

東洋大学学術情報リポジトリ Toyo University Repository for Academic Resources

競争状況下での参入問題

| | |
|------|---|
| 著者 | 飯原 慶雄, 董 晶輝 |
| 著者別名 | Iihara Yoshio, Dong Jinghui |
| 雑誌名 | 経営論集 |
| 号 | 60 |
| ページ | 145-152 |
| 発行年 | 2003-03 |
| URL | http://id.nii.ac.jp/1060/00004929/ |

競争状況下での参入問題

飯原 慶雄
董 晶輝

2企業が競争して市場に参入しようとしている状況については、Dixit & Pindyck (1994)を始め、Joaquin & Butler (2000)、Baba (2001)などの分析がある。Dixit & Pindyck (1994)の著書は基本的な参入問題を始め、確率的な状況の下での投資決定全般について述べているが、その中で、競争的状況の下での参入問題にも触れている。Joaquin & Butler は海外市場への進出を考えている2企業間の競争状況について分析している。Baba は2つの銀行の貸出市場への参入問題について検討している。Dixit & Pindyck と Baba はいずれも確率的需要関数を考え、需要関数を確率的に変動させる要因が幾何ブラウン運動または跳躍付き幾何ブラウン運動に従うものとする。それに対し、Joaquin & Butler は線形の需要関数を仮定し、需要と生産費用は確定的であるとし、為替レートが確率的に変動するものとして分析している。ここでは、Joaquin & Butler 同様、線形の需要関数を考え、この需要関数が確率的に変動する場合について考えてみる。

新製品の開発による市場への参入について、2つの企業が競争している状況について考えることにする。ここで新製品の開発に成功した企業をリーダーと呼び、もう1つの企業をフォロアーと呼ぶことにする。ここでは、フォロアーはリーダーが市場に参入しない限り市場に参入することはなく、リーダーが市場に参入した後は需要と生産費から参入するのが有利と判断されれば直ちに参入できると仮定する。Dixit & Pindyck および Baba はリーダーになるかフォロアーになるかの決定問題も取り扱っているが、ここでは、リーダーとフォロアーが予め決めている場合についてだけ検討することにする。

需要関数と生産費用：Joaquin & Butler と同様に線形の需要関数を考える。需要量が確率的に変動するものとして、需要量 Q と価格 p の関係は

$$\begin{aligned} p(Q) &= X(a - bQ) \quad (a > 0, b > 0) \\ dX &= \mu X dt + \sigma X dZ \end{aligned} \quad (1)$$

で表すことができるものとする。 Z はウィーナー過程である。生産費用は生産量に比例するが、単位比例費は企業毎に異なり、リーダーの単位比例費を c 、フォロアーの単位比例費を \bar{c} で表すことにする。

生産量：Joaquin & Butler は、需要関数を確定的なものとして、現地（海外）の通貨で評価した利潤が最大になるような生産量を求めている。ここでは、 $X=1$ として、独占状態と複占状態での生産量を求め、独占状態と複占状態での生産量は変わらないものとして、 X の変動の効果を分析してみることにする。その後で、参入時点での X の水準に応じて生産量を決めた場合について検討することにする。リーダーだけが参入しているときのリーダーの生産量を q_1 、フォロアーが参入してきたときのリーダーの生産量を q_2 、フォロアーの生産量を \bar{q}_2 で表すことにする。 q_1 の生産を行うときに必要な投資コストを I_1 で表す。また、リーダーが自分が市場に参入した後、直ちにフォロアーが参入すると予想して、最初から q_2 の生産を行うのに必要な規模で市場に参入するときの投資コストを I_2 で表し、フォロアーの投資コストを \bar{I}_2 で表すことにする。リーダーが q_1 の生産量で市場に参入しているときにはフォロアーが参入した場合は、生産能力はそのままにして生産量を減少させることができるものとする。リーダーだけが市場に参入して、生産量が q_1 のときの利潤 $\pi_1(q_1)$

$$\pi_1(q_1) = (a - bq_1)q_1 - cq_1$$

であるから、利潤最大にする生産量は

$$q_1 = (a - c) / 2b \quad (2)$$

となる。これに対し、フォロアーが参入したときには、 $Q = q_2 + \bar{q}_2$ となるので、リーダーの利潤 $\pi_2(q_2, \bar{q}_2)$ は

$$\pi_2(q_2, \bar{q}_2) = (a - b(q_2 + \bar{q}_2))q_2 - cq_2$$

となるので、相手の生産量を所与とした上で自己の利潤を最大にするように生産量を決定するものとして求められるナッシュ＝クールノー的均衡を求めると

$$q_2 = (a - 2c + \bar{c}) / 3b, \quad \bar{q}_2 = (a - 2\bar{c} + c) / 3b \quad (3)$$

となる。

利潤：生産量を上のように決めた上で、需要関数が(1)式のものであるとすると、独占状態でのリーダーの利潤は

$$\pi_1(X) = X(a^2 - c^2) / 4b - c(a - c) / 2b \quad (4)$$

となり、複占状態でのリーダーの利潤は

$$\pi_2(X) = X(a - 2c + \bar{c})(a + c + \bar{c})/9b - c(a - 2c + \bar{c})/3b \quad (5)$$

となる。上の2つの式の X の係数を a_1 、 a_2 、定数項を $-b_1$ 、 $-b_2$ で表すことにし、利潤を

$$\pi_1(X) = a_1X - b_1, \quad \pi_2(X) = a_2X - b_2$$

で表すことにする。

操業中の企業価値：ここでは、 X のドリフト・レート μ は適切な修正がなされ、無リスク金利 r で割引くことにより企業価値が求められるものとする。有限な解が得られるように $\mu < r$ 、 $r > 0$ とする。現在の状態が X のときに、リーダーだけが市場に参入しているときのリーダーの市場価値を $V_1(X)$ 、フォロアーも参入しているときのリーダーの市場価値を $V_2(X)$ とする。 $V_2(X)$ について

$$\begin{aligned} V_2(X) &= E\left\{\int_0^\infty \pi_2(X_t) e^{-rt} dt \mid X_0 = X\right\} \\ &= \pi_2(X) dt + e^{-rdt} E\{V_2(X) + dV_2(X)\} \end{aligned}$$

から、

$$E\{dV_2(X)\} - rV_2(X) dt + \pi_2(X) dt = 0$$

という関係が得られるので、この式から、

$$\frac{1}{2}\sigma^2 X^2 V_2''(X) + \mu X V_2'(X) - rV_2(X) + a_2X - b_2 = 0 \quad (6)$$

という微分方程式が得られる。ここで、 $V'(X)$ と $V''(X)$ は $V(X)$ の1次と2次の導関数である。 X が零になるとき、 $V_2(X)$ は零になり、 $X \rightarrow \infty$ のとき $V(X)$ は X の線形関数になるという境界条件から(6)式の解は

$$V_2(X) = a_2X/(r - \mu) - b_2/r \quad (7)$$

となる。

$$A_2 = a_2/(r - \mu), \quad B_2 = b_2/r \quad (8)$$

とすると、

$$V_2(X) = A_2X - B_2$$

となる。

これにたいし、リーダーが独占的に操業しているときには、(6)式で添え字の2を1に変更した式が成立し、境界条件も $X=0$ のときには $V_1(X)$ は零になるが、 X の値がフォロアーが参入する水準に達すると、その水準で $V_1(X)$ は $V_2(X)$ に等しくなるので、フォロアーの参入する X の水準を \bar{X}_2 とすると、境界条件は

$$V_1(\bar{X}_2) = V_2(\bar{X}_2) \quad (9)$$

となる。(4)式に対応する微分方程式の一般解は、2次方程式

$$f(x) = \frac{1}{2}\sigma^2x(x-1) + \mu x - r = 0$$

の解を a と β とすると X^a 、 X^β に境界条件から得られる係数がかかった項に $a_1/(r-\mu) - b_1/r$ を加えたものになる。上の2次方程式の解の1つは負で、もう1つは1より大になるので、 $a < 0, \beta > 1$ とする。

$$a = \frac{1}{2} - \frac{\mu}{\sigma^2} - \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\mu}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}}$$

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{\mu}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\mu}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}}$$

境界条件 $V(0) = 0$ から X^a の係数は零になる。 X^β の係数を C とすると境界条件(9)式は

$$C\bar{X}_2^\beta + A_1\bar{X}_2 - B_1 = A_2\bar{X}_2 - B_2$$

となる。ただし、 A_1 と B_1 は(8)式で添え字の2を1に変更したものである。上の式から

$$C = \{(A_2 - A_1)\bar{X}_2 - (B_2 - B_1)\} / \bar{X}_2^\beta \quad (10)$$

となり、

$$V_1(X) = CX^\beta + A_1X - B_1 \quad (11)$$

となる。

フォロワーの参入水準：フォロワーの参入水準 \bar{X}_2 を求めるために、参入前のフォロワーの企業価値を $\bar{W}(X)$ とすると、 $\bar{W}(X)$ についても(6)式と同様の微分方程式が得られる。ただし、参入前のため、 $A_2X - B_2$ の項は消える。これに応じて微分方程式の解は X^a と X^β に境界条件から決まる係数がかかったものの和になるが、参入前の企業価値も X が零のときには零になるので、 X^a の係数も零になる。フォロワーの参入水準 \bar{X}_2 では、価値対等条件 (value matching condition) と滑らかな張り合わせ条件 (smooth pasting condition) から

$$\begin{aligned}\bar{W}(\bar{X}_2) + \bar{I}_2 &= \bar{V}_2(\bar{X}_2) \\ \bar{W}'(\bar{X}_2) &= \bar{V}_2'(\bar{X}_2)\end{aligned}$$

となる。ここで、 $\bar{V}_2(X)$ は(5)式で c と \bar{c} を交換したときの X の係数と定数項をそれぞれ、 \bar{a}_2 、 $-\bar{b}_2$ としたものを(7)式の a_2 、 $-b_2$ に代入したものである。 $\bar{K}_2 = \bar{I}_2 + \bar{B}_2$ ($\bar{B}_2 = b_2/r$) とすると、上の2つの条件式から、

$$\bar{X}_2 = \frac{\beta}{\beta-1} \cdot \frac{\bar{K}_2}{A_2} \quad (12)$$

$$\bar{W}_2(X) = (\bar{A}_2 \bar{X}_2 - \bar{I}_2) (X / \bar{X}_2)^\beta \quad (13)$$

となる。

リーダーの参入前企業価値(1)：リーダーの参入前企業価値についてもフォロワーの参入前企業価値と同じ微分方程式が得られ、異なるのは境界条件だけである。 X の水準が十分に低いときには、リーダーの参入前企業価値 $W_1(X)$ は $X=0$ で零になり、リーダーの参入水準 X_1 で価値対等条件と滑らかな張り合わせ条件

$$W_1(X_1) + I_1 = V_1(X_1), \quad W_1'(X_1) = V_1'(X_1)$$

が成立する。これらの条件から

$$X_1 = \frac{\beta}{\beta-1} \cdot \frac{K_1}{A_1} \quad (14)$$

$$W_1(X) = (A_1 X_1 - K_1) (X / X_1)^\beta + CX^\beta \quad (15)$$

となる。 $K_1 = I_1 + B_1$ である。(14)式は、リーダーの参入水準は、将来フォロワーが参入すること

を考慮しても、それを考慮しない場合と同じになることを示している。それにたいし、参入前企業価値はフォロアーの参入を考慮しない場合は、(15)式の右辺第1項の値なり、右辺第2項 (C はマイナス) はフォロアーの参入により販売量が減少することを考慮した修正項となっている。

リーダーの参入前企業価値(2) : Joaquin & Butler はリーダーの参入前の価値については、上のケースと次に取り上げるケースだけを取り上げているが、Dixit & Pindyck および、それを踏襲した Baba は X の水準がフォロアーの参入水準の近傍にあるときには、フォロアーの参入により利潤が減少するので、 X がさらに低くなるか、または、さらに高くなるまで待った方が有利になる可能性があるので、このときを考慮して \bar{X}_2 の前後にリーダーが参入しない方が有利になる範囲が存在することを示している。この範囲でのリーダーの参入前企業価値を $W_3(X)$ とすると

$$W_3(X) = D_1 X^a + D_2 X^\beta$$

となる。 D_1 と D_2 は境界条件によって決まる係数である。リーダーの参入水準を X_3 、 X_4 、($X_3 < \bar{X}_2 < X_4$) とすると、 X_3 、 X_4 での価値対等条件と滑らかな張り合わせ条件は

$$\begin{aligned} W_3(X_3) + I_1 &= V_1(X_3), & W_3'(X_3) &= V_1'(X_3) \\ W_3(X_4) + I_2 &= V_2(X_4), & W_3'(X_4) &= V_2'(X_4) \end{aligned}$$

となる。 X が X_4 に到達する前に、 X_3 に到達すれば、独占的に q_1 の生産を行うことになり、 X が X_3 に到達する前に X_4 に到達すれば、フォロアーが直ちに参入するものと考えられるので、 q_2 の生産を行うことになる。

リーダーの参入前企業価値(3) : リーダーの生産コストと投資コストが、フォロアーのそれに比較して著しく高いときには、 X_3 より高い水準まで X が上昇するのを待って参入するのが有利になることがある。このときの参入水準と参入前企業価値は(12)式と(13)式で変数の上のバーを取り除いたものになる。

数値例 : Joaquin & Butler と同じ数値例で考えてみる。彼らは、生産コスト c にも確率変数 X をかけているので、ここでの結果と彼らの結果とは異なるものになる。

例1 : $a = 500$ 、 $b = 5$ 、 $c = 20$ 、 $\bar{c} = 21$ 、 $\mu = 0$ 、 $\sigma = 0.2$ 、 $r = 0.04$ 、 $I_1 = I_2 = \bar{I}_2 = 800$ とすると、 $a = -1$ 、 $\beta = 2$ となり、 $X_1 = 1.75$ 、 $\bar{X}_2 = 2.51$ 、 $X_3 = 2.23$ 、 $X_4 = 2.94$ となる ($C = -346.82$ 、 $D_1 = 921.66$ 、 $D_2 = 284.70$)。 X_3 と X_4 の間では、わずかではあるが、 $W_3(X)$ の値が $V_1(X) - I_1$ あるいは $V_2(X) - I_2$ より大になる。

例2 : 例1での c と \bar{c} を交換し、 $c = 21$ 、 $\bar{c} = 20$ とすると $X_1 = 1.80$ 、 $\bar{X}_2 = 2.34$ 、 $X_3 = 2.04$ 、 $X_4 = 2.82$ ($C = -395.93$ 、 $D_1 = 402.99$ 、 $D_2 = 260.17$) となる。リーダーが相対的に高コストのため、独占者としての参入水準は上昇する。 X_3 と X_4 は \bar{X}_2 が低下するため、先の例より低く

なるが X_3 と X_4 の間隔は広がる。

例3 : c がさらに増加して $c=23$ になると、 $X_1=1.91$ 、 $\bar{X}_2=2.23$ 、 $X_3=1.91$ 、 $X_4=2.77$ ($C=-421.74$ 、 $D_1=-1.73$ 、 $D_2=223.57$) になる。 X_1 と X_3 が同じ値のように見えるが、精確に計算すると、 X_3 がわずかに大きくなっている。そして、 X_2 を求めると2.77で、 X_4 と同じ値になるが、これも精確に計算すると X_2 の方がわずかに大きくなっている。この場合は、 X が X_2 に到達するまで待つのが最も有利になる。 c が大きくなるにつれ、この傾向は強くなる。

生産規模の再検討：これまでは $X=1$ として、独占あるいは複占状態での生産規模を考えてきた。しかし、 X の値が1でなければ、適切な生産規模とはならない。実際、上の例では参入水準である X_1 、 \bar{X}_2 は1よりかなり大きくなっている。需要関数が

$$p = X(a - bQ)$$

の形の場合、独占あるいは複占状態での生産量は

$$\begin{aligned} q_1 &= (aX - c)/(2bX) \\ q_2 &= (aX - 2c + \bar{c})/(3bX) \\ \bar{q}_2 &= (aX - 2\bar{c} + c)/(3bX) \end{aligned}$$

とすべきであるのを、 $X=1$ として、これまで議論してきた。そこで、 $X=1$ とする代わりに、 q_1 を求めるときには、 $X=X_1$ とし、 q_2 、 \bar{q}_2 を求めるときには $X=\bar{X}_2$ とする。生産量が変化すると、参入水準も変化するので、そのことを考慮して、 X_1 と \bar{X}_2 を求めると、 $X_1=1.34$ 、 $\bar{X}_2=1.65$ になり、 $q_1=3.51$ 、 $q_2=2.57$ 、 $\bar{q}_2=2.45$ となり、これは例1のときに $q_1=3$ 、 $q_2=2.07$ 、 $\bar{q}_2=1.87$ であったのに比べるとかなり大きくなっている。なお、この例では $X_3=1.53$ 、 $X_4=1.81$ ($C=-533.8$ 、 $D_1=375.5$ 、 $D_2=762.4$) になる。

参考文献

- Baba, N. (2001), "Uncertainty, Monitoring Costs, and Private Banks' Lending Decisions in a Duopolistic Loan Market: A Game - Theoretic Real Options Approach", *Monetary and Economic Studies*, 19(2), Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan.
- Dixit, A., and R. Pindyck (1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press.
- Joaquin, D. C., and K. C. Butler (2000), "Competitive Investment Decisions", in Brennan, M., and L. Trigoergis (edited), *Project Flexibility, Agency, and Competition*, Oxford University Press.

(2003年1月16日受理)