

連続する R & D 競争と特許期間

常 廣 泰 貴

概 要

既存企業と参入企業とによる R & D 競争が連続して行われる場合において、特許期間が R & D を行う誘因とどのように関係するのかについてみる。特許期間が十分長ければ、参入企業のみが R & D を行い、特許期間がある範囲内であれば既存企業と参入企業の両方が R & D を行う。また、既存企業のみが R & D を行う場合が存在することを示す。

1. は じ め に

ここでの目的は、既存企業と参入企業とによる R & D 競争が連続して行われるときに、特許期間が R & D にどのような影響を与えるかについてみることである。連続して行われる R & D 競争についての分析は、Grossman and Helpman (1991) や Aghion and Howit (1992) などをはじめとする内生的成長でもなされているが、それらの多くでは無限の特許期間が想定され、R & D を行うのは参入企業のみであるとされている。そこで、ここでは特許期間が有限である場合に、既存企業や参入企業が R & D を行う誘因を持つかどうかについて、できる限り簡単なモデルを用いて検討することにする。

本稿の構成は次のようになる。第 2 章で分析の基本となるモデルを提示し、第 3 章、第 4 章で、既存企業と参入企業のそれぞれの企業の R & D に対する誘因についてみる。第 5 章でそれらの誘因を総合して、特許期間が二つの企業の R & D とどのように関係するのかについてみる。最後の第 6 章でまとめを示す。

2. モデル

既存企業と参入企業がそれぞれ一社ずつ存在している産業を考える。既存企業は特許によって保護されている技術を持っており、そのもたらすフローの利得を独占しているとする。また、参入企業はフローの利得を得ていないが、新技術の開発競争に勝利すればそのもたらすフローの利得を得ることができるとする。

新技術の開発は R & D によって可能であり、ライバル企業よりも先に新技術を開発した企業は、R & D 競争の勝利者として新技術のもたらすフロー利得を享受できる。新技術は特許によって保護され独占的なフローの利得をもたらすが、そのフローの利得は特許期間が切れれば消滅するものとする。また、たとえ特許期間中であっても更なる新技術が開発されると、その時点でフローの利得は消滅するものとする。

このような R & D 競争が次々に行われていく場合を考えるが、現在行われている R & D 競争の勝敗が決定した後、その次の R & D 競争が開始されるものとする。現在行われている R & D 競争に勝利した企業が、その次の R & D 競争での既存企業となる。したがって、参入企業が R & D 競争に勝利すれば、その参入企業が次の R & D 競争での既存企業となり、既存企業が R & D 競争に勝利すれば、その既存企業が次の R & D 競争の既存企業となる。すなわち、既存企業は R & D 競争に勝利し続ければ、その期間中は既存企業のままでいられることになる。

ここでは、Loury (1979) や Dasgupta and Stiglitz (1980) のように、R & D 投資は R & D 開始の時点のみに行われるとする。また、R & D の瞬間的成功確率を表すハザード・レートの値は固定されているものとし、既存企業と参入企業とも同じ値であるものとする。また、R & D 投資の値も固定されており両企業とも同じであるとする。したがって既存企業と参入企業はハザード・レートと R & D 投資に関して対称的となっている。

ただし、同じ値ではあるが分析を明確にするために、既存企業のハザード・レートの値を x 、参入企業のハザード・レートの値を y であるとする。 $(x=y)$

既存企業と参入企業がともに R & D を行う場合、既存企業と参入企業の期待利得の割引現在価値を、それぞれ V_I 、 V_E とする。既存企業が得られるフローの独占利得を π 、R & D 投資の値を K 、特許期間を T 、割引率を r とすると、 V_I 、 V_E はそれぞれ、

$$V_I = \frac{xV_I + \pi(1 - e^{-(r+x+y)T})}{r+x+y} - K \quad (1)$$

$$V_E = \frac{yV_I}{r+x+y} - K \quad (2)$$

となる。

(1)より V_I は、

$$V_I = \frac{\pi(1 - e^{-(r+x+y)T}) - K(r+x+y)}{r+y} \quad (3)$$

とまとめることができる。

参入企業のみが R & D を行うとした場合、既存企業の R & D 投資はゼロである。既存企業と参入企業の期待利得の割引現在価値を、それぞれ \bar{V}_I 、 \bar{V}_E とすると、

$$\bar{V}_I = \frac{\pi(1 - e^{-(r+y)T})}{r+y} \quad (4)$$

$$\bar{V}_E = \frac{y\bar{V}_I}{r+y} - K \quad (5)$$

となる。

3. 既存企業の誘因

参入企業が R & D を行うとした場合に、既存企業が R & D を行う誘因を持つかどうかをみるために、 V_I と \bar{V}_I の大きさを比較する。

連続する R & D 競争と特許期間

(3)と(4)より,

$$V_I - \bar{V}_I = \frac{1}{r+y} (\pi(e^{-(r+y)T} - e^{-(r+x+y)T}) - K(r+x+y)) \quad (6)$$

が得られる。

ここで,

$$f(T) \equiv e^{-(r+y)T} - e^{-(r+x+y)T} \quad (7)$$

とする。

$f(T)$ は非負で最大値が存在する。それをもたらす T の値を T^* とすると,

$$T^* = \frac{1}{x} \ln\left(\frac{r+x+y}{r+y}\right) \quad (8)$$

となる。

ここで, 次の仮定を置くことにする。

仮定 1 : $\pi f(T^*) - K(r+x+y) > 0$

ただし,

$$f(T^*) = \left(\frac{r+y}{r+x+y}\right)^{\left(\frac{r+y}{x}\right)} \left(\frac{y}{r+x+y}\right) \quad (9)$$

である。

参入企業が R & D を行うとした場合に, 仮定 1 が成立しなければ, いかなる T の値においても既存企業は R & D を行う誘因を持たないことになる。すなわち, 仮定 1 は既存企業が R & D を行う誘因を持つための必要条件となっている。

この仮定 1 が成立する下では, $V_I = \bar{V}_I$ となる T の値が二つ存在することになり, それらを \underline{T} , \bar{T} とする。ただし, $0 < \underline{T} < \bar{T}$ である。

T の値と V_I と \bar{V}_I の大小関係は以下のようになる。

$$T \in (\underline{T}, \bar{T}) \Rightarrow V_I > \bar{V}_I$$

$$T \notin (\underline{T}, \bar{T}) \Rightarrow V_I \geq \bar{V}_I$$

参入企業が R & D を行うとした場合に, 既存企業が R & D を行う誘因を持

つのは $T \in (\underline{T}, \bar{T})$ のときであり、 $T \notin (\underline{T}, \bar{T})$ のときには R & D を行う誘因を持たないことが分かる。

次に、参入企業が R & D を行わないとした場合に、既存企業が R & D を行う誘因を持つかどうかについてみる。そのためには、参入企業のハザード・レート y をゼロとして、上と同様の分析を行えばよい。

参入企業が R & D を行わないとした場合での既存企業の期待利得の割引現在価値を、既存企業が R & D を行う場合では $V_{I(y=0)}$ とし、R & D を行わない場合では $\bar{V}_{I(y=0)}$ とすると、

$$V_{I(y=0)} = \frac{\pi(1 - e^{-(r+x)T}) - K(r+x)}{r} \quad (10)$$

$$\bar{V}_{I(y=0)} = \frac{\pi(1 - e^{-rT})}{r} \quad (11)$$

となる。

参入企業が R & D を行うとした場合と同様に、仮定 1 が成立する下では、 $V_{I(y=0)} = \bar{V}_{I(y=0)}$ となる T の値が二つ存在することになり、それらを $\underline{\tau}$, $\bar{\tau}$ とする。ただし、 $0 < \underline{\tau} < \bar{\tau}$ である。

参入企業が R & D を行わないとした場合に、既存企業が R & D を行う誘因を持つのは $T \in (\underline{\tau}, \bar{\tau})$ のときであり、 $T \notin (\underline{\tau}, \bar{\tau})$ のときには R & D を行う誘因を持たないことが分かる。

また、 $\underline{\tau}$, $\bar{\tau}$, \underline{T} , \bar{T} の大小関係についてみると、

$$\underline{\tau} < \underline{T} < \bar{T} < \bar{\tau}$$

が成立することは明らかである。（図 1 を参照。）

4. 参入企業の誘因

続いて、参入企業が R & D を行う誘因を持つかどうかについてみる。まず、既存企業が R & D を行うとした場合についてみる。このとき参入企業は $V_E > 0$ であるなら R & D を行う誘因を持つことになる。

連続する R & D 競争と特許期間

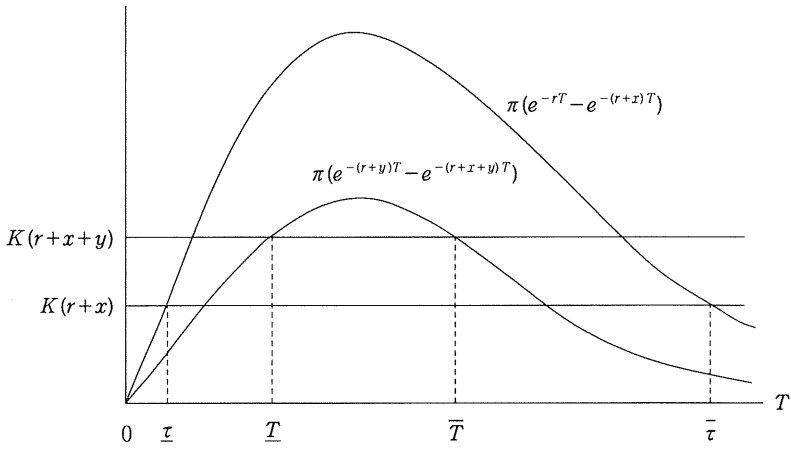


図 1

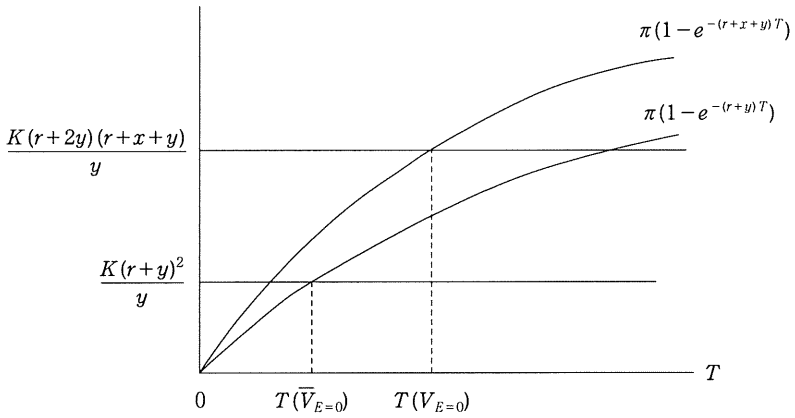


図 2

$V_E=0$ とする T の値を $T_{(V_E=0)}$ とすると, (2), (5) より,

$$\pi(1 - e^{-(r+x+n)T_{(V_E=0)}}) = \frac{K(r+2y)(r+x+y)}{y} \quad (12)$$

が成立する。

参入企業は既存企業が R & D を行うとした場合, $T > T_{(V_E=0)}$ であれば R & D を行う誘因を持つことになる。

次に, 既存企業が R & D を行わないとした場合についてみる。このとき参入企業は $\bar{V}_E > 0$ であるなら R & D を行う誘因を持つことになる。

$\bar{V}_E=0$ とする T の値を $T_{(\bar{V}_E=0)}$ とすると, (4), (5) より,

$$\pi(1 - e^{-(r+y)T_{(\bar{V}_E=0)}}) = \frac{K(r+y)^2}{y} \quad (13)$$

が成立する。

参入企業は既存企業が R & D を行わないとした場合, $T > T_{(\bar{V}_E=0)}$ であれば R & D を行う誘因を持つことになる。

$T_{(\bar{V}_E=0)}$ と $T_{(V_E=0)}$ との大小関係についてみると, T の値によらず $\bar{V}_E > V_E$ であるので,⁽¹⁾

$$T_{(\bar{V}_E=0)} < T_{(V_E=0)}$$

であることが分かる。(図2を参照。)

また, $T_{(V_E=0)}$ と \underline{T} との大小関係は,

$$T_{(V_E=0)} < \underline{T} \quad (2)$$

であり, $T_{(\bar{V}_E=0)}$ と \underline{T} の大小関係は,

$$T_{(\bar{V}_E=0)} < \underline{T} \quad (3)$$

であることが分かる。

ところで, $T_{(V_E=0)}$ と \underline{T} との大小関係は一樣には定まらず, $T_{(V_E=0)} > \underline{T}$ とな

(1) 証明は数学注1を参照。

(2) 証明は数学注2を参照。

(3) 証明は数学注3を参照。

連続する R & D 競争と特許期間

る場合と $T_{(V_E=0)} < \underline{\tau}$ となる場合が存在することが言える。⁽⁴⁾

そこで、 $T_{(V_E=0)} > \underline{\tau}$ となる場合をケース 1 とし、また、 $T_{(V_E=0)} < \underline{\tau}$ となる場合をケース 2 として分析を行うことにする。

5. 既存企業と参入企業の R & D

ここでは、上でみた二つのケースのそれぞれにおいて、既存企業と参入企業の R & D が特許期間 T とどのように関係するのかについてみる。

(ケース 1) : $T_{(V_E=0)} > \underline{\tau}$

まず、 $T < T_{(\bar{V}_E=0)}$ となるときについてみると、このときにはどの企業も R & D を行う誘因を持たないので R & D は行われぬ。

次に、 $T > T_{(V_E=0)}$ となるときについてみる。このときには参入企業は既存企業が R & D を行うか行わないかに関わらず R & D を行う誘因を持つ。また、参入企業が R & D を行うときに、既存企業が R & D を行う誘因を持つのは $T \in (\underline{T}, \bar{T})$ となるときである。したがって、 $T \in (T_{(V_E=0)}, \underline{T})$ または $T > \bar{T}$ となるときには、参入企業のみが R & D を行い、 $T \in (\underline{T}, \bar{T})$ となるときには、既存企業と参入企業の両方が R & D を行うことになる。

最後に、 $T \in (T_{(\bar{V}_E=0)}, T_{(V_E=0)})$ となるときについてみる。このときには T と $\underline{\tau}$ との大小関係により、既存企業と参入企業の R & D が影響を受ける。

$T < \underline{\tau}$ となるときには、参入企業が R & D を行うか行わないかに関わらず既存企業は R & D を行う誘因を持たない。また、このとき参入企業は既存企業が R & D を行わなければ R & D を行う誘因を持つ。

$T > \underline{\tau}$ となるときには、既存企業は参入企業が R & D を行わなければ、R & D を行う誘因を持つ。R & D を行うに際して既存企業はシュタッケルベルグのリーダーとして R & D を行えるとする。このとき参入企業は既存企業が R & D を行えば R & D を行う誘因を失うので、既存企業は R & D を行うことに

(4) 証明は数学注 4 を参照。

既存企業の R & D

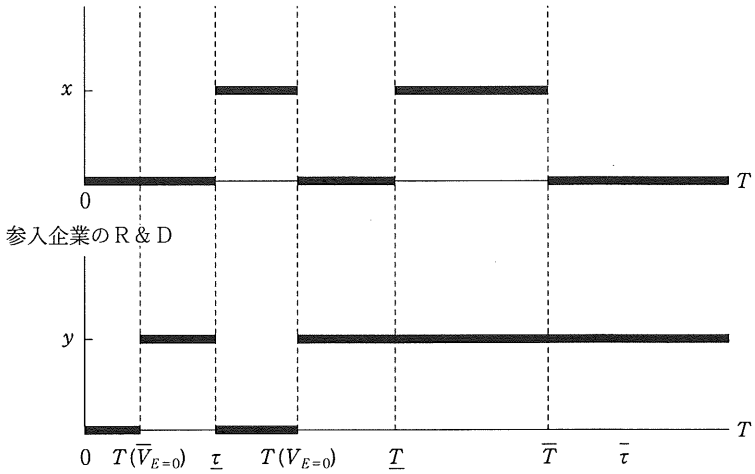


図 3

既存企業の R & D

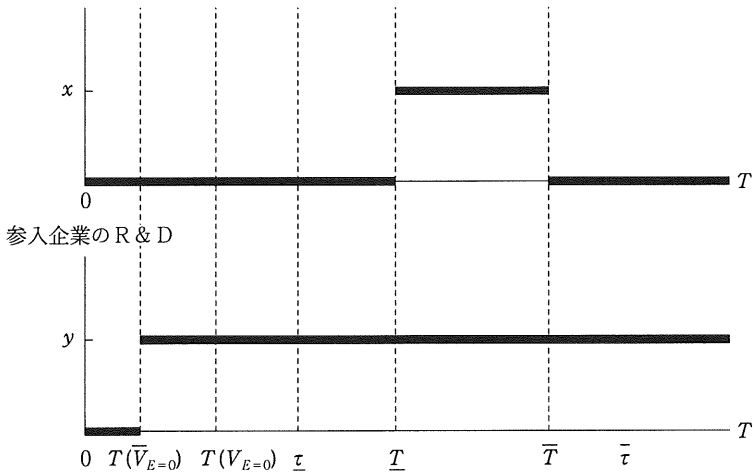


図 4

連続する R & D 競争と特許期間

よって、参入企業の R & D を阻止することが可能となる。

したがって、 $T \in (T(\bar{v}_E=0), \underline{\tau})$ となるときには、参入企業のみが R & D を行い、 $T \in (\underline{\tau}, T(v_E=0))$ となるときには、既存企業のみが R & D を行うことになる。

このケース 1 での既存企業と参入企業の R & D と T との関係をもとめたものが図 3 である。

(ケース 2) : $T(v_E=0) < \underline{\tau}$

ケース 2 ではケース 1 でみたような、既存企業が参入企業の R & D を阻止しようとする場合は生じない。

まず、 $T < T(\bar{v}_E=0)$ となるときについてみると、このときにはどの企業も R & D を行う誘因を持たないので R & D は行われぬ。

次に、 $T > T(\bar{v}_E=0)$ となるときについてみる。 $T < T(v_E=0)$ となるときは、参入企業は既存企業が R & D を行えば R & D を行う誘因を持たないが、 $T < \underline{\tau}$ であるので、このとき既存企業が R & D を行う誘因を持つことはない。

$T > T(v_E=0)$ となるときは、参入企業は既存企業が R & D を行うか行わないかに関わらず R & D を行う誘因を持つ。また、参入企業が R & D を行うときに、既存企業が R & D を行う誘因を持つのは $T \in (\underline{T}, \bar{T})$ となるときである。したがって、 $T \in (T(v_E=0), \underline{T})$ または $T > \bar{T}$ となるときには、参入企業のみが R & D を行い、 $T \in (\underline{T}, \bar{T})$ となるときには、既存企業と参入企業の両方が R & D を行うことになる。

このケース 2 での既存企業と参入企業の R & D と T との関係をもとめたものが図 4 である。

6. ま と め

ここでは、既存企業と参入企業とによる R & D 競争が連続して行われるときに、特許期間がそれら企業の R & D にどのような影響を与えるかについてみた。これをまとめると以下のようなになる。

既存企業と参入企業の両方が R & D を行う有限の特許期間 $T \in (\underline{T}, \bar{T})$ が存在する。 \bar{T} 以上の特許期間では参入企業のみが R & D を行うことになる。また、 \underline{T} 以下の特許期間についてみると、既存企業が参入企業の R & D を阻止する誘因を持つケース 1 と、そのような誘因を持たないケース 2 の存在が言える。

ケース 1 においては、 \underline{T} 以下の特許期間において、参入企業のみが R & D を行う特許期間と既存企業のみが R & D を行う特許期間が存在する。

ケース 2 においては、既存企業のみが R & D を行う特許期間は存在せず参入企業のみが R & D を行う特許期間が存在する。

特許期間が十分短いときには、いずれのケースでも R & D は全く行われな

い。少なくとも特許期間が十分長ければ、R & D が行われるごとに参入企業が既存企業にとって代わることになる。しかし、既存企業が参入企業の R & D を阻止できるケース 1 の場合には、特許期間がある範囲内であれば既存企業はいつまでも既存企業のままでいられることになる。また、ケース 1、ケース 2 のいずれにおいても R & D を最も盛んにさせるためには、既存企業と参入企業の両方が R & D を行うように、特許期間を $T \in (\underline{T}, \bar{T})$ となるよう設定すればよいことになる。

数学注 1 : $\bar{V}_E > V_E$ の証明

$\text{sgn}(V_E - \bar{V}_E) = \text{sgn}(\pi H(T) - (\pi x + K(r+x+y)))$ が成立する。

ただし、 $H(T) \equiv (r+x+y)e^{-(r+y)T} - (r+y)e^{-(r+x+y)T}$ である。

$H'(T) < 0$ であるので、

$\pi H(T) - (\pi x + K(r+x+y)) < \pi H(0) - (\pi x + K(r+x+y)) = -K(r+x+y) < 0$ となる。

したがって、 $V_E - \bar{V}_E < 0$ である。||

数学注 2 : $T(V_E=0) < \underline{T}$ の証明

$T = \underline{T}$ のとき、 $\pi f(\underline{T}) = K(r+x+y)$ となる。ここで、 $K(r+x+y) = \pi A e^{-(r+x+y)T}$ をみたく正の定数 A を考えると、 $\underline{T} = (1/x) \ln(1+A)$ となる。ただし、 $\underline{T} < T^*$ であるので、 $A < x/(r+y)$ である。

連続する R & D 競争と特許期間

$\underline{T} = (1/x) \ln(1+A)$ を用いると、 $\pi(1 - e^{-(r+x+y)\underline{T}}) = \pi(1 - (1+A)^{-(r+x+y)/x})$ となり、 $K(r+2y)(r+x+y)/y = \pi A(1+A)^{-(r+x+y)/x}(r+2y)/y$ となるので、 $x=y$ であるときには、

$$\begin{aligned} & \pi(1 - e^{-(r+x+y)\underline{T}}) - K(r+2y)(r+x+y)/y \\ & = \pi(1 - (1+A)(r+2y)/y)(1+A)^{-(r+x+y)/x} > 0 \end{aligned}$$

が成立することになる。したがって、(12)に注意すると

$T(V_E=0) < \underline{T}$ であることが分かる。||

数学注 3 : $T(\bar{V}_E=0) < \underline{T}$ の証明

$K(r+x) = \pi B e^{-(r+x)\tau}$ をみたす正の定数 B を考え、(13)に注意すれば、数学注 2 と同様にして証明できる。||

数学注 4 : $T(V_E=0) > \underline{T}$, $T(V_E=0) < \underline{T}$ となる場合が存在することの証明

数学注 2, 3 で考えた A, B を用いて証明する。 $A > B$ であることは明らかである。

$$\pi(1 - e^{-(r+x+y)\underline{T}}) - K(r+2y)(r+x+y)/y = \pi(1 - Z(A, B)).$$

ただし、 $Z(A, B) \equiv A(1+A)^{-(r+x+y)/x}(r+2y)/y + (1+B)^{-(r+x+y)/x}$ 。

(i) $A \approx B > 0 \Rightarrow Z \approx (1+A)(r+2y)/y(1+A)^{-(r+x+y)/x} < 1$

(ii) $A > B \approx 0 \Rightarrow Z > 1$

という関係が成立することが分かる。したがって、(12)に注意すると(i)のときには $T(V_E=0) > \underline{T}$ となり、(ii)のときには $T(V_E=0) < \underline{T}$ となることが分かる。||

参 考 文 献

- Aghion, P. and Howitt, P., 1992, A Model of Growth through Creative Destruction, *Econometrica*, 60, 323-352.
- Dasgupta, P. and Stiglitz, J., 1980, Uncertainty, Industrial Structure and the Speed of R & D, *Bell Journal of Economics*, 11, 1-28.
- Grossman, G. M. and Helpman, E., 1991, Quality Ladders in the Theory of Growth, *Review of Economic Studies*, 58, 43-61.
- Louly, G., 1979, Market Structure and Innovation, *Quarterly Journal of Economics*, 94, 429-436.