

# 論 文

## 内生的スピルオーバーを伴った共同研究開発の効果

石 井 光

### 要 旨

本論文の目的は、企業の研究開発投資が他企業の研究成果を受容する能力を高める場合の共同研究開発の効果を調べることにある。企業の受容能力は、企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なる程度にも依存する。企業は、研究開発投資に依存する受容能力を通じてスピルオーバーの程度を調整することができる。本論文は、スピルオーバーの程度が高くても十分に高くないとき、企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なるならば、非協力的研究開発は共同研究開発よりも企業の研究開発投資と生産量を増加させ、大きな経済厚生をもたらすことを示す。この結果は、スピルオーバーの程度が高ければ、共同研究開発は非協力的研究開発よりも経済厚生を増加させるとは限らないことを意味する。したがって、共同研究開発の効果の分析は、スピルオーバーの程度だけでなく、これを構成する企業の研究成果が非自発的に社会に漏出する程度と企業の受容能力の影響も考慮して行う必要があるだろう。

キーワード：共同研究開発；研究開発スピルオーバー；受容能力

経済学文献季報分類番号：02-32；08-11

## 1 はじめに

本論文の目的は、企業の研究開発投資が他企業の研究成果を受容する能力 (absorptive capacity) を高める場合の共同研究開発の効果を調べることにある。

共同研究開発は、参加企業間でスピルオーバーを内部化し、無駄な重複投資を回避できることがよく知られている。共同研究開発の理論的研究は、これらの利点に注目してきた。理論的研究の多くは、スピルオーバーを伴った同産業の全ての企業が参加する共同研究開発を分析の対象としてきた<sup>1</sup>。スピルオーバーとは、企業が専有できない技術や知識が対価の支払いを伴わないで他企業に利用されることである。このスピルオーバーする技術や知識の程度をスピルオーバー率と呼ぶ。共同研究開発の理論的研究における重要な仮定の1つが、ス

<sup>1</sup>先駆的な研究に関するサーベイは、DeBondt (1996) を参照せよ。

スピルオーバー率が企業にとって外生的に与えられていることである。この外生的スピルオーバーは、企業にとって非自発的に漏出する研究成果の程度と解釈できる。

しかし、実際には、スピルオーバー率は、完全に外生的に決まるのではなく、企業が調整できる部分もあるだろう。企業によるスピルオーバー率の調整は、次の2つに分類できる。一つは、研究開発を行った企業が、研究成果である技術や知識を開示することによって、スピルオーバー率を調整するケースである。Poyago-theotoky (1999) は、企業がまず研究開発投資を選択し、次に研究成果を他企業に開示する程度を選択し、最後に他企業と生産量で競争する3段階モデルを考え、共同研究開発と非協力的研究開発が企業の研究成果を開示する誘因に与える影響を分析した<sup>2</sup>。この分析によって、共同研究開発を行う場合に限り、企業は研究成果を開示する誘因を持ち、参加企業間で研究成果を完全に共有することが示された。もう一つは、企業が他企業の研究成果を受容する能力を高めることによって、スピルオーバー率を調整するケースである。Cohen and Levinthal (1989) は、企業を受容能力を次のように仮定した。もし企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なるならば、企業の研究開発投資はその受容能力を高める。もし企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が類似するならば、各企業は所有する技術や知識によって他企業の研究成果を十分に受容できるため、企業の研究開発投資はその受容能力に影響を及ぼさない。彼らは、企業の研究開発投資がその受容能力を高める場合、企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なるほど、非協力的研究開発投資が増加することを示した。

さらに、Kamien and Zang (2000) は、研究開発を行う企業と他企業の研究成果をスピルオーバーによって利用する企業がスピルオーバー率を調整できるモデルを考えた。彼らのモデルは3段階ゲームである。第1段階では、研究開発を行う企業が研究アプローチを選択する<sup>3</sup>。例えば、企業がより企業特殊的な（基礎的な）アプローチを選択するほど、研究成果の技術や知識が他企業にスピルオーバーする程度は小さく（大きく）なるが、企業が他企業の研究成果を受容する能力は低く（高く）なる。第2段階では、企業は研究開発投資を選択する。第3段階では、企業は生産量で他企業と競争する。このモデルによる分析によって、企業が研究開発投資を他企業と協調して決めるとき、企業は基礎的なアプローチを選択し、逆に企業が研究開発投資を単独で決めるとき、企業は企業特殊的なアプローチを選択することが示

---

<sup>2</sup>研究開発を行う企業がスピルオーバー率を調整できるモデルの分析については、Poyago-theotoky (1999) 以外にも、Kultti and Takalo (1998), Perez-castrillo and Sandonfs (1996), Cassiman (2000), DeFraja (1993) を参照せよ。

<sup>3</sup>Katsoulacos and Ulph (1998) は、研究開発を行う企業が研究アプローチと同様の選択をする次のような3段階ゲームを考えている。研究開発を行う企業は、第1段階で他企業が研究開発による技術的な進歩にどの程度適応できるかを定める研究デザインを選択し、第2段階で研究開発投資を選択し、第3段階で他企業に研究成果を開示する程度を選択する。

された。しかしながら、Kamien and Zang (2000) のモデルにも問題がある。研究アプローチと研究開発投資は、研究開発を行う前に企業が同時に選択するケースも考えられるため、このゲームにおける企業の戦略変数の選択順序は確定的なものではないだろう。また、研究成果が他企業にスピルオーバーする程度は、研究開発を行う企業の研究アプローチの選択だけでなく、Cohen and Levinthal (1989) のように他企業が研究成果の基礎を成す技術や知識を所有する程度にも依存するだろう。例えば、企業が基礎的な研究を行っても、他企業がその成果の基礎を成す技術や知識を有していなければ、スピルオーバーの程度は低くなるだろう。

多くの経済状況において、スピルオーバー率は外生的に与えられるのではなく、企業が調整できる部分もあると仮定する方が合理的であろう。本論文は、企業が他企業の技術や知識を受容する能力に注目する。本分析におけるスピルオーバー率は、外生的に与えられる研究成果が社会に漏出する程度と、この社会に漏出した研究成果を他企業が受容する能力に依存すると仮定する。このため、スピルオーバー率が同じ水準でも、企業の受容能力は高いが研究成果が社会に漏出する程度が小さい場合と、企業の受容能力は低いが研究成果が社会に漏出する程度が大きい場合を考えることができる。したがって、本論文では、スピルオーバー率が同じ水準でも、両ケースで共同研究開発の効果が異なるか否かを議論することができる。

本分析のモデルは、d'Aspremont and Jacquemin (1988) によって紹介された次のような2段階モデルに基づいている<sup>4</sup>。企業は、第1段階で限界費用を削減する研究開発を行い、第2段階で他企業と生産量で競争する。このタイプのモデルの主要な研究である d'Aspremont and Jacquemin (1988), Suzumura (1992), Yi (1996) は、非協力的研究開発や社会最適な研究開発と比べた産業内の全ての企業による共同研究開発の効果について次のような結果を示した<sup>5</sup>。外生的スピルオーバー率が高いとき、共同研究開発は、非協力的研究開発よりも、企業の研究開発投資や生産量を増加させ、経済厚生を大きくする。しかし、共同研究開発投資は、外生的スピルオーバー率の高さに関係なく常に社会最適な水準よりも小さくなる。一方、非協力的研究開発投資は、外生的スピルオーバー率が十分に低い場合に限り、企業数に依存して社会最適な水準よりも大きくなる場合がある。

<sup>4</sup>複数段階における戦略的投資の先駆的研究は、Brander and Spencer (1983) や Katz (1986) を参照せよ。

<sup>5</sup>このタイプのモデルを拡張した研究は多い。Kamien et al. (1992) と Suzumura and Yanagawa (1993) は、d'Aspremont and Jacquemin のモデルを異質財とベルトランド競争に拡張した。共同研究開発のメンバーが他のメンバーと研究成果を自発的に共有するモデルの分析は、Katz (1986), Kamien et al. (1992), Choi (1993), Combs (1993), Poyago-theotoky (1995) を参照せよ。Vonortas (1994) は、企業が第1段階で研究を行い、第2段階で開発を行い、第3段階で生産量競争を行う3段階モデルを考え、研究段階における共同研究の効果进行分析した。Stuers (1995) は、完全に独立した異なる市場で生産活動を行っている企業間の共同研究開発の効果进行分析した。垂直的関係にある企業間の共同研究開発の効果に関しては、Banerjee and Lin (2001), Atallah (2002), Ishii (2004) を参照せよ。非対称的な企業やスピルオーバーの研究は、De Bondt and Henriques (1995) を参照せよ。垂直的に差別化された財を生産する企業間の共同研究開発の研究は、Motta (1992) を参照せよ。Henriques (1990) は、d'Aspremont and Jacquemin のモデルの均衡解の安定性に対するスピルオーバー率の役割を指摘した。

本論文は、スピルオーバー率が高くても十分に高くないとき、企業間で研究成果の基礎を成す知識が異なるならば、非協力的研究開発は、共同研究開発よりも企業の研究開発投資と生産量を増加させ、経済厚生を大きくすることを示す。この結果は、スピルオーバー率が高ければ、共同研究開発は非協力的研究開発よりも企業の研究開発投資と生産量を増加させ、経済厚生を大きくするとは限らないことを意味する。したがって、共同研究開発の効果の分析は、スピルオーバー率の水準だけでなく、これを構成する研究成果が社会に漏出する程度と企業の受容能力の影響も考慮して行う必要があるだろう。

本論文の構成は以下の通りである。第2節でモデルを紹介し、第3節で均衡を特徴づける。第4節では、研究開発投資の他企業の利潤に与える効果が分析される。第5節では、非協力的研究開発と共同研究開発における均衡研究開発投資と均衡生産量が比較される。第6節では、研究開発投資の経済厚生に与える効果が分析される。第7節で、本論文の結論を述べる。全ての証明は、補論にまとめられている。

## 2 モデル

2企業が同質財を生産する産業を考えよう。この2企業を企業1および企業2と表そう。2企業が直面する逆需要関数は、 $P = a - bQ$ で表せる。ただし、 $P$ は価格、 $Q$ は総需要量、 $a, b$ は正の定数である。各企業は、限界費用を削減する研究開発に投資する。各企業の研究開発投資は、各自の限界費用だけでなく、スピルオーバーによって他企業の限界費用も削減する。企業 $i$  ( $i = 1, 2$ )の生産量を $q_i$ 、研究開発投資を $x_i$ 、研究開発費用を $(\Gamma/2)x_i^2$ で表そう。ただし、 $\Gamma > 0$ である。 $(\Gamma/2)x_i^2$ は、 $x_i$ の費用削減を実現するための投資費用を表している。

企業 $i$ の研究成果の技術や知識が企業 $j$ にスピルオーバーする程度は、企業 $i$ の技術や知識が社会に漏出する程度と、この社会に漏出した技術や知識を企業 $j$ が受容する能力に依存すると仮定する。後者は、Cohen and Levinthal (1989)で紹介された企業の受容能力である。研究成果が社会に漏出する程度を、研究成果の社会漏出度と呼ぼう。両企業の実験結果の社会漏出度は $\delta$  ( $0 \leq \delta \leq 1$ )で表され、 $\delta$ は企業にとって外生的に与えられている。企業が所有する技術や知識は、特許の取得時に公開される情報、学術的な出版物、リバーズ・エンジニアリング、従業員や中間財供給者や顧客に開示される情報などによって、非自発的に社会に漏出する。 $\delta$ が高いほど、技術や知識が社会に漏出する程度は高い。企業 $i$ の受容能力は、社会に漏出した企業 $j$ の技術や知識を受容できる割合と定義する。企業 $i$ の受容能力は、 $\gamma_i$  ( $0 \leq \gamma_i \leq 1$ )で表される。

Cohen and Levinthal (1989)に従い、企業の受容能力は次のように仮定する。企業の受容

能力は、他企業の研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識の特性によって決まる外生変数  $\lambda$  ( $0 \leq \lambda \leq 1$ ) に依存する<sup>6</sup>。  $\lambda$  は、企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なる程度を表す。  $\lambda$  が高いほど、企業は他企業の研究成果を受容するために必要な基礎知識を有していないため、他企業の研究成果を受容する能力は低くなる ( $\partial\gamma_i/\partial\lambda < 0$ )。しかし、  $\lambda$  が高いほど、企業が受容能力を高めるにはその研究開発投資が必要となるため、企業の投資がその受容能力に与える限界的な効果は大きくなる ( $\partial^2\gamma_i/\partial x_i\partial\lambda > 0$ )。また、  $\lambda$  がゼロに近づくと、企業の投資がその受容能力に与える効果は小さくなり、受容能力は1に近づく。このため、  $\gamma_i(x_i, 0) = 1$  と仮定する。このとき、企業の投資はその受容能力を高めない ( $\partial\gamma_i(x_i, 0)/\partial x_i = 0$ )。

企業  $j$  の研究成果が企業  $i$  にスピルオーバーする程度  $\beta_i$  ( $0 \leq \beta_i \leq 1$ ) は、次のように定義される：

$$\beta_i \equiv \delta\gamma_i(x_i, \lambda), \quad i = 1, 2, i \neq j \tag{1}$$

ある研究開発投資ベクトル  $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$  が与えられると、企業  $i$  の有効な研究開発投資は、  $I_i = x_i + \beta_i x_j$  となる。したがって、企業  $i$  の限界費用は、次のように表せる。

$$C_i(\mathbf{x}) = \bar{c} - I_i = \bar{c} - (x_i + \beta_i x_j), \quad i \neq j \tag{2}$$

ただし、  $\bar{c}$  は正の定数で、  $a > \bar{c}$ 、  $C_i(\mathbf{x}) \geq 0$  と仮定する。両企業とも固定費は存在しない。ある研究開発投資ベクトル  $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$  および生産量ベクトル  $\mathbf{q} = (q_1, q_2)$  が与えられると、企業  $i$  の利潤関数は次のように表される。

$$\pi_i(\mathbf{x}, \mathbf{q}) = \{P(Q) - C_i(\mathbf{x})\} q_i - \frac{\Gamma}{2} x_i^2 \tag{3}$$

このモデルでは、2段階ゲームを考える。第1段階で、2企業が限界費用を削減する研究開発投資を決定する。2企業が非協力的に研究開発を行うとき、各企業は自社の利潤を最大にする研究開発投資を選択する。2企業が共同研究開発を行うとき、2企業は合同利潤を最大にする研究開発投資を選択する。第2段階では、研究開発によって削減された限界費用を所与として、2企業が生産量で競争する。d'Aspremont and Jacquemin (1988) に従い、本論文では2つのシナリオの均衡を調べる。第1に、2企業が非協力的に研究開発を行い、生産量競争を行うシナリオである。このシナリオの均衡を、非協力均衡と呼ぼう。第2に、2企業が共同研究開発を行うが、その後、生産量競争を行うシナリオである。このシナリオの均衡を協

<sup>6</sup>  $\lambda$  は、時間の経過と共に、また共同研究開発の活動中および活動後に変化することも考えられる。しかし、このモデルでは、企業の研究開発活動を通して  $\lambda$  は変化しないと仮定する。

力均衡と呼ぼう。

### 3 均衡

本節では、モデルの均衡を特徴づける。均衡概念として、サブゲーム・パーフェクションを用いる。本分析のゲームを逆向き推論法によって解く。

#### 3.1 均衡生産量

第2段階では、ある研究開発投資ベクトル  $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$  が与えられると、企業  $i$  ( $i = 1, 2$ ) は、 $\pi_i(\mathbf{x}, \mathbf{q})$  を最大にする  $q_i$  を選択する。利潤最大化の一階条件は

$$P(Q) - C_i - bq_i = 0 \quad (4)$$

となる。(4)より、 $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$  を所与としたときの企業  $i$  の均衡生産量は

$$q_i^*(\mathbf{x}) = \frac{1}{3b} \{a - \bar{c} + (2 - \beta_j)x_i + (2\beta_i - 1)x_j\}, \quad i \neq j \quad (5)$$

となる。本分析では、対称均衡に注目する。このため、もし  $x_1 = x_2$  ならば、 $q_1^*(\mathbf{x}) = q_2^*(\mathbf{x}) = q^*(\mathbf{x})$  となる。

#### 3.2 均衡研究開発投資

まず、2企業が非協力的に研究開発投資を決定するときの均衡研究開発投資を特徴づけよう。第1段階では、企業  $i$  は  $\pi_i(\mathbf{x}, q_i^*(\mathbf{x}), q_j^*(\mathbf{x}))$  を最大にする  $x_i$  を選択する。利潤最大化の一階条件は

$$\frac{2}{3}q_i^*(2 - \beta_j + 2\delta\gamma_{x_i}x_j) - \Gamma x_i = 0, \quad i \neq j \quad (6)$$

となる。ただし、 $\gamma_{x_i} = \partial q_i^* / \partial x_i$ 。非協力的研究開発における均衡研究開発投資を  $\mathbf{x}^N = (x_1^N, x_2^N)$  で表そう。 $\mathbf{x}^N$  は (6) を満たす。本分析では対称均衡に注目するため、対称均衡では、 $x_1^N = x_2^N = x^N$ 、 $\beta_1(x_1^N, \delta, \lambda) = \beta_2(x_2^N, \delta, \lambda) = \beta(x^N, \delta, \lambda)$  が成り立つ。また、均衡研究開発投資  $\mathbf{x}^N$  の一意性を保証するため、 $\partial^2 \pi_i(\mathbf{x}) / \partial x_i^2 < 0$  を仮定する。

次に、2企業が協力的に研究開発投資を決定するときの均衡研究開発投資を特徴づけよう。2企業の合同利潤関数を  $\Pi(\mathbf{x}, q_1^*(\mathbf{x}), q_2^*(\mathbf{x})) = \pi_1(\mathbf{x}, q_1^*(\mathbf{x}), q_2^*(\mathbf{x})) + \pi_2(\mathbf{x}, q_1^*(\mathbf{x}), q_2^*(\mathbf{x}))$

で表そう。第1段階では、企業*i*は  $\Pi(\mathbf{x}, q_i^*(\mathbf{x}), q_j^*(\mathbf{x}))$  を最大にする  $x_i$  を選択する。利潤最大化の一階条件は

$$\frac{2}{3} \{q_i^*(2 - \beta_j + 2\delta\gamma_{x_i x_j}) + q_j^*(2\beta_j - 1 - \delta\gamma_{x_i x_j})\} - \Gamma x_i = 0, \quad i \neq j \quad (7)$$

となる。共同研究開発における均衡研究開発投資を  $\mathbf{x}^C = (x_1^C, x_2^C)$  で表そう。 $\mathbf{x}^C$  は (7) を満たす。対称均衡では  $x_1^C = x_2^C = x^C$ ,  $\beta_1(x_1^C, \delta, \lambda) = \beta_2(x_2^C, \delta, \lambda) = \beta(x^C, \delta, \lambda)$  が成り立つ。また、均衡研究開発投資  $\mathbf{x}^C$  の一意性を保証するため、 $\partial^2 \Pi(\mathbf{x}) / \partial x_i^2 < 0$  を仮定する<sup>7</sup>。

#### 4 研究開発投資が他企業の利潤に与える効果

Yi (1996) が指摘したように、寡占における企業の研究開発投資は、他企業の利潤に対して2つの効果を与える。第1の効果は、正のフリーライド効果である。これは、企業が他企業の研究成果をフリー・ライドすることによって利潤を増加させる効果である。第2の効果は、負の市場奪取効果である。これは、研究開発を行った企業の生産量の増加が、他企業の利潤を減少させる効果である。

任意の  $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$  において、企業*i*の研究開発投資の限界的な増加が企業*j*の利潤に与える影響は

$$\frac{\partial \pi_j(\mathbf{x})}{\partial x_i} = P'(Q^*) q_j^* \frac{\partial Q^*}{\partial x_i} + \{P(Q^*) - C_j\} \frac{\partial q_j^*}{\partial x_i} - q_j^* \frac{\partial C_j}{\partial x_i} \quad i \neq j \quad (8)$$

となる。ただし、 $P'(Q^*) = dP(Q^*)/dQ$  である。(4) を (8) に代入すると、次式が導出される。

$$\frac{\partial \pi_j(\mathbf{x})}{\partial x_i} = P'(Q^*) q_j^* \left( \frac{\partial Q^*}{\partial x_i} - \frac{\partial q_j^*}{\partial x_i} \right) - q_j^* \frac{\partial C_j}{\partial x_i} \quad i \neq j \quad (9)$$

(9) の右辺の第1項の符号は負であり、市場奪取効果を表している(補論を参照せよ)。企業の研究開発投資はスピロオーバーによって他企業の限界費用を削減するため、(9) の右辺の第2項の符号は正であり、フリー・ライド効果を表している。企業の研究開発投資が他企業の利潤に与える純効果は、これらの効果の和となる。次の補題は、研究開発投資の他企業の利潤に与える純効果を表している。

<sup>7</sup>もし  $\Gamma > 0$  が十分に大きければ、2階条件  $\partial^2 \pi_i(\mathbf{x}) / \partial x_i^2 < 0$  と  $\partial^2 \Pi(\mathbf{x}) / \partial x_i^2 < 0$  は満たされる。

補題 1 対称的な非協力均衡および協力均衡において

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_j(\mathbf{x}^\tau)}{\partial x_i} &= -\frac{2 - \beta + 2\delta\gamma_{x_i}x^\tau}{3}q^* + \beta q^* \\ &= \frac{4}{3}q^* [\beta - \beta^*(x^\tau, \delta, \lambda)], \quad \tau = N, C, \quad i \neq j \end{aligned} \quad (10)$$

が成り立つ。ただし、

$$\beta^*(x^\tau, \delta, \lambda) = \frac{1 + \delta\gamma_{x_i}x^\tau}{2} > 0.$$

補題 1 は、 $\beta > (<) \beta^*(x^\tau, \delta, \lambda)$  ( $\tau = N, C$ ) の場合に限り、対称均衡における企業  $i$  の研究開発投資の限界的な増加は、企業  $j$  の利潤を増加（減少）させることを示している。この結果の直観を説明しよう。 $\beta > (<) \beta^*(x^\tau, \delta, \lambda)$  の場合に限り、研究開発投資が他企業の利潤に与える正のフリー・ライド効果は負の市場奪取効果よりも大きい（小さい）ため、 $\mathbf{x}^\tau$  における研究開発投資の限界的な増加は、他企業の利潤に正（負）の外部性を与える。したがって、 $\beta > (<) \beta^*(x^\tau, \delta, \lambda)$  の場合に限り、対称均衡における研究開発投資の限界的な増加は、他企業の利潤を増加（減少）させる。

$\lambda = 0$  のとき、仮定より  $\gamma_{x_i} = 0$  となるため、 $\beta > \beta^*(x^\tau, \delta, \lambda)$  の場合に限り  $\partial \pi_j(\mathbf{x}^\tau) / \partial x_i > 0$  が成り立つようなスピルオーバー率の閾値、 $\beta^*(x^\tau, \delta, \lambda)$  は、 $\delta \neq 0$  ならば  $\lambda = 0$  のときよりも  $\lambda \neq 0$  のときの方が投資が受容能力を高める分 ( $\delta\gamma_{x_i}x^\tau/2$ ) だけ高い。この直感的理由は、次のように説明できる。(10) の右辺は、第 1 項が研究開発投資の負の市場奪取効果を表し、第 2 項が正のフリー・ライド効果を表している。もし  $\lambda \neq 0$  ならば、企業の研究開発投資はその受容能力を高める。このため、 $\lambda \neq 0$  のときに企業  $i$  が投資を増加させると、企業  $j$  の投資が一定ならば、 $\lambda = 0$  のときよりも企業  $i$  の限界費用は低下し、その結果、生産量が増加する。これは、企業  $j$  の利潤を減少させる。したがって、 $\beta^*(x^\tau, \delta \neq 0, \lambda \neq 0) > \beta^*(x^\tau, \delta \neq 0, \lambda = 0)$  が成り立つ。

## 5 均衡研究開発投資と均衡生産量の比較

本節では、非協力的研究開発と共同研究開発を行った場合の均衡研究開発投資と均衡生産量を比較し、企業の受容能力が均衡研究開発投資と均衡生産量に与える影響を分析する。

まず、 $\lambda = 0$  のときの均衡結果を比較しよう。 $\lambda = 0$  は、企業間で研究成果の基礎を成す技術および科学的知識が類似する場合である。このとき、企業は社会に漏出した他企業の技術や知識を完全に受容することができる。つまり、企業の受容能力は、仮定より  $\gamma_i(x_i, 0) = 1$  となるため、研究成果が他企業にスピルオーバーする程度は外生的な要因のみで決まる。つ

まり、 $\lambda = 0$  のときの非協力的研究開発と共同研究開発の均衡研究開発投資と均衡生産量を比較すると、d'Aspremont and Jacquemin (1988) と同じ結果が得られる。

**補題 2**  $\lambda = 0$  のときは、 $\beta > (<) 1/2$  の場合に限り、 $x^C > (<) x^N$ 、 $q^*(x^C) > (<) q^*(x^N)$  が成り立つ。

次に、 $\lambda \neq 0$  のときの均衡結果を比較しよう。 $\lambda \neq 0$  は、企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なる場合である。このとき、企業は社会に漏出した他企業の技術や知識を受容する能力を十分に有していない。つまり、企業の受容能力は、 $\gamma_i(x_i, \lambda) < 1$  となる。 $\lambda \neq 0$  のとき、企業が他企業の研究成果を受容する能力は、その投資水準にも依存する。 $\lambda \neq 0$  のときの均衡結果を比較すると、次のような命題が得られる。

**命題 1**  $\lambda \neq 0$  のとき、 $\beta > (<) \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  の場合に限り、 $x^C > (<) x^N$ 、 $q^*(x^C) > (<) q^*(x^N)$  が成り立つ。

このモデルでは、スピルオーバー率が同じ水準でも、研究成果が社会に漏出する程度、 $\delta$ 、と企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なる程度、 $\lambda$ 、が異なる場合を考察することができる。そこで、補題 2 と命題 1 を利用して、スピルオーバー率が同じ水準でも、 $\lambda = 0$  だが  $\delta$  が低い場合と  $\lambda \neq 0$  だが  $\delta$  が高い場合の均衡結果を比較しよう<sup>8</sup>。前者は、企業が他企業の研究成果を十分に受容する能力を有しているが、後者よりも他企業の研究成果が社会に漏出していないケースである。後者は、企業が他企業の研究成果を十分に受容する能力を有していないが、前者よりも他企業の研究成果が社会に漏出しているケースである。補題 2 と命題 1 より、 $\beta > \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  ならば、どちらのケースでも  $x^C > x^N$ 、 $q^*(x^C) > q^*(x^N)$  となり、 $\beta < 1/2$  ならば、どちらのケースでも  $x^N > x^C$ 、 $q^*(x^N) > q^*(x^C)$  となる。しかし、次の命題は、スピルオーバー率が同じ水準でも、 $\lambda = 0$  だが  $\delta$  が低い場合と  $\lambda \neq 0$  だが  $\delta$  が高い場合で均衡結果が異なる場合があることを示している。

**命題 2**  $1/2 < \beta < \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  のとき、 $\lambda = 0$  ならば  $x^C > x^N$ 、 $q^*(x^C) > q^*(x^N)$  となり、 $\lambda \neq 0$  ならば  $x^N > x^C$ 、 $q^*(x^N) > q^*(x^C)$  となる。

$\lambda \neq 0$  のときに、スピルオーバー率が高くても十分に高くなければ  $x^N > x^C$  となる理由を直感的に説明しよう。研究開発投資の正のフリーライド効果が負の市場奪取効果よりも小さい

<sup>8</sup>この2つの場合以外にも、 $\lambda$  と  $\delta$  に依存してさまざまな場合が考えられる。しかし、本論文は、外生的なスピルオーバーを仮定した分析結果と比較することによって、企業の受容能力が研究開発活動に与える影響を調べることを目的としている。

とき、研究開発投資は他企業の利潤に負の外部性を与える。このとき、企業は共同研究開発よりも非協力的研究開発において強い投資インセンティブを持つ。また、 $\lambda \neq 0$  のとき、他企業の研究成果を受容する能力を十分に有していないため、企業は自らの研究開発投資を増やして受容能力を高めようとする。企業の研究開発投資の増加は、その企業の生産拡大へのコミットメントとなるため、他企業の生産と利潤を減少させる。この理由により、 $\beta > \beta^*$  の場合に限り  $\partial \pi_j / \partial x_i > 0$  が成り立つような  $\lambda \neq 0$  のときのスピルオーバー率の閾値、 $\beta^*$  は、 $\lambda = 0$  のときの閾値  $\beta^* = 1/2$  よりも高くなる。したがって、非協力均衡において  $1/2 < \beta < \beta^*$  が成り立つほどスピルオーバー率が高いが十分に高くなければ、 $x^N > x^C$  が成り立つ。

多くの共同研究開発の理論的研究では、スピルオーバー率が外生的に与えられている。これらの理論的研究は、 $\beta > 1/2$  ならば、 $x^C > x^N$ 、 $q^*(x^C) > q^*(x^N)$  となることを示した。しかし、本分析では、企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なる場合、非協力均衡において  $1/2 < \beta < \beta^*$  が成り立つほどスピルオーバー率が十分に高くなければ、 $x^N > x^C$ 、 $q^*(x^N) > q^*(x^C)$  となることを示した。したがって、先行研究で示されたスピルオーバー率が高ければ ( $\beta > 1/2$ )、共同研究開発は非協力的研究開発よりも企業の投資や生産量を常に増加させるとは限らない。

## 6 研究開発投資が経済厚生に与える効果

本節では、企業の研究開発投資が経済厚生に与える効果を分析する。本分析では、経済厚生は消費者余剰と生産者余剰の和として定義される：

$$W(\mathbf{x}, \mathbf{q}^*) \equiv CS(\mathbf{x}, \mathbf{q}^*) + \Pi(\mathbf{x}, \mathbf{q}^*) \quad (11)$$

ただし、 $CS(\mathbf{x}, \mathbf{q}^*)$  は消費者余剰を表し、次のように定義される。

$$CS(\mathbf{x}, \mathbf{q}^*) \equiv \int_0^{Q^*(\mathbf{x})} P(v) dv - P(Q^*(\mathbf{x})) Q^*(\mathbf{x})$$

経済厚生を最大にする研究開発投資水準の一意性を保証するため、(11) は対称的な研究開発投資ベクトル、 $\mathbf{x}$ 、に関して単峰的になると仮定する<sup>9</sup>。  $\mathbf{x}^S = (x^S, x^S)$  を社会最適な研究開発投資としよう。つまり、 $\mathbf{x}^S$  は  $W(\mathbf{x}, \mathbf{q}^*)$  を最大にする。対称均衡において、各企業が投資を

<sup>9</sup>投資の対称性を仮定したとき ( $x_1 = x_2 = x$ )、 $\Gamma$  が十分に大きければ、 $d^2W/dx^2 < 0$  は満たされる。

限界的に増加させたときの経済厚生の変化は次のように表せる.

$$\frac{dW(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{dx} = \frac{dCS(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{dx} + \frac{d\Pi(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{dx}, \quad \tau = N, C$$

まず, 投資が消費者余剰に与える効果を調べよう. 次の補題は, 投資が増えるにつれて消費者余剰は常に増加することを示している.

**補題 3** 対称的な非協力均衡および協力均衡において

$$\frac{dCS(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{dx} = \frac{2(1 + \beta + \delta\gamma_{x_i}x^\tau)}{3}Q^* > 0 \quad \tau = N, C$$

が成り立つ.

次に, 投資が経済厚生に与える効果を調べよう. まず, 協力均衡において各企業の投資が限界的に増加すると,  $d\Pi(\mathbf{x}^C, \mathbf{q}^*)/dx = 0$  となる. したがって, 補論 3 より, 協力均衡における投資の限界的な増加は常に経済厚生を増加させる. 次に, 非協力均衡における投資の限界的な増加が経済厚生に与える効果を調べると, 次のような結果が得られる.

**補題 4** 対称的な非協力均衡において

$$\frac{dW(\mathbf{x}^N, \mathbf{q}^*)}{dx} = 4\beta q^* \geq 0$$

が成り立つ.

補論 4 は, 対称的な非協力均衡における投資の限界的な増加は, スピルオーバーが存在するならば経済厚生を増加させることを示している. 共同研究開発と非協力的研究開発における均衡研究開発投資と社会最適な研究開発投資を比較すると,  $W(\mathbf{x}, \mathbf{q}^*)$  が  $\mathbf{x}$  に関して単峰的になると仮定しているため, 補題 3 と 4 より, 次のような補題が得られる.

**補題 5** 任意の  $\beta$  に関して  $\mathbf{x}^C < \mathbf{x}^S$  および  $\mathbf{x}^N \leq \mathbf{x}^S$  となる. ただし,  $\mathbf{x}^N = \mathbf{x}^S$  は  $\beta = 0$  の場合に限り成り立つ.

企業が非協力的研究開発を行うとき, 企業の投資インセンティブはスピルオーバー率が低いほど強まる. 換言すると, 研究成果が社会に漏出する程度と他企業の受容能力が低いほど, 非協力的研究開発における企業の投資インセンティブは強まる. スピルオーバーが存在しない場合に限り, 非協力的研究開発における均衡投資は社会最適な水準に達する.

上記の比較結果をまとめると, 次のような結果が得られる.

**命題 3** (i)  $\beta > \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  のとき,  $W(\mathbf{x}^C, \mathbf{q}^*) > W(\mathbf{x}^N, \mathbf{q}^*)$  が成り立つ. (ii)  $1/2 < \beta < \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  のとき,  $\lambda = 0$  ならば  $W(\mathbf{x}^C, \mathbf{q}^*) > W(\mathbf{x}^N, \mathbf{q}^*)$ ,  $\lambda \neq 0$  ならば  $W(\mathbf{x}^N, \mathbf{q}^*) > W(\mathbf{x}^C, \mathbf{q}^*)$  が成り立つ. (iii)  $\beta \leq 1/2$  のとき,  $W(\mathbf{x}^N, \mathbf{q}^*) \geq W(\mathbf{x}^C, \mathbf{q}^*)$  が成り立つ.

$\beta > \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  のとき, 共同研究開発はより大きな経済厚生をもたらす. 一方,  $\beta < 1/2$  のとき, 非協力的研究開発はより大きな経済厚生をもたらす. しかし,  $1/2 < \beta < \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  が成り立つほどスピルオーバー率が高いが十分に高くはないとき, 企業の他企業の研究成果を受容する能力が低ければ, 非協力的研究開発はより大きな経済厚生をもたらす. したがって, スピルオーバーが大きければ ( $\beta > 1/2$ ), 共同研究開発は非協力的研究開発よりも大きな経済厚生をもたらすとは限らない.

## 7 結論

本論文は, 企業の研究開発投資が他企業の研究成果を受容する能力を高める場合の共同研究開発の効果を調べた. 企業の受容能力は, その研究開発投資だけでなく, 企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なる程度にも依存する. 本分析の研究開発スピルオーバー率は, 研究成果が社会に漏出する程度と, この社会に漏出した研究成果を企業が受容する能力に依存する. したがって, 企業はその研究開発投資に依存する受容能力を通じてスピルオーバーの程度を調整することができる.

外生的なスピルオーバーを伴った共同研究開発の研究は, スピルオーバーの程度が高ければ, 共同研究開発は非協力的研究開発よりも企業の研究開発投資と生産量を増加させるため, 大きな経済厚生をもたらすことを示した. しかし, 本論文では, スピルオーバーの程度が高くても十分に高くはないとき, 企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なるならば, 非協力的研究開発は共同研究開発よりも企業の研究開発投資と生産量を増加させ, 大きな経済厚生をもたらすことを示した. この結果は, スピルオーバーの程度が高ければ, 共同研究開発は非協力的研究開発よりも大きな経済厚生をもたらすとは限らないことを意味する. したがって, 共同研究開発の効果の分析は, スピルオーバーの程度だけでなく, これを構成する研究成果が社会に漏出する程度と企業の受容能力の影響も考慮して行う必要があるだろう.

企業間で研究成果の基礎を成す技術的および科学的知識が異なるとき, 企業が受容能力を高めるには他企業の研究成果に関する基礎的な研究が必要となるだろう. 一般的に, 企業が

基礎研究を行った場合、その研究成果が社会に漏出する程度は大きいだろう。したがって、本分析の結果より、基礎研究の成果が社会に漏出しても他企業の受容能力が十分に高くなければ、基礎研究を目的とした共同研究開発は、非協力的研究開発よりも経済厚生を減少させることが言えるだろう。

本分析は、研究成果が社会に漏出する程度を外生変数としたため、研究開発を行う企業の研究アプローチ（基礎研究または企業特殊的研究）の選択や研究成果を開示する誘因を考慮していない。したがって、これらと企業の受容能力を考慮したモデルで分析を行う必要があるだろう。また、本分析は静学モデルのため、企業が既に所有している技術や知識を所与とした。しかし、企業間で所有する技術や知識の補完性（技術距離）や研究成果が社会に漏出する程度は、企業の知識ストックの大きさにも依存するだろう。企業の知識ストックの影響を調べるためには、動学モデルによる分析が必要となるだろう。これらは、今後の研究課題としたい。

## 補論

### 補題 1 の証明

企業  $i$  の研究開発投資の増加が企業  $j$  の利潤に与える効果は、次の式で表される。

$$\frac{\partial \pi_j(\mathbf{x})}{\partial x_i} = P'(Q^*) q_j^* \left( \frac{\partial Q^*}{\partial x_i} - \frac{\partial q_j^*}{\partial x_i} \right) - q_j^* \frac{\partial C_j}{\partial x_i}, \quad i \neq j \quad (\text{A.1})$$

(A.1) の右辺の第 1 項は研究開発投資の負の市場奪取効果、第 2 項は正のフリーライド効果を表している。

$$\begin{aligned} P'(Q^*) q_j^* \left( \frac{\partial Q^*}{\partial x_i} - \frac{\partial q_j^*}{\partial x_i} \right) &= -\frac{2 - \beta_j + 2\delta\gamma_{x_i x_j}}{3} q_j^* < 0, \\ -q_j^* \frac{\partial C_j}{\partial x_i} &= \beta_j q_j^* \geq 0, \quad i \neq j \end{aligned}$$

これらを (A.1) に代入して、対称均衡を仮定すると、すなわち、 $x_1 = x_2 = x$ ,  $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ ,  $q_1^* = q_2^* = q^*$  を仮定すると

$$\frac{\partial \pi_j(\mathbf{x}^\tau)}{\partial x_i} = \frac{4}{3} q^* \left( \beta - \frac{1 + \delta\gamma_{x_i x^\tau}}{2} \right), \quad \tau = N, C, \quad i \neq j \quad (\text{A.2})$$

が得られる。(A.2) の右辺の括弧の中の符号が正 (負) ならば、 $\partial \pi_j(\mathbf{x}^\tau) / \partial x_i > (<) 0$  が成り立つ。Q.E.D.

### 補題 2 の証明

補題 1 より、 $\lambda = 0$  ならば、 $\beta > (<) 1/2$  の場合に限り、対称均衡における投資の限界的な増加は、他企業の利潤を増加（減少）させる。 $\Pi(\mathbf{x})$  は  $\mathbf{x}$  に関して単峰的になると仮定しているため、 $\beta > (<) 1/2$  の場合に限り、 $x^C > (<) x^N$  となる。

対称的な均衡生産量は  $q^* = \{a - \bar{c} + (1 + \beta)x^\tau\}/3b$  ( $\tau = N, C$ ) で表されるため、均衡研究開発投資の増加関数となる。したがって、 $\lambda = 0$  ならば、 $\beta > (<) 1/2$  の場合に限り、 $q^*(x^C) > (<) q^*(x^N)$  となる。Q.E.D.

### 命題 1 の証明

命題 1 は補題 2 と同様に証明できる。補題 1 より、 $\lambda \neq 0$  ならば、 $\beta > (<) \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  の場合に限り、対称均衡における投資の限界的な増加は他企業の利潤を増加（減少）させる。したがって、 $\Pi(\mathbf{x})$  は  $\mathbf{x}$  に関して単峰的なため、 $\beta > (<) \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  の場合に限り、 $x^C > (<) x^N$  および  $q^*(x^C) > (<) q^*(x^N)$  が成り立つ。Q.E.D.

### 命題 2 の証明

補題 2 より、 $\lambda = 0$  のとき、 $\beta > (<) 1/2$  の場合に限り、 $x^C > (<) x^C$ 、 $q^*(x^C) > (<) q^*(x^N)$  となる。命題 1 より、 $\lambda \neq 0$  ならば、 $\beta > (<) \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda \neq 0)$  の場合に限り、 $x^C > (<) x^N$ 、 $q^*(x^C) > (<) q^*(x^N)$  となる。 $\beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda) > 1/2$  が成り立つ。したがって、 $1/2 < \beta < \beta^*(x^N, \delta \neq 0, \lambda)$  のとき、 $\lambda = 0$  ならば  $x^C > x^N$ 、 $q^*(x^C) > q^*(x^N)$ 、 $\lambda > 0$  ならば  $x^N > x^C$ 、 $q^*(x^N) > q^*(x^C)$  となる。Q.E.D.

### 補題 3 の証明

対称均衡において各企業の研究開発投資の限界的な増加が消費者余剰に与える効果は次式で表される。

$$dCS(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*) = \frac{\partial CS(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial CS(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{\partial x_2} dx_2$$

投資の対称性を仮定すると、すなわち  $x_1 = x_2 = x$  を仮定すると

$$\frac{dCS(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{dx} = 2 \frac{\partial CS(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{\partial x_1} = \frac{2(1 + \beta + \delta\gamma_{x_i, x^\tau})}{3} Q^* > 0, \quad \tau = N, C$$

が得られる。Q.E.D.

## 補題 4 の証明

対称均衡において各企業の研究開発投資の限界的な増加が経済厚生に与える効果は次式で表される。

$$dW(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*) = \frac{\partial W(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial W(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{\partial x_2} dx_2$$

$x_1 = x_2 = x$  を仮定すると

$$\frac{dW(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{dx} = 2 \left[ \frac{\partial CS(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{\partial x_1} + \frac{\partial \Pi(\mathbf{x}^\tau, \mathbf{q}^*)}{\partial x_1} \right] = 4\beta q^* \geq 0, \quad \tau = N, C$$

が得られる。Q.E.D.

## 参考文献

- Atallah, G., 2002. Vertical R&D spillovers, cooperation, market structure, and innovation. *Economics of Innovation and New Technology* **11**, 179-209.
- Banerjee, S., Lin, P., 2001. Vertical research joint ventures. *International Journal of Industrial Organization* **19**, 285-302.
- Brander, J. A. and Spencer, B. J., 1983. Strategic commitment with R&D: the symmetric case, *Bell Journal of Economics* **14**, 225-235.
- Cassiman, B., 2000. Research joint ventures and optimal R&D policy with asymmetric information. *International Journal of Industrial Organization* **18**, 283-314.
- Choi, J. P., 1993. Cooperative R&D with product market competition. *International Journal of Industrial Organization* **11**, 553-571.
- Cohen, W. M. and Levinthal, D. A., 1989. Innovation and learning: the two faces of R&D. *Economic Journal* **99**, 569-596.
- Combs, K. L., 1993. The role of information sharing in cooperative research and development. *International Journal of Industrial Organization* **11**, 535-551.
- d'Aspremont, C. and Jacquemin, A., 1988. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers. *American Economic Review* **78**, 1133-1137.
- De Bondt, R., 1996. Spillovers and innovative activities. *International Journal of Industrial Organization* **15**, 1-28.
- De Bondt, R. and Henriques, I., 1995. Strategic investments with asymmetric spillovers. *Canadian Journal of Economics* **28**, 656-674.
- De Fraja, G., 1993. Strategic spillovers in patent races. *International Journal of Industrial Organization* **11**, 139-146.
- Henriques, I., 1990. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers: comment. *American Economic Review* **80**, 638-640.
- Ishii, A., 2004. Cooperative R&D between vertically related firms with spillovers. *International Journal of Industrial Organization* **22**, 1213-1235.
- Kamien, M. I., Muller, E., and Zang, I., 1992. Research joint ventures and R&D cartels. *American Economic Review* **82**, 1293-1306.

- Kamien, M. I. and Zang, I., 2000. Meet me halfway: research joint ventures and absorptive capacity. *International Journal of Industrial Organization* **18**, 995-1012.
- Katsoulacos, Y. and Ulph, D., 1998. Endogenous spillovers and the performance of research joint ventures. *Journal of Industrial Economics* **46**, 333-357.
- Katz, M. L., 1986. An analysis of cooperative research and development. *Rand Journal of Economics* **17**, 527-543.
- Kultti, K. and Takalo, T., 1998. R&D spillovers and information exchange. *Economics Letters* **61**, 121-123.
- Motta, M., 1992. Cooperative R&D and vertical product differentiation. *International Journal of Industrial Organization* **10**, 643-661.
- Perez-Castrillo, J. D. and Sandonfs, J., 1996. Disclosure of know-how in research joint ventures. *International Journal of Industrial Organization* **15**, 51-75.
- Poyago-Theotoky, J., 1995. Equilibrium and optimal size of a research joint venture in an oligopoly with spillovers. *Journal of Industrial Economics* **43**, 209-226.
- Poyago-Theotoky, J., 1999. A note on endogenous spillovers in a non-tournament R&D duopoly. *Review of Industrial Organization* **15**, 253-262.
- Steurs, G., 1995. Inter-industry R&D spillovers: what difference do they make? *International Journal of Industrial Organization* **13**, 249-276.
- Suzumura, K., 1992. Cooperative and noncooperative R&D in an oligopoly with spillovers. *American Economic Review* **82**, 1307-1320.
- Suzumura, K. and Yanagawa, N., 1993. Cooperative and non-cooperative R&D in an oligopoly with spillovers: strategic substitutes versus strategic complements. *Hitotsubashi Journal of Economics* **34**, 1-11.
- Vonortas, N. S., 1994. Inter-firm cooperation with imperfectly appropriable research. *International Journal of Industrial Organization* **12**, 413-435.
- Yi, S-S., 1996. The welfare effects of cooperative R&D in oligopoly with spillovers. *Review of Industrial Organization* **11**, 681-698.