

Title	RD競争の理論と政策の再検討
Sub Title	Theory of RD competition and policy reconsidered
Author	白井, 義昌
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	1990
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.83, No.2 (1990. 7) ,p.264(50)- 284(70)
JaLC DOI	10.14991/001.19900701-0050
Abstract	
Notes	小特集：経済学会コンファレンス：市場機構と産業組織
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-19900701-0050

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

R & D 競争の理論と政策の再検討*

白 井 義 昌

1 序

研究開発活動とは、新しい製品または新しい生産方法を可能にする知識・技術という財の生産活動である。しかしこの知識・技術という財にはその生産に伴うコモンプールの外部性、実現した知識・技術の成果を利用して得る利得の占有の困難さ（スピルオーバー効果）等の特質が存在する。そのために研究開発活動の水準は市場取引のみにまかせてもその資源配分のうえで最適なものに定まらない。この市場の失敗に対して政府の介入政策が必要となってくる。本稿はこの市場の失敗を補正する政府の政策について検討する。

さらに政府の介入政策は資源配分上の問題だけから行われているものではない。研究開発の成功がもたらす大きな独占利得を他の国にさきがけて獲得しようとする戦略的意図からも政府の介入政策が行われる可能性がある（Helpman and Krugman (1989) を参照せよ）。Dixit (1988) および Dixit (1989) はこの問題についての理論的検討を行っているが、本稿ではこの問題は扱わない。

研究開発活動の水準はそれを行う企業が持つ研究開発活動に対する私的なインセンティブに依存して定まる。そして上に述べた研究開発活動水準の決定における市場の失敗とは研究開発活動に対する私的なインセンティブと社会的なインセンティブの乖離である。この研究開発活動に対する私的なインセンティブは研究開発の成果を利用して市場で獲得する機会利潤から研究開発にかかった費用を差し引いたものであるが、これはその市場の構造や開発を行う企業の状態に依存して様々な大きさになる（Dasgupta and Stiglitz (1980), 伊藤・清野・奥野・鈴木 (1988) を参照せよ）。したがって研究開発に対する政策を論じるうえでこの私的なインセンティブの決定のメカニズムを探らなければならない。研究開発のインセンティブが定まるまでには大まかに次の二つの段階があると言える。まず第一段階は研究開発活動それ自体であり、第二段階は研究開発の成果を利用して生産される財・サービスの市場での取引である。これら各段階にはそれぞれの特性が備わっている。第一段階では研究開発活動の成功・失敗についての不確実性、第二段階では研究開発の成果の特質に応じた市場構造がそれに相当する。これら各段階の持つ様々な特性を一般的に扱い、包括的に二つの段

* 本稿の作成にあたって大山道広、川又邦雄、中沢敏明諸教授と中村慎助助教授に貴重なコメントをいただいた。ここに記して謝意を表したい。

階を通じた研究開発のインセンティブ決定の分析を行うのは非常に困難である。現在までに行われてきた研究開発の分析ではその分析目的に従って各段階について特定の性質を規定している。例えば Spencer and Brander (1983), Brander and Spencer (1983), Okuno-Fujiwara and Suzumura (1989) は第一段階での不確実性は考慮せず、研究開発投資が費用削減型のものであることを想定し、第二段階での寡占的市場構造とそこでの企業または政府の戦略的行動に注目して研究開発のインセンティブ決定のメカニズムを分析している。Loury (1979), Lee and Wilde (1980) は第二段階での市場構造は独占的であるとし、第一段階での不確実性を考慮した独占利得の先取り競争に注目して研究開発のインセンティブ決定のメカニズムを分析している。またこの独占利得の先取り競争がそれを行う企業の産業内での地位によっていかなる影響を受けるかを分析しているのが Gilbert and Newbery (1982) である。

いずれの分析にせよ研究開発の私的インセンティブと社会的インセンティブの乖離を引き起こす源泉となっているものは次の二つである。(1)外部性—独占利得の先取り競争からくるコモンプールの外部性は重複投資という意味で私的インセンティブを社会的インセンティブに比べて過大にする。逆に開発成果の利益が市場を通じずに他の主体に与えられてしまうスピルオーバーの外部性は私的インセンティブを社会的インセンティブに比べて過小にする。このコモンプールの外部性におこる原因は不確実性にある。研究開発には失敗の危険がある。不確実性がなければ一つの目的に対する研究開発は最も効率の良い企業が行えばよい。しかし不確実性の存在は開発能力のある企業がその利得を得ることができるという可能性を追及して一つの開発目的に対して複数企業が従事することを許すのである。(2)戦略的行動—複数企業が研究開発に従事するとき、各企業は自身に有利なように戦略的行動をとる。また国際間で研究開発競争が行われているとき政府は自国企業が独占利得を得るのに有利なように政策を施行する事ができる。

Dixit (1989) はこれら三つの要素を一般的に扱うモデルを構築することを試みているが、それは必ずしも一般的にすべての要素を扱っているとは言えない。Dixit のモデルは第一段階の分析に焦点がおかれており、第二段階の市場構造については分析は行っていない。したがって研究開発の成功がもたらす占有利得やスピルオーバーについては外生的に与えられている。しかし大きな独占利得をもたらす特許権の獲得競争や独占的市場構造をもたらす研究開発競争の分析としてはある程度の妥当性を持つと思われる。本稿も Dixit の設定と同様に第一段階の分析に焦点をおいたモデルを構築するが、この第一段階の研究開発競争でおこる外部性が研究開発の私的インセンティブと社会的インセンティブの乖離にどのように作用しているかをより明確に示すことにする。

本稿の構成は次のようである。第2節では一期間のモデルを提示し、第3節で一期間のモデルでの市場の失敗を補正する政策について議論する。ここでは自由放任政策の下で研究開発水準は社会的に過剰になることが強調される。第4節では第2節のモデルを無限期間のモデルに拡張する。このモデルは Dixit (1989) のモデルと同じものになる。そして第5節で多期間モデルについて第3節と同様の分析を行う。そしてここでも研究開発水準の過剰性が論じられるが、第3節で述べられ

た研究開発水準の過剰性はコモンパールの外部不経済性によること、特にこの外部不経済性の発生には研究開発活動に企業が参入する際に期初に必要となるエントリーコストがかかっていることが明らかにされる。この点は Dixit (1989) では明示的に表されていない。最後に第6節では以上で扱ってきたモデルおよび分析の結論を述べ、このモデルについて最近の研究開発の議論と関係づけながらその問題点を検討する。

2 一期間モデル

今、一つの期間において研究開発（以下 R & D とする）活動を行っている企業数が X であるとする。ただし後の分析では企業数 X は十分大きいものとして連続な数のように扱う。厳密な意味で X を連続数として扱う場合については Appendix を参照せよ。この期間において一つの企業がこの R & D 活動に成功する確率は δ であり、これはどの企業についても同じであると仮定する。ただしこの δ という成功確率をもってこの R & D 活動に参加するためには各企業とも $C > 0$ の費用がかかる⁽¹⁾とする。ここで X の企業が R & D 活動を行っているならばこれら企業の総費用は CX で与えられる。

R & D 活動に成功した企業は B の利得を得る。これは R & D の成果を利用して得る特許権からの収入または独占利潤と考えればよい。もし k 個の企業が R & D 活動に成功した時には、一つの成功企業は B/k の利得を得ることとする。

ある特定の企業がこの R & D 活動に参入することによって得る期待利得を計算してみる。まずこの期間に k 個の企業が R & D に成功しこの特定の企業がそのうちの一つである事象の確率を求める。それは X のうち特定の企業が必ず入っている k 個の企業の組み合わせの数に、特定の k 個の企業が成功する確率をかけたものである。 X のうち特定の企業が必ず入っている k 個の企業の組み合わせの数は、特定の企業を除いた $X-1$ の企業のなかからこの特定の企業の $k-1$ 個のパートナーを選ぶ組み合わせの数である。したがっていま問題としている事象の確率は、

$$\binom{X-1}{k-1} (\delta)^k (1-\delta)^{X-k}$$

で表せる。よってこの特定の企業の期待利得 (Expected Private Benefit \equiv EPB) はこの確率に、利得 B/k をかけ、1 から X の k についてたしあわせたものである。すなわち、

$$EPB(X) = \sum_{k=1}^X \left\{ \frac{B}{k} \binom{X-1}{k-1} (\delta)^k (1-\delta)^{X-k} \right\}$$

である。これは次のように書きかえられる。

注(1) ここでは分析の簡単化のためにどの企業も同じ費用で研究開発が行えるとしているが、企業ごとに効率が異なるとしても結論は変わらない。企業ごとに研究開発にかかる費用が異なる場合については Appendix を参照せよ。

$$\begin{aligned}
EPB(X) &= \sum_{k=1}^X \left\{ \frac{B}{X} \binom{X}{k} (\delta)^k (1-\delta)^{X-k} \right\} \\
&= \frac{B}{X} \left[\sum_{k=0}^X \left\{ \binom{X}{k} (\delta)^k (1-\delta)^{X-k} \right\} - (1-\delta)^X \right] \\
&= \frac{B}{X} \{1 - (1-\delta)^X\} \tag{1}
\end{aligned}$$

$\{1 - (1-\delta)^X\}$ は X 個存在する企業のうち少なくともひとつ以上の企業が成功する確率であり、 $B \{1 - (1-\delta)^X\}$ は社会が得る期待独占利潤になる。したがって各企業が得る期待利得は社会が得る期待独占利潤を企業数で割ったものになっている。いま各企業とも同じ成功率を持つと仮定しているので各企業とも同じ期待利得を得るのは明らかであろう。ところで $EPB(X)$ を X について微分すると

$$\begin{aligned}
EPB'(X) &= \frac{B[-X(1-\delta)^X \log(1-\delta) - \{1 - (1-\delta)^X\}]}{X^2} \\
&= \frac{B \{ \log Q(\delta, X) - 1 \} \{1 - (1-\delta)^X\}}{X^2}
\end{aligned}$$

$$\text{ただし, } Q(\delta, X) = \left\{ \frac{1}{(1-\delta)^X} \right\}^{[(1-\delta)^X / \{1 - (1-\delta)^X\}]}$$

である。 $\log Q(\delta, X)$ については次の性質がわかっている。

補題 1.

$$\frac{\partial \log Q(\delta, X)}{\partial X} < 0, \quad \frac{\partial \log Q(\delta, X)}{\partial \delta} < 0$$

for all $0 < \delta < 1$, $0 < X$.

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \log Q(\delta, X) = 1, \quad \lim_{\delta \rightarrow 1} \log Q(\delta, X) = 0$$

$$\lim_{X \rightarrow 0} \log Q(\delta, X) = 1, \quad \lim_{X \rightarrow \infty} \log Q(\delta, X) = 0$$

したがって $0 < \log Q(\delta, X) < 1$

証明

$$\frac{\partial \log Q(\delta, X)}{\partial X} = \frac{-(1-\delta)^X}{1 - (1-\delta)^X} \{ \log(1-\delta) \} \left\{ 1 + \frac{\log(1-\delta)^X}{1 - (1-\delta)^X} \right\}$$

ここで $(1-\delta)^X = \omega$ ($0 < \omega < 1$ for all $0 < \delta < 1$ and $0 < X$) とおくと

$$\begin{aligned}
\left\{ 1 + \frac{\log(1-\delta)^X}{1 - (1-\delta)^X} \right\} &= \left(1 + \frac{\log \omega}{1 - \omega} \right) = \left(\frac{1 - \omega + \log \omega}{1 - \omega} \right) \\
&= \left(\frac{\log \omega e^{1-\omega}}{1 - \omega} \right) \tag{i}
\end{aligned}$$

であるから $\omega e^{1-\omega} < 1$ ならば (i) < 0 。そして $\omega e^{1-\omega}$ を ω について微分すると $d(\omega e^{1-\omega})/d\omega = e^{1-\omega}(1-\omega) > 0$ である ($0 < \omega < 1$)。これより $0 < \omega e^{1-\omega} < 1$ for $0 < \omega < 1$ ということがわかる。したがって

(i) < 0 for $0 < \omega < 1$ である。このことから $\partial \log Q(\delta, X) / \partial X < 0$ は明らかである。

$$\frac{\partial \log Q(\delta, X)}{\partial \delta} = \frac{X(1-\delta)^X}{1-(1-\delta)^X} \left\{ 1 + \frac{\log(1-\delta)^X}{1-(1-\delta)^X} \right\}$$

これも先ほどと同様に右辺の括弧は $0 < \delta < 1$, $0 < X$ の範囲で常に負の値をとる。したがって $\partial \log Q(\delta, X) / \partial \delta < 0$ も明らかである。

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \log Q(\delta, X) = \lim_{X \rightarrow 0} \log Q(\delta, X) = \lim_{\kappa \rightarrow \infty} \log(1+1/\kappa)^\kappa = 1$$

ただし $\kappa = (1-\delta)^X / \{1-(1-\delta)^X\}$ である。

$$\begin{aligned} \lim_{\delta \rightarrow 1} \log Q(\delta, X) &= \lim_{X \rightarrow \infty} \log Q(\delta, X) = \lim_{\kappa \rightarrow 0} \log(1+1/\kappa)^\kappa \\ &= \lim_{\kappa \rightarrow 0} \frac{\{\log(1+1/\kappa)\}}{1/\kappa} \quad \text{ロピタルの定理を用いてこれを書き換えると} \\ &= \lim_{\kappa \rightarrow 0} \frac{-\kappa^{-2} / \{1+1/\kappa\}}{-\kappa^{-2}} = \lim_{\kappa \rightarrow 0} \frac{1}{\{1+1/\kappa\}} = 0 \end{aligned}$$

証了

この補題から $EPB'(X) < 0$ であることがわかる。これは R & D 活動に参入している企業数が増加すると各企業の期待便益は減少するコモンプールの外部不経済性または混雑効果を表している。参入企業数が増えると各企業が占有できる独占利得の割合が減ってしまうためにこのようなことが起こる。

以上より X 個の企業が R & D 活動に従事しているときの各企業の期待純利得 (Expected Net Private Benefit $\equiv ENPB$) は期待利得から費用をひいて次のように定義できる。

$$ENPB(X) = \frac{B}{X} \{1 - (1-\delta)^X\} - C$$

各企業は危険中立的であるとし、期待利得が非負であるかぎりこの R & D 活動に参加する。したがって企業は $ENPB(X) = 0$ となるような水準にまで参入してくる。すなわち参入企業数決定条件は次のようになる。

$$\frac{B}{X} \{1 - (1-\delta)^X\} - C = 0 \quad (2)$$

次に社会的期待純便益 (Expected Net Social Benefit $\equiv ENSB$) を算出する。これは企業の得る総期待純利得と R & D 活動に成功した企業以外の社会の主体が得るスピルオーバー便益の期待値の和である。企業の得る総期待純便益は $ENPB(X)$ を 1 から X までたしあわせたものである。すなわち、

$$ENPB(X) \cdot X = B \{1 - (1-\delta)^X\} - C \cdot X$$

である。一方 R & D 活動に成功した企業以外の社会の主体が得るスピルオーバー便益の値を S とおく。これは R & D の成功によって新たに現れた製品の消費または既存製品の価格の減少から生じる消費者余剰の増分、または新しい技術の流布によって R & D 成功企業以外の生産者がうける便

益とも考えられる。このスピルオーバー便益は、少なくともひとつ以上の企業が成功した場合に社会に賦与されるとしよう。このときこのスピルオーバー便益の期待値は S に少なくともひとつ以上の企業が成功する確率 $\{1-(1-\delta)^X\}$ をかけることで得られる。以上のことから社会的期待純便益は、

$$\begin{aligned} ENSB(X) &= B\{1-(1-\delta)^X\} - CX + S\{1-(1-\delta)^X\} \\ &= (B+S)\{1-(1-\delta)^X\} - CX \end{aligned} \quad (3)$$

と表せる。以上で分析の準備は整った。この経済では(2)式で均衡参入企業数 X が決まり、この X の上で(3)式のような社会的期待純便益がもたらされる。

3 補正政策

本節では、自由放任政策の下で社会的最適 R & D 水準は達成できないこと、すなわち R & D 水準の決定において市場の失敗が生じることを確認し、それを是正する政策について検討する。

まず社会的最適 R & D 参入企業数が満たす条件について見る。これは第2節で定義した社会的期待純便益を X について最大化するための条件によって得られる。したがって

$$dENSB/dX = (B+S)\{-(1-\delta)^X \log(1-\delta)\} - C = 0$$

すなわち、

$$\frac{B}{X}\{1-(1-\delta)^X\} - \frac{B}{X}\{1-(1-\delta)^X\} \left\{1 - \frac{B+S}{B} \log Q(\delta, X)\right\} - C = 0 \quad (4)$$

である。二階の条件は以下のように満たされる。

$$d^2ENSB(X)/dX^2 = -(B+S)(1-\delta)^X \{\log(1-\delta)\}^2 < 0$$

自由放任の下での参入決定条件(2)と社会的最適 R & D 水準の条件(4)とは一致しない。言い換えれば自由放任の下では限界的参入企業の期待純利得と限界的な社会的期待純便益が乖離してしまうのである。したがって自由放任政策の下では社会的に最適な参入企業数は達成できない。そこで政府が、R & D 活動に成功した企業に対して T の税金または補助金を課すことによって社会的最適 R & D 水準の条件を達成する政策をとる状況を考える。この政策は限界的参入企業の期待純利得と限界的な社会的期待純便益の乖離を補正するものである。そこでこの政策を補正政策と呼ぶ。この政策は企業が R & D 競争に参加することを決定するまえに政府が R & D の成功企業に対して税または補助金を課すことを宣言するものである。ただしこの政策の本質は R & D 参入水準を社会的に最適な水準にすることであるから、必ずしも R & D の成果に対して税または補助金を課すというものでなくともよい。例えばこの R & D の目的が特許権獲得であればこの特許権の期間をコントロールするというものでもよいし、他の場合であれば政府が直接的に少数の企業を選んでそれらを優遇するかたちで R & D 参入企業数をコントロールするというものであってもよいだろう。ただし政府の直接的なコントロールは R & D 活動の効率的な運営のうえで問題がおこるかもしれない。いずれの政策にせよ企業の参入水準をコントロールするには、各企業の参入のインセンティ

すなわち各企業が得る純利得をコントロールすることが問題となる。そこで、この私的インセンティブをコントロールするという意味で、さまざまなかたちの R & D 政策を税または補助金に集約して論じることとする。このとき、参入企業数決定条件は次のように書きかえられる。

$$\{(B-T)/X\} \{1-(1-\delta)^x\} - C = 0 \quad (2')$$

T が正值ならば課税政策すなわち R & D 抑制的政策であり、負値ならば補助金政策すなわち R & D 促進的政策である。このとき社会的期待純便益の構成要素として政府の期待税収または期待補助金支出が加わるがそれはあらかじめ企業の期待総純便益の計算の際に引かれているのでちょうどそれらは相殺しあい、結局社会的期待純便益は(3)式で表された形のままである。また政策 T を行うことによって B および S の値は影響を受けないとする。したがってこのような政策を行っても社会的な最適 R & D 水準が満たす条件は(4)で表されたもののままである。これら、(2')と(4)が両立するような T の値が最適税額である。この最適額の値は(2')と(4)から C を消去することによって得られる。

$$\frac{(B+S)}{X} \{1-(1-\delta)^x\} \log Q(\delta, X) = \frac{(B-T)}{X} \{1-(1-\delta)^x\}$$

$$T = B[1 - \{(B+S)/B\} \log Q(\delta, X)] \quad (5)$$

$[1 - \{(B+S)/B\} \log Q(\delta, X)]$ は最適税率または補助金率になる。この(5)式と補題1より次の命題を得る。

命題 1.

$$S=0 \text{ ならば } T=B(1-\log Q(\delta, X))>0$$

命題1はスピルオーバーがない限りでは常に補正政策は税金すなわち R & D 抑制的政策であるということを主張している。または、自由放任政策の下では R & D 参入水準は過剰になるということも主張している。このような R & D 参入水準の過剰性が起こる原因は何であろうか。これは第2節で述べたコモンプールの外部不経済性によるものと考えられる。その理由は次のように考えることでわかる。スピルオーバー便益がない状況では限界的な企業の参入による社会的期待純便益の変化は(4)式の左辺を変形すると、

$$EPB(X) + EPB'(X)X - C \quad (4')$$

となる。第一項および第三項はそれぞれ限界的企業の期待便益および費用であり、自由放任政策の下では(2)式からこれらは相殺する。残りの第二項はコモンプールの外部不経済性による社会的期待便益の変化で、これらは負の値をとる。したがって限界的な企業の参入による社会的期待純便益はコモンプールの外部不経済性の効果の分だけ減少する。このことから明らかなように社会的な R & D 参入のインセンティブのほうが私的なそれをコモンプールの外部不経済性の効果の分だけ下まわっているのである。このコモンプールの外部不経済性の効果については第5節で詳しく議論する。

さらに、 δ の値が増加すると $\log Q(\delta, X)$ の値は減少することが補題よりわかっているので、こ

のとき最適税率 $(1 - \log Q(\delta, X))$ の大きさは大きくなる。この帰結は R & D 活動の不確実性の度合が弱まると企業の R & D 参入水準は高まりその過剰性が大きくなってしまふことを示唆している。逆に言えば R & D 活動の不確実性の度合が強まると、R & D 参入水準の過剰性は緩和されると結論できる。これは、不確実性の度合が弱まる（強まる）と個々の企業の期待純利得すなわち R & D 活動の私的インセンティブが高まり（低まり）その結果企業の参入水準が促進されて（抑制されて）しまうためであると解釈できよう。また(5)式の括弧内の $\{(B+S)/B\} \log Q(\delta, X)$ は限界的参入企業の期待純利得と限界的な社会的期待純便益の乖離の度合を示すものである。スピルオーバー便益がない場合にはそれは命題 1 の最適税額の式の括弧内にあるように $\log Q(\delta, X)$ に退化する。この値が 1 のときに補正政策 T はゼロすなわち限界的参入企業の期待純利得と限界的な社会的期待純便益の乖離はない。そして、この値が 1 より小さいときは限界的な社会的期待純便益は限界的参入企業の期待純利得を上回っている。補題 1 が示すように、この値は常に 1 より小さい。

ここで述べた R & D 参入水準の過剰性は Loury (1979) でも主張されている。Loury の設定は時間を通じた独占利得先取り競争となっており各企業が戦略的に行動することを明示的に取り扱っているが、本質的には R & D の過剰性はコモンプールの外部不経済性にあると言う点では同じである。ただし本稿の命題ではこの過剰性の度合すなわち限界的参入企業の期待純利得と限界的な社会的期待純便益の乖離の度合が R & D 成功確率 δ にかに依存しているかをより明確に示している。

一期間のモデルにおいてはスピルオーバー便益がない限りでは一義的に R & D 水準の過剰性が主張されることになる。しかし、スピルオーバー便益が存在するときは一義的には R & D 水準の過剰性はいえない。すなわち上で述べた限界的参入企業の期待純利得と限界的な社会的期待純便益の乖離の度合を示す値 $\{(B+S)/B\} \log Q(\delta, X)$ が 1 より大きい状況も出てくることになる。(5)式よりスピルオーバー便益が存在する場合には次の命題が成立する。

命題 2.

$$(I) \quad \{(B+S)/B\} \log Q(\delta, X) < 1 \text{ ならば } T > 0$$

$$(II) \quad \{(B+S)/B\} \log Q(\delta, X) > 1 \text{ ならば } T < 0$$

命題 2 の (I) の結論はスピルオーバー便益が存在してもそれがあまり大きくなければ最適 R & D 政策は税金すなわち R & D 抑制的政策であるということ、(II) の結論は十分に大きいスピルオーバー便益が存在するときには最適 R & D 政策は補助金すなわち R & D 促進的政策になるということである。これはコモンプールの外部不経済性による社会的なロスにスピルオーバー便益が打ち消していることからくる。

4 無限期間モデル

本節では前節で行った一期間モデルを無限期間のモデルにする。その理由は、前節でみた R & D 参入水準の過剰性が参入に際して期初に必要な固定費用すなわちエントリーコスト、または R & D 活動を続行するうえで毎期毎期必要となるフローコストが企業ごとに異なるということにかかわっているのが明確になるからである。これについては第 5 節で詳しく論じることにする。ここで示すモデルは Dixit (1988) のモデルを一国モデルにしたものと同じになる。またこのモデルは連続的な時間を通じた R & D 活動を描写するものだが、この連続的な時間を無数の微小期間に分割することから無限期間モデルと呼ぶことにする。この無限期間モデルは一期間モデルとは異なった意味あいをもつ。一期間モデルは R & D 活動の時間がひとつの期間に限定されたもので、この期間にすべての企業が R & D に失敗した場合、どの企業もそれ以後その R & D を続行しないというような設定になっている。他方、無限期間モデルは R & D 活動の時間については限定されておらず、初めの期間にすべての企業が失敗したときには次の期間でも R & D が行われ、どれか一つの企業が成功するまで各企業は R & D を続行するという設定になっている。

R & D に参入している企業数は前節と同様に X で表す。まず $[t, t+dt]$ という微小な期間について考察する。この微小な期間において一つの企業が R & D に成功する確率を δdt とする。これも前節と同様に R & D に参入している企業すべてについて同じであるとする。さらに δdt は各微小期間で一定の値であると仮定する。これは時間がたつにつれて R & D の成功確率が高まるような学習効果を見捨てる厳しい仮定であるが分析の簡単化のためにこのような仮定をおくことにする。そして R & D 活動を行うにあたって各企業はこの微小な期間にその期初時点で評価して Cdt の費用がかかるとする。この微小な期間にかかる費用 Cdt は毎期毎期一定であるとする。この費用は R & D 活動を続けるのに必要なフローコストである。そして第 2 節と同様に X の企業が存在するとき社会全体でかかるフローコストは Cdt を X たしあわせた値によって与えられるとする。すなわちそれは、 $CXdt$ で表される。

ここで扱う無限期間モデルではこのフローコストの他に R & D 活動に参入する初期の時点で各企業には $K > 0$ のエントリーコストが必要であると仮定する。そしてこのエントリーコストもフローコストの場合と同様に社会全体では KX にかかる。企業の得る利得については、 $[t, t+dt]$ の微小期間に k 個の企業が成功した場合にはこの微小期間の期初で評価して B/k の利得を一つの成功企業が得るとする。この R & D 競争は一つ以上の企業が成功した時点で終わる。一つの企業がこの微小期間で得る期待利得は、 t 時点までだれも R & D に成功しない確率にこの微小期間だけでみた一つの企業が得る期待利得をかけたものである。まず dt という微小期間において少なくとも一つ以上の企業が R & D に成功する確率は dt の二次以上の項は無視可能であるから、次のようになる。

$$\{1-(1-\delta dt)^X\} = \delta X dt$$

これより t 時点までだれも成功しない確率は次のようになる。

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \{1-\delta X(t/N)\}^N = e^{-\delta X t}$$

微小期間 dt だけを考えた場合の一つの企業が得る期待利得は第2節の EPB の計算と同様にして、

$$(B/X)\{1-(1-\delta dt)^X\} = (B/X)\delta X dt = B\delta dt$$

となる。やはりここでも dt の二次以上の項については無視可能である。さらに割引率を r でしめすことにすると t 時点での価値を初期時点の割引価値に換算する割引因子は e^{-rt} である。これらをかけあわせて $[t, t+dt]$ の微小期間でひとつの企業が得る期待利得の初期時点での割引価値は、

$$B\delta dt \cdot e^{-rt} e^{-\delta X t} = B\delta e^{-(r+\delta X)t} dt$$

となる。これを t について 0 から ∞ まで積分することでひとつの企業が初期時点で評価した期待利得 EPB^M が算出される。

$$\begin{aligned} EPB^M(X) &= \int_0^{\infty} B\delta e^{-(r+\delta X)t} dt \\ &= B\delta / (r + \delta X) \end{aligned}$$

第2節で議論したように参入企業数 X が増えると各企業の期待便益が減少するコモンブールの外部不経済性が働いていることはここでも明らかである。

フローコストの期待値については次のように計算できる。 t 時点でいずれかの企業が R & D に成功した場合、各企業にはそれまでに初期時点で評価して次のような費用がかかる。

$$\int_0^t C e^{-rt} dt = \frac{C(1-e^{-rt})}{r}$$

この費用に t 時点まで全ての企業が R & D に失敗し続け $[t, t+dt]$ の微小期間に少なくとも一つ以上の企業が R & D に成功する確率 $e^{-\delta X t} \cdot \delta X dt$ をかけ、 0 から ∞ の t について積分した値が各企業の初期時点で評価した期待フローコスト (Expected Private Flow Cost $\equiv EPFC$) になる。

$$\begin{aligned} EPFC(X) &\equiv \int_0^{\infty} \frac{C(1-e^{-rt})}{r} e^{-\delta X t} \cdot \delta X dt \\ &= \frac{C}{r + \delta X} \end{aligned}$$

以上の設定から各企業の初期時点で評価した期待純利得 (Expected Net Private Benefit $\equiv ENPB^M$) は一つの企業の期待利得 $EPB^M(X)$ からその企業の期待フローコスト $EPFC(X)$ とエントリーコスト K をさしひいたものである。すなわち、

$$ENPB^M(X) \equiv B\delta / (r + \delta X) - C / (r + \delta X) - K$$

である。そして参入企業数決定条件についても第2節での議論と同様に

$$B\delta / (r + \delta X) - C / (r + \delta X) - K = 0 \quad (6)$$

を示す。

次に社会的期待便益を算出する。これは $ENPB^M$ を 0 から X までたしあわせたものと社会を受ける期待スピロオーバー便益の和である。前者は、

$$ENPB^M(X) \cdot X = \frac{B\delta X}{r+\delta X} - \frac{CX}{r+\delta X} - KX$$

で表される。

ここで $\frac{CX}{r+\delta X} \equiv ETFC(X)$ (Expected Total Flow Cost) とする。

この $ETFC(X)$ は初期時点で評価した社会全体の期待総フローコストであり、 KX は総エントリーコストである。社会が受けるスピロオーバー便益の期待値は次のように求められる。ここで S を R & D 成功時点で評価したスピロオーバー便益とする。このとき社会が受ける初期時点で評価した期待スピロオーバー便益は S に t 時点までだれも成功しない確率 $e^{-\delta X t}$ と微小期間 $[t, t+dt]$ にすくなくとも一つ以上の企業が成功する確率 $\delta X dt$ そして割引因子 $e^{-r t}$ をかけあわせたものを 0 から ∞ の t について積分したものである。すなわち、

$$\int_0^{\infty} S e^{-\delta X t} e^{-r t} \delta X dt = \frac{S\delta X}{r+\delta X}$$

である。以上より社会的純期待便益 (Expected Net Social Benefit $\equiv ENSB^M$) は次のようになる。

$$ENSB^M(X) = \frac{(B+S)\delta X}{r+\delta X} - ETFC(X) - KX \quad (7)$$

ここで $(B+S)\delta X/(r+\delta X) \equiv ETSB^M(X)$ は (Expected Total Social Benefit) 社会的総期待便益を示す。このモデルでは、均衡参入企業数 X は (6) 式で決まり、この X の下で (7) 式のような社会的期待純便益がもたらされる。

5 無限期間モデルでの補正政策

本節でも第3節での分析と同様に、社会的最適 R & D 水準を達成するための政府の政策について考察する。無限期間モデルでの社会的最適 R & D 水準が満たす条件は社会的純期待便益 $ENSB^M$ を X について微分して次のようになる。

$$\frac{(B+S)\delta}{r+\delta X} - \frac{\{ETSB^M(X) - ETFC(X)\}\delta}{r+\delta X} - \frac{C}{r+\delta X} - K = 0 \quad (8)$$

二階の条件は $X > 1$, $ETSB^M(X) - ETFC(X) > 0$ であるかぎり次のように満たされる。

$$\left\{ -ETSB^M \frac{\delta^2(X-1) + 2r\delta}{X} - (ETSB^M - ETFC) \frac{2r\delta}{X} \right\} \frac{1}{(r+\delta X)^2} < 0$$

注 (2) 最適点の近傍において $ETSB^M(X) - ETFC(X) > 0$ となることについては下記の命題3で保証される。

やはり、ここで示した社会的最適 R & D 水準が満たす条件(8)と参入企業数決定条件(6)とは両立するわけではない。したがって最適 R & D 水準を達成するために政府が第3節で行ったのと同様な政策をとる。すなわち、企業が R & D に成功した時点で T^M の税または補助金を課す。このとき参入企業数決定条件は次のように書ける。

$$ENPB^M(X, T^M) \equiv \frac{(B - T^M)\delta}{r + \delta X} - \frac{C}{r + \delta X} - K = 0 \quad (6')$$

(8)と(6')より $\{C/(r + \delta X)\} + K$ を消去すると社会的最適 R & D 水準を達成するような補正政策 T^M は次のように表される。

$$T^M = -S + ETSB^M(X) - ETFC(X) \quad (9)$$

これより、次の命題を得る。

命題 3.

$$S=0 \text{ ならば } T^M = ETSB^M(X) - ETFC(X) = KX(r + \delta X)/r > 0$$

証明

いま $S=0$ なので(9)式から

$$\begin{aligned} T^M &= ETSB^M(X) - ETFC(X) \\ &= \frac{B\delta X}{r + \delta X} - \frac{CX}{r + \delta X} \\ &= \frac{B\delta X - T^M\delta X}{r + \delta X} - \frac{CX}{r + \delta X} - KX + \frac{T^M\delta X}{r + \delta X} + KX \\ &= ENPB^M(X, T^M)X + KX + T^M\delta X/(r + \delta X) \end{aligned}$$

ところで(6')式から $ENPB^M(X, T^M) = 0$ であるから

$$T^M = KX + T^M\delta X/(r + \delta X)$$

$$T^M = KX(r + \delta X)/r > 0$$

証了

命題3の結論は一期間モデルでの命題1に対応するもので、スピルオーバー便益がない場合には、やはり社会的最適 R & D 政策は税金すなわち R & D 抑制的政策であるということである。したがって、無限期間モデルでもスピルオーバー便益がない限りでは一義的に R & D に参入する企業の数は過剰になることが言える。ただし自由放任政策の下で社会的最適 R & D 水準が達成されるケースが一つだけある。それは参入に際してエントリーコストがゼロのときである。⁽³⁾

注(3) このモデルでは簡単化のために各企業のフローコストは同じであると仮定していたが、もしそれが企業ごとに異なるならば $ENSB^M(X)$ はスピルオーバー便益がない場合でもゼロにならない。したがって自由放任政策の下で社会的最適が達成されるためにはエントリーコストがゼロであるうえに、各企業のフローコストは同じであることが必要である。

自由放任政策の下での参入企業数の過剰性は第3節で議論したようにコモンプールの外部性に起因するものである。このことを理解するために、まずエントリーコストがない場合の自由放任政策の下での均衡を考えてみよう。この均衡の下で限界的に企業が参入してくることによる社会的期待純便益の限界的变化は(8)式の左辺をみることでわかる。この式の第一項は限界的参入企業の私的便益が社会的便益に寄与する分であり、第三および第四項は限界的参入企業の私的費用が社会的費用に寄与する分であるが、これらは自由放任政策の下での参入企業数決定の条件(6)から明らかのように相殺してしまう。残った第二項は限界的な企業の参入によっておこるコモンプールの外部不経済性および外部経済性の効果の混合である。この第二項は *ETSB* を含んだ項と *ETFC* を含んだ項のふたつに分けることができる。*ETSB* を含んだ項は限界的な企業の参入で限界内企業の期待利得が低下することによる企業全体の期待利得の減少分である。これはコモンプールの外部不経済性である。他方、*ETFC* を含んだ項は限界的な企業の参入によって R & D の成功時期が早まり、そのために期待フローコストが軽減されることからくる社会的期待便益の増分である。これはコモンプールの外部経済性である。このコモンプールの外部性による期待利得の減少率および期待フローコストの減少率はいずれも同じ $\delta/(r+\delta X)$ である。いまエントリーコストもスピルオーバーもない状況を考えているので、社会的期待便益と期待総フローコストは同じ大きさである。したがってこの場合コモンプールの外部性は社会的期待便益と期待総フローコストを同額低下させ相殺してしまう。結局、限界的な企業の参入による社会的期待純便益の限界的变化はゼロとなり、自由放任政策の下で社会的最適 R & D 参入水準が達成されるのである。

エントリーコストがある場合にはスピルオーバーがないかぎりでは社会的期待便益の方が期待総フローコストよりも大きい。したがって限界的な参入企業数の増大によるコモンプールの外部性の効果は社会的期待便益の減少量の方が期待総フローコストの減少量よりも大きく、社会的期待純便益を低めてしまう。これが自由放任政策の下での参入企業数の過剰性の理由であり、各企業のエントリーコストがゼロのときにのみ自由放任政策のもとで社会的最適参入水準が達成されるということの根拠である。

一期間モデルではエントリーコストとフローコストとの区別はなかったために、多期間モデルでのエントリーコストのみがあるケースに相当する。エントリーコストのみが存在する場合には命題3の最適政策は $T^M = ETSB(X) > 0$ で常に税金である。このことから R & D 水準の過剰性の原因としてエントリーコストが大きな役割を果たしていることが示唆されよう。これはエントリーコストに対してはフローコストのようにコモンプールの外部経済性が働かないために、社会的期待便益に働くコモンプールの外部不経済性を十分相殺できず、外部効果全体としては社会的期待純便益を低下させているのである。

ところで、スピルオーバー便益が存在する場合には(9)式より命題2に対応する形で次の命題が成立する。

命題 4.

$$(I) \quad S > ETSB^M(X) - ETFC(X) = KX(r + \delta X)/r \quad \text{ならば} \quad T^M < 0$$

$$(II) \quad S < ETSB^M(X) - ETFC(X) = KX(r + \delta X)/r \quad \text{ならば} \quad T^M > 0$$

証明

S がゼロでない場合に $ETSB^M(X) - ETFC(X) = KX(r + \delta X)/r$ となることを示せばよい。

(9)式より

$$\begin{aligned} T^M &= -S + ETSB^M(X) - ETFC(X) \\ &= -S + T^M \delta X / (r + \delta X) + S \delta X / (r + \delta X) + KX \\ &= \{KX - rS / (r + \delta X)\} (r + \delta X) / r \end{aligned}$$

ところで,

$$\begin{aligned} ETSB^M(X) - ETFC(X) &= \frac{(B - T^M) \delta X}{(r + \delta X)} - \frac{CX}{(r + \delta X)} - KX + \frac{T^M \delta X}{(r + \delta X)} + \frac{S \delta X}{(r + \delta X)} + KX \\ &= ENPB^M(X, T^M) + T^M \delta X / (r + \delta X) + S \delta X / (r + \delta X) + KX \end{aligned}$$

(6')式より

$$= T^M \delta X / (r + \delta X) + S \delta X / (r + \delta X) + KX$$

これに上でもとめた T^M を代入して,

$$\begin{aligned} &= \{KX - rS / (r + \delta X)\} \delta X / r + S \delta X / (r + \delta X) + KX \\ &= (r + \delta X) KX / r \end{aligned}$$

証了

(I)の主張は初期時点で得るスピルオーバー便益の値が社会的総期待便益から期待総フローコストをさしひいた値を上まわるならば社会的最適 R & D 政策は補助金になる。つまりこのときに R & D 水準は過小であるということである。逆に(II)の主張は今述べたほどスピルオーバー便益が大きくなければ社会的最適 R & D 政策は税金になるということである。

この結論は次のように解釈できよう。再び限界的な企業の参入による社会的純便益の限界的变化を表す(8)式の左辺を見てもよい。自由放任政策の下では参入企業数決定条件(6)からこの変化は,

$$\frac{S \delta}{r + \delta X} - \frac{\{ETSB(X) - ETFC(X)\} \delta}{r + \delta X} \quad (10)$$

となる。この(10)式の第一項は限界的な企業の参入による期待スピルオーバー便益の増分であり、第二項は先ほど述べた限界的な企業の参入によるコンプールの外部効果による社会的便益の減少分である。したがってこのスピルオーバー便益の増分がコンプールの外部効果による社会的便益の減少分を上まわるときには、すなわち(I)のケースでは、限界的な企業の参入は社会的純期待便益を増大することになる。つまりこのときには R & D 水準は過小である。

また成功確率 δ の増大は社会的純期待利得を増大させることが次によってわかる。

$$\frac{\partial ENSB}{\partial \delta} = \frac{(B+S)X}{r+\delta X} \left(1 - \frac{\delta X}{r+\delta X}\right) + \frac{CX}{(r+\delta X)^2} > 0$$

このことから成功確率 δ が大きければ大きいほど社会的純期待利益 $ENSB$ は大きくなり命題 4 の (II) のケースが起りやすい。逆に δ が小さければ小さいほど、すなわち不確実性の度合いが大きいほど命題 4 の (I) のケースが起りやすい。第 4 節で述べたようにここでも成功確率 δ の値が大きいほど R & D 水準の過剰性が高まることが確認できる。

6 結 論

本節ではまずこれまでの分析の結論についてまとめ、本稿で扱ったモデルの問題点について検討する。

一期間モデルで得た結論は次のようなものである。スピルオーバー便益が十分小さい限り自由放任政策の下では R & D 参入水準は社会的に過剰になる。この R & D 参入水準の過剰性は、追加的企業の参入によって各企業の期待利得が下がってしまうコモンプールの外部不経済性が原因となっている。自由放任政策の下での均衡で限界の参入企業は自らの期待利得と費用だけを勘案しており、それらはちょうど相殺する。したがって限界的企业が社会的純便益に直接貢献する分はゼロであるが、コモンプールの外部不経済性の効果の存在が社会的純便益を低下させる。結局この限界的企业の社会的純便益に貢献する分はマイナスである。これが R & D 参入水準が社会的に過剰になる理由である。また各企業の成功確率が高いほど各企業の期待純利得が大きくなる。これは R & D 参入水準を高めその社会的な過剰性を一層大きくしてしまう。逆にスピルオーバー便益が十分大きい場合には R & D 参入水準は社会的に過小になる。

無限期間モデルでも一期間モデルと同様の結論が得られたが、ここでは特にエントリーコストの存在のためにコモンプールの外部不経済性が発生し、これが R & D 参入水準の過剰性を引き起こす大きな原因となっていることが明確になった。ただしこの無限期間モデルは R & D が成功するまで R & D 活動は続くという設定になっているが、一期間モデルはその期間に R & D が失敗した場合にはこの R & D 活動は打ち切られてしまうというものである。この点で R & D 活動の意味合いが一期間モデルと無限期間モデルでは異なることに注意すべきである。

ところで本稿で構築したモデルはどのような問題点を持つのだろうか。本稿のモデルは第 1 節で述べたように新製品・新技術の実現という研究開発のインセンティブが決まるまでの第一段階に焦点を当てたものであった。ここでの問題意識は不確実性、コモンプールやスピルオーバー等の外部性がこの第一段階の研究開発の私的インセンティブを社会的インセンティブに比べて過大にするか過小にするかということをはっきりとすることを明らかにすることであった。そのために研究開発の成果を用いてその利益を回収する生産物市場は独占的市場構造になるとしてその明示的な分析は行わなかった。したが

ってこのモデルでは成功企業の得る利得や消費者余剰などのスピルオーバー便益は外生的に与えられており、生産物市場の構造と研究開発のインセンティブのかかわりが十分に検討されていない。これがひきおこす問題としては、このモデルで扱う研究開発の種類が限定されること、他企業の研究開発成果の模倣という要素が無視されることなどが挙げられよう。また本稿のモデルは企業間の非協力的な競争の分析を行っているので研究開発組合などの共同研究開発活動については全く無視している。

まずこのモデルの分析の対象となっている研究開発活動の種類について考えてみる。このモデルでは研究開発に最初に成功した企業が独占利得を獲得することができる種類の研究開発活動を対象としている。したがってここで扱っている研究開発の目的は特許権の獲得が一番適切なものであろう。ただしこのモデルの設定の本質は成功企業が独占利得を得ることにあるのでこの研究開発は費用削減型のもののうち大幅な費用削減をもたらすもので、成功企業はその成果を利用して生産物の市場を独占できるような状況であると考えられる。したがって、このモデルは漸進的な技術革新をねらった研究開発の分析には適切なものではない。漸進的な技術革新の研究開発活動の分析にはどうしても生産物市場の構造を明示的に扱う必要性が出てくる。例えばある生産物市場を独占している企業がその生産物についての漸進的な技術革新をするインセンティブは、この独占的既存企業が他企業の漸進的な技術革新によって失う利得を考慮すると、他の潜在的な参入企業が漸進的な技術革新を行うインセンティブよりも大きく、この既存企業は潜在的参入企業より大きな研究開発投資を行って他企業の参入を阻止するということが Gilbert and Newbery (1982) において明らかにされている。しかし、このような First-mover advantage の存在する状況は、本稿の設定では考えられていない。

またこのモデルでは研究開発に伴う不確実性が強調されているが、このような状況では、どの企業も新製品・新技術の開発に投資するか投資しないかというような選択を持つだけでなく、ある企業にとっては研究開発に失敗した場合成功企業の開発成果を模倣したり、初めから研究開発は行わずに他企業の研究開発の成功を待ってそれを模倣するという選択も考えられる。本稿のモデルではこのような模倣の可能性も全くとり扱っていない。企業の研究開発投資を行うか模倣のための投資を行うかの意思決定の分析については Dasgupta and Maskin (1986), Dasgupta (1988), そして Kiyono and Okuno (1988) 等がある。この模倣の可能性の問題も研究開発の後の生産物市場の構造とやはり密接に結びついている。

以上のことから本稿のような不確実性を考慮した研究開発競争のモデルのこれからの課題として漸進的な技術革新をうまく取り込んだモデルまたは生産物市場の構造とのかかわりをより明確にするモデルの開発などが挙げられよう。

Appendix. 連続型企業モデル 一期間のケース

一つの期間において $[0, X]$ の区間に分布する企業が R & D 活動を行っているとする。 $[x, x+dx]$ の区間の企業はこの R & D 活動に従事するのにこの期間において $C'(x)dx$ の費用がかかる。ただしこれらの企業は次の費用関数を満たすように 0 から X まで並べられている。

$$C'(x) > 0 \quad C''(x) > 0$$

またこれら dx の幅を持つ企業はみな同じ成功確率 δdx を持つものとする。そして R & D 活動に成功した企業は B の独占利潤を得る。もし $k+1$ 個の企業が R & D 活動に成功した時には、一つの企業は $B/(k+1)$ の利潤を得る。

X を N 個の区間に分割し、任意の k 個の区間の企業が成功する事象の確率は次のように表される。

$$\binom{N}{k} \left(\delta \frac{X}{N}\right)^k \left(1 - \delta \frac{X}{N}\right)^{N-k}$$

ここで分割 N を無限大にすると

$$\begin{aligned} \lim_{N \rightarrow \infty} \binom{N}{k} \left(\delta \frac{X}{N}\right)^k \left(1 - \delta \frac{X}{N}\right)^{N-k} &= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{(N)_k}{N^k} \frac{(\delta X)^k}{k!} \left(1 - \delta \frac{X}{N}\right)^N \left(1 - \delta \frac{X}{N}\right)^{-k} \\ &= \frac{(\delta X)^k}{k!} e^{-\delta X} \end{aligned}$$

なぜならば、

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{(N)_k}{N^k} = 1, \quad \lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 - \delta \frac{X}{N}\right)^N = e^{-\delta X}, \quad \lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 - \delta \frac{X}{N}\right)^{-k} = 1.$$

上でもとめた確率に区間 $[x, x+dx]$ の企業が成功する確率 δdx と、この特定の区間の企業が得る利得 $B/(k+1)$ をかけると、この特定の区間の企業と他の任意の k 個の企業が成功する事象でこの特定の区間の企業の期待利得が得られる。すなわち、

$$\frac{B}{(k+1)} \frac{(\delta X)^k}{k!} e^{-\delta X} \delta dx = \frac{B}{X} \frac{(\delta X)^{k+1}}{(k+1)!} e^{-\delta X} dx \quad (\text{A-1})$$

この特定の区間の企業のあらゆる事象の下での期待利得 (Expected Private Benefit $\equiv EPB(X)$) は (A-1) の k が 0 以上の場合についてのすべてをたしあわせたものである。すなわち、

$$\begin{aligned} EPB(X) &\equiv \frac{Bdx}{X} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\delta X)^{k+1}}{(k+1)!} e^{-\delta X} \\ &= \frac{Bdx}{X} \sum_{k+1=1}^{\infty} \frac{(\delta X)^{k+1}}{(k+1)!} e^{-\delta X} \end{aligned} \quad (\text{A-2})$$

また、

$$\frac{(\delta X)^{k+1}}{(k+1)!} e^{-\delta X} \equiv P(k+1, \delta X)$$

はパラメーター δX のポワソン分布であるから $\sum_{k+1=0}^{\infty} P(k+1, \delta X) = 1$ という性質を持つ。このことから、最終的に (A-2) 式は次のように表せる。

$$\begin{aligned}
 EPB(X) &= \frac{B\delta X}{X} \left(\sum_{k+1=0}^{\infty} \frac{(\delta X)^{k+1}}{(k+1)!} e^{-\delta X} - \frac{(\delta X)^0}{0!} e^{-\delta X} \right) \\
 &= \frac{B}{X} (1 - e^{-\delta X}) dx \tag{A-3}
 \end{aligned}$$

である。(1 - e^{-δX}) の項は [0, X] に存在する企業のうち少なくともひとつ以上の企業が成功する確率であり、B(1 - e^{-δX}) は社会が得る期待独占利潤になる。したがって各企業の得る期待利得は社会が得る期待独占利潤を企業数で割ったものになっている。

各企業が得る期待利得 *EPB* を企業数 *X* について微分すると、

$$EPB'(X) = \frac{B[\delta e^{-\delta X} X - (1 - e^{-\delta X})]}{X^2} dx$$

この分子 {δe^{-δX}X - (1 - e^{-δX})} をさらに *X* について微分すると -δ²Xe^{-δX} となる。そして -δ²Xe^{-δX} は *X* > 0 の範囲において負である。したがって {δe^{-δX}X - (1 - e^{-δX})} は *X* について減少関数で *X* > 0 の範囲において負である。これより EPB'(X) < 0 ということがわかる。これは R & D 活動に参加している企業の数 *X* が増えると各企業の得る期待利得が減少するというコモンプールの外部不経済性が生じている状況を描写するものといえる。

以上より、[0, X] の企業が R & D 活動に参加している時、区間 [x, x + dx] の企業の期待純利得 (Expected Net Private Benefit ≡ ENPB(x, X)) は、その区間の企業が得る期待利得 *EPB*(X) からその費用を引いたもので、次のように表せる。

$$ENPB(x, X) \equiv (B/X)(1 - e^{-\delta x}) dx - C'(x) dx$$

そして、各企業が危険中立的であることを仮定すると、参入企業数の決定条件は次のようになる。

$$\begin{aligned}
 ENPB(X, X) &= (B/X)(1 - e^{-\delta X}) dx - C'(X) dx = 0 \\
 (B/X)(1 - e^{-\delta X}) - C'(X) &= 0 \tag{A-4}
 \end{aligned}$$

つまり限界的企业 *X* の期待純利得が 0 になるまで企業は R & D 活動に参入する。*X* までの企業は皆 0 以上の期待純利得を得ている。

一方、社会的期待純便益 (Expected Net Social Benefit ≡ ENSB) は、企業の得る総期待純利得と R & D 活動に成功した企業以外の社会の主体が得るスピルオーバー便益の期待値の和である。企業の得る総期待純便益は ENPB(x, X) を *x* について 0 から *X* まで積分したものである。R & D 活動に成功した企業以外の社会の主体が得るスピルオーバー便益の値を *S* とおく。このスピルオーバー便益は、少なくともひとつ以上の企業が成功した場合に得られるとしよう。このときこのスピルオーバー便益の期待値は *S* に少なくともひとつ以上の企業が成功する確率 (1 - e^{-δX}) をかけることで得られる。以上のことから社会的期待純便益は、

$$ENSB(X) = \int_0^X \left(\frac{B}{X} (1 - e^{-\delta x}) - C'(x) \right) dx + S(1 - e^{-\delta X})$$

$$\begin{aligned}
&= B(1-e^{-\delta X}) - C(X) + S(1-e^{-\delta X}) \\
&= (B+S)(1-e^{-\delta X}) - C(X) \tag{A-5}
\end{aligned}$$

と表せる。

補正政策

まず社会的最適 R & D 参入企業数が満たす条件について見る。これは先に定義した社会的期待純便益を X について最大化するための条件によって得られる。すなわち、

$$\begin{aligned}
dENSB(X)/dX &= (B+S)\delta e^{-\delta X} - C'(X) \\
&= \frac{(B+S)}{X}(1-e^{-\delta X}) - \frac{(B+S)}{X}(1-e^{-\delta X})\{1-Q(\delta X)\} - C'(X) = 0
\end{aligned} \tag{A-6}$$

である。ただし、 $Q(\delta X) \equiv \delta X e^{-\delta X} / (1 - e^{-\delta X})$ である。二階の条件は以下のように満たされる。

$$d^2ENSB(X)/dX^2 = -(B+S)\delta^2 e^{-\delta X} - C''(X) < 0$$

$Q(\delta X)$ については次のような性質がある。

補題 1'

$$Q'(\delta X) < 0 \text{ for all } 0 < \delta < 1, \quad 0 < X,$$

$$\lim_{\delta X \rightarrow \infty} Q(\delta X) = 0 \text{ and } \lim_{\delta X \rightarrow 0} Q(\delta X) = 1.$$

$$\text{したがって } 0 < Q(\delta X) < 1.$$

証明

$Q(\delta X) = \delta X e^{-\delta X} / (1 - e^{-\delta X}) = \delta X / (e^{\delta X} - 1)$ である。これを δX について微分すると、

$$Q'(\delta X) = \frac{(e^{\delta X} - 1) - \delta X e^{\delta X}}{(e^{\delta X} - 1)^2} \text{ となる。}$$

$D(\delta X) = (e^{\delta X} - 1) - \delta X e^{\delta X}$ とおき、 δX について微分すると $\delta X > 0$ において、¹

$$D'(\delta X) = -\delta X e^{\delta X} < 0$$

が成立し $D(\delta X)$ の値は $\delta X = 0$ のときに 0 であるから、 $\delta X > 0$ の範囲では $D(\delta X) < 0$ となる。

したがって、 $\delta X > 0$ ($0 < \delta < 1, 0 < X$) の範囲において $Q'(\delta X) < 0$ となる。

$$\lim_{\delta X \rightarrow \infty} Q(\delta X) = \lim_{\delta X \rightarrow \infty} \frac{\delta X}{(e^{\delta X} - 1)} \text{ はロピタルの定理を用いて}$$

$$= \lim_{\delta X \rightarrow \infty} \frac{1}{e^{\delta X}} = 0 \text{ となる。}$$

同様にして、

$$\lim_{\delta X \rightarrow 0} Q(\delta X) = \lim_{\delta X \rightarrow 0} \frac{1}{e^{\delta X}} = 1 \text{ となる。}^{\dagger}$$

証了

ところで自由放任の下での参入決定条件 (A-4) と社会的最適 R & D 水準の条件 (A-6) とは一致しない。つまり自由放任の下では社会的に最適な R & D 活動参入企業数は達成できない。そこで政府は、R & D 活動に成功した企業に対して T の税金または補助金を課すことによって社会的最適 R & D 水準の条件を達成する補正政策をとる状況を考える。このとき参入企業決定条件は次のように書きかえられる。

$$\{(B-T)/X\}(1-e^{-\delta X})-C'(X)=0 \quad (A-4')$$

T が正值ならば課税政策すなわち R & D 抑制的政策であり、負値ならば補助金政策すなわち R & D 促進的政策である。これら (A-4') と (A-6) が両立するような T の値が最適税である。その値は (A-6) から (A-4') の両辺をさしひくことによって得られる。すなわち、

$$T=B[1-\{(B+S)/B\}Q(\delta X)] \quad (A-7)$$

である。補題 1' と (A-7) 式によって、以下の命題を得る。

命題 1'

$$S=0 \text{ ならば } T=B(1-Q(\delta X))>0$$

命題 1' は第 3 節の命題 1 と全く同じである。同様にスピルオーバー便益が存在する場合には (A-7) 式より次の命題が成立する。

命題 2'

$$(I) \quad \{(B+S)/B\}Q(\delta X)<1 \text{ ならば } T>0$$

$$(II) \quad \{(B+S)/B\}Q(\delta X)>1 \text{ ならば } T<0$$

これらの命題の解釈については第 3 節を参照せよ。

参 考 文 献

- [1] Brander, J. A. and B. J. Spencer (1983), "Strategic Commitment with R & D: The Symmetric case," *Bell Journal of Economics*, 14, 225-235.
- [2] Dasgupta, P. S. (1988), "Patents Priority and Imitation or, The Economics of Races and Waiting Games," *The Economic Journal*, 98, 66-88.
- [3] Dasgupta, P. S. and J. E. Stiglitz (1980), "Uncertainty, industrial structure and the speed of R & D," *Bell Journal of Economics*, 11, 1-28.
- [4] Dixit, A. K. (1988), "International R & D competition and policy," in *International Competitiveness*, ed. Hazard and Spence.
- [5] Dixit, A. K. (1989), "A General Model of R & D Competition and Policy," *RAND Journal of Economics*, 19, 317-326.
- [6] Gilbert, R. and D. Newbery (1982), "Preemptive Patenting and the Persistence of Monopoly," *American Economic Review*, June, 72, 3: 514-526.
- [7] Helpman, E. and P. R. Krugman (1989), *Trade Policy and Market Structure*. MIT Press.
- [8] 伊藤元重, 清野一治, 奥野正寛, 鈴木興太郎 (1988), 「産業政策の経済分析」, 東大出版会.
- [9] Kiyono, K. and M. Okuno-Fujiwara (1988), "Second-Mover Advantage in R & D Innovation and Imitation in Dynamic Oligopoly," *The Economic Studies Quarterly*, 39, 4, December, 356-377.

- [10] Lee, T. and L. L. Wilde (1980), "Market Structure and Innovation: A Reformulation," *Quarterly Journal of Economics*, March, 429-436.
- [11] Loury, G. C. (1979) "Market Structure and Innovation," *Quarterly Journal of Economics*, August, 395-410.
- [12] Okuno-Fujiwara, M. and K. Suzumura (1989), "Strategic Cost-Reduction Investment and Economic Welfare," mimeo.
- [13] Spencer, B. and J. Brander (1983), "International R & D Rivalry and Industrial Strategy," *Review of Economic Studies*, 50, 707-722.

(慶應義塾大学大学院経済学研究科博士課程)