

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

常 廣 泰 貴

神戸学院経済学論集

第56巻 第4号 抜刷

令和7年3月発行

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

常 廣 泰 貴

概要

2 企業による 2 段階の R&D 競争において、第 1 段階の R&D を先に完成させたリーダーとその開発に遅れたフォロアーのハザードレート (R&D の瞬間的成功確率) の比較を行う。R&D 投資がフロー投資の場合、同じ開発段階でのリーダーとフォロアーのハザードレートは等しくなることが示されている。ここでは R&D 投資が一括投資である場合を分析する。リーダーとフォロアーの第 2 段階の R&D でのハザードレートは、第 1 段階の R&D 開発効率の影響により、それらの値が等しくなる場合だけではなく、リーダーまたはフォロアーの方が大きくなる場合があることを示す。

1 はじめに

2 企業による 2 段階の R&D 競争についてみる。企業は第 2 段階の R&D をライバル企業よりも先に完成させれば利得を得ることができる。第 2 段階の R&D 開発に進むためには、第 1 段階の R&D を完成させることが必要である。第 1 段階の R&D をライバル企業よりも先に完成させた企業をリーダーと呼び、先を越された企業をフォロアーと呼ぶ。リーダーとなった企業が第 2 段階の R&D 開発に成功する前に、フォロアーとなった企業が第 1 段階の R&D を完成させれば、フォロアーはリーダーと同じ第 2 段階の R&D 開発で競争することになる。

Grossman and Shapiro (1987) このような 2 企業による 2 段階の R&D 競争について分析を行った。そこでの R&D 投資は Lee and Wilde (1980) 型のフ

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

⁽¹⁾
ロー投資であり、R&D 開発期間中にいつでもその値を変更することが可能である。R&D の瞬時的成功確率であるハザードレートについてみると、第 1 段階の R&D をフォロアーが完成させる前では、リーダーのハザードレートの方がフォロアーのハザードレートより大きくなり、フォロアーが第 1 段階の R&D を完成させリーダーに追いつくと、リーダーのハザードレートはさらに大きくなることが示された。また、第 2 段階の R&D でフォロアーが決定するハザードレートも大きくなったリーダーのハザードレートと同じとなることが示されている。フローの R&D 投資のもとでは、企業が同じ段階の R&D の開発を行っている場合、2 企業のハザードレートは等しくなる。

本稿では R&D 投資がフロー投資ではなく Loury (1979) 型の一括投資である⁽²⁾場合を分析する。R&D 投資は各 R&D の開発開始時点で決定され、開発期間中での変更は行えないとする。このとき 2 企業が決定するハザードレートについて比較を行う。

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。続く、第 3 章で第 2 段階の R&D 競争についてみる。第 4 章では第 3 章の結果を踏まえて、第 1 段階の R&D 競争についてみる。第 5 章で結語を示す。

2 モデル

2 企業による 2 段階の R&D 競争を考える。2 企業を企業 A と企業 B とする。R&D 投資は Loury (1979) のように R&D 開始時点に一括して行われる。企業 A と企業 B は第 1 段階の R&D を同時に開始する。第 1 段階の R&D を完成させれば、第 2 段階の R&D に進むことができる。ライバル企業よりも先に第 2 段階の R&D を完成すれば R&D 競争の勝者となり利得を得ることがで

(1) Lee and Wilde (1980) 型の R&D 投資を用いた分析は Reinganum (1983) などを始めとして数多くのものがある。

(2) Dasgupta and Stiglitz (1980), Denicolò (1999), (2000) などは Loury (1979) 型の R&D 投資を用いた分析を行っている。

きる。また、ライバル企業の行っている R&D が何段階目のものであるかは観察できる。

第1段階の R&D をライバル企業よりも先に完成した企業をリーダーと呼び、先行されたライバル企業をフォロアーと呼ぶ。リーダーとなった企業は第2段階の R&D 開発に先に進み、フォロアーとなった企業は第1段階の R&D を完成させればリーダーと同じ第2段階の R&D 開発に進むことができる。

R&D の瞬時的成功確率であるハザードレートを次のように表す。

企業 A のハザードレート x_{ab}

企業 B のハザードレート y_{ba}

$$(a=0, 1, b=0, 1)$$

下付き添字 a は企業 A について、下付き添字 b は企業 B について、それぞれ第1段階の R&D を完成しているかどうかを表している。完成していないときは0で、完成しているときは1となる。⁽³⁾

企業 A と企業 B が行っている R&D の開発段階に応じて、ハザードレートは以下のように表される。

- ・ 企業 A と企業 B が行う R&D がともに第1段階であるとき、企業 A、企業 B のハザードレートはそれぞれ、 x_{00} , y_{00} である。
- ・ 企業 A が行う R&D が第2段階で、企業 B が行う R&D は第1段階であるとき、企業 A、企業 B のハザードレートはそれぞれ、 x_{10} , y_{01} である。このとき企業 A がリーダーであり、企業 B はフォロアーとなる。
- ・ 企業 B が行う R&D が第2段階で、企業 A が行う R&D は第1段階である

(3) 添字の番号付けは Grossman and Shapiro (1987) に倣った。

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

とき、企業 A、企業 B のハザードレートはそれぞれ、 x_{01} 、 y_{10} である。このとき企業 B がリーダーであり、企業 A はフォロアーとなる。

- 企業 A と企業 B が行う R&D がともに第 2 段階であるとき、企業 A、企業 B のハザードレートはそれぞれ、 x_{11} 、 y_{11} である。

また、フォロアーとなった場合での第 1 段階の R&D でのハザードレートやフォロアーが第 2 段階の R&D に進んだ場合でのリーダーのハザードレートには、ハザードレートの上にバーを付けて表すことにする。それらのハザードレートはフォロアーとなった時点やフォロアーに追いつかれた時点では既に決定されている。

ハザードレートの大きさは R&D 投資によって決定される。R&D 投資は一括投資であり、第 1 段階、第 2 段階のそれぞれの R&D 開始時点に行われる。各段階での企業 A と企業 B の R&D 投資の費用構造は同じであるとする。第 1 段階での R&D 投資費用は、企業 A は $G(x_{00})$ 、企業 B は $G(y_{00})$ であり、第 2 段階での R&D 投資費用は、企業 A は $F(x_{1b})$ 、企業 B は $F(y_{1a})$ であるとする。
($a=0, 1$, $b=0, 1$)

G および F は増加関数で $G(0)=0$, $F(0)=0$ とする。

第 1 段階での R&D についてみる。第 1 段階の R&D 競争の開始時点での企業 A と企業 B の期待利得の割引現在価値はそれぞれ、

企業 A

$$V_{00}^A = \frac{x_{00}V_{10}^A + y_{00}V_{01}^A}{r + x_{00} + y_{00}} - G(x_{00}) \quad (1)$$

企業 B

$$V_{00}^B = \frac{y_{00}V_{10}^B + x_{00}V_{01}^B}{r + x_{00} + y_{00}} - G(y_{00}) \quad (2)$$

である。

ただし、 V_{10}^i は企業 i がリーダーとなったときの企業 i の期待利得の割引現在価値であり、 V_{01}^i は企業 i がフォロアーとなったときの企業 i の期待利得の割引現在価値である。（ $i=A, B$ ） また、 r は割引率である。

リーダーとなった場合での企業 A と企業 B の期待利得の割引現在価値は、それぞれ、

企業 A

$$V_{10}^A = \frac{x_{10}W + \bar{y}_{01}V_{11}^A}{r + x_{10} + \bar{y}_{01}} - F(x_{10}) \quad (3)$$

企業 B

$$V_{10}^B = \frac{y_{10}W + \bar{x}_{01}V_{11}^B}{r + \bar{x}_{01} + y_{10}} - F(y_{10}) \quad (4)$$

である。

ただし、 W は第 2 段階の R&D をライバル企業よりも先に完成させて R&D 競争の勝者となったときの利得である。また、 $\bar{x}_{01}$ は企業 B がリーダーとして第 2 段階の R&D へと進んだ場合での企業 A の第 1 段階の R&D でのハザードレートである。第 1 段階の R&D 投資は既に行われているので、このハザードレートは x_{00} と同じであり、

$$\bar{x}_{01} = x_{00} \quad (5)$$

である。

同様に $\bar{y}_{01}$ は企業 A がリーダーとして第 2 段階の R&D に進んだ場合での企業 B の第 1 段階でのハザードレートであり、このハザードレートは y_{00} と同じであり、

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

$$\bar{y}_{01} = y_{00} \quad (6)$$

である。

また、 V_{11}^i はフォロアーとなったライバル企業が第 1 段階の R&D を完成させて第 2 段階の R&D に進んだときの企業 $i(i=A, B)$ の期待利得の割引現在価値である。

第 2 段階の R&D 投資は既に行われているので R&D 投資費用はゼロであり、このときの企業 A と企業 B の期待利得の割引現在価値は、それぞれ、

企業 A

$$V_{11}^A = \frac{\bar{x}_{11}W}{r + \bar{x}_{11} + y_{11}} \quad (7)$$

企業 B

$$V_{11}^B = \frac{\bar{y}_{11}W}{r + x_{11} + \bar{y}_{11}} \quad (8)$$

である。

ただし、 $\bar{x}_{11}$ は企業 B がフォロアーとして第 2 段階の R&D へと進んだ場合での企業 A の第 2 段階の R&D でのハザードレートである。企業 A の第 2 段階の R&D 投資は既に行われているので、このハザードレートは x_{10} と同じであり、

$$\bar{x}_{11} = x_{10} \quad (9)$$

である。

また、 $\bar{y}_{11}$ は企業 A がフォロアーとして第 2 段階の R&D に進んだ場合での企業 B の第 2 段階の R&D でのハザードレートである。企業 B の第 2 段階の R&D 投資は既に行われているので、このハザードレートは y_{10} と同じであり、

$$\bar{y}_{11}=y_{10} \quad (10)$$

である。

フォロアーとなった場合での企業 A と企業 B の期待利得の割引現在価値は、それぞれ、

企業 A

$$V_{01}^A = \frac{\bar{x}_{01} V_{11}^{Af}}{r + x_{01} + y_{10}} \quad (11)$$

企業 B

$$V_{01}^B = \frac{\bar{y}_{01} V_{11}^{Bf}}{r + x_{10} + \bar{y}_{01}} \quad (12)$$

である。

ただし、 V_{11}^{if} はフォロアーとなった企業 i が第 1 段階の R&D を完成させて第 2 段階の R&D へと進んだ時点での企業 $i(i=A, B)$ の期待利得の割引現在価値である。第 1 段階の R&D 投資は既に行われているので、R&D 投資費用はゼロである。

企業がフォロアーとして第 2 段階の R&D に進んだ場合、第 2 段階の R&D 開始時点での企業 A と企業 B の期待利得の割引現在価値はそれぞれ、

企業 A

$$V_{11}^{Af} = \frac{x_{11} W}{r + x_{11} + \bar{y}_{11}} - F(x_{11}) \quad (13)$$

企業 B

$$V_{11}^{Bf} = \frac{y_{11} W}{r + \bar{x}_{11} + y_{11}} - F(y_{11}) \quad (14)$$

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

である。

第 2 段階の R&D についてみる。企業 A, 企業 B のうち一般性を失わず企業 A について考える。まず, 企業 A がリーダーとして第 2 段階の R&D に進んだ場合についてみる。このとき, 企業 A の期待利得の割引現在価値は (3), (7) より,

$$\begin{aligned} V_{10}^A &= \frac{x_{10}W + \bar{y}_{01} \left(\frac{\bar{x}_{11}W}{r + \bar{x}_{11} + y_{11}} \right)}{r + x_{10} + \bar{y}_{01}} - F(x_{10}) \\ &= \frac{[(r + \bar{x}_{11} + y_{11})x_{10} + \bar{y}_{01}]W}{(r + x_{10} + \bar{y}_{01})(r + \bar{x}_{11} + y_{11})} - F(x_{10}) \end{aligned} \quad (15)$$

となる。

(9) より, $\bar{x}_{11}$ は x_{10} と同じであるので (15) は

$$V_{10}^A = \left(\frac{r + x_{10} + y_{11} + \bar{y}_{01}}{r + x_{10} + \bar{y}_{01}} \right) \left(\frac{x_{10}W}{r + x_{10} + y_{11}} \right) - F(x_{10}) \quad (16)$$

と表される。

企業 A は (16) が最大となるように, ハザードレート x_{10} を決定する。1 階の条件,

$$\frac{\partial V_{10}^A}{\partial x_{10}} = 0 \quad (17)$$

より,

$$W \left[(r + y_{11}) + \frac{y_{11}((r + y_{11})(r + \bar{y}_{01}) - x_{10}^2)}{(r + x_{10} + \bar{y}_{01})^2} \right] = F'(x_{10})(r + x_{10} + y_{11})^2 \quad (18)$$

が得られる。

次に, 企業 A が第 2 段階の R&D にフォロアーとして進んだ場合についてみる。企業 A の期待利得の割引現在価値は (13) となり, 企業 A は (13) が最大となるように, ハザードレート x_{11} を決定する。1 階の条件,

$$\frac{\partial V_{11}^{Af}}{\partial x_{11}}=0 \quad (19)$$

と(10)より,

$$W(r+y_{10})=F'(x_{11})(r+x_{11}+y_{10})^2 \quad (20)$$

が得られる。

企業 A の場合と同様に, 企業 B がリーダーとして第 2 段階の R&D に進んだ場合, 企業 B は(4)で表される期待利得の割引現在価値を最大するようにハザードレート y_{10} を決定する。1 階の条件,

$$\frac{\partial V_{10}^B}{\partial y_{10}}=0 \quad (21)$$

より,

$$W\left[(r+x_{11})+\frac{x_{11}((r+x_{11})(r+\bar{x}_{01})-y_{10}^2)}{(r+\bar{x}_{01}+y_{10})^2}\right]=F'(y_{10})(r+x_{11}+y_{10})^2 \quad (22)$$

が得られる。

企業 B がフォロアーとして第 2 段階の R&D に進んだ場合, 企業 B は(14)で表される期待利得の割引現在価値を最大するようにハザードレート y_{11} を決定する。1 階の条件,

$$\frac{\partial V_{11}^{Bf}}{\partial y_{11}}=0 \quad (23)$$

と(9)より,

$$W(r+x_{10})=F'(y_{11})(r+x_{10}+y_{11})^2 \quad (24)$$

が得られる。

3 第 2 段階の R&D

第 2 段階の R&D は, 企業 A, 企業 B のどちらかの企業が第 1 段階の R&D

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

を完成させた時点から始まる。ここでは、一般性を失うことなく企業 A が第 1 段階の R&D を先に完成させ、リーダーとして第 2 段階の R&D に進んだ場合を考える。企業 A の第 2 段階の R&D 開始時点では、フォロアーとなった企業 B はまだ第 1 段階の R&D を完成させていない。

企業 A の 1 階の条件より得られた(18)についてみる。

$$D \equiv (r + y_{11})(r + \bar{y}_{01}) - x_{10}^2 \quad (25)$$

とすると、(18)は

$$W \left[(r + y_{11}) + \frac{y_{11}D}{(r + x_{10} + \bar{y}_{01})^2} \right] = F'(x_{10})(r + x_{10} + y_{11})^2 \quad (26)$$

となる。

(26)より、 y_{11} と $\bar{y}_{01}$ の関係についてみると

$$\begin{aligned} & \left[W \left(1 + \frac{D + y_{11}(r + \bar{y}_{01})}{(r + x_{10} + \bar{y}_{01})^2} \right) - 2F'(x_{10})(r + x_{10} + y_{11}) \right] \frac{\partial y_{11}}{\partial \bar{y}_{01}} \\ &= \frac{W y_{11} (D - x_{10}(r + x_{10} + y_{11}))}{(r + x_{10} + \bar{y}_{01})^3} \end{aligned} \quad (27)$$

という関係が成立することが分かる。

(26)は $D=0$ のとき、

$$W(r + y_{11}) = F'(x_{10})(r + x_{10} + y_{11})^2 \quad (28)$$

となる。

(24)と(28)を比較すると企業 A のハザードレート x_{10} と企業 B のハザードレート y_{11} は $D=0$ のときには等しくなることが分かる。この等しくなったハザードレートを z_1 とおく。

$$z_1 \equiv x_{10} = y_{11} \quad (29)$$

$D=0$ のとき。(25)、(29)より、(27)は

$$\left[W \left(1 + \frac{z_1(r + \bar{y}_{01})}{(r + z_1 + \bar{y}_{01})^2} \right) - 2F'(z_1)(r + 2z_1) \right] \frac{\partial y_{11}}{\partial \bar{y}_{01}} = - \frac{Wz_1^2(r + 2z_1)}{(r + z_1 + \bar{y}_{01})^3} \quad (30)$$

となり、(24)および(28)は同じ式

$$W(r + z_1) = F'(z_1)(r + 2z_1)^2 \quad (31)$$

で表される。

また、 $D=0$ のとき、(25)、(29)より、

$$r + \bar{y}_{01} = - \frac{z_1^2}{r + z_1} \quad (32)$$

が得られる。

(31)と(32)を(30)に代入して整理すると

$$\frac{\partial y_{11}}{\partial \bar{y}_{01}} = - \frac{(r + z_1)^2}{\bar{y}_{01}z_1} < 0 \quad (33)$$

という関係が成立することが分かる。

ここで、第2段階の R&D 投資費用を

$$F(z) = \alpha_1 z \quad (34)$$

とする。ただし、 α_1 は正の定数であり、 $W > \alpha_1 r$ が満たされるとする。

(28)、(24)はそれぞれ、

$$W(r + y_{11}) = \alpha_1(r + x_{10} + y_{11})^2 \quad (35)$$

$$W(r + x_{10}) = \alpha_1(r + x_{10} + y_{11})^2 \quad (36)$$

となる。

(35)と(36)のグラフは図1で表される。

第1段階の R&D での企業 B のハザードレート $\bar{y}_{01}$ が $D=0$ を満たすとき、

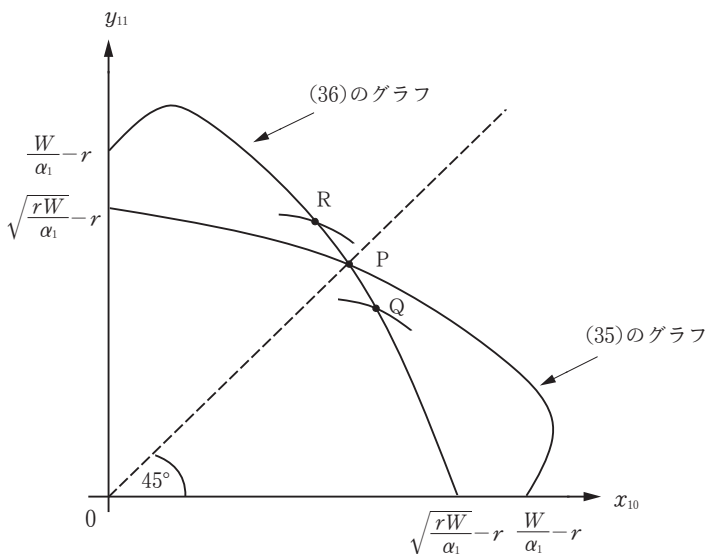


図 1

第 2 段階の R&D での企業 A のハザードレート x_{10} と企業 B のハザードレート y_{11} は等しくなり、均衡点は図 1 の点 P で表される。⁽⁴⁾

(33) が成立するので、図 1 の点 P の近傍において企業 B のハザードレートが $\bar{y}_{01}$ よりも大きくなれば、均衡点は点 P から点 Q に変わり、第 2 段階の R&D でのハザードレートは企業 A の方が企業 B よりも大きくなる事が分かる。
($x_{10} > y_{11}$)

逆に、企業 B のハザードレートが $\bar{y}_{01}$ よりも小さくなれば、均衡点は点 P から点 R に変わり、第 2 段階の R&D でのハザードレートは企業 A の方が企業 B よりも小さくなる事が分かる。
($x_{10} < y_{11}$)

(4) 点 P の座標は $P(z_1, z_1)$ であり、 $z_1 = \frac{\frac{W}{\alpha_1} - 4r + \sqrt{\left(\frac{W}{\alpha_1}\right)^2 + 8r\frac{W}{\alpha_1}}}{8}$ である。

4 第1段階の R&D

ここでは、第1段階の R&D についてみる。企業 A の第1段階の R&D 開始時点での期待利得の割引現在価値は(1)，(11)より、

$$\begin{aligned} V_{00}^A &= \frac{x_{00}V_{10}^A + y_{00}\left(\frac{\bar{x}_{01}V_{11}^{Af}}{r + \bar{x}_{01} + y_{10}}\right)}{r + x_{00} + y_{00}} - G(x_{00}) \\ &= \frac{(r + \bar{x}_{01} + y_{10})x_{10}V_{10}^A + y_{00}\bar{x}_{01}V_{11}^{Af}}{(r + x_{00} + y_{00})(r + \bar{x}_{01} + y_{10})} - G(x_{00}) \end{aligned} \quad (37)$$

となる。

(5)より、 $\bar{x}_{01}$ は x_{00} と同じであるので、(37)は

$$V_{00}^A = \frac{(r + x_{00} + y_{10})x_{10}V_{10}^A + y_{00}x_{00}V_{11}^{Af}}{(r + x_{00} + y_{00})(r + x_{00} + y_{10})} - G(x_{00}) \quad (38)$$

と表される。

企業 A は(38)が最大となるように、ハザードレート x_{00} を決定する。1 階の条件、

$$\frac{\partial V_{00}^A}{\partial x_{00}} = 0 \quad (39)$$

より、

$$\begin{aligned} &(r + y_{00})V_{10}^A + \left[\frac{(r + y_{00})(r + y_{10}) - x_{00}^2}{(r + x_{00} + y_{10})^2}\right]y_{00}V_{11}^{Af} \\ &= G'(x_{00})(r + x_{00} + y_{00})^2 \end{aligned} \quad (40)$$

が得られる。

同様に企業 B の割引現在価値は(2)，(6)，(12)より、

$$V_{00}^B = \frac{(r + x_{10} + y_{00})y_{10}V_{10}^B + x_{00}y_{00}V_{11}^{Bf}}{(r + x_{00} + y_{00})(r + x_{10} + y_{10})} - G(y_{00}) \quad (41)$$

となる。

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

企業 B は(41)が最大となるように、ハザードレート y_{00} を決定する。1 階の条件,

$$\frac{\partial V_{00}^B}{\partial y_{00}}=0 \quad (42)$$

より,

$$\begin{aligned} & (r+x_{00})V_{10}^B + \left[\frac{(r+x_{00})(r+x_{10})-y_{00}^2}{(r+x_{10}+y_{00})^2} \right] x_{00} V_{11}^{Bf} \\ & = G'(y_{00})(r+x_{00}+y_{00})^2 \end{aligned} \quad (43)$$

が得られる。

企業 A と企業 B は対称的であるので、均衡での企業 A のハザードレート x_{00} と企業 B のハザードレート y_{00} は等しくなる。この等しくなるハザードレートを z_0 とおく。

$$z_0 \equiv x_{00} = y_{00} \quad (44)$$

ここで、第 1 段階の R&D 投資費用を

$$G(z) = \alpha_0 z \quad (45)$$

とする。ただし、 α_0 は正の定数である。

α_0 は第 1 段階の R&D での R&D 投資効率を表し、その値が小さいほど単位ハザードレート当たりの投資費用は小さくなる。また、その値が大きいほど単位ハザードレート当たりの投資費用は大きくなる。

(44), (45)より, (43)は

$$(r+z_0)V_{10}^A + \left[\frac{(r+z_0)(r+y_{10})-z_0^2}{(r+z_0+y_{10})^2} \right] z_0 V_{11}^{Af} = \alpha_0 (r+2z_0)^2 \quad (46)$$

となる。

(46)より、ハザードレート z_0 と R&D の投資効率を表す α_0 との関係についてみると

$$\begin{aligned} & [(r+z_0+y_{10})(3r+3z_0+y_{10})V_{10}^A + ((r+2z_0)(r+y_{10})-3z_0^2)V_{11}^{Af} \\ & - 2\alpha_0((r+2z_0)(r+z_0+y_{10})(3r+4z_0+2y_{10}))] \frac{\partial z_0}{\partial \alpha_0} \\ & = (r+2z_0)^2(r+z_0+y_{10})^2 \end{aligned} \quad (47)$$

という関係が成立することが分かる。

数値例を用いて、(47)の $\frac{\partial z_0}{\partial \alpha_0}$ の符号についてみる。

次の場合を考える。

$$W=25, \quad r=\frac{1}{25}, \quad \alpha_0=\frac{625}{5}, \quad \alpha_1=75. \quad (48)$$

このとき、 $D=0$ となるハザードレートは

$$z_0=\frac{1}{75}, \quad z_1=\frac{2}{25} \quad (49)$$

となる。また、このとき、

$$V_{10}^i=10, \quad V_{11}^i=4, \quad V_{01}^i=\frac{4}{7}, \quad V_{00}^i=\frac{203}{2625} \quad (i=A, B) \quad (50)$$

である。

数値例が(48)のとき、

$$\frac{\partial z_0}{\partial \alpha_0} = -\frac{1}{4887} < 0 \quad (51)$$

と符号が確定し。 α_0 が大きくなれば z_0 が小さくなり、逆に、 α_0 が小さくなれば z_0 が大きくなること分かる。

前章で、第2段階の R&D 競争での企業 A と企業 B のハザードレートに、フォロアーとなった企業 B の第1段階でのハザードレート $\bar{y}_{01}$ が影響することについてみた。R&D 投資は一括投資であるので $x_{00}=\bar{x}_{01}$, $y_{00}=\bar{y}_{01}$ で、企業 A と企業 B は対称的なので $x_{00}=y_{00}$ となり、 $x_{00}=y_{00}=\bar{x}_{01}=\bar{y}_{01}$ となる。したがっ

一括 R&D 投資下での 2 企業による 2 段階 R&D 競争

て、(44)で定義した z_0 は $\bar{y}_{01}$ と等しくなるので

$$\frac{\partial z_0}{\partial \alpha_0} = \frac{\partial \bar{y}_{01}}{\partial \alpha_0} \quad (52)$$

となることが分かる。

数値例が(48)のとき、(51)、(52)より、 α_0 が小さくなると、ハザードレート $\bar{y}_{01}$ が大きくなり、逆に α_0 が大きくなると、ハザードレート $\bar{y}_{01}$ が小さくなることが分かる。

図 1 の均衡点 P の近傍において、 α_0 が小さくなり第 1 段階での R&D 投資効率が高くなるとハザードレート $\bar{y}_{01}$ は大きくなり、均衡点は点 P から点 Q へと変わり、逆に α_0 が大きくなり第 1 段階での R&D 投資効率が低くなるとハザードレート $\bar{y}_{01}$ が小さくなって均衡点は点 P から点 R へと変わることになる。

次のことがいえる。

第 2 段階の R&D でのリーダーとフォロアーのハザードレートには、第 1 段階の R&D 投資効率が影響しており、両企業のハザードレートを等しくする ($x_{10}=y_{11}$) 効率が存在し、ハザードレートは、その効率が高くなるとリーダーの方が大きくなり ($x_{10}>y_{11}$)、それが低くなるとフォロアーの方が大きくなる ($x_{10}<y_{11}$) 場合がある。

5 結語

本稿では、2 企業による 2 段階の R&D 競争について、R&D 投資が一括投資である場合についてみた。企業が R&D 競争の勝者となって利得を得るためには、第 2 段階の R&D をライバル企業よりも先に完成させる必要がある。ただし、第 2 段階の R&D に進むためには第 1 段階の R&D を完成させなければならない。第 1 段階の R&D を先に完成させた企業をリーダーと呼び、先を越された企業をフォロアーと呼ぶ。リーダーが第 2 段階の R&D を完成させる前にフォロアーが第 1 段階の R&D を完成せると、リーダーとフォロアーによる

第2段階でのR&D競争が行われることになる。

R&D投資がフロー投資である場合、R&Dの瞬時的成功確率であるハザードレートの値はR&Dの開発期間中いつでも変更可能となる。このようなフローのR&D投資の下での2企業による2段階R&D競争については Grossman and Shapiro (1987) による分析がある。そこでは、フォロアーが第1段階のR&Dを完成させてリーダーと同じ第2段階のR&Dに進むと、リーダーとフォロアーのハザードレートが等しくなることが示されている。

R&D投資が一括投資である場合、R&D投資は各R&Dの開始時点にのみ行われる。R&D投資によってハザードレートが決まるが、その値は各R&Dの開発期間中では固定されることになる。本稿で分かったことは、R&D投資が一括投資である場合、第2段階のR&Dでのリーダーとフォロアーのハザードレートは必ずしも等しくはならず、第1段階のR&D投資効率によっては、リーダーまたはフォロアーの方が大きくなる場合が存在するということである。

参 考 文 献

- Dasgupta, P., and J. Stiglitz (1980): "Uncertainty, Industrial Structure, and the Speed of R&D ", *Bell Journal of Economics*, 11, 1-28.
- Denicolò, V (1999): "The Optimal Life of a Patent When the Timing of Innovation Is Stochastic ", *International Journal of Industrial Organization*, 17, 827-846.
- Denicolò, V (2000): "Two-stage Patent Races and Patent Policy", *RAND Journal of Economics*, 31, 488-501.
- Grossman, G., and C. Shapiro (1987): "Dynamic R&D Competition", *The Economic Journal*, 97, 372-387.
- Lee, T., and L. Wilde (1980): "Market Structure and Innovation: A Reformulation", *Quarterly Journal of Economics*, 94, 429-436.
- Loury, G. (1979): "Market Structure and Innovation", *Quarterly Journal of Economics*, 93, 395-410.
- Reinganum, J. (1983): "Uncertain Innovation and Persistence of Monopoly", *American Economic Review*, 74, 741-748.