

# 国際的 R & D 競争と企業行動

## —スピルオーバーによる影響の比較—

広 瀬 憲 三

### I はじめに

企業にとって研究開発費を投じることは新技術の開発による新たな製品の開発や、既存製品の製造コストの削減などをもたらす。

2003年（平成15年）度の日本の科学技術研究費は16兆8042億円（企業等が11兆7589億円、非営利団体・公的機関が1兆7821億円、大学等が3兆2631億円）で、国内総生産（GDP）に対する研究費の比率は3.35%となっている<sup>1)</sup>。また、その中身についてみると、全体では、基礎研究が15.0%、応用研究が23.0%、開発研究が62.0%となっており、企業等については、74.7%が開発研究となっている<sup>2)</sup>。

このような研究開発投資によって得られた新たな技術は、新たな製品の開発や、既存製品の製造コストの削減などを通じて企業に大きな利益をもたらすことになるが、これらの研究開発の成果を自企業内で保持し続けることは

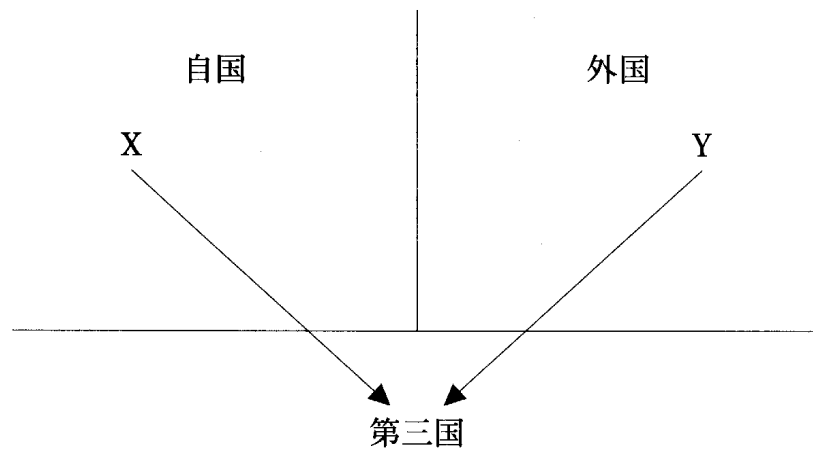
1) 総務省『統計で見る日本の科学技術研究』

(<http://www.stat.go.jp/data/kagaku/pamphlet/index.htm>)

2) 基礎研究とは、仮説や理論を形成するためや現象や観察可能な事実に関して新しい知識を得るために行われる理論的又は実験的研究を、応用研究とは、基礎研究によって発見された知識を利用して、特定の目標を定めて実用化の可能性を確かめる研究や既に実用化されている方法に関して、新たな応用方法を探索する研究を、開発研究とは、基礎研究、応用研究及び実際の経験から得た知識を利用し、新しい材料、装置、製品、システム、工程等の導入や既存のこれらのものの改良をねらいとする研究をいう。

(注1に同)

図-1



極めて難しいといえる。新たな製品は市場に出ることによりその情報はライバル企業に漏れることになるし、製造コストを削減させる技術についてもまったく外部に漏れないということは通常考えられない。

国際間での競争においても、自国企業による研究開発の成果は当然外国企業に漏れる可能性がある。外国企業からすれば自国企業の研究開発の成果を確保すれば研究開発のためのコストをかけずに成果として新たな製品を開発したり、製造コストを低下させることができる。

このような研究開発投資の製造コスト削減効果とその漏れについての研究としては、Brander J. and B. Spencer (1983)、d'Aspremont, Claude and Jacquemin, Alexis (1988) などがある。

本稿では、自国企業、外国企業は第三国市場に対して輸出競争を行っているような状況を想定する(図-1)。そのもとで、両国企業は財の生産を行うのみではなく、同時に研究開発競争も行っているような状況を想定する。両国企業にとって研究開発は財の生産費用を低下させる効果を持つものとしよう。しかしながら、これらの研究開発の成果の一部は外国企業に漏れてしまうが、その漏れの程度の違いが各国企業の研究開発投資にどのような影響を与えるかについて検討する。

各国企業は2段階ゲームを行い、第1段階では、研究開発支出の規模を、

第2段階では生産量を決定する。第1段階の研究開発支出の決定において相手国企業と非協調的な行動をとる場合と、協調的な行動をとる場合とで、研究開発の成果の相手企業への漏れの程度に応じて、研究開発投資の規模がどのように変化するかについて考察する。

以下第II節では、基本的なモデルが提示され、第III節では、両国企業が研究開発について協調的な行動をとる場合、非協調的な行動をとる場合について、研究開発の成果の漏れ（スピルオーバー）の程度による投資行動への影響などについて考察する。

## II モデル

自国企業、外国企業は第3国市場に対して輸出競争を行っているような状況を想定しよう。両国企業は同質財を生産しており、第3国市場における需要関数は、線形を仮定すると次の(1)式のように表すことができる。

$$P = a - b(X + Y) \quad (1)$$

各企業は単位あたり費用を低下させるような R & D を行っていると想定しよう。自企業にとって R & D に投資することは単位あたり生産コストを低下させるとしよう。しかしながらこのような R & D の成果の一部は相手企業に「漏れ」てしまう可能性がある。今各企業にとっての単位あたり生産コスト（限界費用）を  $\beta$  であらわすと  $\beta$  は、

$$\beta_i = h - R_i - mR_j \quad i, j = X, Y \quad i \neq j \quad (2)$$

と表すことができる。ここで、 $h$  は定数、 $R$  は各企業の R & D をあらわしている。また、 $R$  の単位は  $R$  の増加が限界費用に与える効果が 1 となるようにとっている。 $m$  はスピルオーバーの程度を表す係数であり  $m$  の値は  $0 \leq m \leq 1$  となる。 $m=0$  ならば企業にとって費用低下的 R & D をおこなうことは自企業のみ単位あたり費用の低下をもたらすことになるが、 $m$  の値が大きくなるにつれて自企業の R & D による費用低下効果の一部が相手企業に漏れていく程度が大きくなる。もし  $m=1$  ならば自企業の R & D による単位あたり費用低下の効果がすべて相手企業に漏れてしまい相手企業は R

&D の費用をかけることなく自企業と同じ費用低下をもたらすことができる。

各企業にとっての費用は、生産に伴う費用と R & D に伴う費用とからなる。今 R & D に伴う費用は 2 次関数として表せると仮定すると、各企業の費用関数は次の(3)(4)のようになる。

$$C_X = \beta_X X + \gamma \frac{R_X^2}{2} \quad (3)$$

$$C_Y = \beta_Y Y + \gamma \frac{R_Y^2}{2} \quad (4)$$

各企業にとっての利潤は、

$$\Pi_X = PX - C_X \quad (5)$$

$$\Pi_Y = PY - C_Y \quad (6)$$

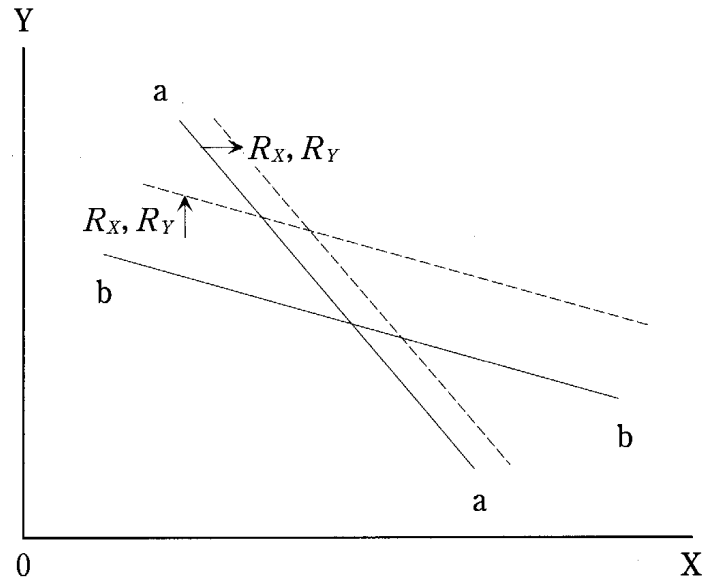
となる。企業は、第 1 段階で研究開発の規模を決定し、第 2 段階で生産量を決定する。したがって、各国企業にとって、研究開発が与えられたもとの財生産量は次式より得ることができる。

$$\frac{\partial \Pi_X}{\partial X} = a - 2bX - bY - (h - R_X - mR_Y) = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial \Pi_Y}{\partial Y} = a - 2bY - bX - (h - R_Y - mR_X) = 0 \quad (8)$$

図は(7)(8)式から得られる各企業の R & D が与えられたもとの反応関数を示したものである。自国企業、外国企業の R & D の増加はともに自国企業（外国企業）の反応曲線を右上にシフトさせるが、外国企業の R & D が自国企業の反応関数をシフトさせる程度は技術のスピルオーバーの程度に応じて異なり、 $m$  が大きいほどシフトの程度も大きくなる。これは、外国の R & D の成果をより多く得ることができればそれだけ自国企業の生産に伴う費用低下効果が大きくなるためである。したがって、外国企業の R & D 増大は外国の反応曲線、自国の反応曲線をともに右上にシフトさせるが自国の反応曲線のシフトの程度はスピルオーバーの程度( $m$ )に応じて変わり、 $m$  の値が大きければシフトの程度もより大きくなる。(7)(8)式より各企業の生産

図-2



量を求めると

$$X^* = \frac{(a-h) + (2-m)R_X + (2m-1)R_Y}{3b} \quad (9)$$

$$Y^* = \frac{(a-h) + (2-m)R_Y + (2m-1)R_X}{3b} \quad (10)$$

となる。(9)(10)式より相手企業の R & D の変化が自企業の生産量に与える効果については相手企業 R & D の自企業へのスピルオーバーの程度( $m$ )により異なることがわかる。すなわち、 $m$  の値が 0.5 よりも小さいならば相手企業による R & D の増加は自企業の生産量を減少させ、 $m$  の値が 0.5 よりも大きいならば相手企業による R & D の増加は自企業の生産量を増大させることがわかる。スピルオーバーの程度が大きければ、相手企業の R & D は相手企業の限界費用を引き下げるが、同時に自企業にも技術が波及し自企業の限界費用も引き下げるため、自企業の生産量を拡大させることになる。

次に、第三国市場における財価格を求めると

$$P^* = \frac{(a+2h) - (m+1)(R_X + R_Y)}{3} \quad (11)$$

となり、どちらか一方の企業の R & D 支出増加であれ、両企業の R & D 支出増加であれ、両企業あわせた生産量は増大するため市場価格は低下することがわかる。

R & D が与えられたもとでの各企業の利潤を求めると、

$$\begin{aligned}\Pi_X^* &= P^* X^* - \beta_X X^* - \gamma \frac{R_X^2}{2} \\ &= \frac{1}{9b} [a - h + (2 - m)R_X + (2m - 1)R_Y]^2 - \gamma \frac{R_X^2}{2}\end{aligned}\quad (12)$$

$$\begin{aligned}\Pi_Y^* &= P^* Y^* - \beta_Y Y^* - \gamma \frac{R_Y^2}{2} \\ &= \frac{1}{9b} [a - h + (2 - m)R_Y + (2m - 1)R_X]^2 - \gamma \frac{R_Y^2}{2}\end{aligned}\quad (13)$$

となる<sup>3)</sup>。各企業は相手企業の R & D 支出一定のもとで自企業の利潤が最大となるよう R & D 規模を決定するとすれば、

$$\frac{\partial \Pi_X^*}{\partial R_X} = \frac{2(2 - m)}{9b} [a - h + (2 - m)R_X + (2m - 1)R_Y] - \gamma R_X = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial \Pi_Y^*}{\partial R_Y} = \frac{2(2 - m)}{9b} [a - h + (2 - m)R_Y + (2m - 1)R_X] - \gamma R_Y = 0 \quad (15)$$

となる。これらの式より、R & D に関する反応関数を求めると、 $m$  の値によって異なることがわかる。すなわち  $m$  の値が小さく、 $0 \leq m \leq 1/2$  のときは、 $R_X$  と  $R_Y$  は戦略的代替の関係となり、反応関数は、図-3 のようになる。

一方、 $m$  の値が、大きく  $1/2 < m \leq 1$  のときは、 $R_X$  と  $R_Y$  は戦略的補完関係となり、図-4 のようになる。

これらが安定な解であるためには、図-3 においては、X 企業の反応関数の傾きは Y 企業の反応関数の傾きよりもその絶対値の値が大きく、図-4 においては、Y 企業の反応関数の傾きは X 企業の反応関数の傾きよりもその絶

3) 二階の条件は、 $9b\gamma - 2(2 - m)^2 > 0$  となる。

図-3

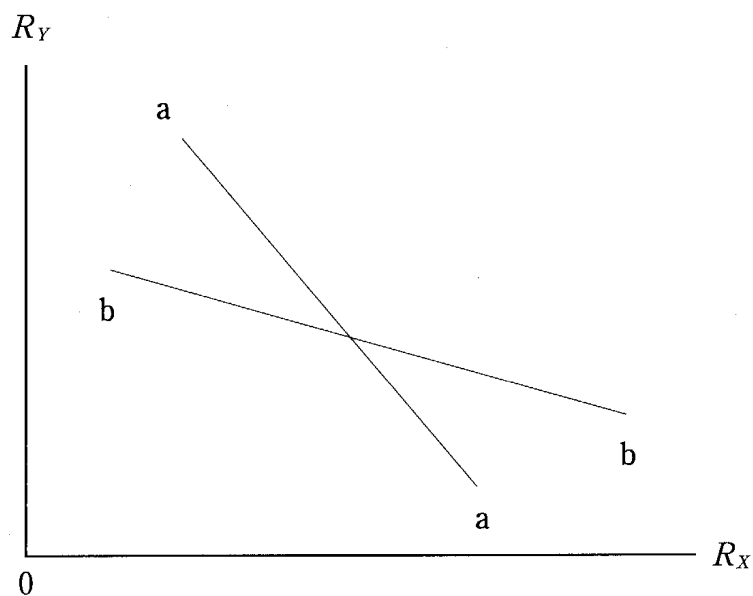
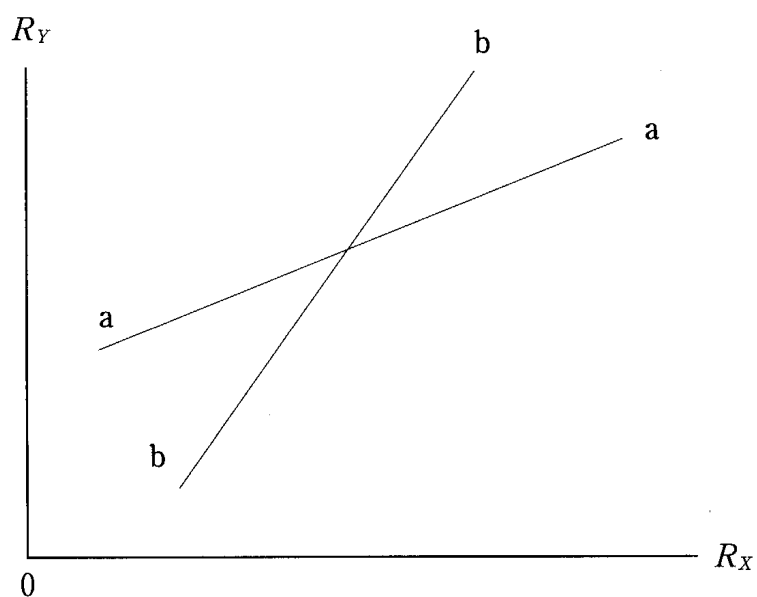


図-4



対値の値が大きくなければならない。したがって、図-3においてaaがX企業の反応関数、bbがY企業の反応関数であるとき、図-4においてaaがX企業の反応関数、bbがY企業の反応関数であるときこの解は安定となる。

したがって、安定した均衡解が存在するための条件は

$$9b\gamma - 2(2-m)^2 > 2(2-m)(1-2m) \quad (16)$$

であり、以下ではこの条件が満たされているものとして分析を行う。

(14)(15)式より、各企業の R & D 規模を求めると、

$$R_x = R_y = \frac{2(2-m)(a-h)}{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)} \quad (17)$$

となる。(17)式を(9)(10)(11)式に代入して両国企業の生産量および市場価格を求めると、

$$X = Y = \frac{9b\gamma(a-h)}{3b\{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)\}} \quad (18)$$

$$P = \frac{\{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)\}a - 18b\gamma h}{3\{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)\}} \quad (19)$$

となる。また、(17)式を(12)(13)式に代入して両国企業の利潤を求めると、

$$\begin{aligned} \Pi_x = \Pi_y = & \frac{1}{9b} \left[ a - h + \frac{2(2-m)(1+m)(a-h)}{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)} \right]^2 \\ & - \frac{\gamma}{2} \left[ \frac{2(2-m)(a-h)}{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)} \right]^2 \end{aligned} \quad (20)$$

となる。

### III スピルオーバーの効果

本節では、スピルオーバーが各国企業の R & D 支出、生産量などに与える影響について分析する。まず、スピルオーバーの程度の変化の各国企業の R & D 支出に与える効果についてみるために(17)式を  $m$  で微分すると、

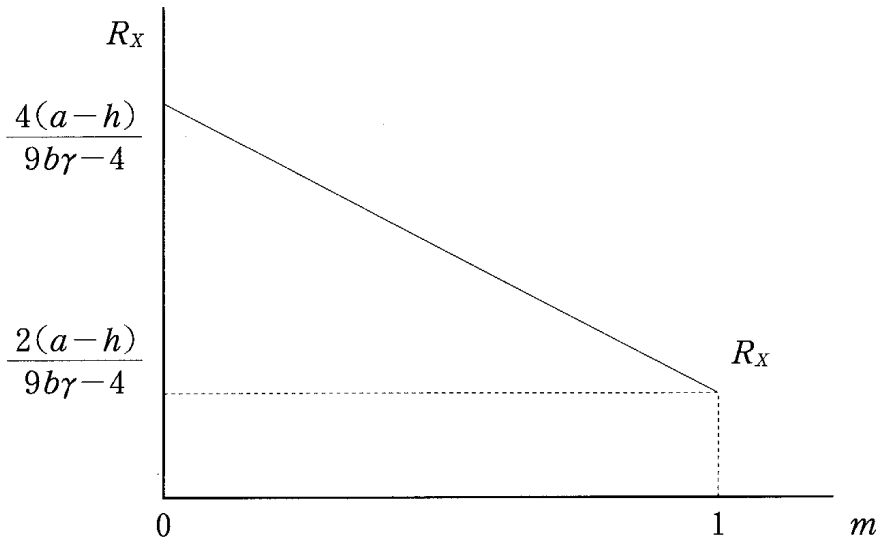
$$\frac{dR_x}{dm} = \frac{-2(a-h)\{9b\gamma - 2(2-m)^2\}}{\{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)\}^2} \quad (21)$$

となり、利潤極大化の二階の条件より、この値は負となることがわかる。したがって、図-5のようにスピルオーバーの程度が大きくなるほど各国企業の R & D 支出は減少することがわかる。

次に、スピルオーバー効果がない( $m=0$ )場合、すなわち本国(外国)企業の技術が相手国企業にまったく漏れない場合の各国企業の R & D 支出額



図-5



を求めると、

$$R_X^0 = R_Y^0 = \frac{4(a-h)}{9b\gamma-4} \quad (22)$$

となる。一方、スピルオーバー効果が完全な ( $m=1$ ) 場合、すなわち自国 (外国) 企業の技術が相手国企業にすべて漏れてしまう場合の各国企業の R & D 支出額を求めると、

$$R_X^1 = R_Y^1 = \frac{2(a-h)}{9b\gamma-4} \quad (23)$$

となり、スピルオーバーがない場合の半分の規模となっているとがわかる。しかしながら、 $m=1$  の場合、生産コストを引き下げる効果については、

$$R_X^1 + mR_Y^1 = \frac{4(a-h)}{9b\gamma-4} = R_X^0 \quad (24)$$

となり、 $m=0$  の場合と同じであることがわかる。

では、 $0 < m < 1$  のとき、生産コストを引き下げる効果はどうであろうか。(17)より、 $0 < m < 1$  のときの生産コスト引き下げの程度を見ると、

$$R_X^m + mR_Y^m = \frac{2(2-m)(1+m)(a-h)}{9b\gamma-2(2-m)(1+m)} \quad (25)$$

となる。したがって、(22)(25)式より、

$$R_X^m + mR_Y^m - R_X^0 = \frac{18b\gamma m(1-m)(a-h)}{\{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)\}\{9b\gamma - 4\}} > 0 \quad (26)$$

となり、スピルオーバーがある場合の方が無い場合よりも全体としての生産コスト引き下げ効果は大きくなることがわかる。また、スピルオーバーがある場合の方が全体としての費用削減効果は大きくなるため、生産量は拡大する。

利潤についてもスピルオーバーがある場合の方が無い場合よりも大きくなる。スピルオーバーがある場合の自国企業の利潤および無い場合の自国企業の利潤を求めると、それぞれ、

$$\begin{aligned} \Pi_X^m &= \frac{1}{9b} \left[ a-h + \frac{2(2-m)(1+m)(a-h)}{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)} \right]^2 \\ &\quad - \frac{\gamma}{2} \left[ \frac{2(2-m)(a-h)}{9b\gamma - 2(2-m)(1+m)} \right]^2 \end{aligned} \quad (27)$$

$$\Pi_X^0 = \frac{1}{9b} \left[ a-h + \frac{4(a-h)}{9b\gamma - 4} \right]^2 - \frac{\gamma}{2} \left[ \frac{4(a-h)}{9b\gamma - 4} \right]^2 \quad (28)$$

となる。ここで、R&D支出はスピルオーバーがない場合の方が大きい点、 $0 < m < 1$ の範囲において $(2-m)(1+m)$ の値は2以上で、 $m=1/2$ で最大値 $9/4$ となる点を考慮に入れると<sup>4)</sup>、 $\Pi_X^m > \Pi_X^0$ となる。これは、スピルオーバーがある場合のR&D支出は無い場合のR&D支出よりも小さいが、スピルオーバーの効果のため費用削減額が大きくなるためである。

次に、R&D支出については両国企業は協調的行動をとり、製品の販売については非協調的な行動をとる場合について考えよう。(12)(13)式より、R&Dが与えられたもとでの各企業の利潤の合計は、

$$\begin{aligned} \tilde{\Pi} &= \Pi_X^* + \Pi_Y^* = \frac{1}{9b} [a-h + (2-m)R_X + (2m-1)R_Y]^2 \\ &\quad + \frac{1}{9b} [a-h + (2-m)R_Y + (2m-1)R_X]^2 - \gamma \frac{R_X^2}{2} - \gamma \frac{R_Y^2}{2} \end{aligned} \quad (29)$$

4)  $(2-m)(1+m) = -\left(m - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{9}{4}$  となり、 $0 < m < 1$ の範囲において、 $m=0, 1$ において最小値1となる。

となり、これより、両国企業の利潤が極大となるような各国の R & D 支出を求めることができる。(29)式より、

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{\Pi}}{\partial R_X} &= \frac{2(2-m)}{9b} [a-h+(2-m)R_X+(2m-1)R_Y] \\ &+ \frac{2(2m-1)}{9b} [a-h+(2-m)R_Y+(2m-1)R_X] - \gamma R_X = 0 \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{\Pi}}{\partial R_Y} &= \frac{2(2m-1)}{9b} [a-h+(2-m)R_X+(2m-1)R_Y] \\ &+ \frac{2(2-m)}{9b} [a-h+(2-m)R_Y+(2m-1)R_X] - \gamma R_Y = 0 \end{aligned} \quad (31)$$

となる。これら(30)(31)式より各国企業の R & D 支出を求めると、

$$\tilde{R}_X = \tilde{R}_Y = \frac{2(1+m)(a-h)}{9b\gamma - 2(1+m)^2} \quad (32)$$

となる。(32)式より、スピルオーバーの程度の変化が各国企業の R & D 支出に与える効果についてみると、

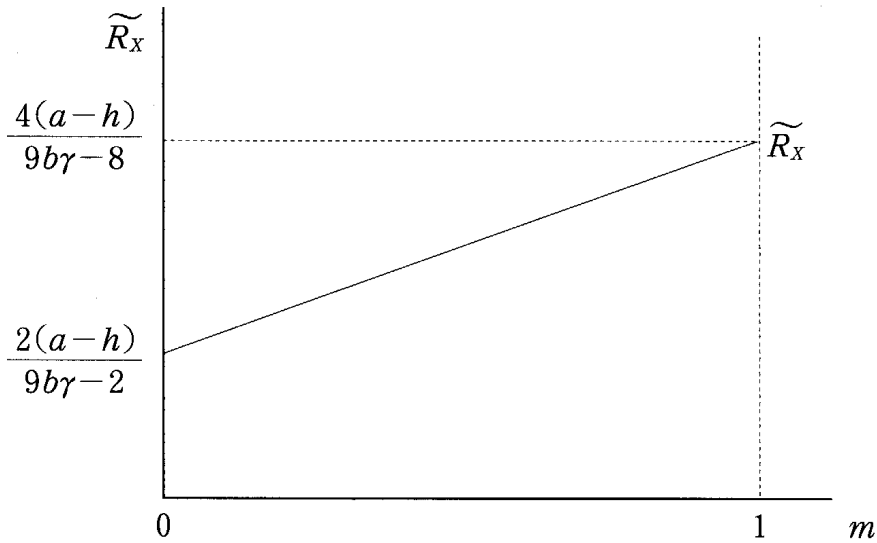
$$\frac{d\tilde{R}_X}{dm} = \frac{2(a-h)\{9b\gamma + 2(1+m)^2\}}{\{9b\gamma - 2(1+m)^2\}^2} > 0 \quad (33)$$

となることがわかる。したがって、両国企業が協調的行動をとる場合のスピルオーバーの程度と各国企業の R & D 支出の関係は、図-6のように右上がりとなる。

これは、非協調的な場合、スピルオーバーが大きければ相手国企業に技術が漏れるため相対的に競争力が低下するのに対して、協調的な場合、全体としての利潤を極大化しよう R & D 支出を決めるので、技術が漏れることは相手国企業の利潤を大きくすることになり、それは自国企業にとってもプラスとなることによる。

次に、スピルオーバー効果がない( $m=0$ )場合、すなわち自国(外国)企業の技術が相手国企業にまったく漏れない場合の各国企業の R & D 支出額を求めると、

図-6



$$\widetilde{R}_X^0 = \widetilde{R}_Y^0 = \frac{2(a-h)}{9b\gamma-2} \quad (34)$$

となる。一方、スピルオーバー効果が完全な ( $m=1$ ) 場合、すなわち自国 (外国) 企業の技術が相手国企業にすべて漏れてしまう場合の各国企業の R & D 支出額を求めると、

$$\widetilde{R}_X^1 = \widetilde{R}_Y^1 = \frac{4(a-h)}{9b\gamma-8} \quad (35)$$

となる。

(2)(34)式より、スピルオーバーがない場合、非協調的な行動をとる場合の方が協調的行動をとる場合よりも各国の R & D 支出は大きくなる。すなわち、

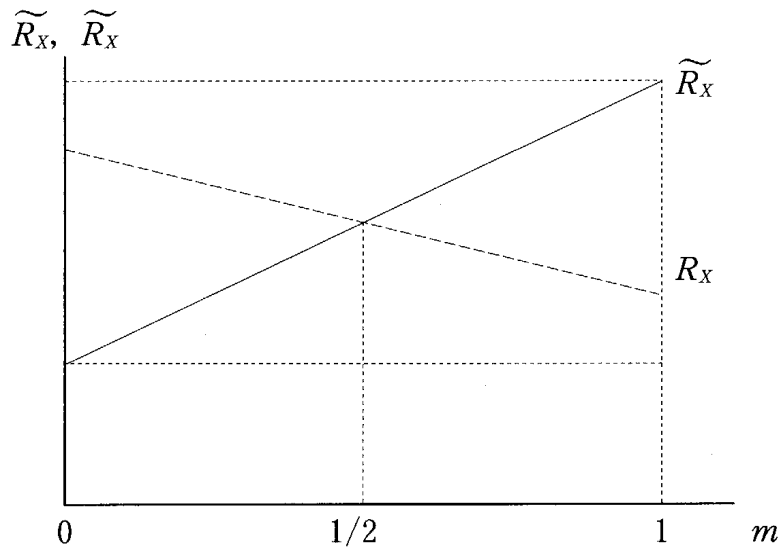
$$\widetilde{R}_X^0 < R_X^0$$

となる。また、(2)(35)式より、

$$\widetilde{R}_X^1 < R_X^1$$

となり、次のことがいえる。すなわち、非協調的な行動をとる場合、スピルオーバーがない場合 ( $m=0$ ) の R & D 支出が最大となり、協調的な行動をとる場合、スピルオーバーが完全な場合 ( $m=1$ ) の R & D 支出が最大となるが、その双方について比較すると、協調的な行動をとった方が R & D の最大額

図-7



は大きくなることがわかる。さらに、(23)(34)式より、

$$\widetilde{R}_x^0 < R_x^1$$

となり、次のことがいえる。すなわち、非協調的な行動をとる場合、スピルオーバーが完全な場合 ( $m=1$ ) の R & D 支出が最小となり、協調的な行動をとる場合、スピルオーバーがない場合 ( $m=0$ ) の R & D 支出が最小となるが、その双方について比較すると、協調的な行動をとった方が R & D の最小額は小さくなることがわかる。

また、R & D に関して両国企業が協調的な行動をとる場合と非協調的な行動をとる場合の R & D の規模についてみると、(17)(32)式より、 $m < 1/2$  の場合は、R & D に関して非協調的な場合の方が、協調的な場合よりも各国企業の支出量は多く、 $m > 1/2$  の場合は、R & D に関して協調的な場合の方が、非協調的な場合よりも各国企業の支出量は多くなることがわかる。図-7 はこれらの関係を示したものである。

#### IV むすび

本稿では、自国企業、外国企業は第三国市場に対して輸出競争を行って

るような状況を想定し、そのもとで、両国企業は財の生産を行うのみではなく、同時に研究開発競争も行っているような状況について分析した。

両国企業にとって研究開発は財の生産費用を低下させる効果を持つが、これらの研究開発の成果の一部は外国企業に漏れてしまう。本稿では、この研究開発の成果の漏れの程度と研究開発の規模との間の関係について考察した。

両国企業が R & D に関して、非協調的な行動をとる場合と、協調的な行動をとる場合とで、スピルオーバーの程度と各国企業の R & D 支出の関係は、まったく異なり、非協調的な行動をとる場合は、スピルオーバーの程度と R & D 支出の関係は負となるが、協調的な行動をとる場合は、正の関係となることがわかった。これは、両国企業が R & D に関して、非協調的な行動をとる場合、スピルオーバーが大きければ相手国企業に技術がより多く漏れるため相対的に競争力が低下するため、漏れの程度の増加は研究開発の規模を縮小させる方向に動くのに対して、協調的な行動をとる場合、全体としての利潤を極大化するよう R & D 支出を決めるので、技術が漏れることは相手国企業の利潤を大きくすることになり、それは自国企業にとってもプラスとなることより、漏れの程度の増加は研究開発の規模を拡大させる方向に動くこととなる。

(筆者は関西学院大学商学部教授)

#### 参 考 文 献

- Brander J. and B. Spencer (1983), "Strategic Commitment with R & D: The Symmetric Case," *Bell Journal of Economics*, 14, 225-235.
- d'Aspremont, Claude and J. Alexis (1988), "Cooperative and Noncooperative R & D in Duopoly with Spillovers," *American Economic Review*, 78, 1133-1137.
- d'Aspremont, Claude and J. Alexis (1990), "Cooperative and Noncooperative R & D in Duopoly with Spillovers: Erratum," *American Economic Review*, 80, 641-2.
- Sajal Lahiri and Y. Ono (2004), "R & D policy," in *Trade and Industrial Policy under International Oligopoly* (Cambridge University Press) chap. 2, 19-30.
- Sigrid Suetens (2005), "Cooperative and noncooperative R & D in experimental duopoly markets," *International Journal of Industrial Organization*, 23, 63-82.
- Barbara J. Spencer and Brander J. A (1983), "International R & D Rivalry and Industrial Strategy," *Review of Economic Studies*, 50, 707-722.

Henriques, Irene (1990), "Cooperative and Noncooperative R & D in Duopoly with Spillovers: Comment," *American Economic Review*, 80, 638-40.