

不確実性下における参入抑止投資の分析

——リアルオプションアプローチ——

嘉本 慎介

本稿は、リアルオプション理論を応用し、潜在的競争企業の参入費用を上昇させ、参入を抑止する既存企業の戦略的な参入抑止投資の意思決定に不確実性が与える影響を分析する。本稿のモデルでは、参入抑止投資の最適な閾値が、既存企業と潜在的競争企業の意思決定の戦略的な相互作用によって決定される。需要の不確実性の増加は、潜在的競争企業が参入するインセンティブを低下させるため、既存企業が参入の抑止をはかるインセンティブも低下し、参入抑止投資を先送りすることが示される。また、大規模な参入抑止投資ほど、実施が早くなることも示される。さらに、数値計算を用いて、参入抑止投資の最適な閾値と規模に対する不確実性の影響を考察する。不確実性の増加が潜在的競争企業の参入を強く抑止し、参入抑止投資の効果を代替するため、既存企業が参入抑止投資を先送りし、規模も削減することが示される。

1. はじめに

不確実性下において、企業投資の不可逆性と延期可能性を考慮するならば、投資の意思決定はオプションの行使とみなせる。そして、延期オプションの価値が投資の機会費用として考慮されるため、不確実性下において可逆性を認めるもしくは意思決定の延長を認めない、通常のNPV分析とは結論が大きく違ってくる。さらに、不確実性の増加は、延期オプションの価値を高め、投資に関する意思決定を先送りする¹⁾。リアルオプション理論が導くこの結果は、企業が投資を専有するときには妥当である。しかし、多くの企業投資では、他の競争相手の企業の行動も考慮に入れる必要がある。ある企業の意思決定が各企業の投資の価値に影響を及ぼすため、企業は戦略的な相互作用を前提とした投資の意思決定をする必要がある。

他の競争相手の企業の行動を考慮した戦略的リアルオプション理論はさかんに研究されている。不完全競争下では、企業に不確実性のため投資を延期するインセンティブがある一方、市場シェアを先取するため競争するインセンティブもある。その結果、延期オプションの価値が減少し、一企業のみを分析対象とした場合ほど

投資が延期されない²⁾。しかし、戦略的リアルオプションが仮定する状況は、不完全競争下の戦略的投資の一例にすぎない。不完全競争下の戦略的投資は多様であり、それらは不可逆的なコミットメントによって成立する。したがって、その意思決定が不確実性の影響を受けることは十分に考えられる。それにもかかわらず、不完全競争下の戦略的投資について、リアルオプション理論を応用し、不確実性の影響を分析する研究はあまり行なわれていない。

本稿は、リアルオプション理論を応用し、潜在的競争企業の参入費用を上昇させ、参入を抑止する既存企業の戦略的な参入抑止投資の意思決定に不確実性が与える影響を分析し、いくつかの結果を示す。一企業のみを分析対象とした従来のリアルオプション理論と同様に、不確実性が増加するとき、既存企業が参入抑止投資を先送りすることが示される。しかし、投資が延期されるメカニズムはこれまでの分析と異なる。従来のリアルオプション理論では、不確実性の増加が延期オプションの価値を高めるため、投資が延期された。一方、本稿のモデルでは、不確実性の増加が潜在的競争企業が参入するインセンティブを低下させるため、既存企業が参入の抑止をはかるインセンティブも低下し、参入

抑止投資を先送りする。また既存企業は、大規模な参入抑止投資ほど早期に実施することが示される。従来のリアルオプション理論では大規模な投資ほど実施が遅れる。一方、本稿のモデルでは、大規模な参入抑止投資による潜在的競争企業の早期参入のインセンティブの上昇を考慮して既存企業が意思決定をするため、従来の理論と反対の結果が生じる。さらに、数値計算を用いて、参入抑止投資の最適な閾値と規模に対する不確実性の影響を考察する。不確実性の増加そのものが潜在的競争企業の参入を強く抑止し、参入抑止投資の効果を代替するため、既存企業が参入抑止投資を先送りし、規模も削減することが示される。

本稿は、不完全競争下における戦略的投資に対する需要の不確実性の影響を分析した一連の研究の中に位置づけられる。Spencer and Brander(1992)は、不確実性下において先発の優位性を確立するための戦略的な過剰設備投資について分析した。そして、不確実性の増加が延期オプションの価値を高めるため、戦略的投資のインセンティブが低下することを示した。Kulatilaka and Perotti(1998)は、生産コストを削減する戦略的投資について分析した。そして、戦略的投資による生産コスト削減の効果が強いとき、不確実性の増加が投資を促進する可能性を示した。Maskin(1999)は、参入抑止を目的とした過剰設備投資に対する不確実性の影響を分析した。そして、不確実性が既存企業の設備投資を増加させる一方、そのコストも増加するため、参入抑止のインセンティブが平均的に低下することを示した。これらの研究は、戦略的投資のタイミングを外生的に与え、既存企業の参入抑止投資の意思決定に対する潜在的競争企業の戦略的な反応を考慮していない。本稿のモデルでは、潜在的競争企業は、延期オプションの価値を考慮し、不確実性が十分解消するまで投資を延期する。しかし、参入抑止投資による不利益を避けるため、延期オプションを犠牲にして早期に参入した方がよい可能性もある。そのため、参入抑止投資の閾値が、潜在的競争企業の市場参入の意思決定に対する最適な反応

として決定される。そして、潜在的競争企業の市場参入のインセンティブが参入抑止投資の意思決定に及ぼす影響を分析できる。

本稿は、参入抑止投資の規模が選択できるモデルを設定し、不確実性の影響を考察する。従来のリアルオプション理論では、ほとんどの研究が投資規模を一定としている。しかし、企業は投資規模の選択に裁量をもつ。特に、戦略的投資について、既存企業はいくつかの手段もっていると考えられるので、投資規模も選択できる可能性が高いと考えられる。

本稿のモデルでは、既存企業の参入抑止投資が潜在的競争企業の参入費用を上昇させることを仮定する。参入後に参入費用の大部分が回収不可能になるならば、企業は、参入費用に見合う価値が確保できるようになるまで参入を延期する。したがって、参入費用を上昇させることで潜在的競争企業の参入を抑止できる。参入費用を上昇させる戦略的投資はいくつか考えられる。たとえば、生産に不可欠な中間財を供給するサプライヤーとの合併や独占的契約、販売店舗の拡大と先取りによって既存企業が生産に必要な資源への潜在的競争企業のアクセスを遮断する場合や、評判、ブランド、契約によって既存企業が消費者をロックインする場合である。この場合、潜在的競争企業は、不可欠な生産資源へのアクセスや顧客の確保のために追加的な投資が必要になると考えられる。戦略的投資が参入費用を上昇させるメカニズムは、Salop and Scheffman(1983, 1987)によってはじめて研究された。彼らは、既存企業による必須の生産資源の先取や垂直統合が生産資源の価格の上昇を招き、潜在的競争企業の費用を増加させることを示した。また、Aghion and Bolton(1987)は、既存企業が販売業者と排他的契約を結び、解約に違約金を課すことにより、潜在的競争企業の参入費用に違約金の補填を転嫁し参入を抑止できることを示した。

戦略的参入抑止の理論は産業組織においてさかんに研究されている。この分野の代表的な先行研究は、既存企業の過剰な設備投資、価格制限、略奪的価格設定などの戦略的投資が、潜在

的競争企業の参入後の予想を操作し参入を抑止する機能を明らかにした³⁾。本稿は、既存企業が講じる特定の戦略的投資について、参入抑止の機能を明らかにしてはいない。しかし、潜在的競争企業の参入費用を上昇させ、参入を抑止する既存企業の戦略的投資の意思決定に需要の不確実性と潜在的競争企業の戦略的反応が及ぼす影響を明らかにする。

本稿の構成は以下のとおりである。2節でモデルの設定を述べる。本稿のモデルは、Dixit and Pindyck(1994), Grenadier(1996, 2002), Joaquin and Khanna(2001)などの二企業による不完全競争下の市場参入の意思決定を分析した戦略的リアルオプション・モデルを拡張し、潜在的競争企業の市場参入の意思決定を戦略的に考慮した既存企業の参入抑止投資の意思決定を定式化している。3節で参入抑止投資の閾値と均衡を求める。そして、数値計算を利用し、参入抑止投資の意思決定に対する不確実性の影響を考察する。4節で本稿の結果をまとめる。

2. モデル

2.1 仮定

既存企業と参入を考える潜在的競争企業が市場に1社ずつ存在する。既存企業は潜在的競争企業が参入するまで市場を独占する。このときの各期の生産量を q^m と表記する。潜在的競争企業の参入後、既存企業を生産量を q^i 、潜在的競争企業を生産量を q^c と表記する⁴⁾。また、製品の生産に可変費用はかからない。しかし、潜在的競争企業は、市場参入し、生産を開始するために固定費用(参入費用)を必要とする。この参入費用は、既存企業が選択する参入抑止投資の規模 I に依存する。これを $K(I)$ と表記し、 $K'(I) > 0$ と仮定する。また、参入抑止投資の実施前の参入費用を $K(0) = K_0$ とする。市場の各期の製品価格は、Dixit and Pindyck(1994), Grenadier(1996, 2002), Joaquin and Khanna(2001)が用いている逆需要関数 $P_t = Y_t D[Q(n)]$ で決定されるものとする。ただし $Q(n)$ は総供給量、 n は市場に参入している企業数を表しており、 n は1または2の値のみを

とる。 $D[Q(n)]$ は、 $Q(n)$ についての単調な減少関数であり、時間に依存しない。 Y_t は、各期の外生ショック(Exogenous shock)の実現値であり、製品に対する消費者の選好の変化が価格に与える影響を表す。例えば、製品の補完財が発売されるときこの製品がより魅力的になり、市場規模が拡大する。その結果、供給量を一定として製品価格が上昇する。その一方、製品の代替財が発売されるとき市場の規模が縮小する。その結果、供給量を一定として製品価格が減少する。また、 Y_t は以下の幾何ブラウン運動にしたがうものとする。

$$dY_t = \alpha Y_t dt + \sigma Y_t dz \quad (1)$$

ここで $\alpha (\geq 0)$ は瞬間的な期待成長率、 $\sigma (> 0)$ は瞬間的な標準偏差を表し、時間を通じて一定とする。ただし dz は標準ブラウン運動である。そして、この不確実性のため、既存企業と潜在的競争企業は将来の製品価格を正確に知ることができない。このとき、製品価格は以下の幾何ブラウン運動にしたがう。

$$dP_t = \alpha Y_t D[Q(n)] dt + \sigma Y_t [Q(n)] dz \quad (2)$$

ここで、外生ショックの瞬間的な期待成長率 α は製品価格の瞬間的な期待収益率となる。

本稿では、オプション価格評価理論を利用してモデルを解く。そのため、金融市場が完備であることを仮定する。したがって、金融市場の資産の組み合わせによって作られたポートフォリオによってあらゆる資産の価値を複製できる。そして、無裁定条件によって、複製されたポートフォリオの価値から市場参入の価値を評価する。また、金融市場では、安全資産が取引されている。そして、その収益率 $r (> 0)$ は時間を通じて一定とする。取引費用や空売り制約は存在しない。

金融市場が完備であるとき、リスク中立確率のもとで評価した、すべての資産の期待収益率は安全資産の収益率と等しくなる。本稿のモデルでは、リスク中立確率のもと、製品価格の期待収益率 α が $r - \delta$ に変換される。ここで、 $\delta (> 0)$ は、まだ市場参入していない企業がいま市場参入するならば得られるキャッシュフローの割合に相当し、市場参入せずに延期オプション

ンの保有を続ける企業にとっては機会費用である⁵⁾。市場参入した企業にとって、製品価格の期待収益率 $r - \delta$ とキャッシュフローの割合 δ を合計した市場参入の期待収益率は安全資産の収益率 r と等しい。そして、リスク中立確率のもと、企業をリスク中立的な主体として扱える。

本稿のモデルは、既存企業と潜在的競争企業の参入抑止投資ゲームである。各時点において、両企業は、はじめに外生ショックの現在の値を観察する。つぎに、既存企業が参入抑止投資を実施するか先送りするかを決定する。そして、潜在的競争企業が市場参入するか先送りするかを決定する。参入抑止投資と市場参入は一度限りの不可逆な意思決定である。そのため、このゲームは両企業が意思決定をともに先送りするときのみ継続される。また、継続されるサブゲームは、この市場の存在が無期限であるため、外生ショックの現在の値が異なる元のゲームになる。潜在的競争企業が市場参入し、既存企業が参入抑止投資を先送りするとき、ゲームは終了する。このとき、既存企業は参入抑止投資の機会を失う。また、既存企業が参入抑止投資を実施するとき、それ以降の時点では、潜在的競争企業の市場参入の意思決定だけが残された問題になる。したがって、潜在的競争企業は自らの価値を最大化するように意思決定をする。

既存企業と潜在的競争企業はマルコフ戦略をとるものとする⁶⁾。このとき、両企業の戦略は、外生ショックの現在の値 Y_t に企業の行動を指定した関数として表せる。さらに、この市場の存在が無期限であるため、時間と独立となる。これは、外生ショックのマルコフ性により参入抑止投資と市場参入の価値が外生ショックの経路でなく現在の値だけに依存するからである。

このゲームの均衡は、参入抑止投資に対する潜在的競争企業の反応を考慮して、後ろ向きに解くことで求められる。したがって、次節では潜在的競争企業の市場参入の意思決定を考える。

2.2 潜在的競争企業の意思決定

潜在的競争企業は、市場参入後は毎期 q^c 単位の製品を生産し、 $Y_t D[Q(2)]q^c$ の収益をあ

げる。ここで $Y_t = Y$ を所与として、時点 t からの収益の期待現在価値を $V(Y)$ で表記する。このとき、金融市場の完備性の仮定から、 $V(Y)$ を資産のポートフォリオによって複製できる。そして、無裁定条件によって $V(Y)$ の微分方程式を以下のように導ける。

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \sigma^2 Y D^2[Q(2)] q^c V(Y)'' \\ & + (r - \delta) Y D[Q(2)] q^c V(Y)' \\ & - r V(Y) + Y D[Q(2)] q^c = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\lim_{Y \rightarrow 0} V(Y) = 0 \quad (4)$$

$$\lim_{Y \rightarrow \infty} V(Y) = \frac{Y D[Q(2)] q^c}{\delta} \quad (5)$$

ここで、(4)式と(5)式は、(3)式を解くための境界条件である。(4)式は、 Y が0に近づくとき、製品価格も0に近づくので、期待現在価値 $V(Y)$ も0になることを意味する制約である。(5)式は価値 $V(Y)$ が収益の期待割引現在価値といつも一致することを保証する制約である。Pindyck(1988, 1991), Dixit and Pindyck(1994)が投資価値を求めるために同様の境界条件を課している。これらの境界条件のもとで(3)式の解は次のようになる。

$$V(Y) = \frac{Y D[Q(2)] q^c}{\delta} \quad (6)$$

これは、 $V(Y)$ が、時点 t から無期限期間にわたる収益の期待現在割引価値に等しいことを示す。

いま潜在的競争企業は、外生ショックが閾値 Y_e に到達するとき、市場に参入するものとする。現在時点 $t=0$ における外生ショックの値が $Y_0 (< Y_e)$ であるならば、参入前の潜在的競争企業の価値は次のようになる。

$$\begin{aligned} & NPV_e^e(Y_e | Y_0) \\ & = E(e^{-rT_e}) \left(\frac{Y_e D[Q(2)] q^c}{\delta} - K(I) \right) \\ & = \left(\frac{Y_0}{Y_e} \right)^\beta \left(\frac{Y_e D[Q(2)] q^c}{\delta} - K(I) \right) \quad (j = b, a) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{r - \delta}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{r - \delta}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} > 1 \quad (8)$$

ここで、 T_e は確率変数であり、外生ショック Y の Y_0 から Y_e への初到達時間を表す。そし

て、 E は、 Y に関するリスク中立確率のもと、 $Y = Y_0$ を条件とした条件付期待値を表す⁷⁾。これ以降、 Y_0 を省略して、 $NPV_j^c(Y_e | Y_0)$ を $NPV_j^c(Y_e)$ と表記する。(7)式は、閾値 Y_e での市場参入によって実現する純現在価値(net present value)を参入前の現在時点まで割り引いた価値であり、延期オプションの価値に相当する。 $NPV_b^c(Y_e)$ は、参入抑止投資が実施される前の潜在的競争企業の価値を表し、 $K(0) = K_0$ である。 $NPV_a^c(Y_e)$ は、参入抑止投資が実施された後の潜在的競争企業の価値を表す。

潜在的競争企業にとって最適な参入の閾値は、 NPV_j^c を最大にする Y_e である。これは、(7)式を Y_e について微分することで求められる。

$$Y_j^*(I) = \frac{\beta\delta}{(\beta-1)D[Q(2)]q^c} K(I) \quad (j = b, a) \quad (9)$$

ここで、 Y_b^* と Y_a^* は、それぞれ参入抑止投資の実施前と実施後の最適な閾値を表す。そして、参入前 ($j=b$) は $K(0) = K_0$ 、参入後 ($j=a$) は $K(I)$ となる。

参入費用 $K(I)$ について $K'(I) > 0$ を仮定しているので、任意の I について、 $Y_b^* < Y_a^*$ である。したがって、参入抑止投資は潜在的競争企業に参入を延期させる。そして、その規模が大きいほどその効果も大きい。これは、参入費用が増加するとき、潜在的競争企業が参入費用の上昇に見合うほど価値 $V(Y)$ が上昇するまで参入を延期するからである。

2.3 既存企業の参入抑止投資

既存企業は、潜在的競争企業が参入するまで、各期に $Y_b D[Q(1)]q^m$ の収益をあげる。しかし、潜在的競争企業が参入するとき、既存企業の収益は $Y_b D[Q(2)]q^i$ に減少する。参入抑止投資は潜在的競争企業の参入を遅らせるため、 $Y_b D[Q(1)]q^m$ の収益をあげることができる期間が平均的に長くなる。そして、その価値の増加が参入抑止投資の価値となる。したがって、閾値 $Y = \bar{Y}$ で参入抑止投資が実施されるとすると、その期待現在価値 $NPV(\bar{Y}, I | Y_0)$ は以下のようなになる⁸⁾。

$$NPV(\bar{Y}, I | Y_0) = \left(\frac{Y_0}{Y_b^*}\right)^{\beta} \left[\left(\frac{Y_b^* D[Q(1)]q^m - Y_b^* D[Q(2)]q^i}{\delta} \right) \left(1 - \left(\frac{Y_b^*}{Y_a^*}\right)^{\beta-1} \right) \right] - \left(\frac{Y_0}{\bar{Y}}\right)^{\beta} I \quad (10)$$

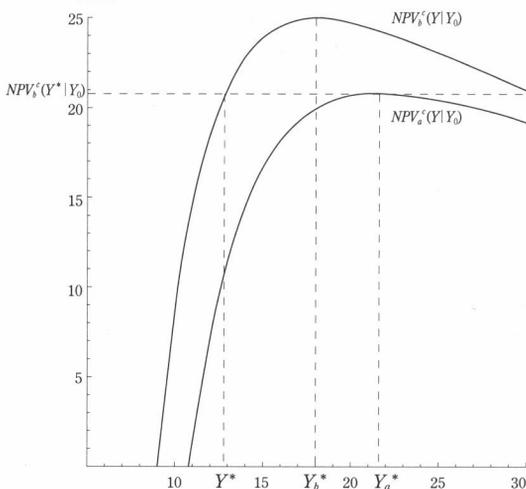
参入抑止投資が成功すれば、潜在的競争企業の参入の意思決定は Y_b^* から Y_a^* に変化し、参入が延期される。そして、既存企業は、外生ショックが Y_a^* に到達するまで生産量 q^m を維持できる。これは、 $Y_b D[Q(1)]q^m - Y_b D[Q(2)]q^i$ の収益の増加になる。この価値の増分は(10)式第1項目の $[\cdot]$ の中の項に反映されている。また、 $[\cdot]$ の係数 $(Y_0/Y_b^*)^{\beta}$ は、 $Y = Y_0$ を所与として $t=0$ で評価するための割引率である。この式の第2項目は参入抑止投資の規模の現在価値を表す。

(10)式から、閾値 \bar{Y} が大きいほど、参入抑止投資の価値が大きくなる。したがって、既存企業には、参入抑止投資をできるだけ先送りするインセンティブがある。しかし、既存企業は実施を自由に先送りできない。なぜなら、閾値 \bar{Y} で既存企業が参入抑止投資を実施することを所与として、潜在的競争企業は、参入抑止投資の実施前に参入すべきか、実施後に閾値 Y_a^* で参入すべきかを比較し、参入抑止投資の実施前の参入が最適ならばそうするからである。その結果、既存企業は参入抑止投資の機会を失うことになる。したがって、既存企業は、潜在的競争企業の反応を考慮して参入抑止投資の最適な閾値を決定する必要がある。

3. 参入抑止投資の閾値、均衡、最適化問題

この節では、参入抑止投資の規模 I を一定として、既存企業による参入抑止投資の最適な閾値 $Y^*(I)$ (以下では Y^* と表す。) を求め、その閾値の性質を示すことから始める。そのあと、この閾値 Y^* で参入抑止投資を実施することが均衡になることを示す。最後に、任意の規模 I と最適な閾値 Y^* についての関係式を制約条件として、(10)式の参入抑止投資の価値を最大にする規模に関する最適化問題を定式化し、数値計算による分析を行う。

図1. 潜在的競争企業の延期オプションの価値と参入抑止投資の閾値 Y^*



備考) 横軸と縦軸はそれぞれ外生ショックの値とその値での市場参入を所与とした潜在的競争企業の延期オプションの価値を表す。 $NPV_b^c(Y|Y_0)$ と $NPV_a^c(Y|Y_0)$ は参入抑止投資の実施前と実施後における潜在的競争企業の延期オプション価値を表し、 Y_a^* と Y_b^* は参入抑止投資の実施前と実施後における潜在的競争企業の最適な市場参入の閾値を表す。パラメータの値は、 $\sigma=0.2$, $\delta=0.04$, $r=0.04$, $K(0)=100$, $I=4$, $\gamma=10$, $\eta=0.5$, $c_1=2$, $c_2=1$, $Y_0=9$ である。

3.1 閾値と均衡

既存企業の参入抑止投資の最適な閾値 Y^* を命題1に示す⁹⁾。

命題1 既存企業の参入抑止投資の最適な閾値 Y^* は以下ようになる。

$$Y^* = \{Y_0 \leq Y \leq Y_b^* | NPV_b^c(Y) = NPV_a^c(Y_a^*)\} \quad (11)$$

閾値 Y^* は、 $Y_0 \leq Y \leq Y_b^*$ において一意に決定される。また、 $Y_0 \leq Y < Y^*$ において $NPV_b^c(Y) < NPV_a^c(Y_a^*)$ であり、 $Y^* < Y < Y_b^*$ において $NPV_b^c(Y) > NPV_a^c(Y_a^*)$ である。

命題1は、参入抑止投資の実施前に潜在的競争企業が保有する延期オプションの価値 $NPV_b^c(Y)$ が参入抑止投資の実施後に閾値 Y_a^* で市場参入するときの延期オプションの価値 $NPV_a^c(Y_a^*)$ と等しくなる値 Y において、既存企業が参入抑止投資を実施することを示している。

図1は、関数とパラメータの値を特定化して、参入抑止投資の最適な閾値 Y^* を描いてい

る¹⁰⁾。 $Y_0 \leq Y < Y^*$ において $NPV_b^c(Y) < NPV_a^c(Y_a^*)$ である。そのため、潜在的競争企業にとって、参入抑止投資を受け入れて、最適な市場参入の閾値 Y_a^* で市場参入するオプションを保有することは、価値の下落の回避を目的に閾値 Y^* への到達前に市場参入することより価値がある。つまり、潜在的競争企業には参入抑止投資の実施前に市場参入するインセンティブがない。その一方、 $Y^* < Y \leq Y_b^*$ において $NPV_b^c(Y) > NPV_a^c(Y_a^*)$ である。そのため、潜在的競争企業にとって、閾値 Y^* への到達前に市場参入することは、最適な市場参入の閾値 Y_a^* で市場参入するオプションを保有することより価値がある。つまり、潜在的競争企業には参入抑止投資の実施前に市場参入するインセンティブがある。これは、市場参入から得られる価値が著しく減少する脅威によって、企業が延期オプションを犠牲にして、早期に参入することを意味する。

参入抑止投資の最適な閾値 Y^* は、不確実性の大きさ σ と参入抑止投資の規模 I について以下の性質をもつ¹¹⁾。

$$\frac{\partial Y^*}{\partial \sigma} > 0, \quad \frac{\partial Y^*}{\partial I} < 0 \quad (12)$$

最初の条件から不確実性が増加するとき、既存企業が参入抑止投資を先送りすることがわかる。McDonald and Siegel(1986), Pindyck(1988), Dixit(1989), Pindyck(1991), Dixit and Pindyck(1994)などの標準的なリアルオプション・モデルも同様の結果を示している。しかし、参入抑止投資を延期するインセンティブはそれらと異なる。それらのモデルでは、不確実性の増加によって延期オプションの価値が上昇するため、企業はこの価値の行使に見合うほどに投資価値が上昇するまで投資を延期する。本稿のモデルでも、これと同様のメカニズムによって、不確実性が増加するとき、潜在的競争企業が市場参入を延期する。しかし、参入抑止投資の先送りは、不確実性の増加による潜在的競争企業の参入の延期が既存企業が参入の抑止をはかるインセンティブを低下させるために生じる。

また2番目の条件から、大規模な参入抑止投

資ほど早く実施されることがわかる。これは、Dixit(1989), Pindyck(1991), Dixit and Pindyck(1994)などの標準的なリアルオプション・モデルと対立する結果である。それらのモデルでは、投資の不可逆性のため、投資規模が大きいほど実施が遅れる。しかし、参入抑止投資の実施は潜在的競争企業の反応を考慮して決定される。大規模な参入抑止投資は、潜在的競争企業が被る価値の下落を大きくする。そのため、潜在的競争企業は、価値の下落を回避するために参入抑止投資の実施前に市場参入するインセンティブを強める。その結果、大規模な参入抑止投資ほど実施が早くなる。

つぎに、外生ショックが $Y_0 (< Y^*)$ から始まる参入抑止投資ゲームの均衡について考えよう¹²⁾。このゲームは、既存企業が参入抑止投資の先送りを続けるならば、潜在的競争企業が閾値 Y^* で市場参入し、終了するので、そこから後向きに解くことで均衡が得られる。

はじめに、外生ショックが $Y_t \geq Y^*$ に到達するまで両企業が意思決定を先送りしたのとして、そこから始まるゲームを考える。参入抑止投資の実施前において、外生ショックが $Y_t \geq Y^*$ にあるならば、潜在的競争企業の最適な意思決定は市場参入することである。したがって、既存企業は、もし参入抑止投資を先送りするならば投資の機会を失うことになるので、 $Y_t \geq Y^*$ では参入抑止投資を実施する。そして、参

入抑止投資の実施後において潜在的競争企業の市場参入の最適閾値が Y_a^* であることから、 $Y_t \geq Y_b^*$ から始まるゲームでは、潜在的競争企業の市場参入の価値が $NPV_a^c(Y_a^*)$ となる。

つぎに、外生ショックが閾値 Y_b^* に到達する直前の $Y_t = Y_b^* - \epsilon$ まで両企業が意思決定を先送りしたのとして、そこから始まるゲームを考える。潜在的競争企業が閾値 Y_b^* に到達するまで市場参入を先送りするならば、市場参入の価値は $NPV_a^c(Y_a^*)$ となる。そのため、 $NPV_b^c(Y_b^* - \epsilon) \geq NPV_a^c(Y_a^*)$ ならば、潜在的競争企業には市場参入のインセンティブがある。したがって、 $NPV_b^c(Y) \geq NPV_a^c(Y_a^*)$ である $Y_t \geq Y^*$ では、潜在的競争企業は、既存企業が参入抑止投資を先送りするならば市場参入する。これに対して、既存企業は、参入抑止投資を先送りするならば投資の機会を失うことになるので、 $Y_t \geq Y^*$ では参入抑止投資を実施する。そのため、 $Y_t \geq Y^*$ から始まるゲームでも、潜在的競争企業の市場参入の価値は $NPV_a^c(Y_a^*)$ となる。

最後に、外生ショックが閾値 Y^* に到達する直前の $Y_t = Y^* - \epsilon$ まで両企業が意思決定を先送りしたのとして、そこから始まるゲームを考える。潜在的競争企業が閾値 Y^* に到達するまで市場参入を先送りするならば、市場参入の価値が $NPV_a^c(Y_a^*)$ となる。そして、 $0 < Y_t < Y^*$ では $NPV_b^c(Y) < NPV_a^c(Y_a^*)$ であるので、既存企業の意思決定にかかわらず、潜在的競争企業は市場参入を先送りする。これに対して、既存企業は、参入抑止投資をできるだけ先送りしたいので、実施を先送りする。

図2は、外生ショックが $Y_0 (< Y^*)$ から始まるゲームの均衡を描いている。そして、命題2は参入抑止投資ゲームの均衡を示している。

命題2 外生ショックの初期値を $Y_t = Y_0 (< Y^*)$ として、参入抑止投資の価値が $NPV(Y^*, I | Y_0) \geq 0$ のとき、既存企業は閾値 Y^* で参入抑止投資を実施する。そして、潜在的競争企業は閾値 Y_a^* で市場参入する。閾値 Y^* において参入抑止投資の価値が $NPV(Y^*, I | Y_0) < 0$ のとき、既存企業は参入

図2. 参入抑止投資ゲームの均衡

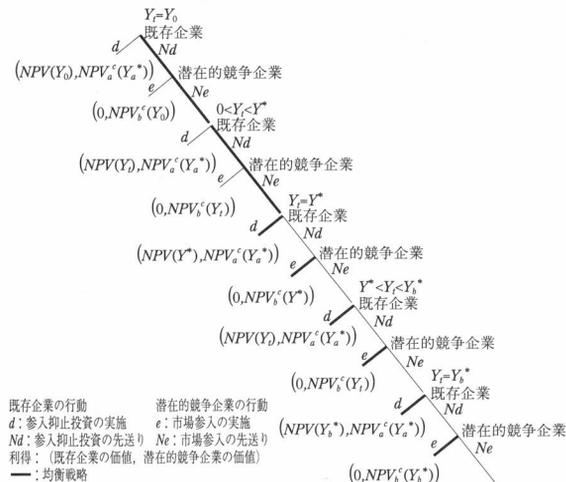
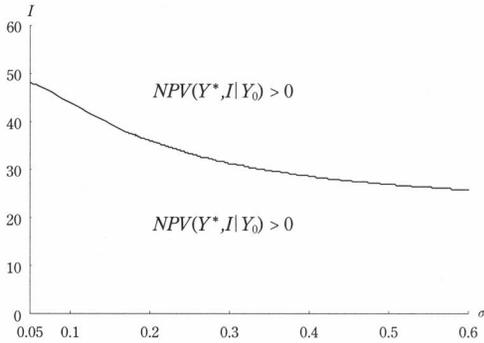


図3. 参入抑止投資の実施に対する不確実性の影響



備考) 横軸と縦軸はそれぞれ不確実性の大きさ σ と参入抑止投資の規模 I を表す。各パラメータの値は、 $\delta=0.04$, $r=0.04$, $K(0)=100$, $\gamma=10$, $\eta=0.5$, $c_1=2$, $c_2=1$, $Y_0=9$ である。

抑止投資を断念しなければならない¹³⁾。そして、潜在的競争企業は閾値 Y_b^* で市場参入する。図3は、 $NPV(Y^*, I|Y_0)=0$ となる参入抑止投資の規模 I と不確実性の大きさ σ の関係を描いている。そして、 $NPV(Y^*, I|Y_0)=0$ より下の領域で参入抑止投資が実施可能である。不確実性が増加するとき、実施可能な参入抑止投資の規模 I が減少することがわかる。これは、不確実性の増加による潜在的競争企業の市場参入の先送りが参入抑止投資の価値を減少させるために生じる。

3.2 最適化問題

これまで、規模を一定として参入抑止投資の最適な閾値について分析してきた。ここでは、既存企業が選択する参入抑止投資の最適な規模について考える。

既存企業は、参入抑止投資の規模と閾値の関係を表す(11)式を制約条件として、参入抑止投資の価値 $NPV(Y^*, I|Y_0)$ を最大にする規模 I を選択する。したがって、参入抑止投資に関する最適化問題は以下ようになる。

$$\begin{aligned} & \max_I \left(\frac{Y_0}{Y_b^*} \right)^\beta \\ & \left[\left(\frac{Y_b^* D[Q(1)] q^m - Y_b^* D[Q(2)] q^i}{\delta} \right) \right. \\ & \left. \left(1 - \left(\frac{Y_b^*}{Y^*} \right)^{\beta-1} \right) \right] - \left(\frac{Y_0}{Y^*} \right)^\beta I \\ & \text{s.t. } Y^* = \{Y_0 \leq Y \leq Y_b^* | NPV_b^c(Y) \} \end{aligned}$$

$$= NPV_b^c(Y^*) \} \quad (13)$$

この最適化問題について、解析的な解を求めることはできない。したがって、以下では数値計算を用いて、最適な閾値 Y^* 、最適な参入抑止投資の規模 I^* 、参入抑止投資の価値 $NPV(Y^*, I^*|Y_0)$ などに不確実性の大きさを表す σ が与える影響を調べる。

3.3 数値計算

数値計算のために関数とパラメータを特定化する。逆需要関数を $Y_t D[Q(n)] = Y_t (c_1 - c_2 Q(n))$ とする。ここで、 c_1 と c_2 は正の定数である。既存企業は、潜在的競争企業が参入するまで、各期の生産量を独占企業として決定できる。したがって、各期の生産量 q^m は、 $\max_q [Y_t (c_1 - c_2 q) q]$ の解として得られる。また、潜在的競争企業の参入後、既存企業と潜在的競争企業の間でクールノー均衡を仮定する。既存企業と潜在的競争企業の各期の均衡生産量をそれぞれ q^i と q^c とすると、 (q^i, q^c) は、 $\max [Y_t (c_1 - c_2 (q^i + q^c)) q]$ ($k=c, i$) を同時に満たす解として得られる。各期の均衡生産量は、 $q^m = c_1/2c_2$, $q^i = q^c = c_1/3c_2$ となり、外生ショック Y_t と時間 t に依存しない¹⁴⁾。

つぎに、参入費用を $K(I) = K_0 + \gamma I^\eta$ とする。ここで γ と η は正の定数である。それらの値は参入抑止投資が参入費用を上昇させる効果を表す。各パラメータの値を次のように定める。逆需要関数について $c_1=2$, $c_2=1$ とする。したがって、 $q^m=1$, $q^i=q^c=2/3$ となる。安全資産と機会費用の収益率をそれぞれ $r=0.04$, $\delta=0.04$ とする。参入費用について $K_0=100$, $\gamma=10$, $\eta=0.5$ とする¹⁵⁾。また、不確実性の影響を考察するため、不確実性の大きさを表す外生ショック Y_t の瞬間的な標準偏差 σ を 0.1 から 0.6 の範囲で変化させる。

表1は(13)式の最適化問題の結果をまとめている。表1(I)から、不確実性の大きさ σ が増加するとき、閾値 Y^* が上昇する。したがって、不確実性が大きくなると、既存企業は参入抑止投資を延期する。この原因は二つある。ひとつは、前節で示されたように、不確実性の増加

表1. 既存企業の参入抑止投資の意思決定

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
不確実性	閾値	規模	規模の 現在価値	現在価値	単位当たりの現在価値	閾値への規模 削減の貢献度
σ	Y^*	I^*	$I^*(Y_0/Y^*)^\beta$	$NPV(Y^*, I^* Y_0)$	$NPV(Y^*, I^* Y_0) / (I^*(Y_0/Y^*)^\beta)$	
0.1	9.81	9.70	7.24	18.50	2.55	0.67%
0.15	10.82	9.49	6.03	12.82	2.12	2.07%
0.2	12.15	9.00	4.93	9.49	1.92	2.47%
0.25	13.78	8.52	4.06	7.36	1.81	2.48%
0.3	15.68	8.12	3.40	5.91	1.73	2.33%
0.35	17.87	7.79	2.88	4.86	1.68	2.13%
0.4	20.34	7.53	2.47	4.08	1.65	2.09%
0.45	23.09	7.31	2.14	3.48	1.62	1.87%
0.5	26.14	7.14	1.87	3.00	1.60	1.66%
0.55	29.48	6.99	1.65	2.62	1.58	1.48%

備考) 本文(13)式の最適化問題に不確実性が与える影響をまとめている。各パラメータの値は、 $\delta=0.04$ 、 $r=0.04$ 、 $K(0)=100$ 、 $\gamma=10$ 、 $\eta=0.5$ 、 $c_1=2$ 、 $c_2=1$ 、 $Y_0=9$ である。

によって潜在的競争企業が参入を延期するためである。もうひとつは、不確実性が増加するとき、既存企業が参入抑止投資の規模 I^* を削減するためである。表1(II)では、 I^* が不確実性の増加とともに減少する。前節で示されたように、参入抑止投資の規模が小さくなる時、潜在的競争企業が参入抑止投資の実施前に参入するインセンティブが低下し、 Y^* が上昇する。また表1(VI)は、参入抑止投資の規模の減少が閾値を上昇させる割合も示している¹⁶⁾。これらの値が最大でも約2.5%であることから、 Y^* の上昇には、不確実性の増加によって延期オプションの価値が上昇し、潜在的競争企業が参入を延期することが強く影響しているといえる。

参入抑止投資の規模の期待割引現在価値は(13)式の第2項目に相当する。この値は、不確実性が増加するとき減少する。それから、表1(IV)と(V)から、参入抑止投資の期待現在割引価値 $NPV(Y^*, I^*, Y_0)$ と投資規模1単位当たりの価値 $NPV(Y^*, I^*, Y_0)/I^*$ の値も、不確実性が増加するとき減少する。

表2は、参入抑止投資による潜在的競争企業の参入の意思決定の変化についてまとめている。参入抑止投資の実施前と実施後の閾値 Y_b^* と Y_a^* 、その閾値の差 $Y_a^* - Y_b^*$ と閾値 Y_b^* と参入抑止投資の閾値 Y^* の差 $Y_b^* - Y^*$ 、外生ショック Y が Y_b^* から Y_a^* と Y^* から Y_b^* に到達す

る期待時間を表している¹⁷⁾。

不確実性が増加するとき、参入抑止投資の規模は縮小する。しかし、表2(III)と(V)では、潜在的競争企業の参入に関する閾値の差 $Y_a^* - Y_b^*$ とその期待時間が拡大している。したがって、不確実性が大きくなるほど、単位当たりの参入抑止投資が潜在的競争企業の参入を遅らせる戦略的效果も大きくなると考えられる。それから、表2(IV)と(VI)から、閾値の差 $Y_a^* - Y_b^*$ とその期待時間も不確実性とともに大きくなる。つまり、不確実性が大きくなるほど、参入抑止投資が実施されてから効果を発揮するまでにより長い時間がかかる。そのため、参入抑止投資の期待現在価値と単位あたり期待現在価値が減少する。

この結果から、不確実性の増加が、潜在的競争企業の参入を抑止し、参入抑止投資の単位あたりの戦略的效果を強めると同時に、参入抑止投資の価値を減少させることがわかる。そのため、参入抑止投資を積極的に実施するインセンティブが低下する。そして、既存企業は、参入抑止投資を先送りし、その規模も削減する。

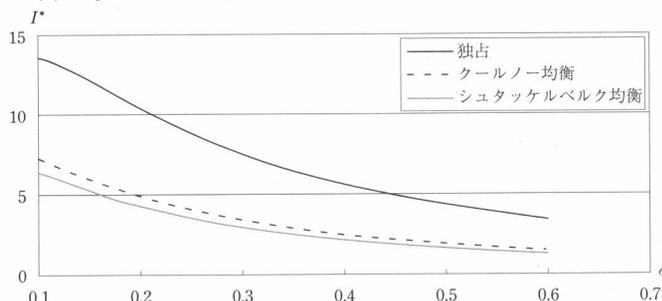
図4は、参入抑止投資の実施前と実施後における潜在的競争企業の市場参入の最適な閾値をそれぞれ一定に維持し、潜在的競争企業の市場シェアの大きさが参入抑止投資の規模に与える影響を描いている。潜在的競争企業が参入する

表 2. 潜在的競争企業の市場参入の意思決定

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
不確実性	閾値		閾値の差		期待時間	
σ	Y_b^*	Y_a^*	$Y_a^* - Y_b^*$	$Y_b^* - Y^*$	$E[T](Y_b - > Y_a)$	$E[T](Y^* - > Y_b)$
0.1	12.79	16.77	3.98	2.97	1.39	1.35
0.15	15.20	19.88	4.68	4.37	1.42	1.79
0.2	18.00	23.40	5.40	5.84	1.45	2.18
0.25	21.21	27.40	6.19	7.43	1.51	2.55
0.3	24.86	31.95	7.08	9.18	1.61	2.97
0.35	28.98	37.07	8.09	11.11	1.77	3.48
0.4	33.58	42.80	9.21	13.24	2.02	4.18
0.45	38.68	49.15	10.46	15.59	2.42	5.22
0.5	44.29	56.13	11.83	18.15	3.15	7.03
0.55	50.42	63.76	13.34	20.93	4.81	11.00

備考) 潜在的競争企業の市場参入の閾値について、参入抑止投資の実施前と実施後における変化かをまとめている。各パラメータの値は、 $\delta=0.04$ 、 $r=0.04$ 、 $K(0)=100$ 、 $\gamma=10$ 、 $\eta=0.5$ 、 $c_1=2$ 、 $c_2=1$ である。

図 4. 参入抑止投資潜在的規模に対する競争企業の市場シェアの影響



備考) 横軸と縦軸はそれぞれ不確実性の大きさ σ と参入抑止投資の最適な規模 I^* を表す。各パラメータの値は、 $\delta=0.04$ 、 $r=0.04$ 、 $\gamma=10$ 、 $\eta=0.5$ 、 $c_1=2$ 、 $c_2=1$ である。

とき、クールノー均衡が実現するケースを基準にして、潜在的競争企業が参入と同時に既存企業を市場から締め出すケースと、既存企業が先導企業になり潜在的競争企業が追従企業になるシュタッケルベルク均衡のケースを仮定し、縦軸に参入抑止投資の規模、横軸に不確実性の大きさ σ を描いている。図 4 から、潜在的競争企業が獲得する市場シェアが大きいほど、既存企業は参入抑止投資の規模を増加させることがわかる。つまり、既存企業は、より大規模に展開しようとする潜在的競争企業に対して強く反応し、参入をより積極的に抑止しようとする。

4. まとめ

本稿は、リアルオプション理論を応用し、潜

在的競争企業の参入費用を上昇させ、参入を抑止する既存企業の戦略的な参入抑止投資の意思決定に需要の不確実性が与える影響を分析した。本稿のモデルでは、潜在的競争企業の市場参入の戦略的な意思決定を明示的に考慮し、不確実性下における参入抑止投資の意思決定がなされている。需要の不確実性の増加は、潜在的競争企業が参入するインセンティブを低下させるため、既存企業が

参入の抑止をはかるインセンティブも低下し、参入抑止投資を先送りすることが示された。また、参入抑止投資の規模が大きくなると、潜在的競争企業の早期参入のインセンティブが上昇するため、その実施が早くなることも示された。さらに、数値計算の結果から、不確実性の増加そのものが、潜在的競争企業の参入を抑止し、参入抑止投資の単位あたりの戦略的效果を強めることが示さ

れた。そして、不確実性が増加するとき、参入の抑止をはかるインセンティブが低下するため、既存企業が、参入抑止投資を先送りし、規模も削減することがわかった。

本稿の結果は、参入抑止投資が潜在的競争企業の参入費用を上昇させる効果をもつ仮定のもと導かれている。したがって、この仮定の緩和が結果に与える影響を分析することが重要である。そして、二つの研究方向が考えられる。ひとつは、参入抑止投資による潜在的競争企業の参入費用の上昇に情報の非対称性を考慮した分析である。もうひとつは、これまでの戦略的参入抑止の先行研究のように、参入抑止投資が潜在的競争企業が直面する市場競争に影響を与えるようなモデルを設定した分析である。それら

の分析が今後の課題である。

(投稿受付 2005 年 9 月 28 日・最終決定 2007 年 6 月 13 日, 大阪大学大学院経済学研究科大学院生)

補論

補論 1

既存企業は, 潜在的競争企業が参入するまで, 每期 $Y_t D[Q(1)]q^m$ の収益をあげる。しかし, 潜在的競争企業の参入後, その収益は $Y_t D[Q(2)]q^i$ になる。もし既存企業が参入抑止投資を実施しないならば, 潜在的競争企業は Y が Y_b^* に到達するときに参入する。したがって, 既存企業の期待現在割引価値は以下ようになる。

$$\begin{aligned} NPV_b^i(Y_0) &= E\left(\int_0^{T_b} Y_t D[Q(1)]q^m e^{-rt} dt\right) \\ &\quad + E\left(\frac{Y_b^* D[Q(2)]q^i}{\delta} e^{-rt_b}\right) \\ &= \frac{Y_0 D[Q(1)]q^m}{\delta} \left(1 - \left(\frac{Y_0}{Y_b^*}\right)^{\beta-1}\right) \\ &\quad + \left(\frac{Y_0}{Y_b^*}\right)^{\beta} \left(\frac{Y_b^* D[Q(2)]q^i}{\delta}\right) \end{aligned}$$

ここで, T_b は確率変数であり, 外生ショック Y の Y_0 から Y_b^* への初到達時間を表す。 E は, Y に関するリスク中立確率のもと, $Y = Y_0$ を条件とした条件付期待値を表す。右辺第 1 項目は, 既存企業による市場の独占から生じる期待現在割引価値を表す。そして, 右辺第 2 項目は, 潜在的競争企業の Y_b^* での参入を所与として, 参入後の収益の期待現在割引価値を表している。

閾値 $Y_t = \hat{Y}$ での参入抑止投資が成功するとき, 潜在的競争企業は Y_a^* に到達するときに参入する。したがって, 既存企業は, Y が Y_a^* に到達するまで每期 $Y_t D[Q(1)]q^m$ の収益, それ以降は每期 $Y_t D[Q(2)]q^i$ の収益をあげる。このことから, 既存企業の期待現在割引価値は以下ようになる。

$$\begin{aligned} NPV_a^i(\hat{Y}, I|Y_0) &= E\left(\int_0^{T_a} Y_t D[Q(1)]q^m e^{-rt} dt\right) \\ &\quad + E\left(\frac{Y_a^* D[Q(2)]q^i}{\delta} e^{-rt_a}\right) - E(Ie^{-r\hat{T}}) \\ &= \frac{Y_0 D[Q(1)]q^m}{\delta} \left(1 - \left(\frac{Y_0}{Y_a^*}\right)^{\beta-1}\right) \\ &\quad + \left(\frac{Y_0}{Y_a^*}\right)^{\beta} \left(\frac{Y_a^* D[Q(2)]q^i}{\delta}\right) - \left(\frac{Y_0}{\hat{Y}}\right)^{\beta} I \end{aligned}$$

ここで, T_a と \hat{T} は, それぞれ確率変数であり, 外生ショック Y の Y_0 から Y_a^* と Y_0 から \hat{Y} への初到達時間を表す。

したがって, 参入抑止投資の期待現在価値はそれらの価値の増分なので, $NPV_a^i(\hat{Y}, I|Y_0)$

$-NPV_b^i(Y_0)$ によって $NPV(\hat{Y}, I|Y_0)$ が得られる。

$$\begin{aligned} NPV(\hat{Y}, I|Y_0) &= \left(\frac{Y_0}{Y_b^*}\right)^{\beta} \\ &\quad \left[\left(\frac{Y_b^* D[Q(1)]q^m - Y_b^* D[Q(2)]q^i}{\delta}\right) \right. \\ &\quad \left. \left(1 - \left(\frac{Y_b^*}{Y_a^*}\right)^{\beta-1}\right)\right] - \left(\frac{Y_0}{\hat{Y}}\right)^{\beta} I \end{aligned}$$

補論 2

証明 外生ショックが閾値 Y に到達するとき潜在的競争企業が市場参入することを所与として, 参入抑止投資の実施前と実施後における市場参入のオプション価値はそれぞれ, $NPV_b^c(Y)$ と $NPV_a^c(Y)$ である。そして, それらには次の関係が成立する。

$$NPV_b^c(Y) > NPV_a^c(Y) \quad Y_0 \leq Y < \infty$$

また, それらの Y についての一階微分には以下の性質がある。

$$\frac{dNPV_j^c(Y)}{dY} \geq 0 \quad Y_0 \leq Y \leq Y_j^* \quad (j = b, a)$$

$Y_0 \leq Y \leq Y_b^*$ において, $NPV_b^c(Y)$ は Y について単調増加であるので, $NPV_b^c(Y) = NPV_b^c(Y_b^*)$ を満たす Y^* は一意に定まる。また, $NPV_a^c(Y_b^*)$ は $NPV_a^c(Y)$ の最大値であるため, $Y_0 \leq Y < Y^*$ において $NPV_b^c(Y) < NPV_a^c(Y_b^*)$ であり, $Y^* < Y \leq Y_b^*$ において $NPV_b^c(Y) > NPV_a^c(Y_b^*)$ である。

$Y_0 \leq Y \leq Y^*$ において $NPV_b^c(Y) \leq NPV_a^c(Y_b^*)$ であるため, 潜在的競争企業には参入抑止投資の実施前に市場参入するインセンティブがない。そのため, $Y_0 \leq Y < Y^*$ における既存企業の参入抑止投資は成功する。その一方, $Y^* < Y \leq Y_b^*$ において $NPV_b^c(Y) > NPV_a^c(Y_b^*)$ であるため, 潜在的競争企業には参入抑止投資の実施前に市場参入するインセンティブがある。そのため, 参入抑止投資の実施前の潜在的競争企業の市場参入によって, 既存企業は参入抑止投資の機会を奪われる。また, 参入抑止投資の価値は外生ショック Y の増加関数であるので, 既存企業には実施をできるだけ先送りするインセンティブがある。したがって, Y^* が参入抑止投資の最適な閾値となる。

補論 3

証明 (11)式より, Y^* は以下の等式を満たす。

$$NPV_b^c(Y^*|Y_0) - NPV_a^c(Y_a^*|Y_0) = 0$$

$$NPV_b^c(Y^*|Y_0) = \left(\frac{Y_0}{Y^*}\right)^\beta \left(\frac{Y^* D[Q(2)] q^c}{\delta} - K\right)$$

$$NPV_a^c(Y_a^*|Y_0) = \left(\frac{Y_0}{Y_a^*}\right)^\beta \left(\frac{1}{\beta-1} K(I)\right)$$

陰関数 $F(Y^*, \sigma, I) = NPV_b^c(Y^*|Y_0) - NPV_a^c(Y_a^*|Y_0)$ として、(12)式の結果を導く。

$$\begin{aligned} \frac{\partial F(Y^*, \sigma, I)}{\partial Y^*} &= \left(\frac{Y_0}{Y^*}\right)^\beta \left(\frac{\beta K}{Y^*} - \frac{q^c D[Q(2)]}{\delta}\right) (\beta-1) \\ &= \left(\frac{Y_0}{Y^*}\right)^\beta \left(\frac{\beta K}{Y^*} - \frac{\beta K}{Y_b^*}\right) > 0, \end{aligned}$$

$$Y_b^* = \frac{\beta \delta}{(\beta-1) q^c D[Q(2)]} K > Y^*$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial F(Y^*, \sigma, I)}{\partial \sigma} &= \frac{\partial NPV_b^c(Y^*)}{\partial \sigma} - \frac{\partial NPV_a^c(Y_a^*)}{\partial \sigma} \\ &= \frac{\partial \ln NPV_b^c(Y^*)}{\partial \sigma} NPV_b^c(Y^*) \\ &\quad - \frac{\partial \ln NPV_a^c(Y_a^*)}{\partial \sigma} NPV_a^c(Y_a^*) \\ &= \frac{\partial \beta}{\partial \sigma} \ln \frac{Y_0}{Y^*} NPV_b^c(Y^*) \\ &\quad - \frac{\partial \beta}{\partial \sigma} \ln \frac{Y_0}{Y_a^*} NPV_a^c(Y_a^*) < 0 \end{aligned}$$

$\partial \beta / \partial \sigma < 0$, $NPV_b^c(Y^*) = NPV_a^c(Y_a^*)$, $Y_0 < Y^* < Y_a^*$ であるので、 $\partial F(Y^*, \sigma, I) / \partial \sigma$ は負になる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial F(Y^*, \sigma, I)}{\partial I} &= -\left(\frac{Y_0}{Y^*}\right)^\beta \left\{ -\frac{\beta}{\beta-1} \frac{K(I)}{Y_a^*} \frac{\partial Y_a^*}{\partial K(I)} K'(I) + \frac{K'(I)}{\beta-1} \right\} \\ &= \left(\frac{Y_0}{Y^*}\right)^\beta K'(I) > 0 \quad Y_a^* = \frac{\beta \delta}{(\beta-1) q^c D[Q(2)]} K(I) \end{aligned}$$

したがって、陰関数定理を利用すると(12)式の結果が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y^*}{\partial \sigma} &= -\frac{\partial F(Y^*, \sigma, I) / \partial \sigma}{\partial F(Y^*, \sigma, I) / \partial Y^*} > 0 \\ \frac{\partial Y^*}{\partial I} &= -\frac{\partial F(Y^*, \sigma, I) / \partial I}{\partial F(Y^*, \sigma, I) / \partial Y^*} < 0 \end{aligned}$$

補論 4

既存企業の利潤関数を $\pi_t = Y_t(c_1 - c_2 q_t) q_t$ とすると、 $\max_{q_t} [Y_t(c_1 - c_2 q_t) q_t]$ の解 q_t^m は以下のように求められる。

$$\begin{aligned} \frac{d\pi_t}{dq_t} \Big|_{q_t=q_t^m} &= Y_t(c_1 - c_2 q_t^m) - Y_t c_2 q_t^m = 0 \\ q_t^m &= q^m = \frac{c_1}{2c_2}, \end{aligned} \quad (14)$$

均衡生産量 q^m は c_1 と c_2 で表現できる。そして、外生ショック Y_t と時間 t に依存しない。

潜在的競争企業の参入後、既存企業と潜在的競争企業間の市場競争について、クールノー均衡を仮定している。既存企業と潜在的競争企業の利潤関数をそれぞれ $\pi_t^i = Y_t(c_1 - c_2(q_t + q_t^i)) q_t$, $\pi_t^c = Y_t(c_1 - c_2(q_t + q_t^c)) q_t$ とすると、 $\max_{q_t} [Y_t(c_1 - c_2(q_t + q_t^k)) q_t]$ ($k=i, c$) を同時に満たす解 (q_t^i, q_t^c) は以下のように求められる。

$$\frac{d\pi_t^i}{dq_t} \Big|_{q_t=q_t^i} = Y_t(c_1 - c_2(q_t^i + q_t^i)) - Y_t c_2 q_t^i = 0 \quad (15)$$

$$\frac{d\pi_t^c}{dq_t} \Big|_{q_t=q_t^c} = Y_t(c_1 - c_2(q_t^c + q_t^c)) - Y_t c_2 q_t^c = 0 \quad (16)$$

これらの最適反応関数の連立方程式を解くと既存企業と潜在的競争企業の均衡生産量 (q_t^i, q_t^c) が得られる。

$$q_t^k = q^k = \frac{c_1}{3c_2} \quad (k=i, c) \quad (17)$$

既存企業と潜在的競争企業の均衡生産量 (q_t^i, q_t^c) は c_1 と c_2 で表現できる。そして、外生ショック Y_t と時間 t に依存しない。

注

* 本稿の作成にあたり、仁科一彦教授(大阪大学)、Maghrebi Nabil 准教授(和歌山大学)、楠田浩二准教授(滋賀大学)から親身にご指導して頂きました。経営財務研究会西日本部会において四塚朋子准教授(追手門学院大学)、青山学院大学ファイナンス理論研究会において高森寛教授(早稲田大学)、渡辺隆裕教授(首都大学東京)、今井潤一准教授(東北大学)から貴重な助言と激励を頂きました。匿名の査読者2名からも多くの貴重な助言を頂きました。記して深く感謝いたします。

1) この結果をはじめて指摘したのは McDonald and Siegel(1986)である。それ以降、彼らの研究を拡張し、多くの研究が行なわれている。代表的なものとして、Majd and Pindyck(1987)、Pindyck(1988)、Dixit(1989)、Myers and Majd(1990)などがある。また、代表的な教科書として Dixit and Pindyck(1994)、Trigeorgis(1996)がある。Schwartz and Trigeorgis(2001)は、リアルオプションのコンセプト・理論モデル・応用などについて、これまでの代表的な論文をまとめている。

2) Trigeorgis(1991, 1996)は、外生的な参入によってプロジェクトの価値が減少する可能性を仮定し、投資が早期に実施されることを示した。Smit and Ankum(1993)、Dixit and Pindyck(1994)は、二企業による投資を仮定した離散時間と連続時間モデルによって、参入競争が延期オプションの価値を減少させ、投資が早期に実施されることを示した。Grenadier(1996)は、Dixit and Pindyck(1994)の連続時間モデルを不動産開発の分析に応用している。また、外生ショックの初期値に依存して、二企業間で開発が順次に開

始される均衡と同時に開始される均衡が存在することを示した。Joaquin and Khanna(2001)は、規模の異なる二企業について、市場への参入と退出の意思決定を分析した。Lambrecht(2001)は、寡占市場において、資本構成が企業の参入と退出の意思決定に与える影響を分析した。Grenadier(1999)、Lambrecht and Perraudin(2003)は、プロジェクトの価値や投資コストについて企業間における情報の非対称性を仮定し、投資の均衡戦略を分析した。Weeds(2002)は、二企業による R&D への投資の意思決定を分析し、開発競争が投資を早める均衡と開発競争の激化への危惧が長期にわたり投資を延期させる均衡の存在を示した。Balduresson(1998)、Grenadier(2002)は、不完全競争市場における投資の戦略的な意思決定の一般的なフレームワークを開発している。そして、均衡戦略が、社会的余剰を最大にする代表的個人の最適化問題の解として得られる結果を示している。Grenadier(2000)は、戦略的リアルオプション理論に関する論文をまとめている。

3) Dixit(1980)は、過剰な設備投資が戦略的コミットメントとして機能し、参入を抑制することを示している。Milgrom and Roberts(1982a, 1982b)は、既存企業について情報の非対称性があるとき、価格制限による情報伝達や略奪的価格設定による評判が参入を抑制することを示している。戦略的な参入抑制理論は、産業組織論の主要な研究分野であり、数多くの研究がある。Tirole(1988)、Ware(1992)、Wilson(1992)などのサーベイがある。

4) 本稿のモデルでは、各期の生産量が時間と独立となる。それについては 3.3 節で説明する。

5) 機会費用 $\delta (> 0)$ はリアルオプション・モデルに共通する仮定である。この仮定は企業による市場参入を保証する。仮に $\delta = 0$ ならば、企業にとって、市場参入を延期し、延期オプションの保有を継続するコストはゼロである。そして、本稿のモデルのように市場が永久に存在し、いつでも自由に企業が市場参入できるならば、市場参入の延期オプションの価値が実際の市場参入によって実現できる価値をいつも上回り、企業には市場参入のインセンティブが生じない。機会費用 δ の詳しい説明と解釈は Pindyck(1991)を参照。

6) 企業の戦略は、各時点までに起こるすべての履歴に対して企業の行動をもれなく指定したものである。このモデルでは、各時点の履歴がその時点までの両企業の行動と外生ショックの実現値の経路で構成される。そして、両企業の各時点の行動は、それぞれ参入抑制投資と市場参入の意思決定をするか先送りするかであり、一度限りの不可逆的な意思決定である。したがって、両企業の行動に関する各時点の履歴は、それ以前に参入抑制投資か市場参入のどちらかが実施されたか、どちらも先送りされているかに分けられる。その一方、外生ショックの現在の値 Y_t までの経路に関する履歴は、 Y_t に到達する経路が無数に存在するため、無数に考えられる。しかし、外生ショックのマルコフ性により参入抑制投資と市場参入の価値が外生ショックの経路でなく現在の値 Y_t だけに依存するため、 Y_t に対して企業の行動を指定した関数として企業の戦略を表せる。また、マルコフ戦略に対する最適反応もマルコフ戦略になることが知られている。マルコフ戦略の詳しい解説は Fudenberg and Tirole(1991)、Weeds

(2002)を参照。

7) 金融市場の完備性の仮定から、外生ショック Y_t の派生資産である既存企業と潜在的競争企業の価値はリスク中立確率を用いて評価できる。また、(7)式の期待値の展開については Dixit and Pindyck(1994)の 9 章の数学付録に記載されている。

8) 導出は補論 1 を参照。

9) 証明は補論 2 を参照。

10) 関数の特定化とパラメータの値は 3.3 節で詳しく述べる。

11) 証明は補論 3 を参照。

12) 本稿では純粋戦略のみを考慮する。

13) 参入抑制投資の価値 $NPV(\bar{Y}, I|Y_0)$ は \bar{Y} の増加関数である。したがって、 Y^* より大きな Y の値で参入抑制投資を実施することが正の価値を既存企業にもたらす可能性がある。しかしながら、 Y^* より大きな値での参入抑制投資の実施は、 Y^* に到達するより早く市場参入することを潜在的競争企業に促す。実際に潜在的競争企業が Y^* に到達するより早い時期に参入するならば、既存企業は参入抑制投資の機会を失い、市場の独占期間も短くなる。その結果、潜在的競争企業が Y^* に到達するときに市場参入する場合より価値が減少する。既存企業は、これを避けるために参入抑制投資を断念するものとする。

14) 導出は補論 4 を参照。

15) パラメータ c_1, c_2, r, δ, K_0 の値をそれぞれ $\pm 50\%$ ずつ変化させて数値計算を行ない、本稿の結果に影響しないことを確認した。また、参入費用の関数について、 $\eta=1, 1.5, \gamma=1, 5, 15, 20$ と変化させて数値計算を行なった。その結果、単位あたりの参入抑制投資が非常に大きく参入費用を上昇させるとき、つまり、 η, γ が非常に大きいとき、不確実性の増加とともに最適な参入抑制投資の規模が単調に減少する結果は得られなかった。そして、最適な参入抑制投資の規模は、不確実性に対して強い意味での凹状となり、不確実性の値が小さいとき、最大値に達し、単調に減少することを確認した。しかし、この現象は、参入抑制投資によって参入費用が少なくとも約 70% 以上に上昇するときに限られる。そうでないならば、不確実性の増加とともに最適な参入抑制投資の規模が単調に減少する。また、パラメータと参入費用の関数形にかかわらず、不確実性の増加とともに最適な参入抑制投資の閾値が単調に増加する結果は、最適な参入抑制投資の規模の増加に影響を受けない。

16) この値は、 σ が変化するときの Y^* の増分に占める参入抑制投資の削減の影響を示しており、次の式から求められている。

$$\left(\frac{\partial Y^*}{\partial I} \Big|_{I=I^*} \Delta I / \Delta Y^* \right) \times 100$$

分子は、参入抑制投資の規模に関する Y^* の平均変化率を I^* で評価したものに参入抑制投資の規模の削減分を乗じている。分母は、不確実性の大きさ σ の変化に対する閾値 Y^* の増分である。

17) 外生ショックが(1)式の幾何ブラウン運動にしていることから、 Y_0^* から Y_a^* に到達する期待時間を次の式から求めることができる。

$$E[T] = \frac{\ln Y_a^* - \ln Y_0^*}{\alpha - 0.5\sigma^2}$$

ここでは、 $\alpha=0.2$ として期待時間を計算している。ま

た、 Y^* から Y_0^* に到達する期待時間も同様に求めることができる。

参考文献

- 中田善啓(1991)『マーケティング戦略と競争』同文館。
- Aghion, Philippe and Patrick, Bolton (1987) "Contract as a Barrier to Entry," *American Economic Review*, Vol. 77, No. 3, pp. 388-401.
- Baldursson, Fridrik M. (1998) "Irreversible Investment under Uncertainty in Oligopoly," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 22, No. 3, pp. 627-644.
- Dixit, Avinash K. (1980) "The Role of Investment in Entry-deterrence," *The Economic Journal*, Vol. 90, No. 357, pp. 95-106.
- Dixit, Avinash K. (1989) "Entry and Exit Decisions under Uncertainty," *Journal of Political Economy*, Vol. 97, No. 3, pp. 620-638.
- Dixit, Avinash K. and Robert S. Pindyck (1994) *Investment under Uncertainty*, Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1994.
- Fudenberg, Drew and Jean, Tirole (1991) *Game Theory*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1991.
- Grenadier, Steven R. (1996) "The Strategic Exercise of Options: Development Cascades and Overbuilding in Real Estate Markets," *Journal of Finance*, Vol. 51, No. 5, pp. 1653-1679.
- Grenadier, Steven R. (1999) "Information Revelation through Option Exercise," *Review of Financial Studies*, Vol. 12, No. 1, pp. 95-130.
- Grenadier, Steven R. (2000) *Game Choices: The Intersection of Real Options and Game Theory*, London, Eng.: Risk Books, 2000.
- Grenadier, Steven R. (2002) "Option Exercise Games: An Application to the Equilibrium Investment Strategies of Firms," *Review of Financial Studies*, Vol. 15, No. 3, pp. 691-721.
- Joaquin, Domingo C. and Naveen Khanna (2001) "Investment Timing Decisions under Threat of Potential Competition: Why Firm Size Matters," *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol. 41, No. 1, pp. 1-17.
- Kulatilaka, Nalin and Enrico, E. Perotti (1998) "Strategic Growth Options," *Management Science*, Vol. 44, No. 8, pp. 1021-1031.
- Lambrecht, Bart M. (2001) "The Impact of Debt Financing on Entry and Exit in a Duopoly," *Review of Financial Studies*, Vol. 14, No. 3, pp. 765-804.
- Lambrecht, Bart M. and William Perraudin (2003) "Real Options and Preemption under Incomplete Information," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 27, No. 3, pp. 619-643.
- Majd, Saman and Robert, S. Pindyck (1987) "Time to Build, Option Value, and Investment Decisions," *Journal of Financial Economics*, Vol. 18, No. 1, pp. 7-27.
- Maskin, Eric S. (1999) "Uncertainty and Entry Deterrence," *Economic Theory*, Vol. 50, No. 2, pp. 443-459.
- McDonald, Robert and Daniel, D. Seigel (1986) "The Value of Waiting to Invest," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 101, No. 1, pp. 707-727.
- Milgrom, Paul and John, Roberts (1982a) "Limit Pricing and Entry under Incomplete Information: Equilibrium Analysis," *Econometrica*, Vol. 14, No. 2, pp. 429-437.
- Milgrom, Paul and John, Roberts (1982b) "Predation, Reputation and Entry Deterrence," *Journal of Economic Theory*, Vol. 27, No. 2, pp. 280-312.
- Myers, Stewart C. and Saman, Majd (1990) "Abandonment Value and Project Life," *Advances in Futures and Options Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-21.
- Pindyck, Robert S. (1988) "Irreversible Investment, Capacity Choice, and Firm Value," *American Economic Review*, Vol. 78, No. 5, pp. 969-985.
- Pindyck, Robert S. (1991) "Irreversibility, Uncertainty, and Investment," *Journal of Economic Literature*, Vol. 29, No. 3, pp. 1110-1148.
- Salop, Steven C. and David T. Scheffman (1983) "Raising Rivals' Cost," *American Economic Review*, Vol. 73, No. 2, pp. 267-271.
- Salop, Steven C. and David T. Scheffman (1987) "Cost-raising Strategies," *Journal of Industrial Economics*, Vol. 36, No. 1, pp. 19-33.
- Smit, Han T. H. and L. A. Ankum (1993) "Real Options and Game-theoretic Approach to Corporate Investment Strategy under Competition," *Financial Management*, Vol. 22, No. 3, pp. 241-250.
- Spencer, Barbara J. and James A. Brander (1992) "Pre-commitment and Flexibility Application to Oligopoly Theory," *European Economic Review*, Vol. 36, No. 3, pp. 1603-1626.
- Tirole, Jean (1988) *The Theory of Industrial Organization*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1988.
- Trigeorgis, Lenos (1991) "Anticipated Competitive Entry and Early Preemptive Investment in Deferrable Projects," *Journal of Economics and Business*, Vol. 43, No. 2 pp. 143-156.
- Trigeorgis, Lenos (1996) *Real Options*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1996.
- Ware, Roger (1992) "Entry Deterrence," in Norman, G. and La-Manna M. eds., *The New Industrial Economics: Recent Developments in Industrial Organization, Oligopoly and Game Theory*, Aldershot: Elger, pp. 66-83.
- Weeds, Helen (2002) "Strategic Delay in a Real Options Model of R & D Competition," *Review of Economic Studies*, Vol. 69, No. 3, pp. 729-747.
- Wilson, Robert (1992) "Strategic Models of Entry Deterrence," in Aumann, R. J. and Hart S. eds., *The Handbook of Game Theory*, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, pp. 305-329.