

既存企業と参入企業の R&D 競争と 期待成長率

常 廣 泰 貴

1 はじめに

既存企業と参入企業による R&D 競争について、R&D の段階が複数ある場合での分析を行う。このような複数段階での R&D 競争については内生的成長理論などによる数多くの分析があるが、その中のものとして Denicolò and Zanchettin (2010), (2012) をあげることができる。実証的に企業の成長率は企業規模と独立で一定であることが知られているが、Denicolò and Zanchettin (2012) ではそれとは異なる結論、すなわち企業規模が大きくなるにつれて成長率が減少することが示されている。本稿では、企業の成長率が企業規模とは独立で一定であるためには、どのような条件が必要であるのかについてモデル分析を行うことにする。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する。第 3 章では期待成長率とフローの利得や R&D コストなどとの関係についてみる。最後に第 4 章でまとめを示す。

2 モデル

既存企業一社と自由参入下での複数の参入企業との R&D 競争について簡単なモデルを用いて考察を行う。既存企業はフローの利得を得ているが、そのフローの利得は参入企業との R&D 競争に勝利するにつれて段階をおって増加していくものとする。すなわち、既存企業と参入企業の技術水準の差が既存企業の勝利につれてだんだんと大きくなっていき、そのリードの差を段階とし

既存企業と参入企業の R&D 競争と期待成長率

て表す。この段階は 1 段階、2 段階というように既存企業の勝利につれて 1 つずつ増えていき、段階が進むにつれて既存企業のフローの利得も増加していくとする。1 段階リードの場合でのフローの利得を $\pi(1)$ 、2 段階リードの場合でのフローの利得を $\pi(2)$ というように i 段階リードの場合での既存企業のフローの利得を $\pi(i)$ で表す。このとき $\pi(1) < \pi(2) < \dots < \pi(i)$ という関係が成立するものとする。

簡単化のため既存企業と参入企業の R&D の成功確率は同じ値であるとし、それを $p(0 \leq p \leq 1)$ とする。この成功確率 p は R&D の段階によらず変わらないとするが、R&D に掛かる費用は R&D の段階に応じて変化するものとする。

まず、既存企業の期待利得の割引現在価値についてみることにする。R&D を行う場合、 i 段階リードしている既存企業の期待利得の割引現在価値 $V_i(i)$ は、

$$V_i(i) = \pi(i) + p(1-p)^{n(i)-1} \delta V_i(i+1) + (1-p)^{n(i)} \delta V_i(i) - c\gamma^i \quad (1)$$

と表される。

ここで、 $n(i)$ は R&D を行う企業数、 $\delta(0 < \delta < 1)$ は割引率、 $c\gamma^i$ は R&D コストを表している。(1)の右辺の第一項 $\pi(i)$ は i 段階リードでのフローの利得である。既存企業が R&D の勝者になるのは、ライバル企業の全てが R&D に失敗し、自分だけが R&D に成功したときである。それを表す確率が $p(1-p)^{n(i)-1}$ である。 i 段階リードしている既存企業が R&D に勝てば、参入企業との技術水準のリードが 1 段階上がり、 $i+1$ 段階リードの既存企業に変わることになる。(1)の右辺の第二項は $i+1$ 段階リード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 競争に勝つ場合の確率を考慮し、割引率 δ を用いて現段階で評価した値を表している。

既存企業は R&D に成功しなくてもライバル企業の全てが R&D に成功しなければ、 i 段階リードの既存企業のままでいられる。このときの既存企業の期待利得の割引現在価値を、既存企業を含め全ての企業が成功しない場合の確率を考慮し、割引率 δ を用いて現段階で評価した値が(1)の右辺の第三項で

ある。また、ライバル企業の少なくとも一社が R&D に成功した場合には、既存企業は R&D に失敗した場合と同様に R&D に成功したとしてもその利得はゼロとなるものとする。これは複数の企業が R&D に成功した場合には製品市場での価格競争により、どの企業も利得は得られなくなることによるものである。

R&D コストは(1)の右辺の第四項で表されている。第四項の c および γ は正の定数である。R&D コストは γ が 1 に等しいときには R&D 競争の段階によらず一定であるが、 γ が 1 よりも大きいときには R&D 競争の段階が進むにつれて逡増していき、 γ が 1 よりも小さいときには R&D コストは逡減していくことになる。R&D コストが逡増する場合は R&D の段階が進むにつれて技術開発が困難になり、R&D コストが逡減する場合は R&D の段階が進むにつれて技術開発が容易になる。R&D コストが逡減する場合は R&D の経験が豊富になればなるほど技術開発が容易になると考えられるので、この場合は R&D に学習効果が働く場合と解釈できる。

(1)より、 i 段階リードしている既存企業の期待利得の割引現在価値 $V_i(i)$ は、

$$V_i(i) = \frac{\pi(i) - c\gamma^i + p(1-p)^{n(i)-1}\delta V_i(i+1)}{1 - (1-p)^{n(i)}\delta} \quad (2)$$

とまとめることができる。

次に、参入企業の割引現在価値についてみる。参入企業は全て対称的であるとす。既存企業が i 段階リードしているときに R&D を行う参入企業の期待利得の割引現在価値 $V_E(i)$ は、

$$V_E(i) = p(1-p)^{n(i)-1}\delta V_i(1) - d - F \quad (3)$$

となる。

ここで、 d は R&D コストであり、 F は R&D 競争に参入するための参入コストである。参入企業が R&D 競争に勝つのは、当該の参入企業のみが R&D に成功し、既存企業とその他全ての参入企業が R&D に失敗した場合である。参入企業は R&D 競争に勝てば 1 段階リードの既存企業になることができる。

既存企業と参入企業の R&D 競争と期待成長率

(3)の右辺の第一項は1段階リードの既存企業として得られる期待利得の割引現在価値を参入企業が R&D 競争に勝つ確率を考慮し、割引率 δ を用いて現段階で評価した値を表している。

参入企業の自由参入を想定しているので、その条件として、

$$V_E(i) = 0 \quad (4)$$

が成立する。

(3), (4)より、

$$p(1-p)^{n(i)-1} = \frac{d+F}{\delta V_I(1)} \quad (5)$$

が得られる。

$V_I(1)$ は1段階リードの既存企業の割引現在価値であり、これを一定とする。 $V_I(1)$ が一定であると(5)より R&D 競争を行う企業数 $n(i)$ は R&D の段階 i によらず一定となることが分かる。以下では、一定となる企業数を $n(=n(i))$ で表す。

既存企業が R&D を行わない場合についてみる。このときの企業数は(5)が成立するように決定されるので、既存企業が R&D を行う場合と同じとなる。既存企業が R&D を行わない場合での i 段階リードしている既存企業の期待利得の割引現在価値 $V_i(i)$ は、

$$V_i(i) = \pi(i) + (1-p)^n \delta V_i(i) \quad (6)$$

となり、

$$V_i(i) = \frac{\pi(i)}{1 - (1-p)^n \delta} \quad (7)$$

が得られる。

(2)と(7)を比較することにより、

$$p(1-p)^{n-1} \delta V_i(i+1) - c\gamma^i > 0 \quad (8)$$

という関係が成立すれば、既存企業は R&D を行う誘因を持つことが分かる。ここでは既存企業が R&D を行う場合を想定するので、(8)で示される関係が成立するものとする。

(8)は(5)より,

$$\frac{V_i(i+1)}{V_i(1)}(d+F) - c\gamma^i > 0 \quad (9)$$

と表すことができる。

また、(5)より(2)は,

$$V_i(i) = \left(\frac{\pi(i) - c\gamma^i + \frac{d+F}{\delta V_i(1)} V_i(i+1)}{[p V_i(1) - (d+F)] + p(d+F)} \right) p V_i(1) \quad (10)$$

と表すことができる。

3 期待成長率

ここでは、既存企業の期待成長率についてみる。R&Dの成功確率は一定値 p であり、企業数も(5)でみたように一定 ($n=n(i)$) となるので、既存企業が現在の i 段階から次の $i+1$ 段階へと移行する期待期間はR&Dの段階によらず一定となる。どの段階でのR&Dにおいても次の段階への移行期間が同じと期待される。

ここでは、

$$\frac{V_i(i+1) - V_i(i)}{V_i(i)} = \frac{V_i(i+1)}{V_i(i)} - 1 \quad (11)$$

によって既存企業の期待成長率を表すことにする。(11)から分かるように期待成長率に影響するのは $V_i(i+1)/V_i(i)$ であるが、(10)より、これは、

$$\frac{V_i(i+1)}{V_i(i)} = \frac{(\pi(i+1) - c\gamma^{i+1}) V_i(1) + (d+F) V_i(i+2)}{(\pi(i) - c\gamma^i) V_i(1) + (d+F) V_i(i+1)} \quad (12)$$

と表される。

実証的に企業の成長率は企業規模によらず一定であることが知られている。このときの企業分布はパレート分布と呼ばれるベキ分布に従うことになる。⁽¹⁾ま

(1) パレート分布については Simon (1955) による考察があり、Sato (1970) はその考察をさらに一般化している。

既存企業と参入企業の R&D 競争と期待成長率

た、企業の期待成長率が企業規模から独立して一定となるのは、比例効果と呼ばれる法則が働くからであるが、これについては、足立 (2004), (2006) による理論的な基礎付けがなされている。

ここでは既存企業の期待成長率が R&D の段階によらず一定となる場合について分析を行うが、(11)より、それが一定となるためには $V_i(i+1)/V_i(i)$ が一定であればよいことが分かる。そこで、その一定値を $\theta(>1)$ とする。

$$\frac{V_i(i+1)}{V_i(i)} = \theta. \quad (13)$$

(13) より、

$$V_i(i) = \theta^{i-1} V_i(1) \quad (14)$$

となることが分かる。

(14)を(12)に代入して整理すると、

$$\frac{V_i(i+1)}{V_i(i)} = \frac{(\pi(i+1) - c\gamma^{i+1}) + (d+F)\theta^{i+1}}{(\pi(i) - c\gamma^i) + (d+F)\theta^i} \quad (15)$$

が得られる。

(15)より(13)が成立するためにはフローの利得と R&D コストの差が、

$$\pi(i) - c\gamma^i = \beta\theta^i \quad (16)$$

という関係を満たせばよいことが分かる。ただし、 β は正の定数である。

ところで、(9), (14)より、既存企業が R&D を行うためには、

$$\left(\frac{\theta}{\gamma}\right)^i > \frac{c}{d+F} \quad (17)$$

が成立することが必要となる。

(14), (16)を(10)に代入して整理すれば、1段階リードの既存企業の割引現在価値 $V_i(1)$ は、

$$V_i(1) = \beta + \left(\frac{1-p}{p} + \theta\right)(d+F) \quad (18)$$

と表されることになる。

参入企業が R&D 競争に勝てば、1段階リードの既存企業として市場に参

入できる。既存企業の期待利得の現在価値は1段階リードの場合が最小であり、その現在価値は最小値からR&Dの段階を重ねるごとに大きくなっていく。期待利得の割引現在価値で企業規模が表されるとすると、参入企業による新規参入は最少規模のものからと考えることができる。ここではR&Dの成功確率と企業数が一定であるので、新規参入が起こる確率も一定となる。

(16)でみたように、既存企業の期待成長率がR&Dの段階によらず一定となるためには、フローの利得とR&Dコストの差が期待成長率と同じ率で成長すればよいことになる。ただし、(17)の関係が成立しなければ既存企業はR&Dを行う誘因を持たなくなる。例えば、 $\gamma > \theta (> 1)$ であったとすると、既存企業は最初R&Dを行ったとしてもR&Dの段階がある程度進むとそれ以上R&Dを行わなくなってしまうことになる。このようにR&Dの段階が進むにつれてR&Dコストが逡増するような場合では、そのコストの逡増率が期待成長率よりも大きければ、既存企業はいずれR&Dを行わなくなりその成長がストップすることになる。

R&Dの段階が進むにつれてR&Dコストが逡減する場合は、R&Dの段階が進んだとしても(17)の関係が成立するので、既存企業はR&Dを行う誘因を失うことはない。例えば、学習効果などによってR&Dコストが逡減するなら、既存企業はR&Dを行う誘因をどの段階でも持つことになる。また、たとえR&Dの段階が進むにつれてフローの利得が逡減するとしても、(17)の関係が満たされる限り既存企業はR&Dを行うことになる。

4 結 語

ここでは、自由参入下で、既存企業と参入企業がR&D競争を行う場合、R&D競争と企業の期待成長率との関係について分析を試みた。実証的に企業の期待成長率は企業規模とは関係なく一定であり、企業規模はパレート分布に従うことが知られている。ここで分かったことは、企業の期待成長率が一定となるためには、企業が現在得ているフローの利得と将来の技術を得るためのR&

既存企業と参入企業の R & D 競争と期待成長率

D コストの差が一定率で成長する必要があるということである。ただし、ここでの分析では既存企業や参入企業の R & D の成功確率は同じ値であるとし、その値は R & D コストや R & D の段階などによらず一定であるとした。R & D の成功確率が R & D コストや R & D の段階によって影響を受ける場合については今後の課題としたい。

参 考 文 献

- Denicolò, V. and Zanchettin, P. 2010. Competition, market selection and growth. *Economic Journal* 120, 761-85
- Denicolò, V. and Zanchettin, P. 2012. Leadership cycles in a quality-ladder model of endogenous growth. *Economic Journal* 122, 618-50.
- Sato, K., 1970. Size, growth, and skew distribution. Discussion Paper 145, SUNNY at Buffalo.
- Simon, H. A. 1955. On a class of skew distribution. *Biometrika* 82, 425-40.
- 足立英之 (2004) 「経済動学と競争均衡」『国民経済雑誌』第189巻第4号
- 足立英之 (2006) 「企業の規模分布, 規模の経済性および経済成長」『流通科学大学論集』第15巻第1号