2社ベルトラン競争下における特許ライセンスのゲーム理論的分析

-固定料金 vs. ロイヤリティ-

笠松　怜史(Kasamatsu Satoshi)*

Abstract

本稿は、完全代替的で差別化された財を生産する2社ベルトラン競争下の企業に対して、限界費用を引き下げるような特許技術を販売する場合どのような販売メカニズムが特許権者の利潤最大化につながるのかという Muto(1993)の分析をもとに、財の性質が補完的な状況について考察をする。まず補完的な状況では Muto(1993)固定料金の設定では、2社が特許ライセンスを購入するというナッシュ均衡の他に、2社が購入しないという戦略の組もナッシュ均衡となり、また2社が購入するという均衡をリスク支配することを明らかにする。その結果をもとに固定料金の設定をリスク支配にならない限界の固定料金を設定した場合、固定料金制度とロイヤリティのどちらが特許権者にとって利潤最大化につながるのかを提示する。

1. はじめに

技術革新が著しく進む現代社会において、企業の競争力を高めるものは研究開発である。研究開発の成果によって得られた技術を用いることで、消費者はより良い製品を消費することが可能になることや、企業にとってより効率的に製品を生産することが可能になることもある。しかし技術というものは比較的容易に複製することが可能である。故に企業が高い費用を払って研究開発をして、技術を作ったとしても、それを他の企業が複製をして容易に使用することができてしまうと、研究開発によって使用された時間、資金、労力を回収することすら難しくなってしまう。そのため企業は研究開発費用を回収することができなければ、新技術を発明するインセンティブがなくなってしまう。確かにオープンソフトウェアなど、無償で新しい技術を提供する人も存在する。しかし、医薬品など、研究開発に膨大な費用を費やさなければ発見することができないような財に対して技術革新が発生しなくなる。故に研究開発を進めるためは、研究開発の成果（特許技術）に対し特許権を与え、特許権者の独占的利潤獲得機会を保証するなどを対策として行っている。では特許技術における価格はどのように決定されていくのであろうか。本稿における分析では特許権者は大学の工学部などの技術を開発したが、自前でその技術を用いて生産をすることができない、いいかえると工場などの生産手段を持たない特許権者の利潤最大化問題につ

---

*　筑波大学理工学群社会工学類社会経済システム主専攻　渡邊直樹研究室所属

メールアドレス:kasamatsu00@sk.tsukuba.ac.jp

いて考えていく。特許権者が企業の限界費用を下げる技術を開発した場合、その技術を固定料金制とロイヤリティという 2 つのパターンで提供しようとした場合の分析として Kamien and Tauman(1986)と Muto(1993)が先行研究として存在する。Kamien and Tauman(1986)は同一財を生産する寡占市場において、特許権者が特許技術を売り込む場合はロイヤリティよりも固定料金制のほうが利潤を得ることができることを示している。それに対し Muto(1993)は差別化された財を生産する 2 社寡占市場においては、ロイヤリティのほうが固定料金制よりも利潤を得られる場合が存在することを示している。しかし Watanabe and Muto(2006)において、Muto(1993)のモデルでは固定料金制を特許権者が採用した場合において、2 社ともライセンスを購入する場合の他に、2 社ともライセンスを購入しない場合が存在することを示した。そのため、仮に特許権者が固定料金を提示したとしても 2 社が購入するかどうかが明確でないために、特許権者が利潤を得られるかどうかが不明である。本稿では Muto(1993)モデルにおいて、均衡選択の理論を用いて固定料金制の下でライセンスが購入されるのかについて分析する。その結果として企業 2 社ともライセンスを購入しないということが選択される結果が導かれるため、次にリスク支配という均衡選択の理論において、2 社が購入しない場合と購入する場合が無差別に扱われる固定料金に設定した場合、ロイヤリティと固定料金制のどちらが特許権者にとって利潤が得られるのかを分析したい。

2. Muto(1993)に基づくモデル設定

今回は企業 2 社、及び特許権者の 3 つのプレイヤーによる 3 段階展開系ゲームについて考えていく。第 1 段階として特許権者がライセンスの販売方法を固定料金制、ロイヤリティから選択し、金額を設定する。ここでの特許権者はこのライセンスの販売でのみ利潤を得られるものとし、また利潤最大化行動を行うものとする。第 2 段階は 2 企業が独立かつ同時にライセンスを購入するかどうかを選択する。以下企業がライセンスを購入する戦略を B、購入しない戦略を D とし、企業$i(\in \{1,2\})$の戦略を$s_i(\in \{B,D\})$と表わすことにする。最後に第 3 段階として、2 社の企業が差別化された財を生産し、寡占市場において価格競争を行う。ここで企業は特許権者の許諾なしに特許技術を使用することはできないものとする。また、企業の技術に関しては市場競争の結果、既存の技術が伝播するためどの企業もライセンス購入前は同じ生産技術であるものとする。そして企業は特許ライセンスを得ることによって費用が減少し、利潤が増加し、また 1 社のみが購入した方が、2 社が購入したときよりも利潤が高いものとする。この問題設定を後向き帰納法によって部分ゲーム完全均衡を求めていく。

まずゲームの第 3 段階から分析を始める。第 2 段階において s 社の企業がライセンスを購入したとする。ライセンス購入企業が価格競争の末に得られた利潤を W(s)とし、購入していない企業の利潤を L(s)と定義する。この時利潤の関係性は以下のように仮定する。

$$\mathrm{W(s)} > \mathrm{L(0)} \quad {}^{\forall}\mathrm{s} \in \{1,2\}$$

本モデルにおいて企業 1 と企業 2 では差別化された財を生産し、市場において価格競争をするものと仮定している。また企業の生産量、価格及び利潤は 0 以上であることが仮定する。次に消費者については、全て同質の効用関数を持つことを仮定する。本モデルでは、消費者の効用最大化問題を以下のように記述する。

$$\max_{x_1,x_2} U(x_1,x_2)-p_1x_1-p_2x_2$$

$$\text{subject to } U(x_1,x_2)=a(x_1+x_2)-\frac{b((x_1)^2+2\theta x_1x_2+(x_2)^2)}{2}$$

$$(\text{ただし、}a>0, b>0, -1<\theta<1, x_i\geq 0, p_i\geq 0(i=1,2))$$

$U(x_1,x_2)$は消費者の効用関数を表わす。今回は、x_1,x_2に関する 2 次の厳密に凹状の対称関数である。また効用関数にあるθは企業が生産している財の間の関係性を表わしている。$\theta>0$ならば代替的、$\theta<0$ならば補完的、$\theta=0$ならば独立的な関係の財である。

今回の最大化問題を解くと、以下のような需要関数が導かれる。

$$x_i=\max(\frac{(1-\theta)a-p_i+\theta p_j}{b(1-\theta^2)},0)\ \text{ for } i,j=1,2\ ,i\neq j$$

次に企業の利潤最大化行動について考えていく。今回、両企業の費用関数は線形関数を想定しており、同一であるとする。費用関数を以下のように記述する。

$$C(x_i)=cx_i\ \ i=1,2, c<a$$

次に特許権者の発明した特許技術について考える。今回の特許技術は企業の限界費用 c をε(ゲームの第 1 段階でロイヤリティを選択した場合は ε から使用料 r を引いた $\varepsilon-r$)だけ引き下げることができるものであると仮定する。企業は特許権者からライセンスを購入することによってこの技術を用いて生産をすることができるものとする。

(表 1)固定費用モデルにおける戦略系ゲームと Muto(1993)の結果の対応

	B	D
B	BN1	BN3
D	BN3	BN2

次に、今回の複占市場におけるベルトラン=ナッシュ均衡について見ていく。今回は特許ライセンスを購入するかどうかで表 1 のように 3 つの場合分けが発生する。1 つ目は両企業ともライセンスを購入する場合である。(以下 BN1 とする。) 2 つ目は両企業ともライセンスを購入しない場合である。(以下 BN2 とする。) 最後に 2 企業のうち 1 社だけがライセンスを購入する場合である。(以下 BN3 とする。) 以下、企業 i の利潤π_i、均衡価格をp_i、均衡産出量をx_iとする。今回特許ライセンスを購入したときに用いることができる技術革新をδとする。

(BN1)両者がライセンスを購入した場合

今回の場合は以下のような利潤最大化問題が導かれる。

$$\max_{p_i} \pi_i = p_i x_i - (c-\delta)x_i = (p_i - c + \delta)\left\{\frac{(1-\theta)a - p_i + \theta p_j}{b(1-\theta^2)}\right\}.$$

この問題を解くと以下のような結果が得られる。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial p_i} = 0\ (i = 1,2).$$

$$\leftrightarrow p_1 = p_2 = \frac{(1-\theta)(a-c+\delta)}{2-\theta} + c - \delta.$$

$$x_1 = x_2 = \frac{p_1 - c + \delta}{(1-\theta^2)b}.$$

$$W(2) = \pi_1 = \pi_2 = \frac{(p_1 - c + \delta)^2}{1-\theta^2 b}.$$

(BN2)両者がライセンスを購入しない場合

今回の場合は以下のような利潤最大化問題が導かれる。

$$\max_{p_i} \pi_i = p_i x_i - c x_i = (p_i - c)\left\{\frac{(1-\theta)a - p_i + \theta p_j}{b(1-\theta^2)}\right\}.$$

この問題を解くと以下のような結果が得られる。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial p_i} = 0\ (i = 1,2.)$$

$$\leftrightarrow p_1 = p_2 = \frac{(1-\theta)(a-c)}{2-\theta} + c.$$

$$x_1 = x_2 = \frac{p_1 - c}{(1-\theta^2)b}.$$

$$L(0) = \pi_1 = \pi_2 = \frac{(p_1 - c)^2}{1-\theta^2 b}.$$

(BN3)2 社のうち 1 社がライセンスを購入した場合

以下企業 1 がライセンスを購入し、企業 2 が購入していないものとする。今回の場合は以下のような利潤最大化問題が導かれる。

$$\max_{p_1} \pi_1 = p_1 x_1 - (c-\delta)x_1 = (p_1 - c + \delta) \times \max\left\{\frac{(1-\theta)a - p_1 + \theta p_2}{b(1-\theta^2)}, 0\right\}.$$

$$\max_{p_2} \pi_2 = p_2 x_2 - c x_2 = (p_2 - c) \times \max\left\{\frac{(1-\theta)a - p_2 + \theta p_1}{b(1-\theta^2)}, 0\right\}.$$

(BN3)の場合、(BN1)(BN2)のように内点解だけが解になるとは限らない。今回は 3 つの場合分けをする。1 つはライセンスを購入しない企業(以下企業 2 とする)の生産量、利潤が正である場合である。この場合は(BN1)(BN2)と同じく内点解である。2 つ目の場合は、企業 2 の生産量が 0 になる場合である。3 つ目は企業 2 の生産量が 0 であり、企業 1 の財の価格が独占価格になる場合である。この場合分けに注意をして上の利潤最大化問題を解くと以下のような結果になる。

(i) ライセンスを購入しない企業(以下企業 2 とする)の生産量、利潤が正である場合

$$\max_{p_1} \pi_1 = p_1x_1 - (c-\delta)x_1 = (p_1 - c + \delta) \times \left\{\frac{(1-\theta)a - p_1 + \theta p_2}{b(1-\theta^2)}\right\}.$$

$$\max_{p_2} \pi_2 = p_2x_2 - cx_2 = (p_2 - c) \times \left\{\frac{(1-\theta)a - p_2 + \theta p_1}{b(1-\theta^2)}\right\}.$$

この問題を解くと今回のケースにおける均衡価格、生産量及び利潤は以下になる。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial p_i} = 0 \ (i = 1,2).$$

$$\leftrightarrow p_1 = \frac{(1-\theta)(2+\theta)(a-c) + (2-\theta^2)\delta}{4-\theta^2} + c - \delta \ , x_1 = \frac{p_1 - c + \delta}{(1-\theta^2)b} \ ,$$

$$W(1) = \pi_1 = \frac{(p_1 - c + \delta)^2}{(1-\theta^2)b}.$$

$$p_2 = \frac{(1-\theta)(2+\theta)(a-c) - \theta\delta}{4-\theta^2} + c \, , x_2 = \frac{p_2 - c}{(1-\theta^2)b} \, , L(1) = \pi_2 = \frac{(p_2 - c)^2}{(1-\theta^2)b}.$$

場合分けは、企業 2 の価格が限界費用 c になるまでこの状況が続く。故に以下の不等式を満たす時である。

$$\delta \geq 0, p_2 > c.$$

上の不等式をまとめると以下の条件が導出される。この不等式を満たす時(i)のケースで 2 社が生産活動を行う。

$$0 \leq \delta < \frac{(1-\theta)(2+\theta)(a-c)}{\theta}.$$

(ii) 企業 2 の生産量が 0 になる場合

企業 2 の生産量が 0 になるように企業 1 が行動する場合が今回の状況になる。故に今回の均衡価格、生産量及び利潤は以下の通りである。

$$p_2 = c.$$

$$x_2 = 0 \leftrightarrow p_2 = (1-\theta)a + \theta p_1.$$

$$\leftrightarrow c = (1-\theta)a + \theta p_1 \leftrightarrow p_1 = \frac{-(1-\theta)(a-c)}{\theta} + c.$$

$$x_1 = \frac{a-c}{\theta b}, x_2 = 0.$$

$$W(1) = \pi_1 = (p_1 - c + \delta)x_1, L(1) = \pi_2 = 0$$

場合分けは、企業 1 は独占価格になるまでこの戦略をとることになる。故に企業 1 がこの市場を独占している場合を考える。

・消費者の効用最大化問題

$$\max E = U(x_1, 0) - p_1 x_1 - p_2 \times 0 = a x_1 - \frac{b(x_1)^2}{2} - p_1 x_1.$$

$$\frac{dE}{dx_1} = 0. \leftrightarrow x_1 = \frac{a - p_1}{b}.$$

・企業 1 の利潤最大化問題

$$\max \pi_1 = (p_1 - c + \delta)x_1 = (p_1 - c + \delta)\frac{a - p_1}{b}.$$

$$\frac{d\pi_1}{dp_1} = 0. \leftrightarrow p_1 = \frac{a + c - \delta}{2}.$$

企業 1 の価格はこれ以上大きくなることはない。故に今回の場合分けは以下の不等式を満たす時、(ii)のケースで 2 社が生産活動を行う。

$$\delta \geq \frac{(1-\theta)(2+\theta)(a-c)}{\theta} \text{ and } p_1 = \frac{-(1-\theta)(a-c)}{\theta} + c < \frac{a+c-\delta}{2}.$$

$$\leftrightarrow \frac{(1-\theta)(2+\theta)(a-c)}{\theta} \leq \delta < \frac{(2-\theta)(a-c)}{\theta}.$$

(iii)企業 2 が市場から退出し、企業 1 の独占となった場合

(ii)より、今回の結果は以下の通りである。

$$p_1 = \frac{a+c-\delta}{2}, x_1 = \frac{p_1 - c + \delta}{b}, W(1) = \pi_1 = \frac{(p_1 - c + \delta)^2}{b}.$$

$$p_2 = c, x_2 = 0, L(1) = \pi_2 = 0.$$

そして場合分けは以下の通りである。

$$\delta \geq \frac{(2-\theta)(a-c)}{\theta}.$$

・定理 2.1

本モデルにおいて$0 < \delta < c$ 及び$\theta < 0$において以下の不等式が成立する。(証明は Muto(1993)及び Watanabe and Muto(2006)を参照)

$$W(2) - L(1) > W(1) - L(0)$$

以下$\theta < 0$の状況、つまり財の性質が代替財ではないケースについて考察をしていく。

次にゲームの第 2 段階について分析を行う。ゲームの第 1 段階において特許権者が固定料金を選択した場合を考える。まず特許権者が各々の企業にライセンス料として固定費用 F を提示する。そして企業はその固定料金 F を見たうえで独立に、そして同時にその料金でライセンスを購入するかどうかを決定する。その時の企業の決定を$s_i \in \{B, D\}$ で表すこととする。第 2 ゲーム終了後は、どの企業がライセンスを購入したかは全てのプレイヤーが共通に知ることになるものとする。ライセンスを購入した企業は固定料金 F を特許権者に支払わなければならない。その結果、s 社の企業がライセンスを購入した場合において、ライセンスを購入した企業の純利潤は$W(s) - F$になる。以下企業 1 が戦略s_1、企業 2 が戦略s_2をとったときの企業$i \in \{1,2\}$の利得関数を$f_i(s_1, s_2)$と表すこととする。

2 企業における固定料金でのライセンスゲームは以下のような構造になる。このゲームにおけるナッシュ均衡を次に見ていく。

(表 2)メカニズムが固定料金であるときの戦略形ゲームの利得行列

	B	D
B	$W(2) - F, W(2) - F$	$W(1) - F, L(1)$
D	$L(1), W(1) - F$	$L(0), L(0)$

・定義 1(ナッシュ均衡)

すべてのプレイヤー$i \in \{1,2\}$において以下の不等式が成立するとき、そのような戦略の組$s^* = (s_1^*, s_2^*)$をナッシュ均衡点という。

$$f_1(s^*) \geq f_1(s_1, s_2^*) \text{ and } f_2(s^*) \geq f_2(s_1^*, s_2) \; \forall \, s_i \in \{B, D\}$$

戦略の組(B,B)について見ていく。この戦略の組がナッシュ均衡であるとする。その時、プレイヤー1 において戦略の組(B,B)から(D,B)に逸脱した場合の利得の変化$f_1(B, B) - f_1(D, B) = W(2) - F - L(1)$が正でなければならない。同様にプレイヤー2 に対しても戦略の組(B,B)から(B,D)に逸脱した場合の利得の変化$f_2(B, B) - f_2(B, D) = W(2) - F - L(1)$が正でなければならない。故に本ゲームにおいて特許権者が提示する固定料金 F は$W(2) - L(1)$以下の値でなければならないことが分かる。特許権者はこの料金でしか利潤を得ることができないため、利潤最大化行動をとった場合の特許権者が提示する固定料金は$F = W(2) - L(1)$になることが分かる。では F=W(2)−L(1)を代入したときの戦略形ゲームについて考察をしていく。

(表 3)固定料金が $F = W(2) - L(1)$ である時の戦略形ゲーム利得行列

	B	D
B	$L(1), L(1)$	$W(1) - W(2) + L(1), L(1)$
D	$L(1), W(1) - W(2) + L(1)$	$L(0), L(0)$

この時戦略の組(D,D)についてナッシュ均衡であることが Watanabe and Muto(2006)において示されている。

プレイヤー1 が戦略の組(D,D)から(B,D)に逸脱した場合の利得の変化は$f_1(D,D) - f_1(B,D) = L(0) - W(1) + W(2) - L(1)$となり、これは定理 1 から正であることが分かるためプレイヤー1 は逸脱しない。またプレイヤー2 も同様に戦略の組(D,D)から(D,B)に逸脱した場合の利得の変化は$f_2(D,D) - f_2(D,B) = L(0) - W(1) + W(2) - L(1)$となり、これは定理 1 から正であることが分かるためプレイヤー2 は逸脱しない。故に定義 1 より戦略の組(D,D)もナッシュ均衡になることが分かる。

ではこの状況の時、(B,B)と(D,D)のどちらが尤もらしい均衡なのであろうか。今回は利得支配、リスク支配、進化的安定な戦略、確率進化ゲーム理論という 4 つの方法を用いて均衡の精緻化を行う。

3. 均衡選択について

3.1. 利得支配

・定義 3.1(利得支配)

均衡点 A は均衡点 B より、2 人のプレイヤーはともに高い利得を得るとき、均衡点 A は均衡点 B を利得支配するという。

・定理 3.1

均衡(D, D)は均衡(B, B)を利得支配する。

・定理 3.1 の証明

仮定より$L(1) < L(0)$となるため

3.2. リスク支配

(表 4)ナッシュ均衡が 2 つ((U,L)及び(D,R))存在する場合の戦略形ゲーム

	L	R
U	a_1, b_1	a_3, b_3
D	a_2, b_2	a_4, b_4

・定義 3.2(リスク支配)

まず均衡からの離脱損失を定義する。

均衡(U,L)からの離脱損失：$U_1 = a_1 - a_2, U_2 = b_1 - b_3$

均衡(D,R)からの離脱損失：$V_1 = a_4 - a_3, V_2 = b_4 - b_2$

この時、以下の不等式が成立するならば、均衡(U,L)は均衡(D,R)をリスク支配しているという。

$$U_1 \times U_2 > V_1 \times V_2$$

・定理 3.2

均衡(D, D)は均衡(B, B)をリスク支配している。

・定理 3.2 の証明

今回の問題では

均衡(B,B)からの離脱損失：$U_1 = L(1) - L(1) = 0, U_2 = L(1) - L(1) = 0$

均衡(D,D)からの離脱損失：

$V_1 = L(0) - L(1) + W(2) - W(1) > 0, V_2 = L(0) - L(1) + W(2) - W(1) > 0$

$$V_1 \times V_2 > 0 = U_1 \times U_2$$

よって、均衡(D, D)は均衡(B, B)をリスク支配している。

3.3. 進化安定性(ESS)について

・定義 3.3(進化安定性)

戦略系 2 人対称ゲーム G において戦略 P と戦略 Q に対して、P が進化的に安定な戦略であるとは

$$F(P, (1-\varepsilon)P + \varepsilon Q) > F(Q, (1-\varepsilon)P + \varepsilon Q)$$

となる任意の正の$\varepsilon_0 (0 < \varepsilon \leq \varepsilon_0)$が存在することである。

・定理 3.3

本モデルにおいて戦略 D が進化的安定な戦略である。

・定理 3.3 の証明

ではまず、戦略 B についてみていく。

$$F(B, (1-\varepsilon)B + \varepsilon D) = (1-\varepsilon)L(1) + \varepsilon\big(W(1) - W(2) + L(1)\big) = \varepsilon W(1) - \varepsilon W(2) + L(1)$$

$$F(D, (1-\varepsilon)B + \varepsilon D) = (1-\varepsilon)L(1) + \varepsilon L(0)$$

$$\begin{aligned} F(B, (1-\varepsilon)B + \varepsilon D) - F(D, (1-\varepsilon)B + \varepsilon D) &= \varepsilon W(1) - \varepsilon W(2) + L(1) - \big((1-\varepsilon)L(1) + \varepsilon L(0)\big) \\ &= \varepsilon(W(1) - W(2) + L(1) - L(0)) < 0 \end{aligned}$$

この結果

$$F(D, (1-\varepsilon)B + \varepsilon D) > F(B, (1-\varepsilon)B + \varepsilon D)$$

となるため、B は進化的安定な戦略ではない。

次に戦略 D についてみていく。

$$F(D, (1-\varepsilon)D + \varepsilon B) = (1-\varepsilon)L(0) + \varepsilon L(1)$$

$$F(B, (1-\varepsilon)D + \varepsilon B) = (1-\varepsilon)\big(W(1) - W(2) + L(1)\big) + \varepsilon L(1) = (1-\varepsilon)\big(W(1) - W(2)\big) + L(1)$$

$$F(D, (1-\varepsilon)D + \varepsilon B) - F(B, (1-\varepsilon)D + \varepsilon B) = (1-\varepsilon)(L(0) - L(1) + W(2) - W(1) > 0$$

この結果

$$F(D, (1-\varepsilon)D + \varepsilon B) > F(B, (1-\varepsilon)D + \varepsilon B)$$

となるため、D が進化的安定な戦略になる。

結論として今回の(B,B)、(D,D)の 2 つの均衡は、(D,D)が選択される。

3.4. まとめ

ここまで均衡選択の理論と進化ゲーム理論を用いて、ナッシュ均衡の選択を行ったところ結果として、利得支配、リスク支配、進化的安定な戦略の全てにおいて、定理 2.1 が成立する状況下では(D,D)が選択されることが分かった。つまり特許権者にとって特許を売ることでのみ利潤を獲得することができるため、この結果は特許権者にとって望ましくない選択である。故に特許権者はこのような固定料金の付け方をしないことが分かる。ではどのような固定料金を特許権者は設定するのであろうか。

今回はリスク支配の指標を用いて戦略の組(B,B)が(D,D)に支配されない限界の値に固定料金を設定した場合、固定料金制とロイヤリティのどちらが選択されるのかを考えていくことにする。

4. Muto(1993)モデルの修正

・定理 4.1(戦略の組(B,B)が(D,D)をリスク支配するような固定料金の範囲)

定義 3.2 より以下の不等式を満たす時、戦略の組(B,B)が(D,D)をリスク支配する。

$$F < \frac{W(2) + W(1) - L(1) - L(0)}{2}$$

・定理 4.1 の証明

定義 3.2 より　まず均衡からの離脱損失を定義する。

均衡(B,B)からの離脱損失：$U_1 = W(2) - F - L(1), U_2 = W(2) - F - L(1)$

均衡(D,D)からの離脱損失：$V_1 = L(0) - W(1) + F, V_2 = L(0) - W(1) + F$

均衡(B,B)が(D,D)をリスク支配するには$U_1 \times U_2 > V_1 \times V_2$が成立するときである。故に以下の不等式が成立する必要がある。

$$\begin{aligned}
&(W(2) - L(1) - F)^2 - \big(L(0) + F - W(1)\big)^2 \\
&= \big(W(2) - L(1) - F - L(0) - F + W(1)\big)\big(W(2) - L(1) - F + L(0) + F - W(1)\big) \\
&= (W(2) + W(1) - L(1) - L(0) - 2F)\big(W(2) - W(1) - L(1) + L(0)\big) > 0
\end{aligned}$$

定理 2.1 より$W(2) - W(1) - L(1) + L(0) > 0$であるので、今回満たすべき不等式は以下の通りである。

$$F < \frac{W(2) + W(1) - L(1) - L(0)}{2}$$

特許権者は均衡(B,B)が均衡(D,D)にリスク支配されないような最大の固定料金$\{W(2) + W(1) - L(1) - L(0)\}/2$を設定することとする。

ではここでゲームの第 1 段階の分析に入る。特許権者は固定料金制とロイヤリティのどちらのライセンスメカニズムを選択するのかを考察する。

5. 固定料金 vs. ロイヤリティ

5.1 ロイヤリティによる特許権者の利潤

特許技術を用いて企業が 1 単位財を生産するときに支払うロイヤリティを$r(<\varepsilon)$とする。今回のゲームにおける特許権者が第 1 段階にロイヤリティを選択した場合に得られる利潤H^Rは以下の通りである。

(i) $0<\varepsilon<a-c$のとき

$$r^*=\varepsilon\,,H^R=2\varepsilon\frac{a-c}{(1+\theta)(2-\theta)b}.$$

(ii)$\varepsilon\geq a-c$のとき

$$r^*=\frac{a-c+\varepsilon}{2}\,,H^R=\frac{(a-c+\varepsilon)^2}{2(1+\theta)(2-\theta)b}$$

5.2 固定料金制による特許権者の利潤

今回のゲームにおける特許権者が第 1 段階に固定料金制を選択した場合に得られる利潤H^Fは以下の通りである。

$$H^F=2F=W(2)+W(1)-L(1)-L(0)$$

ただし、W(1)及び L(1)は(BN3)に影響を受ける。そのため(BN3)は 3 つ場合分けが存在するため、H^Fにおいても 3 つ場合分けが存在する。

5.3 固定料金 vs. ロイヤリティ

次に固定料金制による特許権者の利潤とロイヤリティによる特許権者の利潤のうちどちらがより多くの利潤を獲得できるのかを差分をとって検証を行う。

・定理 5.3.1(固定料金制 vs.ロイヤリティ)

財の性質を表わすθ及び企業の限界費用の下げ幅εの値が(1)~(5)の場合のとき、特許権者はゲームの第 1 段階において、固定料金制を選択する。

(1)$-0.87513\leq\theta<0$ 及び $0<\varepsilon<a-c.$

(2) $-1<\theta<-0.87513$ 及び

$$0<\varepsilon<\frac{(a-c)\left(3\theta^2-\theta^3-\sqrt{4\theta^4-24\theta^3+36\theta^2+16\theta-32}\right)}{(\theta^3-3\theta^2-4\theta+8)}.$$

(3) $-1<\theta<-0.87513$ 及び

$$\frac{(a-c)\left(3\theta^2-\theta^3+\sqrt{4\theta^4-24\theta^3+36\theta^2+16\theta-32}\right)}{(\theta^3-3\theta^2-4\theta+8)}<\varepsilon<a-c.$$

(4)$-1<\theta<0$ 及び $\varepsilon\geq a-c.$

(5)$\theta=0$ 及び $\varepsilon>0.$

5.4 定理 5.3.1 の解釈

定理 5.3.1 の結果について考察をしていく。(1)～(4)については BN3(iii)のライセンスを購入しなかった企業が退出したケースを用いている。この場合、市場を独占している企業に対して固定料金を一括でライセンス料金をとる方がロイヤリティを使うよりも好まれる傾向にあるというのが産業組織論における見解である。しかし(2),(3)において特許技術の固定費用の下げ幅 ε があまり大きくなく、θの値を-1 に近づける、すなわち財の性質を補完財に近づけるほどロイヤリティが好まれる状況が生まれてしまうことが今回の結果から判明した。

最後に(5)について、財の性質θが 0、いいかえると財の関係性が無関係である状況では固定料金を選んだほうがよいという結果になった。これは財の関係性が無関係となるために各企業が各々の市場を独占している状況である。故に固定料金を選択する方がよいということは産業組織論の認識からも合致がいく結果となった。

6. 結論

本稿では特許権者が 2 社複占市場の企業に対して特許ライセンスを付与する場合、Muto(1993)のモデルの場合固定料金制において、企業の利潤を全て吸い上げるような料金設定をした場合において、財の性質が代替財でないならば、2 社とも購入する場合と 2 社とも購入しない場合の 2 つの均衡が発生してしまうことから、まず第 1 に、均衡選択の理論を用いてどちらの均衡が尤もらしいのかを考察した。その結果 2 社とも購入しない場合が選択されることが判明した。そのため、次に Muto(1993)のモデルにおいて 2 社がライセンスを購入するという戦略の組が購入しないという戦略の組にリスク支配されないような最大の固定料金を特許権者がつけた場合に固定料金制とロイヤリティのどちらを選択すれば特許権者にとって利潤が最大になるのかについて考察をした。本稿の結果では特許技術の下げ幅があまり大きくなく、財の性質が補完的であればある程ロイヤリティが選択される状況が生まれるという結果が定理 5.3.1(2)(3)から判明した。まず財の性質が補完的な状況であると、ライセンスを購入していない企業は必ず撤退することになるため独占的な状況が生まれる。そのような独占的な状況においては産業組織論の従来の考え方では「独占的な状況下では固定料金を用いて企業の利潤を吸い上げた方が効率的である」というものであるが、今回の結果から必ずしもそうではないという反例が示された。

本研究では特許権者のメカニズムをロイヤリティ及び固定料金の 2 つに絞った分析を行った。しかし特許ライセンスを販売するメカニズムはオークションなど他にも存在することも確かである。故に今回の分析で用いたもの以外のメカニズムについても考慮したモデルを考えなければいけない。今後の研究においてどのようなメカニズムが特許権者にとって最適であるのかについての分析を深めていきたい。

APPENDIX

1.定理 5.3.1 の証明

・定理 5.3.1(1)〜(3)の証明

$-1<\theta<0$のとき、BN3 の場合分けは(iii)以外成立しないことがわかる。また$-1<\theta<0$のとき、BN3(iii)の条件である$\varepsilon \geq (2-\theta)(a-c)/\theta$の$(2-\theta)(a-c)/\theta$は負である。まず今回特許権者が第1段階のゲームにおいてロイヤリティを用いることで得られる利潤は5.1の(i)のケースである$H^R = 2\varepsilon(a-c)/(a+\theta)(2-\theta)b$を用いることとする。つまり特許技術の下げ幅 ε は$0<\varepsilon<a-c$とする。では次に特許権者の固定料金制による利潤とロイヤリティによる利潤の差分である $H^F - H^R$について みていく。

$$H^F - H^R = \frac{(1-\theta)(2a-2c+\varepsilon)\varepsilon}{(1+\theta)(2-\theta)^2 b} + \frac{(a-c+\varepsilon)^2}{4b} - 2\varepsilon\frac{a-c}{(a+\theta)(2-\theta)b}$$

$$= \frac{(8-4\theta-3\theta^2+\theta^3)\varepsilon^2 + 2(\theta^3-3\theta^2)(a-c)\varepsilon + (4-3\theta^2+\theta^3)(a-c)^2}{4(1+\theta)(2-\theta)^2 b} > 0.$$

上の不等式を満たすためには ε による場合分けが必要である。この場合解の公式を用いると以下のような条件が発生する。

$$\varepsilon > \frac{(a-c)(3\theta^2-\theta^3) + 2(a-c)\sqrt{\theta^4-6\theta^3+9\theta^2+4\theta-8}}{\theta^3-3\theta^2-4\theta+8} \text{ or}$$

$$\varepsilon < \frac{(a-c)(3\theta^2-\theta^3) - 2(a-c)\sqrt{\theta^4-6\theta^3+9\theta^2+4\theta-8}}{\theta^3-3\theta^2-4\theta+8}.\cdot\cdot\cdot(*)$$

(1)について、ルートの中身が正でない場合上のような不等式(*)の解は発生しないことが分かる。故に不等式のルートの中身である$\theta^4-6\theta^3+9\theta^2+4\theta-8<0$である条件を求める必要がある。Mathematica を用いた数値解析の結果$-0.466605 \leq \theta < 0$という結果が得られる。このとき、固定料金制の利潤とロイヤリティの利潤の差分の方程式の 2 次の係数は正であることから、この方程式は正であることが分かる。次にルートの中身が正である状況において、ε の範囲が本問題の仮定では 0 より大きいとしている。故に上の不等式(*)の範囲と$\varepsilon>0$が整合性がとれているかが問題となる。しかし$-0.87513 \leq \theta < -0.466605$のとき、ε の解は 0 より小さくなる。故に$-0.87513 \leq \theta < 0$のとき、固定料金制が選択されることが分かる。

(2)(3)について、$-1<\theta<-0.87513$のとき、不等式(*)は$0<\varepsilon<a-c$の範囲内になることが分かるため、不等式(*)と$0<\varepsilon<a-c$を満たしたεのときに固定料金制が選択されることが分かる。

・定理 5.3.1(4)の証明

定理 5.3.1(1)~(3)の証明ではまず特許技術の下げ幅を$0<\varepsilon<a-c$に固定したが、(4)ではこの値を$\varepsilon \geq a-c$にする。このとき特許権者が第 1 段階のゲームでロイヤリティを選択したときに得られる利潤は 5.1 の(ii)の$H^R = (a-c+\varepsilon)^2/2(1+\theta)(2-\theta)b$となる。では次に特許権者の固定料金制による利潤とロイヤリティによる利潤の差分である $H^F - H^R$についてみて

いく。

$$H^F - H^R = \frac{(1-\theta)(2a-2c+\varepsilon)\varepsilon}{(1+\theta)(2-\theta)^2 b} + \frac{(a-c+\varepsilon)^2}{4b} - \frac{(a-c+\varepsilon)^2}{2(1+\theta)(2-\theta)b}$$

$$= \frac{(1-\theta)}{4b(1+\theta)(2-\theta)^2}\{(-\theta^2+2\theta+4)\varepsilon^2 + 2(-\theta^2+2\theta+4)(a-c)\varepsilon + \theta(2-\theta)(a-c)^2\}.$$

この差分が正であるためには以下の条件が必要となる。

$$\varepsilon > -\theta(a-c) \text{ or} -(2-\theta)(a-c) > \varepsilon$$

いま$-1 < \theta < 0$かつ$0 < a-c \leq \varepsilon$なので、$\varepsilon > -\theta(a-c)$のとき固定料金が選択されることが分かる。また、$a-c > -\theta(a-c)$であることが分かるため、$-1 < \theta < 0$かつ$0 < a-c \leq \varepsilon$のときは常に固定料金が選択される。

・定理 5.3.1(5)の証明

$\theta = 0$の時を考える。この時、2 社の企業の生産する財に関係性がなくなるため、各々の財の市場を独占している状況になることが分かる。このとき特許ライセンスを購入しなかった場合の企業 i(=1,2)の均衡生産量、価格及び利潤は以下の通りである。

$$x_i = \frac{a-c}{2b}, p_i = \frac{a+c}{2}, \pi_i = L(0) = L(1) = \frac{(a-c)^2}{4b}.$$

次に特許ライセンスを購入した場合の企業 i(=1,2)の均衡生産量、価格及び利潤を示す。

$$x_i = \frac{a-c+\delta}{2b}, p_i = \frac{a+c-\delta}{2}, \pi_i = L(0) = L(1) = \frac{(a-c+\delta)^2}{4b}.$$

δは第 1 段階のゲームで特許権者が固定料金を選択したときには$\delta = \varepsilon$、ロイヤリティを選択したときには$\delta = \varepsilon - r$とする。

このとき、固定料金が 2 社に購入されるという均衡が 2 社に購入されないという均衡にリスク支配されないような最大の料金は以下のように表わすことができる。

$$F = \frac{\big(W(2)+W(1)-L(1)-L(0)\big)}{2} = \frac{\varepsilon(2a-2c+\varepsilon)}{4b}.$$

次に特許技術の下げ幅の範囲を$0 < \varepsilon < a-c$の場合について考える。このとき特許権者が第 1 段階のゲームでロイヤリティを選択したときに得られる利潤は 5.1 の(i)の$H^R = \varepsilon\frac{a-c}{b}$である。では次に特許権者の固定料金制による利潤とロイヤリティによる利潤の差分である$H^F - H^R$についてみていく。

$$H^F - H^R = 2F - \varepsilon\frac{a-c}{b} = \frac{\varepsilon(2a-2c+\varepsilon)}{2b} - \varepsilon\frac{a-c}{b} = \frac{\varepsilon^2}{2b} > 0(\because \varepsilon > 0).$$

故に$\theta = 0$ 及び $0 < \varepsilon < a-c$の範囲では必ず固定料金が選択されることが判明した。

次に特許技術の下げ幅の範囲を$\varepsilon \geq a-c$の場合について考える。このとき特許権者が第 1 段階のゲームでロイヤリティを選択したときに得られる利潤は 5.1 の(ii)の$H^R = (a-c+\varepsilon)^2/4b$である。では次に特許権者の固定料金制による利潤とロイヤリティによる利潤の差分である $H^F - H^R$についてみていく。

$$H^F - H^R = \frac{\varepsilon(2a-2c+\varepsilon)}{2b} - \frac{(a-c+\varepsilon)^2}{4b} = \frac{\left(\varepsilon-(\sqrt{2}-1)(a-c)\right)\left(\varepsilon+(\sqrt{2}+1)(a-c)\right)}{4b}.$$

上の式が正であるためには以下の条件を満たす必要がある。

$$\varepsilon > (\sqrt{2}-1)(a-c) \text{ or } -(\sqrt{2}+1)(a-c) > \varepsilon.$$

今回$\varepsilon \geq a-c$の範囲について考えているので、上の条件を満たしている。故に特許権者は固定料金を選択することが判明した。

2.定理 5.3.1 証明のための Mathematica ソースコード

・定理 5.3.1(1)~(3)

```
Reduce[4x^4 − 24x^3 + 36x^2 + 16x − 3 > 0, x]
N[%]
Reduce[3 x^2 − x^3 − (4 x^4 − 24 x^3 + 36 x^2 + 16 x − 32)^0.5 > 0, x]
N[%]
Reduce[3 x^2 − x^3 + (4 x^4 − 24 x^3 + 36 x^2 + 16 x − 32)^0.5 < x^3 − 3 x^2 − 4 x + 8, x]
N[%]
Reduce[3 x^2 − x^3 − (4 x^4 − 24 x^3 + 36 x^2 + 16 x − 32)^0.5 < x^3 − 3 x^2 − 4 x + 8, x]
N[%]
```

参考文献

(1)Morton I. Kamien and Yair Tauman (1986). “Fees versus Royalties and the Private Value of a Patent,” Quarterly Journal of Economics 101, 471-491.

(2)Shigeo Muto (1993). “On Licensing Policies in Bertrand Competition,” Games and Economic Behavior 5, 257-267.

(3)Naoki Watanabe and Shigeo Muto (2006). “Licensing agreements as bargaining outcomes: general results and two examples,” Advances in Mathematical Economics 8, 433-477.

(4)岡田 章 (2011).『ゲーム理論新版』有斐閣, 19-48,403-427,449-452.