30%を占める。さらに、本推計では、標本企業227社を大規模企業114社および中規模企業113社に二分することにより、企業規模を通じて表される特性をも考察した。企業規模の指標としては、1992年度の企業227社における売上高の中位値(1134億9600万円)を用い

表 2(1). 研究開発投資の決定要因(1993 年度: OLS)

	全企業	中規模企業	大規模企業
<i>Constant</i>	-.743018*** (-6.62093)	-.760401*** (-5.09081)	-.659241*** (-4.16187)
$\frac{CF_{t-1}}{K_{t-1}}$	.433030*** (5.00955)	.305604*** (3.43285)	.571162*** (4.21090)
$\frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}}$	.068880*** (5.02981)	.066769*** (4.38951)	.160750 (1.24495)
<i>AP</i>	.610543E-02*** (5.92057)	.526444E-02*** (3.63115)	.650074E-02*** (4.82254)
<i>TO</i>	.602714E-02*** (6.09701)	.688705E-02*** (5.45846)	.463568E-02*** (3.14525)
\bar{R}^2	.360901	.305771	.426820
<i>Observations</i>	227	113	114

注) カッコ内の数値は *t* 値を示す。また, ***, **, * は, それぞれ, 1%, 5%, 10% の各水準で有意であることを示す(両側検定)。

表 2(2). 研究開発投資の決定要因(1993 年度: 操作変数法)

	全企業	中規模企業	大規模企業
<i>Constant</i>	-.714863*** (-6.42594)	-.766343*** (-5.26922)	-.677751*** (-4.18227)
$\frac{CF_{t-1}}{K_{t-1}}$	.429076*** (4.81079)	.306060*** (3.67991)	.606805*** (4.15539)
$\frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}}$	.165899 (1.17173)	.054410 (1.30189)	-.113533 (-3.24287)
<i>AP</i>	.556867E-02*** (4.93028)	.537851E-02*** (3.82730)	.686899E-02*** (4.64802)
<i>TO</i>	.602805E-02*** (5.88450)	.689553E-02*** (5.62861)	.442896E-02*** (3.054515)
\bar{R}^2	.334023	.304728	.395963
<i>Observations</i>	227	113	114

注) カッコ内の数値は *t* 値を示す。また, ***, **, * は, それぞれ, 1%, 5%, 10% の各水準で有意であることを示す(両側検定)。

た¹⁰⁾。なお, 表 1 には, 各グループの基本統計量が整理されている。

3. 推計結果

本稿では, (1)式を, OLS および操作変数法を用いて, 1989 年から 1994 年までの 6 年間について推計した¹¹⁾。なお, 専有可能性, 技術機会の値は, 同一産業に属する企業では同じ値となっており, かつ, この値は, 当該期間内では年によって変化しない。このため, 推計は, パネル分析ではなく, 各年度毎にクロスセクションで行うことにした。

各年度における OLS と操作変数法による推計結果を比較すると, キャッシュフロー, 専有可能性, 技術機会については, それらの係数はほぼ同じであった。これに対して, 売上高成長

率は, 操作変数法を用いると, その有意性が大きく低下した。これは, 売上高成長率の内生性を考慮する必要があることを示唆している。本論では, 1993 年度における OLS と操作変数法の推計結果を, 表 2(1)および(2)に示すことにする。推計結果からは, 以下 3 つの結論が導かれるであろう。

(1)推計モデルは, 個別企業レベルの計測にしては比較的当てはまりがよく, 全 227 社に関する推計では, 研究開発投資集約度の全変動の約 30% (OLS36%, 操作変数法 33%) を説明している。これを企業規模別推計について見ると, 大規模企業に関する推計では, 全変動の約 40% (OLS42%, 操作変数法 39%) を, また中規模企業に関する推計のいずれにおいても, 全変動の約 30% (OLS30

%, 操作変数法 30%) をこのモデルで説明している。

- (2) 専有可能性および技術機会の係数は、全ての規模分類において、有意に正の値を示している。これは、本論で定義された専有可能性および技術機会が、研究開発投資の重要な決定要因となっていることを示している。
- (3) 企業固有の変数については、中規模企業、大規模企業ともに、キャッシュ・フローが正で有意な値を示している。これに対して、売上高成長率は、中規模企業においては一部有意となったが、大規模企業においては有意とはならなかった。

4. おわりに

本稿では、わが国の製造業に属する 227 社を対象に、研究開発投資の決定要因について、産業特性ならびに企業特性の 2 つの観点から実証的に検討した。その際、企業規模がもたらす差違についても注意を払った。得られた結果を整理すると、以下ようになる。産業の変数である専有可能性および技術機会は、企業規模に関係なく、正で有意な値を示しており、これらがいずれも研究開発投資を促進する要因であることを示す。一方、企業特性として検討したキャッシュ・フローは、大規模企業・中規模企業のいずれにおいても正で有意な値を示したのに対して、売上高成長率は、いずれの企業分類においても有意な値を示さなかった。

シュムペーター仮説によれば、企業規模が大きいほどキャッシュ・フローが豊富であるから研究開発投資がより活発に行われるとされ、これが大規模企業ほどイノベーションに有利である理由の一つとされてきた。また、Himmelberg and Petersen(1994)は、キャッシュ・フローは、小規模かつ研究開発集約的な企業の研究開発投資において、有意な説明力を持っていることを示している。

本稿で得られた結果はこれらの先行研究の結果とは異なり、大規模企業においても中規模企

業においても、キャッシュ・フローは、エージェンシー・コストの影響を受けない内部資金として、リスクを伴う研究開発投資にとって重要であることを示唆している。

(論文受付日年月日 2000 年 10 月 17 日・採用決定日 2001 年 5 月 16 日、東京大学先端経済工学研究センター／文部科学省・科学技術政策研究所／明治大学商学部)

注

* 本稿の基礎となるデータベースは、後藤晃が科学技術庁・科学技術政策研究所在籍時に、永田晃也氏(北陸先端科学技術大学院大学)とともに実施した質問票調査を通じて得られたものである。この質問票調査は、Wesley Cohen(Carnegie Mellon 大学)によって統括された国際プロジェクトの一貫として行われた。このプロジェクトに参加したのは、他に、Richard Nelson(Columbia University), John Walsh(University of Illinois), Anthony Arundell(Maastricht Economic Research Institute)である。また、本稿を作成する過程で匿名レフェリーお二人から大変有益なコメントを戴いた。これらの方々に感謝の意を表したい。言うまでもなく、本稿の内容に関する責任は、筆者達にのみ帰する。

1) 総務庁『科学技術研究調査報告』(1999)。

2) 研究開発投資に関する実証研究の展望論文としては、Cohen and Levin(1989)およびCohen(1995)が優れている。

3) しかし他の著書では、シュムペーターは、イノベーションにおける起業家企業の働きを強調している。この点については、Shumpeter(1934)を参照せよ。

4) しかしながら、Merges and Nelson(1990)は、“Strong Patent”が累積的イノベーションを阻害すると論じている。

5) Himmelberg and Petersen(1994)およびAcs and Iceberg(1991)を参照せよ。

6) キャッシュ・フローは、経常利益+減価償却-(法人税+役員賞与+配当)で定義される。なお、キャッシュ・フローは、資金制約の代理変数としての側面以外に、利益の尺度あるいは投資機会の代理変数として捉えることもできる。資金制約を示す変数として他に借入額を説明変数として加えた回帰分析も行ったが、有意な結果は得られなかった。

7) 需要には、研究開発費の固定費を広く回収するという役割が期待されるため、売上高(本来ならば需要数量)を用いることが望ましい。しかし一方で、キャッシュ・フローとの多重共線性が心配されるため、実証分析においては、売上高成長率を用いた。なお、サンプル企業の売上高とキャッシュ・フローとの相関は、それぞれ、0.492(全企業)、0.410(中規模企業)、および、0.584(大規模企業)である。

8) この調査は、Levin, Klevorick, Nelson, and Winter(1987)が、かつて米国において行ったYale Surveyとよばれる調査をモデルにしている。調査票

は、資本金 10 億円以上の製造業に分類される企業でかつ研究開発をおこなっている 1219 社に対し発送され、643 社から回答を得た。

9) 専有可能性・技術機会の変数として、全手段中の最大値を用いたのは、一つでも非常に有効な手段があれば、それは専有可能性の手法および技術機会として有効であると考えたからである。なお、確認のために、専有可能性・技術機会の各手段における平均値を用いて回帰分析を行ってみたが、推計結果に大きな変化はなかった。

10) 上記 227 社はいずれも資本金 10 億円以上の企業である。

11) 操作変数を用いた場合には、操作変数として、過去の売上高成長率を採用した。

参 考 文 献

- Acs, Zoltan J. and Steven C. Isberg (1991) "Innovation, Firm Size, and Corporate Finance," *Economics Letters*, Vol. 35, No. 3, pp. 323-326.
- Cleary, Sean (1999) "The Relationship between Firm Investment and Financial Status," *Journal of Finance*, Vol. 54, No. 2, pp. 673-693.
- Cohen, Wesley M. (1995) "Empirical Studies of Innovative Activity," in Stoneman, P. (eds.), *Handbook of The Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell: Oxford UK, pp. 182-264.
- Cohen, Wesley M. and Richard C. Levin (1989) "Empirical Studies of Innovation and Market Structure," in Schmalensee, R. C. and Willig, R. D. (eds.), *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 2, Amsterdam: North Holland, pp. 1059-1107.
- Cohen, Wesley M. and Steven K. Klepper (1996) "Firm Size and the Nature of Innovation within Industries: The Case of Process and Product R&D," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 78, No. 2, pp. 232-243.
- Cohen, Wesley M. and Steven K. Klepper (1996) "A Reprise of Size and R&D," *Economic Journal*, Vol. 106, No. 437, pp. 925-951.
- Cohen, Wesley M., Akira Goto, Akiya Nagata, and John P. Walsh (2000) "R&D Spillovers, Patents and the Incentives to Innovate in Japan and United States" Mimeograph.
- Hall, Bronwyn H. (1992) "Investment and R&D at the Firm Level: Does the Source of Financing Matter?" *NBER Working Paper* #4096 Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Hall, Bronwyn H., and Fumio Hayashi (1989) "Research and Development as an Investment," *NBER Working Paper* #2973 Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Himmerberg, Charles P., and Bruce C. Petersen (1994) "R&D and Internal Finance: A Panel Study of Small Firms in High-Tech Industries," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 76, No. 1, pp. 38-51.
- Kaplan, Steven N., and Luigi Zingales (1997) "Do Investment-Cash Flow Sensitivities Provide Useful Measures of Financing Constraints?" *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 112, No. 1, pp. 169-215.
- Klevorick, Alvin K., Richard C. Levin, Richard R. Nelson, and Sidney G. Winter (1995) "On the Source and Significance of Interindustry Differences in Technological Opportunities," *Research Policy*, Vol. 24, No. 2, pp. 185-205.
- Levin, Richard C., Wesley M. Cohen, and David C. Mowery (1985) "R&D Appropriability, Opportunity, and Market Structure: New Evidence on Some Schumpeterian Hypotheses," *American Economic Review Proceedings*, Vol. 75, No. 2, pp. 20-24.
- Levin, Richard C., Alvin K. Klevorick, Richard R. Nelson, and Sidney G. Winter (1987) "Appropriating the Returns from Industrial Research and Development," *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, pp. 783-820.
- Merges, Robert P. and Richard R. Nelson (1990) "On the Complex Economics of Patent Scope," *Columbia Law Review*, Vol. 90, No. 4, pp. 839-916.
- Schumpeter, Joseph A. (1934) *The Theory of Economic Development*, Massachusetts: Harvard University.
- Schumpeter, Joseph A. (1942) *Capitalism, Socialism, and Democracy*, New York: Harper.
- Stiglitz, Joseph A., and Andrew Weiss (1981) "Credit Rationing in Markets with Imperfect Information," *American Economic Review*, Vol. 71, No. 3, pp. 393-410.