

# 製品差別化複占市場における 技術選択と技術補完性\*

紀 國 洋  
新 海 哲 哉

## 概 要

本稿では、費用削減技術に関して、企業特殊的技術と補完的技術の2種類の技術が存在する場合に、企業は各技術に対し研究開発資源をどのように配分するかを、製品差別化が存在する複占モデルを用いて分析する。本稿の主要な結論は次のとおりである。補完性の高い補完的技術を用いる産業においては、企業特殊的技術への投資比率が社会的に過大となり、補完的技術への投資比率が過少となる。補完性の低い補完的技術を用いる産業においては、その逆が成立する。また、製品差別化の程度が高い市場においては、補完的技術における補完性水準が高くなるほど企業の利潤が増加する。一方、製品差別化の程度が低い市場においては、補完性水準が高くなるほど企業の利潤が減少することがある。

## キーワード

研究開発、補完的技術、企業特殊的技術、製品差別化、クロスライセンス

## I. はじめに

近年のエレクトロニクス産業、情報通信産業、バイオテクノロジー産業では、複数の企業が開発した技術を相互利用することにより、製品の生産が行われていることが多い。DVD技術を例に挙げるならば、2種類のパテントプールに属する合計13社が技術を提供し合って、相互利用することにより、DVD製品の生産が可能となっている<sup>1)</sup>。このよう

---

\* 本稿は、日本学術振興会・科学研究費補助金「基盤研究(A)」プロジェクト（課題番号19203015）の一環として補助を受けている。

1) DVD6Cパテントプールには、日立製作所、三菱電機、パナソニック、サムスン、三洋電機、シャープ、東芝、日本ビクター、ワーナーブラザーズが属しており、DVD3Cパテントプールには、フィリップス、ソ

に、企業間で相互利用することで、製品の生産が可能になるような技術を「補完的技術」と呼び、企業が自社のみで利用可能な技術を「企業特殊的技術」と呼ぶこととする。本稿では、問題の焦点を絞るため、プロセス・イノベーション、すなわち費用削減型の技術に、企業特殊的技術と補完的技術の2種類の技術が存在すると仮定する。その仮定の下、企業はそれぞれの技術に対しどのように研究開発資源を配分するのかを考察する。具体的には、各企業が、第1ステージで一定の研究開発資源の中から企業特殊的技術と補完的技術のそれぞれへ投資する比率を決定し、第2ステージで製品差別化された複占市場においてクールノー数量競争を行う2段階ゲームを検討する。

本稿の主要な結論は次のとおりである。補完的技術に関して、補完性の水準が高いケースと低いケースがあるとしよう。補完性が高い技術を用いる産業においては、企業特殊的技術への投資比率が社会的に過大になる一方、補完的技術への投資比率は社会的に過少になる。これは、技術補完性が高いならば、他社技術をより多く利用することになることから、各企業は補完的技術に投じる資源を節約して、企業特殊的技術へ資源をまわそうとするためである。このメカニズムの裏返しとして、補完性が低い技術を用いる産業においては、企業特殊的技術への投資比率が社会的に過少になり、補完的技術への投資比率が社会的に過大になる。

また、製品差別化の程度が高い市場では、補完的技術における補完性水準が高くなるほど企業利潤が増加する。これは、技術補完性が高いほど、企業は企業特殊的技術への投資を増加させ、それが自社の生産量を高めることになるからである。補完的技術への投資も自社の費用を削減するが、他社の費用削減にも貢献するので、企業特殊的技術への投資の方が自社の生産量の増加に大きな効果があることが関係している。しかし、製品差別化の程度が低い市場では、補完性水準が高くなるほど企業利潤が減少することがある。企業の生産量は他社の生産量と戦略的代替の関係にあり、特に製品差別化の程度が低い市場では、他社の生産量増加によって自社が生産量を抑制するインセンティブが強まるので、補完性の高さが生産量の減少につながり、それが利潤を減少させる要因となる。

本稿に関連するこれまでの研究について言及しよう。本稿のモデルで最も重要な要素は、技術の補完性である。これまでの研究開発協力に関する論文の多くは、自社で利用できる技術が他社にも転用可能であることを想定している。しかし、本稿における技術の補完性とは、自社の技術と他社の技術を同時に利用できなければ、効果を発揮しないことを意味している。従って、補完的技術が存在する場合、クロスライセンス等の企業間協力が不可欠になる。補完的技術とクロスライセンスに関する研究としては、Fershtman and

---

ニー、パイオニア、LGが属している（2009年8月時点）。

Kamien (1992) がある。彼らは、クロスライセンスの実行可能性が、企業が自ら研究開発しようとするインセンティブを弱め、研究開発に遅れが生じることを示した。最近では、パテントプールを通じて補完的技術をライセンスする方法に関する研究に注目が集まっている。Shapiro (2001), Lerner and Tirole (2004), Kim (2004) は、パテントプールを通じたライセンス契約がロイヤリティの累積問題を緩和させ、経済厚生が高まることを示した。しかしながら、これらの研究において、補完的技術を企業特殊的技术と対比させて考察したものはない。

本稿のモデルで、補完的技術における補完性の水準として定義しているものが、従来の研究におけるスピルオーバー係数の働きによく似ている<sup>2)</sup>。しかし、本稿の関心は、正の外部性の内部化にではなく、技術の補完性が投資比率選択に与える効果にある。さらに、本稿は製品差別化がその効果にどのように影響するかについても分析している。

Lin and Saggi (2002) は、プロセス・イノベーションとプロダクト・イノベーションの両方が可能な場合の研究開発インセンティブを研究している。その中で、プロダクト・イノベーションが可能な場合には、プロセス・イノベーションが促進されることが示されている。本稿のモデルは、プロセス・イノベーションに2タイプの技術が存在する場合を検討している点で彼らのモデルとは異なる。さらに、本稿のモデルでは、研究開発資源が一定である仮定を置いていることから、企業特殊的技术への投資と補完的技術への投資との間にはトレード・オフが存在する。

本稿の構成は以下のとおりである。第2節では、第1ステージで複占企業が企業特殊的技术と補完的技術の2種類の費用削減技術に投資配分を行い、第2ステージで製品差別化クールノー競争を行う2段階ゲームのモデルを構築する。第3節では、2段階ゲームのサブゲーム完全ナッシュ均衡を求めるとともに、均衡における技術投資比率の効率性を分析する。第4節において、補完的技術における技術補完性の水準が均衡にどのような効果をもたらすかを考察する。最後に、第5節において、結論をまとめ、今後の課題について触れる。

---

2) d'Aspremont and Jacquemin (1988) は、スピルオーバー効果が大きい時に、共同研究開発により研究開発活動が促進されることを示した初期の重要な研究である。Suzumura (1992) および Choi (1993) は、より一般的なフレームワークでスピルオーバー効果を分析している。Kamien et al. (1992) は、共同研究開発と研究開発カルテルを異なるものとしてモデル化している。この他にも、スピルオーバー効果と研究開発のインセンティブに関して数多くの研究が行われている(例えば、Katz (1986), Leahy and Neary (1997), Kamien and Zang (2000), Atallah (2005), Moltó, Georgantáz and Orts (2005), Leahy and Neary (2007) などがある)。

## II. モデル

製品差別化された市場において、2つの企業（企業1, 2）がクールノー競争を行うとする。企業  $i$  の生産する財の生産量を  $q_i$  と表す。企業  $i$  の製品に対する逆需要関数を

$$P_i = a - q_i - Sq_j, \quad i, j = 1, 2, i \neq j$$

とする。ただし、 $a > 0$  であり、 $S (\in [0, 1])$  は製品の代替性を表し、 $S$  が小さいほど製品差別化の程度が大きく、 $S$  が大きいほど製品差別化の程度が小さいことを意味する。

2つの企業は、単位費用を削減するための研究開発活動を行う。研究開発活動を通じて企業が獲得する費用削減型の技術について、2つのタイプが存在するとする。一つは企業特殊的技术（Firm Specific Technology）であり、各企業が単独の技術を用いることにより、自己費用の削減が実現する。もう一つは補完的技術（Complementary Technology）であり、2社の技術を相互に利用することで、双方の企業の費用の削減が実現する。本論文では、研究開発活動に投じられる資源量は一定であるものとし、その量を  $X$  と表す。各企業は研究開発用の資源量  $X$  を、企業特殊的技术と補完的技術のそれぞれの技術に配分するとする。企業  $i$  ( $i=1, 2$ ) の企業特殊的技术への資源配分割合を  $\delta_i (\in (0, 1))$ 、補完的技術への配分割合を  $1 - \delta_i$  とする。各企業の単位費用は、各企業が行う企業特殊的技术への投資量  $\delta_i X$  の減少関数である。また、補完的技術の相互利用に関するクロスライセンスが行われるものとし、各企業の単位費用は、自社の補完的技術への投資量  $(1 - \delta_i)X$  と他社の補完的技術への投資量の一部  $\rho(1 - \delta_j)X$  の減少関数である。パラメータ  $\rho (\in (0, 1])$  は他社技術との補完性の程度を表す指標である。こうして、企業  $i$  の生産の単位費用関数は、

$$C_i = c - F(\delta_i X) - G((1 - \delta_i)X + \rho(1 - \delta_j)X) \quad (1)$$

と表すことができる。ただし、 $c > 0$ 、 $F > 0$ 、 $G > 0$ 、 $F' > 0$ 、 $G' > 0$ 、 $F(0) = G(0) = 0$  である。分析の簡単化のため、一般性を失うことなく、(1)は次のように単純化することができる。

$$C_i = c - \delta_i - t\{(1 - \delta_i) + \rho(1 - \delta_j)\} \quad (2)$$

ここで、 $t (\in (0, 1])$  は補完的技術の投資効率を表すパラメータである。補完的技術に関して、クロスライセンスが行われなければ、自社および他社の補完的技術が両方とも使えないものとする。従って、クロスライセンスが行われないケースは  $t=0$  である。なお、補完的技術に関するクロスライセンスの際のライセンス料は相殺されるものとする。

研究開発資源の量は一定であるが、資源を各技術に変換する際に費用がかかり、偏った配分は費用通増的であるとする。こうして、企業  $i$  の技術選択にかかる費用は、

$$I_i = \frac{\gamma}{2}(\delta_i - k)^2$$

と表すことができる。パラメータ  $k (> 0)$  は、大きいほど補完的技術に偏った投資選択をすることが困難であり、小さいほど企業特殊的技術に偏った投資選択をすることが困難であることを意味する。最適化の二階条件を満たすため、係数  $\gamma$  に関して、次の条件を置く。

$$\gamma > \underline{\gamma} \equiv \max \left\{ \frac{2\{2(1-t) + St\}^2}{(2-S)(2+S)}, \frac{2\{2(1-t) + St\}}{(2-S)(2+S)} \right\} \quad (3)$$

(3)は、 $t < (>) 1/(2-S)$  の時、最右辺の第1引数(第2引数)が制約的である。

ゲームは2段階からなる<sup>3)</sup>。第1ステージにおいて、各企業は企業特殊的技術への投資割合  $\delta_i$  および補完的技術への投資割合  $1 - \delta_i$  を選択する。第2ステージにおいて、各企業はクールノー競争により、 $q_i$  を選択する。次節において、この2段階ゲームのサブゲーム完全ナッシュ均衡を検討する。

### Ⅲ. 均衡の効率性

#### 1. サブゲーム完全ナッシュ均衡

2段階ゲームのサブゲーム完全ナッシュ均衡を求めるため、問題を backward induction の手続きにより解く。第2ステージにおける企業  $i$  の利潤最大化問題は、

$$\max_{q_i} \pi_i = (P_i(q_i, q_j) - C_i)q_i - \frac{\gamma}{2}(\delta_i - k)^2$$

である。企業  $i$  の利潤最大化の一階条件は、

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = a - 2q_i - Sq_j - C_i = 0, \quad i, j = 1, 2, \quad i \neq j \quad (4)$$

となる。企業  $i$  の反応関数は、

$$q_i = \frac{a - Sq_j - C_i}{2} \quad (5)$$

3) 本モデルの単位費用関数の構造から、補完的技術の相互利用に関するクロスライセンスを行う方が、行わない場合よりも利潤が高くなるのは明らかである。そのため、クロスライセンスの締結に関する意思決定ステージを設けなかった。

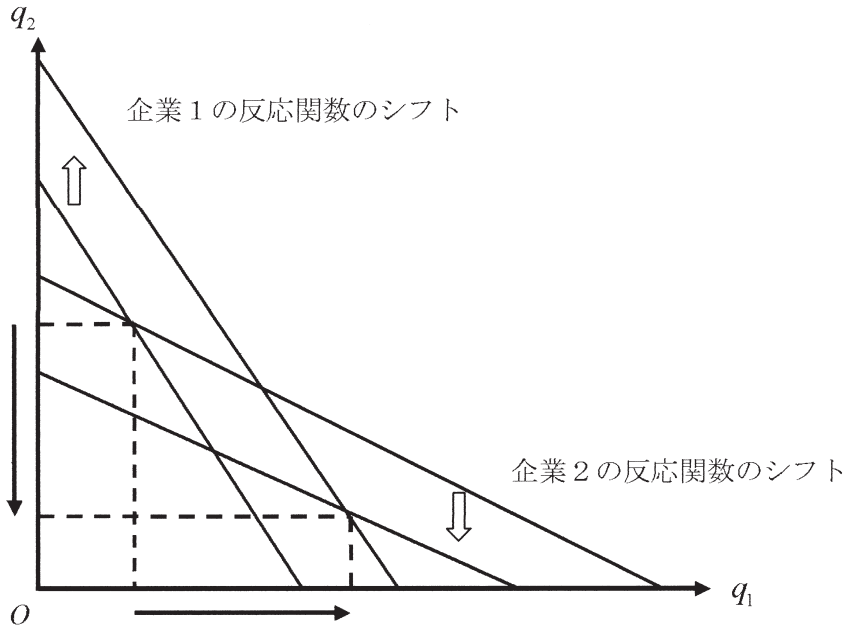


図1  $\delta_1$ の増加による反応関数のシフト

となり、第2ステージのクールノー均衡の生産量は、

$$q_i^e = \frac{(2-S)a - 2C_i + SC_j}{4-S^2} \quad (6)$$

となる。図1は、(5)から得られる各企業の反応関数を描いている。企業の生産量は戦略的代替の関係にある (Bulow et al.(1985))。

次の補題において、投資比率の変化が企業の生産量に与える効果を調べる。

**補題1** 企業特殊的技术への投資比率の増加は自社の生産量を増加させ、他社の生産量を減少させる。補完的技術への投資比率の増加は自社の生産量を減少させ、他社の生産量を増加させる。

**証明：**(4)を  $q_i$ ,  $q_j$ ,  $\delta_i$  および  $\delta_j$  に関して全微分すると、

$$-2dq_i - Sdq_j + (1-t)d\delta_i - tp d\delta_j = 0 \quad (7)$$

となる。(7)に  $d\delta_j = 0$  を代入すると、

$$\begin{pmatrix} -2 & -S \\ -S & -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dq_i/d\delta_i \\ dq_j/d\delta_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -(1-t) \\ tp \end{pmatrix}$$

となり、クラメールの公式より、次の式が得られる。

$$\frac{dq_i}{d\delta_i} = \frac{2(1-t) + \rho St}{(2-S)(2+S)} > 0 \text{ および} \quad (8)$$

$$\frac{dq_i}{d\delta_i} = -\frac{2t\rho + (1-t)S}{(2-S)(2+S)} < 0 \quad (9)$$

□

補題1の持つ含意を説明しよう。企業が企業特殊的技术への投資を高めることは、自社の生産量に対し正と負の2つの効果を持つ。企業特殊的技术への投資の増加は、自社の生産費用を削減し、生産量を増加させる正の効果を持つ。一方で、企業特殊的技术への投資の増加は、補完的技术への投資の減少を意味する。補完的技术への投資の減少は、生産費用の増加につながり、生産量を減少させる負の効果を持つ。しかし、補完的技术への投資の減少は他社の生産費用の増加にもなるので、他社の生産量も減少させる。企業が生産量は戦略的代替の関係にあるので、負の効果が一部減殺される。こうして、正の効果が負の効果を支配するので、企業特殊的技术への投資を高めることは、自社の生産量を増加させ、他社の生産量を減少させる。図1は、 $\delta_i$ の増加が反応関数をシフトさせ、各企業が生産量に与える効果を示している。なお、本モデルでは、研究開発のための資源量が一定であるので、企業の補完的技术への投資の引き上げは、企業特殊的技术への投資の引き下げと同じことを意味している。それ故、補題の後半のメカニズムは、前半のメカニズムを裏から言い換えたに過ぎない。

次に、第1ステージでの各企業の利潤最大化問題を考える。企業*i*の利潤最大化の一階条件は、Envelope Theoremを用いて、

$$(1-t)q_i^e(\delta_i, \delta_j) - \gamma(\delta_i - k) - Sq_i^e(\delta_i, \delta_j) \frac{\partial q_i^e(\delta_i, \delta_j)}{\partial \delta_i} = 0, \quad i, j=1, 2, \quad i \neq j \quad (10)$$

となる。仮定(3)により、二階条件は満たされる<sup>4)</sup>。(10)の左辺第1項と第2項は、企業特殊的技术への投資比率の増加が利潤に与える直接効果を示し、第1項は正、第2項は負である<sup>5)</sup>。第3項は、企業特殊的技术への投資比率の戦略的効果を表し、補題1より符号は正である。(10)から、サブゲーム完全ナッシュ均衡の企業特殊的技术への投資比率 $\hat{\delta}_i$ および補完的技术への投資比率 $1 - \hat{\delta}_i$ が得られる。均衡における企業*i*の生産量は、(6)より、 $\hat{q}_i = q_i^e(\hat{\delta}_i, \hat{\delta}_j)$ となる。

4) 仮定(3)は、 $f_{ii}(\delta_i, \delta_j) < 0$  および  $f_{ii}(\delta_i, \delta_j)f_{jj}(\delta_i, \delta_j) - [f_{ij}(\delta_i, \delta_j)]^2 > 0$  を満たす十分条件である。

5) (10)の左辺第2項は、企業特殊的技术への投資比率の増加が技術選択の費用に与える効果を示しており、均衡においては常に $\delta_i > k$ が成立する。

## 2. 厚生分析

生産量に関する企業の選択 ( $q_i^e(\delta_i, \delta_j), q_j^e(\delta_i, \delta_j)$ ) を所与とし、技術投資比率の選択が経済厚生観点から望ましいものであるか否かを次善解の観点から検討する。経済厚生は総余剰で測るものとする。企業特殊技術の投資比率に関する総余剰の最大化の一階条件は、

$$\frac{\partial \pi_i(q_i^e, q_j^e)}{\partial \delta_i} + \frac{\partial \pi_j(q_i^e, q_j^e)}{\partial \delta_i} + \frac{\partial}{\partial \delta_i} \left[ \frac{(q_i^e)^2 + (q_j^e)^2 + 2Sq_i^e q_j^e}{2} \right] = 0, \quad i, j=1, 2, \quad i \neq j \quad (11)$$

となる。仮定(3)より、二階条件は満たされる。Envelope Theorem を用いて、(11)は次のように書き換えられる。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial \delta_i} - Sq_j^e \frac{\partial q_i^e}{\partial \delta_i} - \rho t q_j^e + (q_i^e + Sq_i^e) \frac{\partial q_i^e}{\partial \delta_i} + (q_j^e + Sq_j^e) \frac{\partial q_j^e}{\partial \delta_i} = 0 \quad (12)$$

(12)の左辺の第2項から第5項までの合計が正(負)であるならば、市場均衡における企業特殊技術への投資比率は社会的に過少(過大)である。第2項および第3項は、 $\delta_i$ が企業*j*の利潤に与える効果を示しており、いずれも負である。第4項および第5項は、 $\delta_i$ が消費者余剰に与える効果を示しており、補題1より第4項は正、第5項は負である。対称性  $q_i^e = q_j^e \equiv q^e$  を用いて、第2項から第5項までの効果をまとめることで、(12)は次のように書き換えられる。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial \delta_i} + \frac{(1-t)(1-S) - t(3-S)\rho}{2-S} q^e = 0 \quad (13)$$

(13)より、次の命題が得られる。

**命題1** 補完的技術における補完性が低い時(すなわち、 $\rho < (1-t)(1-S)/t(3-S) \equiv \bar{\rho}$ )、市場均衡における企業特殊技術(補完的技術)への投資比率は社会的に過少(過大)である。補完的技術における補完性が高い時(すなわち、 $\rho > \bar{\rho}$ )、市場均衡における企業特殊技術(補完的技術)への投資比率は社会的に過大(過少)である。

**証明:** 均衡は対称的であり、(12)から得られる企業特殊技術への投資比率の次善解を  $\delta^*$  と表し、(10)から得られる市場均衡解を  $\delta^e$  と表す。もし  $\rho < (>) \bar{\rho}$  ならば、(13)の左辺第2項は正(負)であり、 $\delta^e < (>) \delta^*$  となる。□

命題1の持つ含意は次のとおりである。補題1より、企業特殊技術への投資比率の増加は自社の生産量を増加させるとともに、他社の生産量を減少させる。また、企業特殊



技術への投資比率の増加は、補完的技術への投資比率を減少させることになり、 $t$  および  $\rho$  が大きい時は総生産量の減少につながり  $(d(q_i^e + q_j^e)/d\delta_i < 0)$ 、消費者余剰に負の効果を与える。企業は投資比率を決定する際に、他社の利潤に対する効果と消費者余剰に対する効果を読み込まないので、企業特殊的技术への投資比率が過大になる傾向がある。すなわち、補完的技術への投資比率が過少になる傾向がある。ただし、 $t$  および  $\rho$  が小さい時は、企業特殊的技术への投資比率の増加は総生産量を増加させ  $(d(q_i^e + q_j^e)/d\delta_i > 0)$ 、消費者余剰に正の効果を与えるので、企業特殊的技术への投資比率が過少、補完的技術への投資比率が過大になる。

さらに、補完的技術の投資効率  $t$  および製品の代替性  $S$  が閾値  $\bar{\rho}$  に与える効果は、

$$\frac{d\bar{\rho}}{dt} = -\frac{1-S}{t^2(3-S)} < 0, \quad \frac{d\bar{\rho}}{dS} = -\frac{1-t}{t(3-S)^2} < 0$$

である。従って、補完的技術の投資効率が高いほど、または製品の代替性が高いほど、企業特殊的技术への投資比率が過大、補完的技術への投資比率が過少になる可能性が高くなる。これは直観的には次のように考えることができる。補完的技術の投資効率が高いほど、社会的には補完的技術への投資比率が高いことが望ましい。また、製品の代替性が高いほど、市場の競争性が増すので、他社の費用削減にも資する補完的技術への投資を抑制するインセンティブが過大になる。

補完的技術の投資効率が最大である場合 ( $t=1$ ) または 2 社の製品が完全代替財である場合 ( $S=1$ ) は  $\bar{\rho} = 0$  となるので、市場均衡での企業特殊的技术への投資比率は常に社会的に過大となり、補完的技術への投資比率は常に社会的に過少となる。

#### IV. 技術の補完性の効果

本節においては、補完的技術における補完性の水準  $\rho$  が均衡に与える効果を比較静学分析する。先ず、準備的考察をしよう。(10)の左辺を  $f_i(\delta_i, \delta_j)$  と表し、全微分すると、

$$f_{ii}(\delta_i, \delta_j)d\delta_i + f_{ij}(\delta_i, \delta_j)d\delta_j + f_{iz}(\delta_i, \delta_j)dz = 0 \quad (14)$$

が得られる。(14)において、 $f$  の下付添字の 2 つ目の記号は偏導関数を表し、例えば、 $f_{ii}$  は  $f_i$  の  $\delta_i$  での偏導関数を表す。また、 $z$  はパラメータを表している。(14)より、

$$\frac{d\delta_i}{dz} = \frac{f_{ij}(\delta_i, \delta_j)f_{iz}(\delta_i, \delta_j) - f_{jj}(\delta_i, \delta_j)f_{iz}(\delta_i, \delta_j)}{f_{ii}(\delta_i, \delta_j)f_{jj}(\delta_i, \delta_j) - [f_{ij}(\delta_i, \delta_j)]^2} \quad (15)$$

が得られる。仮定(3)は(15)の分母は正であることを保証する。従って、 $d\delta_i/dz$  の符号

は(15)の分子の符号と同じである。さらに、均衡の対称性を用いると、(15)の分子は、 $f_{iz}(\delta_i, \delta_j) [f_{ij}(\delta_i, \delta_j) - f_{ji}(\delta_i, \delta_j)]$ と整理できる。仮定(3)は  $f_{ij}(\delta_i, \delta_j) > f_{ji}(\delta_i, \delta_j)$  を満たすので、次の関係が得られる。

$$\text{sign}\left[\frac{d\delta_i}{dz}\right] = \text{sign}[f_{iz}(\delta_i, \delta_j)] \quad (16)$$

## 1. 技術の補完性と技術投資比率との関係

サブゲーム完全ナッシュ均衡において、企業  $i$  が選択する企業特殊的技術の投資比率は  $\delta_i$  であり、補完的技術の投資比率は  $1 - \delta_i$  である ((10)を参照)。補完的技術における補完性の水準  $\rho$  がこれらの投資比率選択にどのような影響を与えるかを分析する。(16)の関係式から、 $f_{ip}(\delta_i, \delta_j)$  の符号を調べることでそれが分かる。(10)より、

$$f_{ip}(\delta_i, \delta_j) = 2 \left[ \frac{\partial \hat{q}_i}{\partial \rho} \frac{d\hat{q}_i}{d\delta_i} + \hat{q}_i \frac{\partial^2 \hat{q}_i}{\partial \delta_i \partial \rho} \right] \quad (17)$$

が得られる。(17)の大括弧内の偏導関数は、

$$\frac{\partial \hat{q}_i}{\partial \rho} = \frac{t[2(1-\delta_j) - S(1-\delta_i)]}{(2-S)(2+S)} \quad \text{および} \quad (18)$$

$$\frac{\partial^2 \hat{q}_i}{\partial \delta_i \partial \rho} = \frac{St}{(2-S)(2+S)} \quad (19)$$

である。既に、 $d\hat{q}_i/d\delta_i$  は(8)で与えられている。均衡の対称性を用いると、 $\delta_i = \delta_j \equiv \delta$  および  $\hat{q}_i = \hat{q}_j \equiv \hat{q}$  となり、(17)の右辺の全ての項が正となるので、 $f_{ip} > 0$  となる。これは、補完的技術における補完性水準の上昇が、企業特殊的技術への投資比率に関する限界利潤を高めることを意味している。以上により、次の命題を得る。

**命題 2** 補完性の高い補完的技術を用いる産業ほど、企業特殊的技術への投資比率が高く、補完的技術への投資比率が低い。

命題 2 の持つ含意は次のとおりである。補完的技術における補完性の水準が上昇すると、各企業は他社技術をより多く利用することになることから、補完的技術への投資を節約することが可能になる<sup>6)</sup>。研究開発資源量が一定であるので、補完的技術への投資比率の減

6) 補完性水準の増加が補完的技術への投資比率を減少させるメカニズムは、スピルオーバーの増加が企業の R&D インセンティブを低下させるメカニズムと似ている (Spence (1984) および De Bondt et al. (1992) を参照されたい)。ただし、本稿のモデルでは、補完的技術における補完性水準の変化が企業特殊的技術への投

少は企業特殊的技術への投資比率の増加につながる。

## 2. 技術の補完性と生産量との関係

補完的技術における補完性の水準  $\rho$  が均衡生産量  $\hat{q}_i$  に与える効果は、

$$\frac{d\hat{q}_i}{d\rho} = \frac{\partial \hat{q}_i}{\partial \rho} + \frac{d\hat{\delta}_i d\hat{q}_i}{d\rho d\hat{\delta}_i} + \frac{d\hat{\delta}_j d\hat{q}_i}{d\rho d\hat{\delta}_j} \quad (20)$$

である。(20)の右辺第1項は正である((18)を参照)。補題1と命題2より、第2項は正、第3項は負である。均衡の対称性を用いると、(20)は

$$\frac{d\hat{q}}{d\rho} = \frac{1}{2+S} \left[ t(1-\hat{\delta}) + \frac{d\hat{\delta}}{d\rho} (1-t-t\rho) \right] \quad (21)$$

と書き換えられる。ケース分類の煩雑さを避けるため、 $t=1$ を仮定しよう。すると、(21)は次のように書き換えられる。

$$\left. \frac{d\hat{q}}{d\rho} \right|_{t=1} = \frac{\rho}{2+S} \left[ (1-\hat{\delta}) - \rho \frac{d\hat{\delta}}{d\rho} \right] \quad (22)$$

(22)の右辺の大括弧内の第1項は正であり、命題2より第2項は負である。(22)はまた、次のようにも書き換えられる。

$$\left. \frac{d\hat{q}}{d\rho} \right|_{t=1} = \frac{\rho(1-\hat{\delta})}{2+S} \left[ 1 + \frac{\rho}{1-\hat{\delta}} \frac{d(1-\hat{\delta})}{d\rho} \right] \quad (23)$$

(23)は、補完的技術への投資比率の補完性に関する弾力性の絶対値が1よりも小さい(大きい)ときに、 $d\hat{q}/d\rho > (<) 0$ となることを意味している。分析を興味深いケースに絞るため、パラメータに次の制約をかける。

$$\underline{\gamma} < \gamma < \bar{\gamma} \equiv \frac{2S[2(a-c) + (3-k)]}{(1-k)(2-S)(2+S)^2} \quad (24)$$

**命題3** (24)を仮定する。補完性の低い補完的技術を用いる産業では、補完性水準が高くなるほど均衡生産量が増加する。補完性の高い補完的技術を用いる産業では、補完性水準が高くなるほど均衡生産量が減少する。

**証明：** (23)より、 $t=1$ の時、

---

比率にも影響を与えることもメカニズムに含まれている。

$$\text{sign}\left[\frac{d\hat{q}}{d\rho}\right] = \text{sign}\left[(1-\delta) - \rho \frac{d\hat{\delta}}{d\rho}\right] \quad (25)$$

である。(25)の右辺の大括弧内の式を  $g(\rho)$  と置くと、

$$g(\rho) = -2S(1-k)\rho^2 - 4S(a-c+1)\rho + (1-k)(2-S)(2+S)^2\gamma$$

となる。関数  $g(\rho)$  は  $0 \leq \rho \leq 1$  において単調減少関数であり、

$$\gamma > (<) \bar{\gamma} \Leftrightarrow g(1) > (<) 0$$

である。また、 $g(0) > 0$  である。もし  $\gamma > \bar{\gamma}$  ならば、 $\rho$  に関わらず  $g(\rho) > 0$  が成立するので、 $d\hat{q}/d\rho > 0$  が成立する。もし  $\underline{\gamma} < \gamma < \bar{\gamma}$  ならば、 $\rho < (>) \bar{\rho}$  の時に  $d\hat{q}/d\rho > (<) 0$  となるような  $\bar{\rho}$  が存在する。□

命題3の論理は次のように考えることができる。補完性水準の増加は直接効果と間接効果を有する。まず、補完性水準の増加は、補完的技術の費用削減効果を高め、生産量に対して正の直接効果を持つ。次に、補完性水準の増加は、命題1で示されるように、自社と他社の企業特殊の技術への投資を促進させ、生産量に間接的な効果を与える。この間接効果が正になるか負になるかは  $t$  に依存して決まる。補完的技術の投資効率  $t$  が大きい時は、補完性水準の増加が間接的に生産量に与える効果は負である。正の直接効果と負の間接効果の合計では、補完性水準が低い(高い)ときは、正(負)の効果が支配する。

次の命題は、企業間での製品差別化の程度が、技術補完性と均衡生産量との関係にどのような影響を与えるかを示している。

**命題4** 補完的技術の補完性水準が高いほど均衡生産量が減少するケースが起こりやすいのは、製品差別化の程度が低い産業においてである。

**証明：** 製品代替性はパラメータ  $S$  で測られ、 $S$  が大きい(小さい)ほど、製品差別化の程度が低い(高い)。技術の補完性の水準が高いほど生産量が減少するケースは  $\underline{\gamma} < \gamma < \bar{\gamma}$  の時に起こる(命題3を参照)。製品代替性  $S$  が閾値  $\bar{\gamma}$  に与える効果は、

$$\frac{d\bar{\gamma}}{dS} = \frac{4(2-S+S^2)[2(a-c)+(3-k)]}{(1-k)(2-S)^2(2+S)^3} > 0$$

となるので、 $S$  が大きいほど、すなわち製品の差別化の程度が低いほど、閾値  $\bar{\gamma}$  が増加する。□

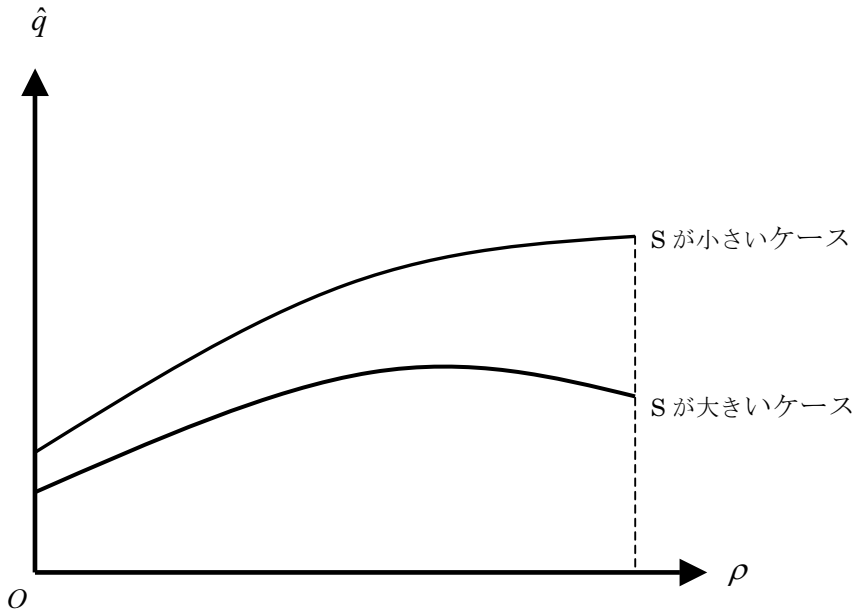


図2 補完性水準と均衡生産量

命題4の持つ含意は次のとおりである。技術の補完性の水準が高くなると、命題2より自社および他社の企業特殊的投资比率が高くなる。これは、ある条件の下では、両企業の生産量を増加させる（命題3参照）。しかし、企業の生産量は他社の生産量と戦略的代替の関係にあり、特に製品差別化の程度が低い市場では、他社の生産量増加による自社の生産量抑制の効果が強いため、補完性の水準の高さが生産量の減少につながる場合が生じる。図2は、横軸に補完的技術の補完性水準、縦軸に均衡生産量をとったときのグラフである。製品差別化の程度の低い（高い）ケースはSが大きい（小さい）ケースであり、これは $\gamma$ が小さい（大きい）ケースに対応する。

### 3. 技術の補完性と利潤との関係

サブゲーム完全ナッシュ均衡において、企業*i*の利潤は

$$\hat{\pi}_i = [\hat{q}_i(\hat{\delta}_i, \hat{\delta}_j)]^2 - \frac{\gamma}{2}(\hat{\delta}_i - k)^2$$

と表される。補完的技術の補完性の水準 $\rho$ が企業*i*の利潤に与える効果は、

$$\frac{d\hat{\pi}_i}{d\rho} = 2 \frac{d\hat{q}_i}{d\rho} \hat{q}_i - \gamma(\hat{\delta}_i - k) \frac{d\hat{\delta}_i}{d\rho} \tag{26}$$

により得られる。(26)の右辺第2項は命題2により負である。第1項は命題3により、補完的技術の補完性水準が低い時は正、高い時は負である。総効果に関しては、パラメータの組み合わせに依存して決まる。

### 命題5

- (i) 製品差別化の程度が高い市場を想定する。補完的技術の補完性水準が高くなるほど均衡利潤は増加する。
- (ii) 製品差別化の程度が低い市場を想定する。補完性の低い補完的技術を用いる産業では、補完性水準が高くなるほど均衡利潤は増加する。補完性の高い補完的技術を用いる産業では、補完性水準が高くなるほど均衡利潤は減少する。

**証明：** (26)から導かれる  $d\hat{\pi}_i/d\rho$  の符号を調べるための計算は複雑である。そのため、 $t=1$  を仮定すると、次の関係が得られる。

$$\text{sign}\left[\frac{d\hat{\pi}_i}{d\rho}\right] = \text{sign}[h(\rho)]$$

なお、

$$h(\rho) \equiv 4S^3(a-c+1)\rho^3 - 2\gamma(1-k)S(2-S)(2+S)^3\rho^2 - 2\gamma S(4-S)(2-S)(2+S)^3(a-c+1)\rho + \gamma^2(1-k)(2-S)^3(2+S)^4$$

である。関数  $h(\rho)$  は  $\rho$  の三次関数で、

$$h'(0) = -2\gamma S(4-S)(2-S)(2+S)^3(a-c+1) < 0 \quad (27)$$

であり、また、仮定(3)の下で、

$$h'(1) = -2S[\gamma(2-S)(2+S)^2\{(4-S)(a-c)+6\} - 6S^2(a-c+1)] < 0 \quad (28)$$

なので、 $0 \leq \rho \leq 1$  において  $h(\rho)$  は単調減少関数であることが分かる。さらに、 $\rho=0$  において、

$$h(0) = \gamma^2(1-k)(2-S)^3(2+S)^4 > 0 \quad (29)$$

であり、 $\rho=1$  において、

$$h(1) = \gamma^2(1-k)(2-S)^3(2+S)^4 - 2\gamma S(2-S)(2+S)^2[(4-S)(a-c)+6-(2-S)k] + 4S^3(a-c+1) \quad (30)$$

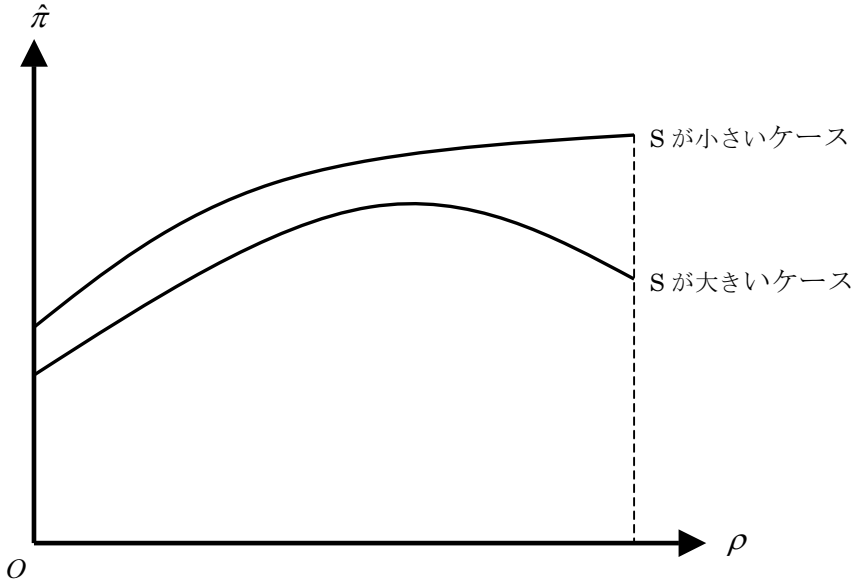


図3 補完性水準と均衡利潤

である。(30)は、 $h(1)$  の符号はパラメータに依存して決まることを示している。符号を判定するため、2つのケースに分けて考察する。第1のケースは、 $\gamma$  が大きいため  $h(1) > 0$  となるケースである。その場合、 $0 \leq \rho \leq 1$  において  $h(\rho)$  が単調減少関数であることから、 $\rho$  に関わらず  $h(\rho) > 0$  となる。第2のケースは、仮定(3)を満たす限りにおいて  $\gamma$  が小さい時である。仮定(3)の  $\gamma$  の下限  $\gamma = \underline{\gamma} = 2S/(2-S)(2+S)$  において、(30)は

$$h(1)|_{\gamma=\underline{\gamma}} = -2S^3[2(a-c)(7+2S-S^2) - 3(3+S)(6-2S-S^2+S^3)] < 0 \quad (31)$$

となる。従って、 $\gamma$  が小さい場合は、 $\rho$  が低い時に  $h(\rho) > 0$ 、 $\rho$  が高い時に  $h(\rho) < 0$  となる。

さらに、製品の代替性、すなわち製品差別化が  $d\hat{\pi}_i/d\rho$  の符号に与える効果を検討する。(30)より、 $h(1)$  の  $S$  に関する一次導関数は、

$$\frac{dh(1)}{dS} = \frac{4S}{2-S} [(1-S)(16+10S-5S^2)(a-c) - k(2+S)(4+11S^2-7S^3) + 24-2S+7S^2+2S^3-7S^4] \quad (32)$$

となる。(32)の大括弧内の第1項と第3項は正、第2項は負である。大括弧内の第2項が絶対値で最大になる  $k=1$  を代入すると、(32)は

$$\frac{dh(1)}{dS} = \frac{4S}{2-S} [(1-S)(16+10S-5S^2)(1+a-c)] \quad (33)$$

となる。(33)の大括弧内は正であるので、 $dh(1)/dS < 0$ が得られる。これは製品の代替性  $S$  が大きいほど、すなわち、製品差別化の程度が低いほど、 $h(1)$  が負になる可能性が高くなることを意味する。□

図3は、横軸に補完性水準、縦軸に均衡利潤をとったときのグラフである。製品差別化の程度が低い(高い)ケースは  $S$  が大きい(小さい)ケースであり、これは  $r$  が小さい(大きい)ケースに対応する。命題5は、命題3および命題4に密接に関連している。(26)より、技術の補完性の増加が均衡利潤を高めるかどうかは、それが均衡生産量を増加させるかどうかによって依存していることが分かる。製品差別化の高い市場では、技術の補完性の増加が均衡生産量を増加させるので、技術選択の費用の増加を差し引いたとしても、均衡利潤の増加につながる。製品差別化の低い市場では、技術の補完性の増加が、均衡生産量を減少させる場合があるので、技術選択の費用の増加も加わり、均衡利潤の減少につながり得る。

## V. 結語

本稿は、費用削減技術に関して、企業特殊的技术と補完的技術の2種類の技術が存在する場合において、企業は研究開発資源をそれらの技術に対し、どのように配分するかについて検討した。企業特殊的技术とは、自社の製品の生産費用の削減にのみ使える技術であり、補完的技術とは、2社の技術を相互に利用することで、双方の企業の費用を削減させる技術である。我々は、この問題を製品差別化が存在する複占市場モデルを用いて分析した。

主要な結論は次のとおりである。補完性の高い補完的技術を用いる産業においては、企業特殊的技术への投資比率が社会的に過大になり、補完的技術への投資比率が社会的に過少になる。これは、補完的技術に関する補完性が高いならば、他社技術の利用が促進されることから、各企業は補完的技術に投じる資源を節約して、企業特殊的技术へ資源をまわそうとするためである。このメカニズムの裏返しとして、補完性の低い補完的技術を用いる産業においては、企業特殊的技术への投資比率が社会的に過少であり、補完的技術への投資比率が社会的に過大である。いずれにせよ、企業が投資選択の際に、消費者余剰と他社の利潤に与える効果を読み込んでいないため起こる効率性の歪みである。

また、製品差別化の程度が高い場合は、補完的技術における補完性の水準が高くなるほど企業利潤が増加する。これは、技術の補完性が高くなると、企業特殊的技术への投資が増加し、それが自社の生産量を高めることになるからである。他社の費用削減にも貢献す



る補完的技術への投資よりも、企業特殊的技术への投資の方が自社の生産量の増加に大きな効果がある。しかしながら、製品差別化の程度が低い市場では、補完性の水準が高くなるほど企業利潤が減少することがある。企業の生産量と他社の生産量とは戦略的代替の関係にあり、特に製品差別化の程度が低い市場では、他社の生産量増加による自社の生産量抑制の効果が強いから、補完性の水準の高さが生産量の減少につながる場合があり、それが利潤を減少させる要因となる。

最後に、残された課題を2点挙げたい。1点目として、本稿の結論の全ては対称均衡を用いて導出しているため、非対称な企業から成る市場における均衡を分析していない。モデルの拡張の方向としては、研究開発に用いられる資源量や費用削減前の単位費用に関して、非対称性を導入することが考えられる。2点目は、本稿では製品の代替性を外生変数としている点である。企業特殊的技术への投資が製品の代替性に影響すると考えることもできる。モデルでは、製品の代替性パラメータが企業特殊的技术への投資に依存するように拡張することが必要であろう。

#### 参考文献

- d'Aspremont, C. and A. Jacquemin, 1988, "Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers." *American Economic Review*, Vol. 78, pp. 1133-1137.
- Atallah, G., 2005, "R&D Cooperation with Asymmetric Spillovers." *Canadian Journal of Economics*, Vol. 38, pp. 919-936.
- Bulow, J.I., J.D. Geanakoplos, and P.D. Klemperer, 1985, "Multimarket Oligopoly: Strategic Substitutes and Complements," *Journal of Political Economy*, Vol.93, pp. 488-511.
- Choi, J., 1993, "Cooperative R&D with Product Market Competition." *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 11, pp. 553-571.
- De Bondt, R, P. Slaets, and B. Cassiman, 1992, "The Degree of Spillovers and the Number of Rivals for Maximum Effective R&D," *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 10, pp. 35-54.
- Fershtman, C. and M.I. Kamien, 1992, "Cross Licensing of Complementary Technologies," *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 10, pp. 329-348.
- Kamien, M.I., E. Muller, and I. Zang, 1992, "Research Joint Ventures and R&D Cartels." *American Economic Review*, Vol. 82, pp. 1293-1306.
- Kamien, M.I. and I. Zang, 2000, "Meet Me Halfway: Research Joint Ventures and Absorptive Capacity." *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 18, pp. 995-1012.
- Katz, M., 1986, "An Analysis of Cooperative Research and Development." *Rand Journal of Economics*, Vol. 17, pp. 527-543.
- Kim, S.H., 2004, "Vertical Structure and Patent Pools," *Review of Industrial Organization*, Vol. 25, pp. 231-250.
- Leahy, D. and J.P. Neary, 1997, "Public Policy Towards R&D in Oligopolistic Industries." *American Economic Review*, Vol. 87, pp. 642-662.
- Leahy, D. and J.P. Neary, 2007, "Absorptive Capacity, R&D Spillovers, and Public Policy." *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 25, pp. 1089-1108.
- Lerner, J. and J. Tirole, 2004, "Efficient Patent Pools." *American Economic Review*, Vol. 94, pp. 691-711.
- Lin, P. and K. Saggi, 2002, Product Differentiation, Process R&D, and the Nature of Market Competition, *European Economic Review*, Vol. 46, 201-211.

- Moltó, M.J.G., N. Georgantzis and V. Orts, 2005, "Cooperative R&D with Endogenous Technology Differentiation," *Journal of Economics and Management Strategy*, Vol. 14, pp. 461-476.
- Shapiro, C., 2001, *Navigating the Patent Thicket: Cross Licenses, Patent Pools, and Standard-Setting*. In: Jaffe, A, Lerner, J, Stern, S (Eds), *Innovation Policy and the Economy*, vol. I. The MIT Press: Cambridge, MA; pp. 119-150.
- Spence, M., 1984, "Cost Reduction, Competition and Industry Performance," *Econometrica*, Vol. 52, pp. 101-121.
- Suzumura, K., 1992, "Cooperative and Noncooperative R&D in an Oligopoly with Spillovers," *American Economic Review*, Vol. 82, pp. 1307-1320.