離散的自由参入下での最適特許期間

常　廣　泰　貴

概　要

対称的な企業による自由参入下でのR&D競争について考える。自由参入する企業の数を連続的な実数ではなく離散的な自然数に限って分析を行う。この場合，最適な特許期間は無限大だけではなく有限の値をとる場合があることを示す。

1　はじめに

R&D競争と最適な特許期間についての分析は数多くあるが，対称的な企業が自由参入する場合での分析としてDenicòlo (1999) が挙げられる。
最適特許についてはNordhaus (1969), (1972) やScherer (1972) などによってR&Dに不確実性のない場合が分析されたが，Denicòlo (1999) はそれらをR&Dに不確実性がある場合へ拡張して分析を行っている。

ただし，Denicòlo (1999) では自由参入する企業の数が実数の値を取れるとされているので，企業の数は連続的に変化することが可能となっている。ところで企業の数は自然数であるとするのが現実的と考えられるので，本稿では自由参入する企業の数を自然数であるとして分析を行うことにする。すなわち，本稿では企業の数は離散的にしか変化しない場合を想定する。

企業の数を実数にすると，特許期間が連続的に変化すれば生産者余剰や消費者余剰，それらの和である社会的総余剰も連続的に変化することになる。ところが，企業の数を自然数に限れば，特許期間が連続的に変化したとしても生産者余剰や消費者余剰，そして社会的総余剰は連続的に変化するのではなく非連

続的に変化することになる。このような非連続的変化が経済厚生に与える影響についてみることにする。

構成は以下のとおりである。第2章で分析の基本となるモデルを提示し，第3章で社会的総余剰で表される経済厚生についてみる。第4章で最適な特許期間について明らかにする。最後に第5章でまとめを示す。

2 モ　デ　ル

対称的な企業によるR&D競争を考える。新技術の開発に最初に成功した企業にはそれに対する特許が与えられ，特許期間中は新技術を独占的に使用できるとする。ただし，新技術は特許期間が過ぎると他企業も自由に使用できるとする。新技術を独占的に使用することによって得られるフローの利得を π，特許期間を T，割引率を r とする。

特許によってもたらされる利得を特許開始時点で評価したものを Π とすると，

$$\Pi=\int_0^T \pi e^{-rt}dt=(1-e^{-rT})\frac{\pi}{r} \tag{1}$$

となる。

Loury (1979) や Dasgupta and Stiglitz (1980) にならって，R&D投資はR&D開始時点に一括して行われとするが，簡単化のためR&D投資とR&D成功確率を表す hazard rate は一定であるとする。R&D投資と hazard rate が一定であるとした分析としては Weeds (2002) などがある。

また，R&D競争への自由参入を想定するが参入する企業数は実数ではなく，自然数であるとする。

企業数が n であるときの，各企業の期待利得の割引現在価値を V とすると，

$$V=\frac{\Pi h}{r+nh}-K \tag{2}$$

となる。ただし，h は hazard rate で K はR&D投資である。

V は Π と n に依存するので，それを明示して $V=V(\Pi, n)$ と表すことにする。自由参入を想定しているので，企業は $V(\Pi, n)\geq 0$ である限り R&D 競争が行われる市場に参入することになる。$V(\Pi, n)$ が n の減少関数であることに注意すると，Π が与えられた下で参入企業の数が $n=m$ に定まるのは，次の二つの不等式，

$$V(\Pi, m)\geq 0, \tag{3}$$

$$V(\Pi, m+1)<0 \tag{4}$$

が同時に成立しているときとなる。

二つの不等式のうち，(3)は Π が与えられた下で参入企業の企業数が $n=m$ であれば，参入する企業の期待利得の割引現在価値は少なくとも負にはならないことを示している。また，(4)は Π が与えられた下で参入する企業の企業数が $n=m+1$ となれば，参入する企業の期待利得の割引現在価値が負になってしまうことを示している。

(2)より，二つの不等式が同時に成立するのは，

$$\Pi h-K(r+mh)\geq 0, \tag{5}$$

$$\Pi h-K(r+(m+1)h)<0 \tag{6}$$

が同時に成立するときとなる。

少なくとも，参入する企業が一つは存在する場合を考えるので，次の仮定が成立するものとする。

仮定 1

$$\Pi h-K(r+h)\geq 0.$$

参入する企業の数が $n=m$ のときに，参入する企業の期待利得の割引現在価値 $V(\Pi, m)$ をちょうどゼロにする Π の値を $\Pi(m)$ で表すと，$V(\Pi(m), m)=0$ より，

$$\Pi(m)=\frac{rK}{h}+mK \tag{7}$$

が得られる。

同様の考察を $n=m+1$ の場合に適用すると，

$$\Pi(m+1)=\frac{rK}{h}+(m+1)K \tag{8}$$

が得られるので，

$$\Pi(m+1)=\Pi(m)+K \tag{9}$$

という関係が成立していることが分かる。

いま，$\Pi(m)\leq\Pi<\Pi(m+1)$ という関係が成立しており，参入する企業の数が $n=m$ であったとする。このとき，m は，

$$\frac{\Pi h-(r+h)K}{Kh}<m\leq\frac{\Pi h-rK}{Kh} \tag{10}$$

を満たす自然数となる。

Π が $\Pi(m+1)$ よりも大きくなれば（ただし，$\Pi(m+2)$ 以下），参入する企業が一つ増えて企業の数は $n=m+1$ となる。このことより，参入する企業の数が $n=m$ のときでの期待利得の割引現在価値 $V(\Pi, m)$ についてみると，$V(\Pi, m)$ の最小値は $V(\Pi(m), m)=0$ で，$V(\Pi, m)$ の上限は $V(\Pi(m+1), m)$となることが分かる。

同様に，参入する企業の数が $n=m-1$ のときの期待利得の割引現在価値 $V(\Pi, m-1)$ についてみると，$V(\Pi, m-1)$ の最小値は $V(\Pi(m-1), m-1)=0$ で，$V(\Pi(m-1)$ の上限は $V(\Pi(m-1), m)$ となることが分かる。

$V(\Pi, m-1)$ の上限 $V(\Pi(m-1), m)$ と $V(\Pi, m)$ の上限 $V(\Pi(m+1), m)$ とを比較すると，

$$\begin{aligned}V(\Pi(m-1), m)-V(\Pi(m+1), m)&=\frac{Kh}{r+(m-1)h}-\frac{Kh}{r+mh}\\&=\frac{Kh^2}{(r+(m-1)h)(r+mh)}\end{aligned} \tag{11}$$

が得られる。

すなわち，$V(\Pi(m-1), m)>V(\Pi(m+1), m)$ となるので，参入する企業

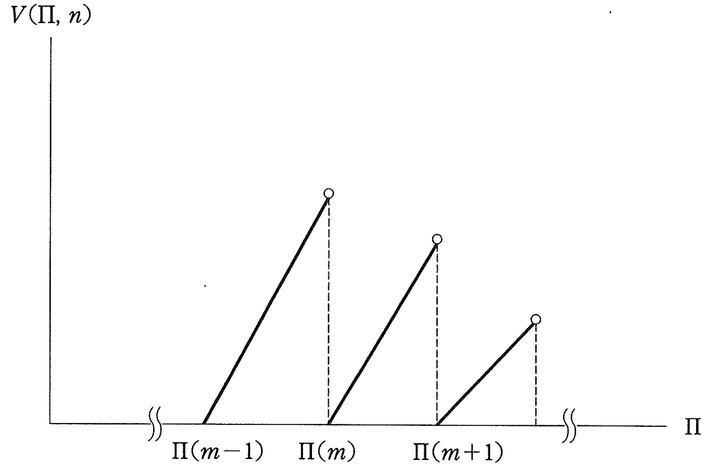

図1

の数を一定とする下での各企業の期待利得の割引現在価値の上限は，参入する企業の数が増加するにつれて減少することが分かる。Π と $V(\Pi, n)$ との関係を図示すると図1が得られる。

3　経　済　厚　生

ここでは，Π と経済厚生との関係についてみる。経済厚生は生産者余剰と消費者余剰との和である社会的総余剰で表されるものとする。まず，産業全体での期待利得の割引現在価値の合計である生産者余剰についてみる。

参入する企業の数が n のときの生産者余剰を $PS(\Pi, n)$ で表すと，

$$\begin{aligned} PS(\Pi, n) &= nV(\Pi, n) \\ &= n\left(\frac{\Pi h}{r+nh} - K\right) \qquad (12) \end{aligned}$$

となる。

参入する企業の数を一定とする下で，生産者余剰は Π の増加関数となることは明らかである。参入する企業の数が $n=m-1$ のときと $n=m$ のときの生

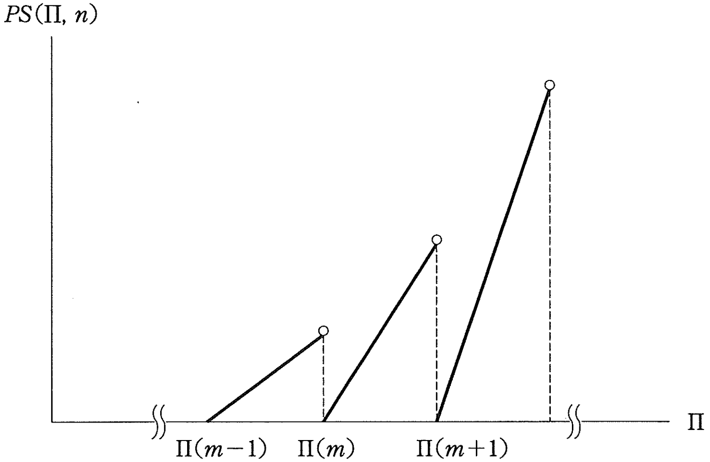

図 2

産者余剰の上限は，それぞれ $PS(\Pi(m), m-1)$, $PS(\Pi(m+1), m)$ であり，それらの値を比較すると，

$$\begin{aligned} PS(\Pi(m+1), m) - PS(\Pi(m), m-1) &= mV(\Pi(m+1), m) \\ &\quad -(m-1)V(\Pi(m), m-1) \\ &= \frac{rKh}{(r+(m-1)h)(r+mh)} \end{aligned} \tag{13}$$

となるので，$PS(\Pi(m), m-1) < PS(\Pi(m+1), m)$ であることが分かる。このことを踏まえて，Π と $PS(\Pi, n)$ との関係を図示すると図 2 が得られる。

参入する企業の数を一定とする下での，各企業の期待利得の割引現在価値の上限は，参入する企業の数が増加するにつれて減少したが，生産者余剰の上限は参入する企業の数の増加につれて増加することが分かる。

次に，消費者余剰についてみる。新技術が開発される前のフローの消費者余剰を c_1 とし，新技術が開発された後のフローの消費者余剰を c_2 とする。技術開発によって消費者の状態は悪くはならないものとする。すなわち $c_2 \geq c_1$ が

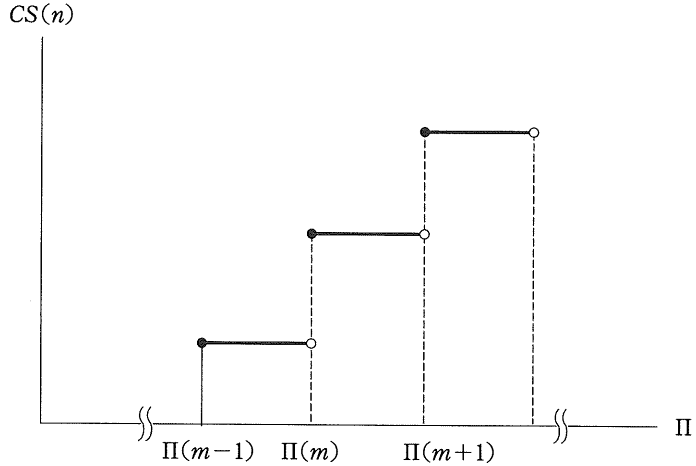

図3

成立するものとする。

参入する企業の数が n のときの消費者余剰を $CS(n)$ で表すと，

$$CS(n)=\frac{\frac{c_2}{r}nh+c_1}{r+nh} \tag{14}$$

となる。

参入する企業の数が $n=m-1$ のときと $n=m$ のときの，消費者余剰を比較すると，

$$CS(m)-CS(m-1)=\frac{(c_2-c_1)h}{(r+(m-1)h)(r+mh)} \tag{15}$$

であるので，$CS(m)>CS(m-1)$ であることが分かる。このことを踏まえて，Π と $CS(n)$ の関係を図示すると図3が得られる。

Π の増加は参入する企業の数を増加させるが，消費者余剰は企業数が増加した瞬間に非連続的に増加することが分かる。

社会的総余剰についてみると，参入する企業の数が n のときの社会的総余剰を $SW(\Pi, n)$ とすると，

$$SW(\Pi, n)=PS(\Pi, n)+CS(n)$$
$$=\frac{\left(\Pi+\frac{c_2}{r}\right)nh+c_1}{r+nh}-nK \tag{16}$$

となる。

参入する企業の数を一定とする下では，生産者余剰は Π の増加関数であり，消費者余剰は一定であった。したがって，参入する企業の数を一定とする下では，社会的総余剰は Π の増加関数となることが分かる。参入する企業の数が $n=m-1$ のときの社会的総余剰の上限 $SW(\Pi(m), m-1)$ と参入する企業の数が $n=m$ のときの社会的総余剰の最小値 $SW(\Pi(m), m)$ とを比較する。

$$SW(\Pi(m), m-1)-SW(\Pi(m), m)$$
$$=\frac{[(r+mh)(m-1)K-(c_2-c_1)]h}{(r+(m-1)h)(r+mh)} \tag{17}$$

となることより，次の関係が成立することが分かる。

$$sgn[SW(\Pi(m), m-1)-SW(\Pi(m), m)]$$
$$=sgn[(r+mh)(m-1)K-(c_2-c_1)]$$

ここで，$H\equiv(r+mh)(m-1)K-(c_2-c_1)$ と定義する。$H\geq 0$ であるときには，社会的総余剰は Π の増加関数となる。ただし，$H=0$ のときには連続となるが，$H>0$ のときには非連続となる。$H>0$ のときについて図示したものが図 4-Aである。

$H<0$ のときには，参入する企業の数が増えた瞬間に社会的総余剰は減少することになる。参入する企業の数が $n=m-1$ のときの社会的総余剰の最小値 $SW(\Pi(m-1), m-1)$ と参入する企業の数が $n=m$ のときの社会的総余剰の最小値 $SW(\Pi(m), m)$ とを比較すると，$PS(\Pi(n), n)=0$ および $CS(m)>CS(m-1)$ であることより，$SW(\Pi(m-1), m-1)<SW(\Pi(m), m)$ となることが分かる。

参入する企業の数が $n=m-1$ のときの社会的総余剰の上限 $SW(\Pi(m),$

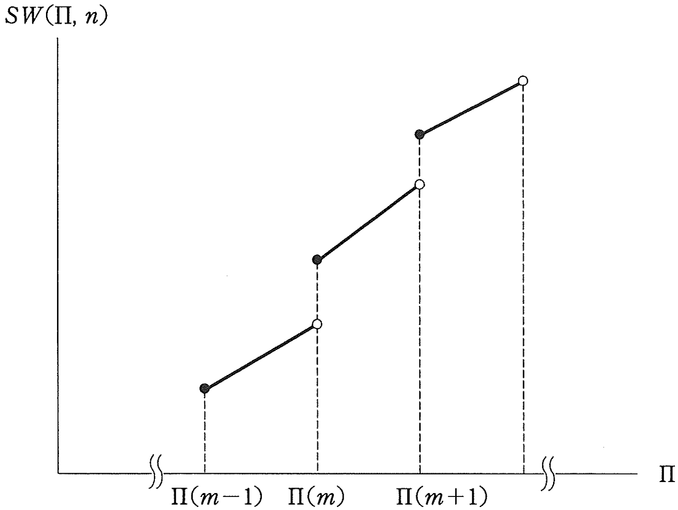

図４－A

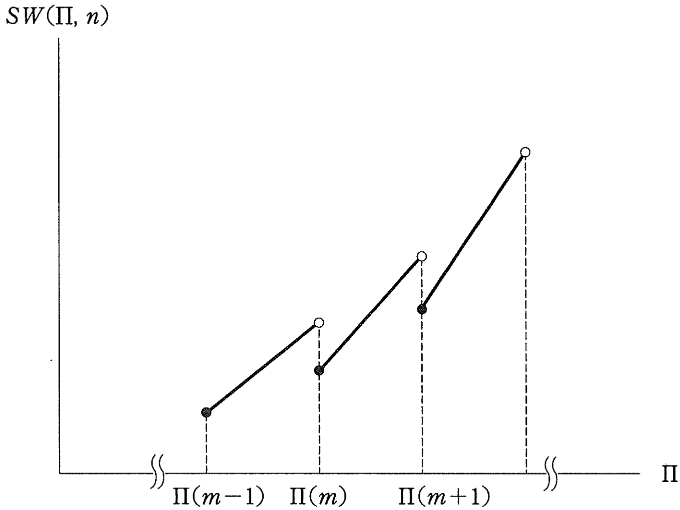

図４－B

$m-1)$ と参入する企業の数が $n=m$ のときの社会的総余剰の上限 $SW(\Pi(m+1), m)$ とを比較すると,

$$SW(\Pi(m+1), m)-SW(\Pi(m), m-1)$$
$$=\frac{rK+(c_2-c_1)h}{(r+(m-1)h)(r+mh)} \tag{18}$$

となることより, $SW(\Pi(m), m-1)<SW(\Pi(m+1), m)$ という関係が成立することが分かる。

$H<0$ となるときでの, 社会的総余剰と Π との関係を図示すると図 4 - B が得られる。

4　最適特許期間

上では, 経済厚生を表す社会的総余剰と Π との関係をみたが, ここでは社会的総余剰を最大にする最適な特許期間 T についてみることにする。(1)より, Π は特許期間 T の増加関数となることは明らかである。

$H\geq 0$ となるときには, 社会的総余剰は Π の増加関数となった。Π は特許期間 T の増加関数であるので, 次の命題が得られる。

命題 1

$H\geq 0$ のとき, 最適な特許期間 T は $T=\infty$ となる。

$H<0$ となるときについてみると, 参入する企業の数が一定である下では, Π が増加すれば社会的総余剰も増加するが, 企業の数が増加する瞬間において非連続的に社会的総余剰は減少することになった。

特許期間 T が無限大のときの Π の値は, $\lim_{T\to\infty}\Pi=\pi/r$ である。

また, 特許期間 T が無限大のときに, 参入する企業の数が $n=l$ であるとする。このときの社会的総余剰は $SW(\pi/r, l)$ となる。$SW(\pi/r, l)$ と $SW(\Pi(l), l-1)$ とを比較することにより, 次の命題が得られる。

命題2

$H<0$ のとき，最適な特許期間 T は $SW(\pi/r, l) \geq SW(\Pi(l), l-1)$ であれば $T=\infty$ とすることによって得られ，$SW(\pi/r, l) < SW(\Pi(l), l-1)$ であれば $T<T^*$ の下で，T をできる限り T^* に近づけることによって得られる。ただし，

$$T^*=\ln\left(\frac{(\pi/r)h}{(\pi/r)h-(r+lh)K}\right)^r \text{ である。}$$

T^* は（1）より，$\Pi(l)=(1-e^{-rT^*})\pi/r$ であることと，（7）より，$\Pi(l)=rK/h+lK$ であることより求まる。

$SW(\pi/r, l) \geq SW(\Pi(l), l-1)$ となるとき，すなわち，特許期間 T が無限大のときでの社会的総余剰の方が，参入する企業の数が特許期間 T が無限大のときの企業の数よりも1つだけ小さくなるときでの社会的総余剰の上限よりも大きいときには，最適な特許期間 T は無限大となる。

一方，$SW(\pi/r, l) < SW(\Pi(l), l-1)$ となるときでは，最適な特許期間 T は $T<T^*$ の下で，できる限り T^* に近づけることによって得られるが，これは参入する企業の数を特許期間 T が無限大のときの企業の数よりも1つだけ小さい値に定める下で，できる限り長くするればよいことを意味する。

$T^*<\infty$ であるので，このとき最適な特許期間 T は有限の値をとることになる。

5　ま　と　め

対称的な企業がR&D競争に自由参入する下での最適な特許期間についてみた。ただし，自由参入する企業の数は自然数 $n=1, 2, \ldots$ に限るとした。もし，自由参入する企業の数が実数の値をとれるとするならば，特許期間を連続的に変化させたとき，経済厚生を表す社会的総余剰も連続的に変化することに

なる。この場合には，最適な特許期間は無限大となる。

自由参入する企業の数を自然数に限れば，特許期間が連続的に変化しても社会的総余剰は非連続的に変化することになる。この場合，最適な特許期間はある条件下では無限大となるが別の条件下では有限の値をとることが分かった。このように，自由参入する企業の数を自然数に限れば，最適な特許政策に影響を及ぼすことが分かった。ただし，ここでは，R&D 投資と hazard rate の値を固定して分析を行った。それらの値が内生的に決定される場合については今後の課題としたい。

参 考 文 献

Dasgupta, P. and Stiglitz, J., 1980, Uncertainty, industrial structure and the speed of R&D. Bell Journal of Economics, 11, 1-28.

Denicòlo, V., 1999. The optimal life of a patent when the timing of innovation is stochastic. International Journal of Industrial Organization, 17, 827-846.

Loury, G. C., 1979. Market structure and innovation. Quarterly Journal of Economics, 93, 395-410.

Nordhaus, W., 1969. Invention, Growth and Welfare: A Theoretical Treatment of Technological Change. MIT Press, Cambridge.

Nordhaus, W., 1972. The optimal life of a patent: Reply. American Economic Review, 62, 428-431.

Scherer, F. M., 1972. Nordhaus' theory of optimal patent life: A geometric reinterpretation. American Economic Review, 62, 422-427.

Weeds, H., 2000. Strategic delay in a real options model of R&D competion. Review of Economic Studies, 69, 729-747.