

自由参入下での既存企業の R&D 投資

常 廣 泰 貴

概 要

自由参入下で既存企業と参入企業の R&D に関する技術が同じであり、R&D 投資を行うタイミングも同じであるときには、既存企業は R&D 投資を行わないことが多くの論文で示されて来た。それに対してここでは、既存企業の得られるフローの利得が逡減して行くなれば、既存企業も R&D 投資を行うことを示す。

1 はじめに

企業間の R&D 競争について既存企業と参入企業との場合についてみる。ただし、参入企業は自由参入するものとする。このような場合での R&D 競争では既存企業は R&D 投資を全く行わず、参入企業のみが R&D 投資を行なうことが多くの論文で示されてきた。例えば、それらのものとして Grossman and Helpman (1991), Segerstrom (1991), Aghion and Howitt (1992) などの内生的成長理論のモデルが挙げられる。

それに対して、既存企業に R&D 技術の優位性がある場合においては、既存企業も R&D 投資を行なうことが示された。このように既存企業と参入企業の R&D 技術に非対称性がある場合については Barro and Salai-i-Martin (1995), Segerstrom and Zolnierrek (1999), Segal and Whinston (2007) などが分析している。

また、既存企業と参入企業の R&D 技術が全く同じであっても、既存企業

自由参入下での既存企業の R&D 投資

の方が参入企業よりも先に R&D 投資を行なえるとした場合、すなわち既存企業が R&D 競争のシュタッケルベルグ・リーダーとなれる場合においては、既存企業も R&D 投資を行なうことが Etro (2004) によって示されている。

本項では、既存企業と自由参入する参入企業とが R&D 競争を行なう場合、既存企業の得ているフローの利得が既存企業の R&D 投資行動に与える影響についてみる。たとえ既存企業と参入企業の R&D 技術や R&D 投資のタイミングが全く同じであったとしても、フローの利得が逓減していくならば既存企業も R&D 投資を行なう場合があることを示す。

本稿の構成は次のとおりである。まず、第 2 章で分析の基本となるモデルを提示し、既存企業と参入企業の R&D 投資についてみる。また、第 3 章では R&D 成功確率を示す関数とフローの利得について簡単な具体例を挙げて分析を行なう。最後に第 4 章でまとめを示す。

2 モデル

企業間の R&D 競争について考察するが、ここでは既存企業と自由参入する参入企業との R&D 競争についてみる。既存企業と参入企業の R&D 技術は全く同じであるとする。すなわち、R&D 投資を z とした場合、既存企業も参入企業もその R&D 成功確率は共に $p(z)$ で表され、それらに違いはないものとする。ただし、 $p' > 0$ 、 $p'' < 0$ で $p(0) = 0$ 、 $\lim_{z \rightarrow \infty} p(z) = 1$ である。

既存企業は每期フローの利得を得られるが、その利得は期間がたつにつれて減少していくものとする。また新技術が参入企業によって先に開発されると、それ以後の既存企業の利得はゼロになるとする。ただし、既存企業が新技術を参入企業よりも先に開発すれば、その新技術はこれまでの技術に取って代わって新たにフローの利得を既存企業にもたらすものとする。また、新技術を同時に開発した企業が複数の場合は、価格競争などによりそれら企業の利得はゼロになるとする。

既存企業が R&D 競争に勝利（新技術を他の全ての参入企業よりも先に開

発) した場合には、既存企業は既存企業のままでいられるが、R&D 競争に敗北（新技術をいずれかの参入企業が先に開発）した場合には、これまでの既存企業に代って、新技術を先に開発した参入企業が新たな既存企業になることになる。

既存企業はどの企業も R&D に成功しない限り每期フローの利得を得られるが、その利得は期間が経つにつれて減少していき T 期後にはゼロになるものとする。利得を得られる残余期間が t であるときの利得を π_t とすると、 $\pi_T > \pi_{T-1} > \pi_2 > \dots > \pi_1 > \pi_0 = 0$ という関係が成立するものとする。

ここで既存企業の R&D 投資を x とし、参入企業 i の R&D 投資を y_i とする。 $i=1, 2, \dots, n$ であり、 n は R&D 競争に自由参入する参入企業の数である。R&D には固定費用が必要でそれを F とする。いま利得の残余期間が $t (\leq T)$ である場合を考える。割引率は $\delta (0 < \delta < 1)$ として、既存企業の期待利得の割引現在価値を $V_i(t)$ で表すと、

$$V_i(t) = \pi_t + p(x) \prod_{i=1} (1 - p(y_i)) \delta V_i(T) \\ + (1 - p(x)) \prod_{i=1} (1 - p(y_i)) \delta V_i(t-1) - x - F \quad (1)$$

となる。右辺の第一項は、この期に得られるフローの利得である。今期の R&D 投資により既存企業のみが R&D に成功し、他の全ての参入企業が R&D に失敗したときには、既存企業は次期から利得の残余期間が T である新技術によって利得を得ることになる。右辺の第二項はそれが実現する確率を考慮して、次期での期待利得の割引現在価値を割引率を用いて今期の値で評価したものである。

既存企業と参入企業を問わず全ての企業が R&D に失敗したときには、利得の残余期間が 1 期減少することにより既存企業の次期での期待利得の割引現在価値は $V_i(t-1)$ となる。右辺の第三項はそれが実現する確率を考慮して、次期での期待利得の割引現在価値を割引率を用いて今期の値で評価したものである。したがって、これら三つの項を合わせると今期の既存企業の期待利得の

自由参入下での既存企業の R&D 投資

割引現在価値が得られる。ただし、R&D を行わない場合には R&D 投資 x と固定費用 F はゼロである。

利得の残余期間が t のとき、参入企業の期待利得の割引現在価値を $V_E(t)$ とすると、

$$V_E(t) = p(y_i)(1-p(x)) \prod_{j \neq i} (1-p(y_j)) \delta V_i(T) - y_i - F \quad (2)$$

となる。

右辺は参入企業 $i (= 1, 2, \dots, n)$ のみが R&D に成功し、既存企業も含めその他全ての企業が R&D に失敗するという場合の確率を考慮して、次期での参入企業の期待利得の割引現在価値を割引率を用いて今期の値で評価したものである。参入企業は今期において利得は得ていないので右辺が今期での参入企業の期待利得の割引現在価値を表すことになる。

既存企業と同様に、R&D を行わない場合には R&D 投資 y_i と固定費用 F はゼロである。

まず、参入企業の R&D 投資についてみる。参入企業の最適な R&D 投資のための 1 階の条件は、

$$\frac{\partial V_E(t)}{\partial y_i} = p'(y_i)(1-p(x)) \prod_{j \neq i} (1-p(y_j)) \delta V_i(T) - 1 = 0 \quad (3)$$

となる。

ここでは、自由参入を考えているので、

$$V_E(t) = p(y_i)(1-p(x)) \prod_{j \neq i} (1-p(y_j)) \delta V_i(T) - y_i - F = 0 \quad (4)$$

が成立する。

(3) と (4) より、

$$\frac{p(y_i)}{p'(y_i)} = y_i + F \quad (5)$$

が得られるが、(5) の内点解となる R&D 投資 y_i が存在すると仮定しそれを y^* とする。この R&D 投資 y^* は、既存企業の R&D 投資や企業数とは関係していないことが分かる。

まず、利得の残余期間が $t=0$ である場合についてみる。既存企業のフローの利得 π_0 はゼロであるので、既存企業と参入企業とは対照的となる。したがって、既存企業と参入企業の R&D 投資は等しくなり、 $t=0$ では $x=y^*$ となることが分かる。また、このときの既存企業の期待利得の割引現在価値は参入企業と同様にゼロである。

また、利得の残余期間が $t=1$ の場合では、 $t=0$ での既存企業の期待利得の割引現在価値が $V_i(0)=0$ となることを考慮すると、

$$V_i(1) = \pi_1 + p(x) \prod_{i=1} (1-p(y_i)) \delta V_i(T) - x - F \quad (6)$$

と表わされ、最適な R&D 投資のための条件は参入企業と同じとなる。したがって、特許の残余期間が $t=1$ の場合でも、既存企業と参入企業との R&D 投資は等しくなり、 $t=1$ でも $x=y^*$ となることが分かる。このとき、既存企業の期待利得の割引現在価値は $V_i(1) = \pi_1$ である。

新しく既存企業になった時点での既存企業についてみる。このときの利得の残余期間は $t=T$ である。期待利得の割引現在価値は(1)より、

$$V_i(T) = \pi_T + p(x) \prod_{i=1} (1-p(y_i)) \delta V_i(T) + (1-p(x)) \prod_{i=1} (1-p(y_i)) \delta V_i(T-1) - x - F \quad (7)$$

となる。各参入企業の R&D 投資は y^* であることを用いて、(7)を整理すると、

$$\pi_T - (1-p(x))(1-p(y^*))^n \delta V_i(T) + (1-p(x))(1-p(y^*))^n \delta V_i(T-1) - x - F = 0 \quad (8)$$

が得られる。既存企業の R&D 投資 x と参入企業の数 n との関係を見るために、(8)の両辺を n で偏微分すると、

$$(p(x)\delta V_i(T) + (1-p(x))\delta V_i(T-1))n \ln(1-p(y^*)) + (p'(x)(1-p(y^*))^n \delta(V_i(T) - V_i(T-1)) - 1) \frac{\partial x}{\partial n(T)} = 0 \quad (9)$$

となることが分かる。自由参入により、 $V_E(T)=0$ となるので(4)より、

自由参入下での既存企業の R&D 投資

$$p(y^*)(1-p(x))(1-p(y^*))^{n-1}\delta V_i(T) - y^* - F = 0 \quad (10)$$

であることが分かる。(10)の両辺を n で偏微分して整理すれば、

$$-p'(x)\frac{\partial x}{\partial n} + (1-p(x))(n-1)\ln(1-p(y^*)) = 0 \quad (11)$$

となる。少なくとも 1 社は参入するとすると、 $n \geq 1$ であるので $\partial x / \partial n$ の符号は負であることが分かる。(9)の左辺の第一項の符号が負であることと合わせると、

$$p'(x)(1-p(y^*))^n \delta (V_i(T) - V_i(T-1)) - 1 < 0 \quad (12)$$

が得られる。(12)の左辺は、(1)より $\partial V_i(T) / \partial x$ であり、この値が負であることは既存企業が R&D 投資を行う誘因を持たないことを意味する。すなわち、利得の残余期間が $t=T$ のときには既存企業は R&D を行わないことが分かる。

上でみたように、利得の残余期間が $t=0, 1$ のときには既存企業は参入企業と同じ水準の R&D 投資を行い、利得の残余期間が $t=T$ のときには既存企業は R&D 投資を行わないことになる。

次に、利得の残余期間が $2 \leq t < T$ の場合についてみることにする。

$2 \leq t < T$ の場合、既存企業が R&D 投資を行うとしたならば、どのような関係が成立しなければならないかを明らかにする。

既存企業が R&D 投資を行うとした場合、(1)より、期待利得の割引現在を最大にするための 1 階の条件として既存企業の R&D 投資 x は、

$$p'(x) \prod_{i=1}^n (1-p(y_i)) \delta (V_i(T) - V_i(t-1)) - 1 = 0 \quad (13)$$

を満たさなければならない。(3)と(13)を合わせると、

$$\frac{1-p(x)}{p'(x)} \frac{p'(y^*)}{1-p(y^*)} \frac{V_i(T)}{V_i(T) - V_i(t-1)} = 1 \quad (14)$$

が得られる。したがって、既存企業が R&D 投資を行う場合には(14)が成立することになる。もし、(14)を成立させる $x(>0)$ が存在しない場合には既存企業は R&D 投資を行わないことになる。

(14)が成立するとき(1)は、

$$V_i(t) = \pi_i + \frac{p(x)}{p'(x)} + \frac{1-p(y^*)}{p'(y^*)} \frac{1}{1-p(x)} \frac{V_i(t-1)}{V_i(T)} - x - F \quad (15)$$

と表わされる。

3 具 体 例

ここでは、企業の R&D 技術を特定化し、既存企業の R&D 投資行動についてみることにする。既存企業と参入企業の R&D 技術は全く対称的で、R&D 投資が z のとき R&D 成功確率は、

$$p(z) = \frac{z}{z + \alpha} \quad (16)$$

と表わされるものとする。ただし、 α は正の定数である。このとき、 $p' > 0$ 、 $p'' < 0$ で $p(0) = 0$ 、 $\lim_{z \rightarrow \infty} p(z) = 1$ が成立することは明らかである。

参入企業の R&D 投資 y^* は(5)より、

$$y^* = \sqrt{\alpha F} \quad (17)$$

という水準に決まる。

簡単化のため、利得の（最長の）残余期間 T が 3 である場合についてみる。このとき、 $\pi_3 > \pi_2 > \pi_1 > \pi_0 = 0$ が成立している。

前章でみたように、既存企業の R&D 投資は利得の残余期間が $t=0, 1$ のときには参入企業と同じ y^* であり、利得の残余期間が $t=3 (= T)$ のときにはゼロとなる。

次に、利得の残余期間が $t=2$ の場合での既存企業の R&D 投資について考察する。 $t=2$ において既存企業の R&D 投資が $x > 0$ となる場合があるかどうかについてみる。 $V_i(1) = \pi_1$ となることに注意すると $x > 0$ であるためには(14)と(16)より、

$$\frac{x + \alpha}{y^* + \alpha} \frac{V_i(3)}{V_i(3) - \pi_1} = 1 \quad (18)$$

が成立しなければならない。これが成立するときには、 $x < y^*$ となるので既存企

自由参入下での既存企業の R&D 投資

業の R&D 投資への誘因は参入企業のものよりも小さいことが分かる。

先にみたように $t=3$ のときには既存企業は R&D 投資を行わないので(1)と(3)より、

$$V_I(3) = \pi_3 + (y^* + \alpha) \frac{V_I(2)}{V_I(3)} \quad (19)$$

が成立する。

(18)と(19)より、 $V_I(2)$ についてまとめると、

$$V_I(2) = \frac{\pi_1(\pi_1(y^* + \alpha) - \pi_3(y^* - x))}{(y^* - x)^2} \quad (20)$$

となる。

また、(15)と(17)より、 $V_I(2)$ は、

$$V_I(2) = \pi_2 + \frac{(y^* - x)(\alpha - y^*)}{\alpha} \quad (21)$$

とも表わされるので、

$$\frac{\alpha - y^*}{\alpha} (y^* - x)^3 + \pi_2 (y^* - x)^2 + \pi_1 \pi_3 (y^* - x) - \pi_1^2 (y^* + \alpha) = 0 \quad (22)$$

が得られる。

数値例を与えて、既存企業の R&D 投資についてみる。 $F=2$, $\alpha=2$ であるとする(17)より、 $y^*=2$ となる。このとき、(22)は、

$$\pi_2(2-x)^2 + \pi_1\pi_3(2-x) - 4\pi_1^2 = 0 \quad (23)$$

となる。例えば、 $\pi_3=15$, $\pi_2=27/2$, $\pi_1=9/2$ であるとき(23)より $x=1$ が得られる。したがって、既存企業も R&D 投資を行なう場合があることが示された。

参入企業の数 n についてみると、

$$p'(y^*)(1-p(y^*))^{n-1}(1-p(x))\delta V_I(3) = 1 \quad (24)$$

が成立するが、 $t=0, 1$ のときには、既存企業は参入企業と同じ値の R&D 投資を行うので、(24)は、

$$p'(y^*)(1-p(y^*))^n \delta V_I(3) = 1 \quad (25)$$

となる。

(18)より、

$$V_i(3) = \frac{\pi_i(y^* + \alpha)}{y^* - x} \quad (26)$$

であるので、 $V_i(3) = 18$ となる。割引率を $\delta = 8/9$ とすると $t = 0, 1$ のときには $n = 1$ となることが分かる。

$t = 3$ のときには既存企業は R&D 投資を行わないので、

$$p'(y^*)(1 - p(y^*))^{n-1} \delta V_i(3) = 1 \quad (27)$$

が成立することになる。したがって、 $t = 3$ のときには $n = 2$ であることが分かる。

最後に $t = 2$ のときには、(24)より、

$$\left(\frac{1}{2}\right)^n \frac{8}{3} = 1 \quad (28)$$

となるが、企業数 n は整数であるので、この場合は $n = 1$ となる。

4 結 語

既存企業と自由参入する参入企業との R&D 競争について、企業の R&D 技術（R&D の成功確率と R&D 投資との関係）が対称的で、R&D 投資のタイミングも同じであるときには、既存企業は R&D 投資を行う誘因を持たないことが多くの文献で示されて来た。

それに対して、ここで分かったことは、たとえそのような場合であったとしても、既存企業の得られるフローの利得が遞減して行くなれば、既存企業も R&D 投資を行う誘因を持つ可能性があることである。

ただし、ここでは社会的な厚生水準への影響などについての分析は行っていない。これについては今後の課題としたい。

参 考 文 献

- Aghion, P. and Howitt, P., 1992. A model of growth through creative destruction. *Econometrica* 60, 323-351.
- Barro, R. J. and Sala-i-Martin, X., 1995. *Economic Growth*. New York: McGraw-Hill.
- Etro, F., 2004. Innovation by leaders. *The Economic Journal* 114, 281-303.
- Grossman, G. and Helpman, E., 1991. Quality ladders in the theory of growth. *Review of Economic Studies* 58, 43-61.
- Segal, I. and Whinston, M. D., 2007. Antitrust in Innovative Industries. *American Economic Review* 97, 1703-1730.
- Segerstrom, P., 1991. Innovation, imitation and economic growth. *Journal of Political Economy* 99, 807-827.
- Segerstrom, P. and Zolnierak, J., 1999. The R&D incentives of industry leaders. *International Economic Review* 40, 745-766.