

R & D 投資のインセンティブとタイミング*

大 川 隆 夫

要 旨

本稿では, Beath, Katsoulacos and Ulph (1989, 94) の分析で使用された, R & D 支出に関する 2 種類のインセンティブ, profit incentive と competitive threat に関して, それらの大小関係が各企業の R & D 投資のタイミングにどのような影響を与えるかについて, 両方の企業が R & D に成功する場合を考慮したモデルを構築して分析を行う。結論は以下の通りである。(1)両社とも profit incentive が competitive threat を上回れば, タイミングは同時となる。(2)上記の大小関係が各企業において異なる場合は, profit incentive が competitive threat を上回った企業が先手となる逐次均衡が成立する。(3)両社とも profit incentive が competitive threat を下回れば, タイミングは逐次となる。

Keywords : R & D, endogenous timing, profit incentive, competitive threat

JEL Classifications number : O31, O32

1 はじめに

ライバル企業との R & D 投資競争において, 何が各企業の R & D 支出に関するインセンティブになりうるかという事についての分析は, 1980年代初頭における American Economic Review 誌上での論争がきっかけとなったと言っても過言ではない。論争の主眼は, 既存の独占企業と新規参入企業のどちらがより R & D 投資を行うか, という事にあった。

Gilwert and Newbery (1982) は, 新技術の購入に関するオークションモデルを構築し, 既存の独占企業と新規参入企業のどちらが競り落とすかという事を分析した。彼らは, もし既存企業が新技術を競り落とせば, 独占的地位が保証され独占利潤を手中にできるが, 新規企業が競り落とせば, 市場は複占になり, 双方が複占利潤を得るとし, 複占利潤の合計は先の独占利潤には及ばないと仮定した。この想定の下では, 既存企業は新技術に対して最大限, 独占利潤から複占利

* 本稿の前バージョンの作成に当たり, 下村耕嗣先生(神戸大学経済経営研究所)からいくつかの有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝したい。ただし, ありうべき誤謬は全て筆者の責任である。尚, 本研究は特許庁の受託研究及び立命館大学社会システム研究所のプロジェクト研究の一環として補助を受けている。

潤を引いた額まで支払う用意があるのに対して、新規企業は得られる複占利潤が支払える最大額となる。従って、複占利潤の合計は先の独占利潤には及ばないという仮定より、既存企業が新技術を競り落とす。Gilwert and Newbery (1982) は、この結果から、R & D 活動においても、既存の独占企業は、自らの独占的な地位を死守するべく、新規参入企業よりも R & D 支出をより多く支出すると主張した。

この結論に対して、Reinganum (1983) は、Gilwert and Newbery (1982) のモデルにおいて想定されている新技術が、新規参入者が既存企業にとって代わり独占的な地位を得ることのできない漸進的なものであることを指摘し、加えて、既存企業が既成の技術を使用して獲得している独占利潤を考慮していない点を批判した上で、次のようなモデルを構築した。

新技術の開発に成功した企業は、既存企業であれ新規参入者であれ、独占的地位が保証され、同じ水準の独占利潤を得る。つまり Reinganum (1983) は新技術に関して、漸進的な技術ではなく革新的な技術を想定している。注意すべきは、既存企業は、独占的に保有している既成の技術を使用して生産を行い独占利潤を得ている点である。この利潤は、新技術開発成功の折に得られる利潤よりも小さいと仮定する。なお、新規企業は新技術開発に成功しなければ何も得られないとする。

Reinganum (1983) は、比較すべきは、既存企業が新技術開発に成功した時の利潤から既成の技術から獲得している独占利潤を差し引いた利潤の増加分と新規参入者が技術開発によって手にする独占利潤であると考え、既成の技術でもって正の独占利潤を得ている限り、前者と後者とを比較すると後者の値の方が大きい。従って、既存企業は現在の独占的地位から得られる利潤があるために、新規参入企業よりも R & D 活動を行うインセンティブは低い。よって、既存企業は新規参入者よりも R & D 支出は行わないと結論づけた。

Beath, Katsoulacos and Ulph (1989, 94) は上記の2つのモデルを包含する複占の R & D 競争モデルを構築することから、両者の論争に決着をつけた。彼らは、R & D 競争を行う2つの企業が同時に成功するという状況が生じないというモデルを、Lee and Wilde (1980) のモデルを拡張して構築した。

その際、Gilwert and Newbery (1982) が導入した、R & D に成功した時の当該企業の利潤からライバル企業が成功した時に当該企業が得る利潤を差し引いたものを *competitive threat* と名づけ、Reinganum (1983) が着目した R & D に成功した時の利潤から既成の技術で生産を行って獲得している利潤を差し引いたものを *profit incentive* と名づけた。Beath, Katsoulacos and Ulph (1989) は、*profit incentive* をライバルが新技術の開発にほぼ失敗する時に、自分が成功すれば現状に比して得られる利潤の増大分として、*competitive threat* をライバルがほぼ成功する時に、自分も失敗する場合に比して、成功した時に得られる利潤の増加分として定義した。

彼らが得た結論は次の通りである。当該企業の *profit incentive* と *competitive threat* の水準がどちらも、ライバル企業のそれらと比較すると、少なくとも一方はライバルのそれよりも大きく、もう一方は下回らないならば、当該企業の R & D 支出の方がライバル企業よりも大きくなる。

この結果から、Gilwert and Newbery (1982) 及び Reinganum (1983) の導出した結論を概観すると、次のようになる。漸進的な技術を取り扱った Gilwert and Newbery (1982) の場合、

competitive threat のみを比較し、既存の独占企業の方が R & D 活動によりアグレッシブであると結論づけているが、この結論が成立するためには profit incentive を比較して、既存企業の方が新規参入者よりもその値が下回らないことが条件として必要となる。一方、革新的な技術を取り扱った Reinganum (1983) では、profit incentive は新規企業が勝つことは分析済みなので、competitive threat を比較してみると、ライバルが成功した場合、両企業とも新技術の開発に失敗すれば何も得られないし、成功すれば同じ水準の独占利潤を手にするので、両企業とも competitive threat の水準は同じである。従って、Reinganum (1983) の結論は依然として成立する。

Beath, Katsoulacos and Ulph (1989, 94) の分析から、前述の論争には一応のピリオドが打たれたが、彼らの導出した結論だけでは、現実の R & D 活動を語る上でいくつかの不十分な点が見られる。それらは以下の通りである。(1) profit incentive は自社の方がライバルを上回るが、competitive threat ではライバルが自社を上回るというような、「非対称」な状況が生じた場合、どのような結果が生じるのか？ (2) R & D 投資行動に関して、同時手番を前提にしているが、現実のケースをみると、逐次的な行動を取っている場合が散見される。この点が考慮されていない。(3) 新技術の開発に成功する企業が 1 社しかないと想定している部分も、現実のケースからみると、複数の企業が技術開発に成功しているケースがあり、その部分がモデルに反映されていない。

本稿では、上記の 3 点を改善するべく、R & D 行動のタイミングの内生的な決定を盛り込み、双方共が新技術開発に成功する多段階ゲームを考察する。タイミングの内生的な決定については、2 人プレイヤーにおいて一般的な分析を行った Hamilton and Slutsky (1990) の結果を援用する。そして、次のような結果を得ている。(1) 両社の profit incentive が competitive threat を上回れば、双方とも first mover advantage を有しタイミングは同時となる。(2) 上記の大小関係が各企業において異なるなら、profit incentive が competitive threat を上回った方が先手となる逐次均衡が成立する。(3) 両社の profit incentive が competitive threat を下回れば、タイミングは逐次となり、両企業とも R & D 支出の節約行動をとろうとする。

2 分 析

今、漸進的な性格を有する新技術開発を行う 2 つの企業を考える。2 企業とも次のような 3 段階ゲームに直面している。第一ステージに、両企業は第二ステージに R & D 投資をするか、第三ステージに行くかを決定する。R & D 投資はどちらかのステージに一回限り行うとする。第二ステージでは、第一ステージに R & D 投資を行うと決定した企業が R & D 活動を行う。第三ステージにおいても同様である。なお、両企業ともどちらか一方のステージに R & D 投資を行えば、同時手番、2 つのステージにまたがれば逐次手番とする。¹⁾

R & D 活動に関する「技術」格差は各企業間に存在せず、新技術の開発に成功する確率 p と R & D 支出 x_i ($i=1, 2$) との間に次のような関係が存在しているとする。

$$p_i = p(x_i); p(0) = 0, p(\infty) = 1; \infty > p'(x_i) > 0, p''(x_i) < 0 \quad (i=1, 2) \quad (1)$$

加えて、技術開発の成功失敗の組み合わせに応じて、次のような利潤を企業 i は得ることにな

る。

W_i : 企業 j が新技術開発に失敗、企業 i が成功した場合に得られる企業 i の利潤。

C_i : 両企業とも新技術開発に失敗した時に、既成技術より得られる企業 i の利潤。

D_i : 両企業とも新技術開発に成功した場合に得られる企業 i の利潤。

L_i : 企業 j が新技術開発に成功、企業 i が失敗した場合に得られる企業 i の利潤。

これらの利潤の水準に関して、以下の大小関係を仮定しておく。

$$\infty > W_i > C_i, W_i > D_i > L_i \geq 0 \quad (i=1, 2) \quad (2)$$

各企業はリスクに関して中立的であるとする。従って、企業 i の期待利潤は、(1)より以下のよう表せる。

$$V_i = p_i(1-p_j)W_i + p_i p_j D_i + (1-p_i)p_j L_i + (1-p_i)(1-p_j)C_i - x_i \quad (3)$$

各企業の最適化問題は(3)を最大にする R & D 投資水準を決めることである。

ここで、(1)の逆関数

$$x_i = x(p_i); x(0) = 0, x(1) = \infty; \infty > x'(p_i) > 0, x''(p_i) > 0 \text{ for } \forall p_i \in [0, 1] \quad (4)$$

を考慮すれば、最適化問題は(3)より以下の式を最大にする p_i を選択するという問題に変換できる。

$$V_i = p_i(1-p_j)W_i + p_i p_j D_i + (1-p_i)p_j L_i + (1-p_i)(1-p_j)C_i - x(p_i) \quad (5)$$

各企業の成功確率に関する反応関数は、

$$\partial V_i / \partial p_i = (1-p_j)(W_i - C_i) + p_j(D_i - L_i) - x'(p_i) \quad (6)$$

なので、 $\partial V_i / \partial p_i = 0$ とおくと

$$(1-p_j)X_i + p_j Y_i = x'(p_i) \quad (7)$$

となる。ただし、 $X_i = W_i - C_i$ であり $Y_i = D_i - L_i$ である。

(7)の右辺は企業 i の成功確率を限界的に引き上げるためにかかるコストを示している。左辺は、ライバル企業の成功確率での X_i と Y_i との加重平均となっており、企業 i の成功確率を限界的に引き上げた時に得られる期待収益を表す。 X_i はライバル企業が100%の確率で失敗することを前提にした場合、自分が開発に成功すればどれだけ現状よりも利潤が増大するかを示している。 Y_i は、ライバルの確実な成功を前提にした時、自分が成功することによって失敗の場合に比してどれだけ利潤を増大させられるかを示している。

X_i は Beath, Katsoulacos and Ulph (1989, 94) において言及されている profit incentive に相当するものであり、 Y_i が competitive threat に相当するものであるといえる。ただ、本モデルは両企業とも新技術の開発に成功する場合を考慮に入れているので、competitive threat の定義が $W_i - L_i$ ではなく、若干異なっている点に注意しておこう。ここで、改めて両概念を定義し直しておく。

(定義) 双方の企業とも、新技術の開発に成功するケースを考慮すると、profit incentive とは、ライバル企業の新技術開発について100%の失敗を前提にした時、自社の成功により現状に比して増加する利潤の大きさを意味し、competitive threat とは、ライバルの100%の成功を前提にした時、自社の成功により、自社が失敗する場合に比して増加する利潤の大きさを意味する。

さて、上記の2つの概念を使用すると、反応曲線の形状について次の補題が成立する。

(補題1) 企業 i の反応曲線の形状は、profit incentive が competitive threat を上(下)回る時、右下(上)がりとなる。加えて、任意の $r_j \in [0, 1]$ に対して、上限 p_i^{\max} と下限 p_i^{\min} が存在し $0 < p_i^{\min} < p_i^{\max} < 1$ となる。

(証明) まず、前半部を証明する。(7)を全微分して整理すると

$$\left. \frac{dp_i}{dp_j} \right|_{\frac{\partial V_i}{\partial p_i} = 0} = \frac{Y_i - X_i}{x''(p_i)} \quad (8)$$

となる。(4)を考慮すると、(8)の右辺の分母は正なので、分子の符号条件が反応曲線の傾きの正負を決定している。

次に後半部であるが、(7)より

$$x'(p_i^{\max}) = \max.(X_i, Y_i) \text{ かつ } x'(p_i^{\min}) = \min.(X_i, Y_i) \quad (9)$$

なので、(4)と(9)より、区間 $[0, 1]$ に上限 p_i^{\max} と下限 p_i^{\min} が存在する。□

次に等(期待)利潤曲線の形状について見ておこう。等利潤曲線の傾きは、(5)の左辺の値を一定とした上で、全微分して整理すると、

$$\left. \frac{dp_i}{dp_j} \right|_{V_i = \text{const}} = - \frac{\partial V_i / \partial p_j}{\partial V_i / \partial p_i} \quad (10)$$

となる。ただし、

$$\partial V_i / \partial p_j = (1 - p_j)(L_i - C_i) + p_j(D_i - M_i) \quad (11)$$

である。ここで、等利潤曲線の形状に関して次の補題が成立する。

(補題2) もし $L_i \leq C_i$ ならば、等利潤曲線は山形になる。

(証明) $L_i \leq C_i$ が成立すると、(2)より(11)の左辺は負となる。従って、(10)より、等利潤曲線の傾きは、(10)の分母である企業 i の限界利潤のみに依存している。 p_i の増加につれて企業 i の限界利潤は正、ゼロ、負と変化する。□

従って、以下の分析において

$$L_i \leq C_i \quad (12)$$

を仮定する。この仮定は、自社が新技術の開発に失敗し、ライバル企業も開発に失敗した時に得られる利潤は、ライバルが成功した時に得られる利潤を下回らないということを示している。²⁾

更に、等利潤曲線の大小関係に関して次の結果が求まる。

(補題3) 右上方の等利潤曲線ほど期待利潤が低い。

(証明) 反応関数上で、(5)を p_j で微分すると、(7)と補題2より

$$\left. \frac{\partial V_i}{\partial p_j} \right|_{\frac{\partial V_i}{\partial p_i} = 0} = \frac{\partial V_i}{\partial p_i} \frac{dp_i}{dp_j} + \frac{\partial V_i}{\partial p_j} = \frac{\partial V_i}{\partial p_j} < 0$$

となる。従って、 p_j が増加すると企業 i の利潤は減る。□

補題1から各企業の反応曲線の形状に関して、一般性を失うことなく、次の3つのケースに集約できる。

- [1] 両企業の反応曲線とも右下がり。
- [2] 企業*i*の反応曲線は右下がりだが企業*j*のそれは右上がり。
- [3] 企業の反応曲線とも右上がり。

これら3つのケースについて、反応曲線と、補題2の結果を鑑みながら等利潤曲線とを描いたものが、図1から図3である。以下、Hamilton and Slutsky (1990)の導出した命題を援用しつつ、図を使用して、各ケースでのタイミングの内生的決定を考察する。尚、使用する均衡概念は部分ゲーム完全均衡である。

各ケースを考察する前に、分析に用いる Hamilton and Slutsky (1990)の導出した結果をまとめておこう。

(補題4) (Hamilton and Slutsky (1990)の定理V) 2人ゲームにおいて、同時手番均衡での利得水準より高い利得をもたらす両者の戦略の組み合わせの集合を「パレート優越集合」と呼ぼう。(1)両者の反応曲線がパレート優越集合内を通過していないのならば、タイミングは同時になる。(2)どちらか一方の反応曲線のみパレート優越集合を通過しているのならば、タイミングは逐次となり、この集合を通過している反応曲線を有するプレイヤーが後手となる。(3)両者の反応曲線ともパレート優越集合を通過しているのならば、タイミングは逐次となる。しかも、複数均衡³⁾となり、どちらか一方が先手、もう一方が後手となる。

まず、ケース[1]から分析をおこなう。両企業とも、profit incentiveがcompetitive threatを上回っている。図1には、互いの反応曲線の交点において同時手番均衡が示されている。今、補題3の結果から、同時手番均衡よりも両社ともに利潤が高くなる(p_i, p_j)の集合(パレート優越集合)を斜線で示すと、この場合、どちらの反応曲線ともこの集合内を通過しない。従って、補題4よりタイミングは同時となる。

次に、ケース[2]であるが、この場合、企業*i*では、profit incentiveがcompetitive threatを上回っているが、企業*j*ではprofit incentiveがcompetitive threatを下回っている。図2においてパレート優越集合が斜線で示されているが、企業*j*の反応曲線がその内部を通過している。従って、補題4より、企業*i*が先手、企業*j*が後手となる逐次均衡が成立する。

ケース[3]では、両企業ともprofit incentiveがcompetitive threatを下回っている。図3に示したように、斜線で表したパレート優越集合を両社の反応曲線が通過しているので、補題4よりタイミングは逐次となる。しかし、どちらの企業が先手となるかは一意に決定しない。

以上の分析結果を命題の形にまとめておく。

図 1

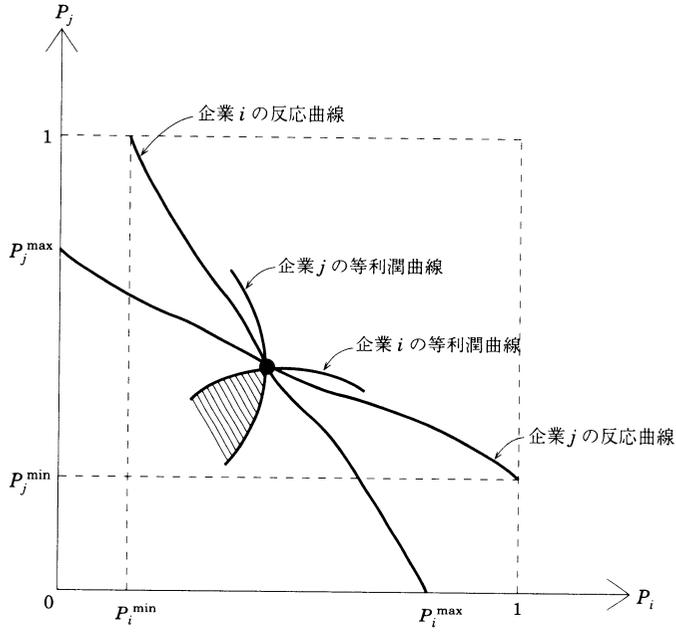


図 2

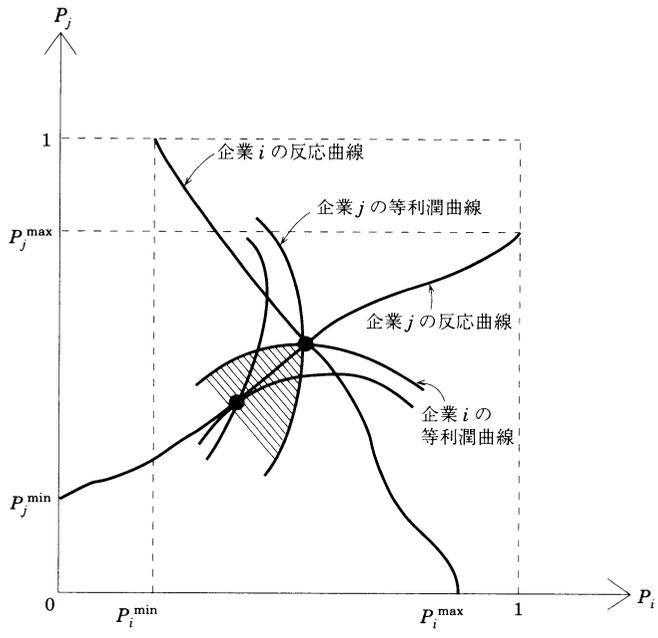
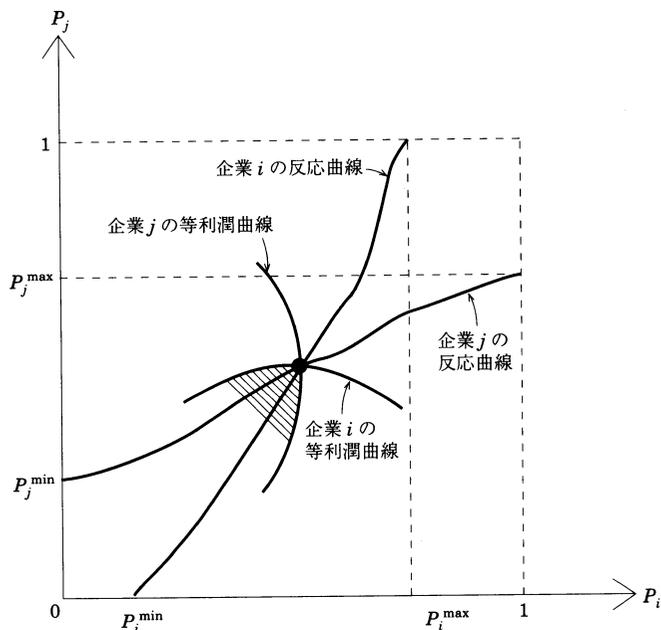


図 3



(命題) (1)両企業とも profit incentive が competitive threat を上(下)回っている時は、タイミングは同時(逐次)となる。ただし、逐次均衡は複数存在する。(2)企業 i (企業 j) では、profit incentive が competitive threat を上(下)回っている時は、企業 i が先手、企業 j が後手となる逐次均衡が成立する。

命題の有する含意は次の通りである。双方ともが研究開発に成功するケースを考慮した本モデルにおいて、profit incentive が competitive threat を上回る状況というのは、(4)及び(12)の条件を勘案すると、例えば、ある企業のみが開発に成功した時の利潤が莫大であるケースに相当する。Gal-Or (1985)によれば、ケース [1] の場合、どちらの企業にも first mover advantage が存在する。従って、どちらの企業も、自社のみが開発に成功した時に手中にできる莫大な利潤を巡って、新技術の開発にしのぎを削ることとなる。よって、両企業とも第一ステージに R & D 投資を行うのである。

逆に、competitive threat が profit incentive を上回るというのは、当該企業が研究開発前に十分大きな利潤を手にしており、たとえ新技術開発に成功したとしても、大して利潤の増大が見込めない場合である。市場シェアの大きな既存企業が典型例である。逆に、市場シェアの小さな企業及び新規参入企業は、既成の技術の下でも利潤はゼロか小さいし、まして開発に失敗すれば利潤はゼロとなるかも知れない。このような企業では profit incentive が competitive threat を上回ると考えてよい。従って、ケース [2] は、既存の dominant 企業と fringe 企業もしくは新規参入企業との R & D 競争と考えられる。この場合、fringe 企業もしくは新規参入企業は、自社のみが開発に成功した時の利潤獲得を目指して先手となるが、失敗しても大して痛手を受けない既存の dominant 企業は、R & D 支出節約のため後手を選択するのである。これが、IBM がコンピュータの開発に関して、もしくは松下電器が VCR などの家電製品に関して 2 番手戦略をとる

理由の一つであると考えられる。

ケース [3] の場合は、少数の企業での高度寡占の状況において成立する。両企業とも現状で十分な利益を確保しているため、新技術を開発するインセンティブに乏しい。畢竟、R & D 支出をできるだけ減らす方向を目指すであろう。そのために、どちらかの企業が先手となり、もう一方が後手となることで、同時手番均衡での R & D 支出よりも少ない出費で済むようになる。R & D 支出節約のために、敢えて逐次均衡を選択するのである。

この命題を、プロパテント政策と結びつけて考えると、次のようになる。特許の保護範囲を拡大すればするほど、双方ともが新技術開発に成功し、その技術に関して特許を出願すると、双方の特許が互いに抵触する可能性が高くなる。従って、特許訴訟等の費用がかさむことを考慮すると、両企業とも新技術開発に成功した場合の利潤 D_i は、プロパテント政策を推し進めれば進めるほど小さくなる。それゆえ、保護範囲の強化は competitive threat の水準を小さくさせるので、profit incentive が competitive threat を上回る傾向がみられる。命題に述べた結論から、各企業は R & D 活動に活発に取り組むようになる。この意味で、プロパテント政策は、各企業の R & D 投資にプラスの効果を与えるといえる。

なお、上記の結果を Beath, Katsoulacos and Ulph (1989, 94) の研究結果と比較すると、次のようなことが言える。彼らは R & D 投資に関して同時手番を前提にした上で、企業 i の profit incentive 及び competitive threat のどちらも企業 j のそれらを上回っているならば、企業 i の方がより R & D 支出を行うと結論づけている。この結果は、タイミングの内生的決定を考慮すると、両企業とも profit incentive が competitive threat を凌駕している場合のみ支持される。タイミングが逐次となる場合、彼らの導出した結論が成立するかどうかは判然としない。

3 結 語

本稿では、Beath, Katsoulacos and Ulph (1989, 94) の分析で使用された、R & D 支出に関する 2 種類のインセンティブである profit incentive と competitive threat との大小関係が、各企業の R & D 投資のタイミングにどのような影響を与えるかを、複占のケースで R & D 支出を一回限り行う one-shot のモデルでもって分析した。その際、現実の状況を反映させて、モデルにおいて両方の企業が R & D に成功する場合を考慮した。

得られた結果は次の通りである。(1)両社の profit incentive が competitive threat を上回れば、タイミングは同時となる。(2)上記の大小関係が各企業において異なる場合は、profit incentive が competitive threat を上回った方が先手となる逐次均衡が成立する。(3)両社の profit incentive が competitive threat を下回れば、タイミングは逐次となる。

この結果から、dominant 企業と fringe 企業との R & D 投資競争において、fringe 企業が先手となることが判明し、所謂、大企業が 2 番手戦略をとりがちであることがモデルの上からも確認できた。加えて、特許の保護範囲強化というプロパテント政策を取ることから、R & D 投資が活発になることも確認できた。

- 1) ここでは、企業 i が R & D 投資を第一ステージに行って成功しようが、第二ステージに行って成功しようが、同一水準の利益をあげるという風に仮定している。確かに、第一ステージに行って成功した場合、第二ステージから財の販売を通じて利潤を稼げるはずで、厳密には区別する必要があるだろう。ただし、本稿では、2つのステージにおける時間的な経過は小さいと考えていること、及び、新製品の場合ならば売り出し直後の需要は非常に小さいことから、考慮すべき利潤の差は無視できる水準であると考えられる。
- 2) 自分も相手も現有の技術で生産している時の方が、自分は現有の技術なのに相手が新技術を使用して生産している場合よりも獲得できる利潤が小さくはならないという状況は、一般的であると考えられる。
- 3) Hamilton and Slutsky (1990) の38ページを参照。
- 4) Gal-Or (1985) の命題2 (651ページ) を参照。

参考文献

- Beath, J., Katsoulacos, and D. Ulph (1989), "Strategic R & D Policy," *Economic Journal* 99, pp. 74-83.
- Beath, J., Katsoulacos, and D. Ulph (1994), "Strategic R & D and Innovation," in *Current Issue in Industrial Economics*, edited by J. Cable, The Macmillan Press Ltd.
- Gal-Or, E. (1985), "First Mover and Second Mover Advantages," *International Economic Review* 26, pp. 649-53.
- Gilwert, R. J., and D. M. G. Newbery (1982), "Preemptive Patenting and the Persistence of Monopoly," *American Economic Review* 72, pp. 514-26.
- Gilwert, R. J., and D. M. G. Newbery (1984), "Uncertain Innovation and the Persistence of Monopoly: Comment," *American Economic Review* 74, pp. 238-42.
- Hamilton, J. H. and S. M. Slutsky (1990), "Endogenous Timing in Duopoly Games: Stackelberg and Cournot Equilibria," *Games and Economic Behavior* 2, pp. 29-46.
- Lee, T. and L. Wilde (1980), "Market Structure and Innovation: A Reformulation," *Quarterly Journal of Economics* 94, pp. 426-36.
- Reinganum, J. F. (1983), "Uncertain Innovation and the Persistence of Monopoly," *American Economic Review* 73, pp. 741-48.
- Reinganum, J. F. (1984), "Uncertain Innovation and the Persistence of Monopoly: Reply," *American Economic Review* 74, pp. 243-46.
- Salant, S. W. (1984), "Uncertain Innovation and the Persistence of Monopoly: Comment," *American Economic Review* 74, pp. 247-50.