

製品差別化の下での品質改善型 R&D 投資と R&D 政策： ベルトラン価格競争モデル*

大 橋 克 成

1 はじめに

戦略的コミットメントの存在が産出量や価格決定に与える効果についての考察は数多くの研究者によって行われ、有益な理論的成果が蓄積されている。その主要な結論は産出量（価格）と戦略的手段が非同時決定されるならば、それらが同時決定される場合に比べて過大（過小）な投資が行われるというものであった（例えば、Brander and Spencer, 1983; Fudenberg and Tirole, 1984; Bulow et al., 1985)¹⁾。

d'Aspremont and Jacquemin (1988) は伝統的な戦略的 R&D 投資モデルに R&D 投資の結果に関するスピルオーバーを導入し、それが存在する場合の企業の R&D 戦略について検討を行った²⁾。彼らは企業が産出量や費用削減型 R&D 投資の決定を競争的に行うのか、それとも協調的に行うのかということと同様に、スピルオーバーの大きさがマーケット・パフォーマンスに大きな影響を及ぼすことを明らかにした。具体的には、スピルオーバーの比率が大きいならば、企業が R&D 投資水準決定においてのみ協調するケースの R&D 投資水準と産出量は、両段階とも競争するケースのそれを上回る。これに対し、スピルオーバーが小さいならば逆の結果が導かれる。さらにスピルオーバーが大きいならば、企業が両段階とも協調するケースの R&D 投資水準は、R&D 投資水準決定段階においてのみ協調するケースや両段階とも競争するケースのそれを上回るものの、産出量は最小となる。しかしスピルオーバーが小さいならば、R&D 投資水準と産出量の順位について異なる結果が導かれるというものであった。R&D スピルオーバーを明示的にモデルに導入した彼らの研究以降、例えば Kamien et al. (1992), Suzumura (1992), Leahy and Neary (1997) および Salant and Shaffer (1998) などによってその研究が進展させられた。

* 本稿は日本経済学会2005年度秋季大会での報告論文「産業間スピルオーバー存在下の品質改善型 R&D 投資」を加筆修正したものである。秋季大会での報告に対し、討論者の松島法明先生（神戸大学）から建設的かつ貴重なコメントを頂きました。ここに記して深く感謝いたします。さらに本稿および原論文を作成するにあたり、春名章二教授には丹念に原稿を読んでいただき、有益かつ貴重なコメントを数多く頂きました。この場を借りて心からお礼申し上げます。さらに本誌掲載にあたり匿名審査者の先生方から丁寧なコメントを頂いたことに感謝申し上げます。言うまでもなく本稿における誤りは全て筆者の責に帰するものである。

¹⁾ 戦略的手段の典型例としては研究開発（R&D）投資、広告および生産設備投資などが挙げられる。

²⁾ 伝統的な戦略的 R&D 投資モデルとは、各企業が第1段階では生産コストの削減を目的とする R&D 投資の水準を選択し、そして第2段階では産出量を決定するという2段階ゲームモデルである。

同一産業内の R&D スピルオーバー（産業内スピルオーバー）を想定して戦略的 R&D 投資競争に関する理論的分析を行った研究は数多く存在し、枚挙に遑がない。しかし Steurs (1995) が指摘するように、異なる産業間のそれ（産業間スピルオーバー）が同時に存在する場合の研究は非常に少ない。R&D 投資の結果はクロスライセンス、特許開示、ジョイント・ベンチャーあるいは研究者の移動や交流など様々な経路を通じて他企業に流出するため専有不可能である。このために発生する外部効果（スピルオーバー）からも明らかなように、異なる産業間にも当然 R&D スピルオーバーが存在する。我が国では素材から電機に至る幅広い分野の産業が自動車産業（組立メーカー）の技術要求水準に対応するため、自発的かつ積極的な R&D 活動を展開している。この投資結果は自らの技術革新力や競争力を支えるだけでなく、自動車の品質や組立メーカーの開発や生産性の向上に大きく貢献している（Clark and Fujimoto, 1991；藤本, 1995；藤本, 2006）。さらに素材産業（・メーカー）と自動車産業（・メーカー）による新素材の共同開発など、垂直的な関係にある産業間（企業間）の共同 R&D 投資は広範に行われている。加えて異なる産業分野の技術を機能的に融合させることが要求される次世代デジタル家電のような新しい技術領域では、既存の産業単独での対応が難しいことを背景に従来型商品の需要に関して関連性の弱かった産業間で商品の共同開発やクロスライセンス契約の締結が進められている。産業間スピルオーバーが企業の費用や収益に効果を及ぼすことは Bernstein (1988) などの実証研究でも明らかにされており、産業内および産業間スピルオーバーがともに存在する場合の企業の R&D 行動を分析することは重要である。Steurs (1995) は 2 つのスピルオーバーを同時にモデルに導入し、各スピルオーバーのマーケット・パフォーマンスへの効果と R&D 投資の組織化に関する分析を行った。そして産業間スピルオーバーが企業の R&D 投資のインセンティブに重大な効果を有することを理論的に証明するとともに、産業間協調 R&D 投資の推進が大半のケースにおいて積極的な R&D 投資を引き起こし、社会的に望ましい結果を導くことを明らかにした。

Steurs (1995) は産業内と産業間のスピルオーバーがともに存在する場合の R&D 政策を明らかにするために、同質財を生産するクールノータイプの企業が費用削減型 R&D 投資を行うという単純なモデルを用いている。そこで我々は以下の 3 点について彼のモデルを拡張し、その場合にも R&D 投資の組織化に関する彼の結果が成立するか否かを検討する。第 1 の拡張は製品差別化のモデルへの導入である。企業が生産する財には品質等の差があるのが一般的であり、製品差別化をモデルに導入することはその分析をより現実的なものとする。さらに戦略的コミットメントの効果が製品差別化の程度によって変化することを考慮するならば、我々の拡張は理論分析上意義深いと考える。第 2 点目は企業が品質改善型 R&D 投資を行う場合の分析である。R&D による技術革新には生産工程を改善することで生産コストを削減する工程革新と、品質の改善や新製品の開発を通じて高付加価値化を実現する製品革新の 2 つがある。先進国の電機や精密産業に属する企業はデジタル化による製品の汎用化が進む環境で高い収益力を確保するために、製品差別化の決め手となる独自技術の開発と新たな付加価値の創出によって競争力を強化する戦略を採っている。さらにソフト開発が高付加価値化の鍵とされるデジタル家電分野や、電子化の進む自動車分野でその存在感を高めているソフトウェア産業では、各企業は独創的な技術で革新性を維持するために激しい R&D 競争を展開している。高付加価値化を実現する製品革新が競争力の鍵となっている現状を考慮するならば、品質改善型 R&D 投資を行

う企業の分析を行うことには十分意義があると思われる。第3点目は企業がベルトラン価格競争を展開する場合の分析を行うことである。企業は市場において数量競争か価格競争のいずれかを展開している。2段階ゲームモデルを用いて戦略的コミットメントに関する考察を行った Fudenberg and Tirole (1984) や Bulow et al. (1985) などは、両企業の生産物の間に戦略的代替関係が成立するのか、それとも戦略的補完関係が成立するのかによって企業の戦略的コミットメントのインセンティブが変化することを明らかにしている。春名 (2004) なども指摘するように大規模な生産設備を必要としないソフトウェア産業では、企業の多くは産出量ではなく価格を決定変数として用いていると考えられる (p.171)。デジタル化の進展に伴い、製品の高付加価値化に果たすソフトウェア産業の役割が増大していることを考慮するならば、ベルトラン価格競争を展開する企業が品質改善型 R&D 投資を行う場合の R&D 投資の組織化について分析することは意義深いと考える。

本稿の目的は、想定される3つのケース（競争的 R&D 投資決定、産業内協調 R&D 投資決定、そして産業間協調 R&D 投資決定）のサブゲーム完全均衡値を比較し、R&D 投資の組織化に関する政策的含意を得ることである。換言するならば、製品差別化された財を生産するベルトランタイプの企業が品質改善型 R&D 投資を行うモデルを設定した場合に、Steurs (1995) の結果が成立するか否かを検討し、R&D 投資の組織化に関する新たな政策的含意を得ることである。

本稿の分析からは以下のことが明らかにされた。想定される3つのケースのサブゲーム完全均衡値の順位は、製品差別化および両スピルオーバーの程度と同様、産業内と産業間のスピルオーバーの関係にも強く影響される。これは R&D 投資の間の戦略的代替（補完）関係が製品差別化および両スピルオーバーの程度と同様、産業内と産業間のスピルオーバーの関係に応じて変化するためである。特に産業内協調解と産業間協調解の順位、言い換えれば一方の協調形態における R&D 投資の間の戦略的補完の程度が他方の協調形態におけるそれを上回るか否か、は両スピルオーバーの関係によって強い影響を受ける。これらの結果から、政府は R&D 政策の決定に際して両スピルオーバーの関係を慎重に見極めることが重要で、その関係を見極めたうえで製品差別化および両スピルオーバーの程度に応じて政策を調整する必要があることが明らかになった。

本稿は以下の節で構成されている。第2節では本稿で用いるモデルを説明する。第3節ではベルトランタイプの寡占企業が R&D 投資水準の決定を独立に行うケース（ケース A）、産業内協調 R&D 投資を行うケース（ケース B）、そして産業間協調 R&D 投資を行うケース（ケース C）のそれぞれについてサブゲーム完全均衡値を導出する。第4節では第3節で導出された3つのケースのサブゲーム完全均衡値の比較を行う。最後に第5節は結論に当てられる。

2 モデル

異なる産業1と2にそれぞれ2つの企業 $i, j = 1, 2, i \neq j$, と $k, l = 3, 4, k \neq l$, が操業し、産業内と産業間の双方に R&D スピルオーバーが存在する場合を想定する。両産業の市場は分断されており、各市場は差別化された財を生産する企業による複占である。そして各企業の限界費用 c , $0 < c < 1$, は一定と仮定する。

各企業が2つの市場で直面する逆需要関数は

$$p_{i1} = 1 - \frac{2x_i}{u_i^2} - \frac{\sigma x_j}{u_i u_j}, \quad i, j = 1, 2, \quad i \neq j, \quad (1)$$

$$p_{k2} = 1 - \frac{2y_k}{v_k^2} - \frac{\sigma y_l}{v_k v_l}, \quad k, l = 3, 4, \quad k \neq l, \quad (2)$$

である³⁾。ただし、 x_i と u_i は産業1に属する企業 i の産出量と品質水準を表わし、 y_k と v_k は産業2に属する企業 k の産出量と品質水準を表わす。本稿では企業の産出量はいずれも正であると仮定する。さらに産業1に属する企業 i の品質水準 u_i は自身とライバル j の品質改善型 R&D 投資水準 R_i と R_j 、そして産業2に属する企業 k と l の品質改善型 R&D 投資水準 S_k と S_l の関数 $u_i = \varepsilon[R_i^{1/4} + \rho R_j^{1/4} + \phi(S_k^{1/4} + S_l^{1/4})]$ 、 $\varepsilon > 0$ 、である⁴⁾。Symeonidis (2003) に倣い、 ε は技術機会の指標を表わすパラメーターで、外生的に決定されるものとする。さらに上記の関数 u_i は産業内と産業間の双方で R&D スピルオーバーが存在することを表わしており、 $\rho \in (0, 1)$ および $\phi \in (0, 1)$ はそれぞれ産業内スピルオーバーおよび産業間スピルオーバーの程度である。従って $\rho \rightarrow 0$ ($\phi \rightarrow 0$) のときを除き、企業は自らの R&D 投資の結果を完全に専有することはできない。ところで Jones (1995) は知識生産関数を特定化の際、現実データとの整合性から知識ストックの規模に関する収穫通減を仮定している⁵⁾。我々は彼の議論を援用し、R&D 投資の品質改善効果が通減的であると仮定する⁶⁾。同様に産業2に属する企業 k の品質水準 v_k は自身とライバル l の品質改善型 R&D 投資水準 S_k と S_l 、そして産業1に属する企業 i と j の品質改善型 R&D 投資水準 R_i と R_j の関数 $v_k = \varepsilon[S_k^{1/4} + \rho S_l^{1/4} + \phi(R_i^{1/4} + R_j^{1/4})]$ 、 $\varepsilon > 0$ 、である。さらに (1) および (2) 式の $\sigma \in (0, 2)$ は製品差別化の程度を表す。なお、 $\sigma \rightarrow 0$ の場合には極限において両企業が生産する財は独立であるのに対し、 $\sigma \rightarrow 2$ の場合には、 $u_i = u_j$ ($v_k = v_l$) であるならば、極限において完全代替財となることを意味する。なお p_{i1} は産業1に属する企業 i の生産物価格を表し、 p_{k2} は産業2に属する企業 k の生産物価格を表わすものとする (Steurs, 1995; Sutton, 1997; Symeonidis, 2003)。

逆需要関数 (1) および (2) 式から次の需要関数を導くことができる。

$$x_i = \frac{u_i [2u_i (1 - p_{i1}) - \sigma u_j (1 - p_{j1})]}{(2 + \sigma)(2 - \sigma)}, \quad i, j = 1, 2, \quad i \neq j, \quad (3)$$

$$y_k = \frac{v_k [2v_k (1 - p_{k2}) - \sigma v_l (1 - p_{l2})]}{(2 + \sigma)(2 - \sigma)}, \quad k, l = 3, 4, \quad k \neq l. \quad (4)$$

さらに各産業に属する企業 i と k の利潤は (3) および (4) 式を用いるならば、

³⁾ Sutton (1997) および Symeonidis (2003) を参照。

⁴⁾ Steurs (1995) および Symeonidis (2003) を参照。

⁵⁾ Jones (1995) および Romer (2001) を参照。

⁶⁾ R&D 投資の関数型 u_i の関数型を特定するに当たり企業の R&D 投資水準の指数を $1/4$ とする理由は、それによって明示的な解が得られるためである。従って指数 $1/4$ は分析から導かれる結果に重大な効果を有するものではなく、R&D 投資の品質改善効果に関する仮定が満たされる限り、その変更は導かれる結果に質的な影響を及ぼさない。さらに以下で説明される R&D 投資の関数型 v_k のそれについても同様である。

$$\pi_{i1} = (p_{i1} - c)x_i = \frac{(p_{i1} - c)u_i [2u_i (1 - p_{i1}) - \sigma u_j (1 - p_{j1})]}{(2 + \sigma)(2 - \sigma)}, \quad (5)$$

$$\pi_{k2} = (p_{k2} - c)y_k = \frac{(p_{k2} - c)v_k [2v_k (1 - p_{k2}) - \sigma v_l (1 - p_{l2})]}{(2 + \sigma)(2 - \sigma)} \quad (6)$$

で表わされる。以下の議論では内点解に焦点を当てる。

3 サブゲーム完全均衡諸量の導出

分析モデルは 2 段階ゲームモデルである。まず、第 1 段階で企業は次の段階を見据えて品質改善型 R&D 投資水準（品質水準）を決定する。そして第 2 段階において価格を決定する。本節ではゲームの解を導くために第 2 段階から後方に解いていく。想定される 3 つのケース、すなわち企業が R&D 投資水準の決定を独立に行うケース（ケース A）、同一産業に属する企業が R&D 投資に関してカルテルを形成するケース（ケース B）および異なる産業に属する企業が R&D 投資に関してカルテルを形成するケース（ケース C）、についての分析を行い、それぞれのケースのサブゲーム完全均衡諸量の導出を行う。

3.1 競争的 R&D 投資決定 — ケース A —

第 2 段階において、企業はその利潤を最大化するように価格を非協力的に決定する。このための 1 階条件は

$$\frac{\partial \pi_{i1}}{\partial p_{i1}} = \frac{u_i [2u_i (1 - p_{i1} + c) - \sigma u_j (1 - p_{j1})]}{(2 + \sigma)(2 - \sigma)} = 0, \quad i, j = 1, 2, \quad i \neq j, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \pi_{k2}}{\partial p_{k2}} = \frac{v_k [2v_k (1 - p_{k2} + c) - \sigma v_l (1 - p_{l2})]}{(2 + \sigma)(2 - \sigma)} = 0, \quad k, l = 3, 4, \quad k \neq l, \quad (8)$$

である。ところで、最大化のための 2 階条件と局所的安定条件はそれぞれ満たされる。(7) および (8) 式から各産業に属する企業 i と k の反応関数

$$p_{i1} = \frac{\sigma u_j}{4u_i} p_{j1} + \frac{2u_i (1 + c) - \sigma u_j}{4u_i},$$

$$p_{k2} = \frac{\sigma v_l}{4v_k} p_{l2} + \frac{2v_k (1 + c) - \sigma v_l}{4v_k}$$

が得られる。反応曲線が右上がりとなることから産業 1 と 2 に属する両企業の生産物は戦略的補完である。(7) および (8) 式を解くとき、ベルトラン・ナッシュ均衡価格

$$p_{i1} = c + \frac{(1-c)[(8-\sigma^2)u_i - 2\sigma u_j]}{(4+\sigma)(4-\sigma)u_i}, \quad (9)$$

$$p_{k2} = c + \frac{(1-c)[(8-\sigma^2)v_k - 2\sigma v_l]}{(4+\sigma)(4-\sigma)v_k} \quad (10)$$

が導かれる。さらに、(5), (6), (9) および (10) 式より各産業に属する企業 i と k の均衡利潤は

$$\pi_{i1} = \frac{2(1-c)^2 [(8-\sigma^2)u_i - 2\sigma u_j]^2}{(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2}, \quad (11)$$

$$\pi_{k2} = \frac{2(1-c)^2 [(8-\sigma^2)v_k - 2\sigma v_l]^2}{(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2} \quad (12)$$

で与えられる。企業の産出量はいずれも正であると仮定していることから、 $2\sigma/(8-\sigma^2) < u_i/u_j < (8-\sigma^2)/2\sigma$, $i, j = 1, 2$, および $2\sigma/(8-\sigma^2) < v_k/v_l < (8-\sigma^2)/2\sigma$, $k, l = 3, 4$, でなければならない。

p_{i1} , p_{k2} , π_{i1} および π_{k2} が以上のように決まることを考慮して、第1段階では企業が生産物の品質水準を決定する。ここで、企業は純利潤 ($\pi_{i1} - R_i$ および $\pi_{k2} - S_k$) を最大化するように R&D 投資水準を決定する。するとその最大化のための1階条件は

$$\frac{\partial \pi_{i1}}{\partial R_i} = \frac{\partial \pi_{i1}}{\partial u_i} \frac{\partial u_i}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{i1}}{\partial u_j} \frac{\partial u_j}{\partial R_i} = 1, \quad i \neq j, \quad (13)$$

$$\frac{\partial \pi_{k2}}{\partial S_k} = \frac{\partial \pi_{k2}}{\partial v_k} \frac{\partial v_k}{\partial S_k} + \frac{\partial \pi_{k2}}{\partial v_l} \frac{\partial v_l}{\partial S_k} = 1, \quad k \neq l, \quad (14)$$

で与えられる。

分析を単純化して企業が対称的であると仮定する⁷⁾。(13) および (14) 式を整理して、R&D 投資の関係式 u_i および v_k を念頭に対称均衡を解くならば、R&D 投資水準として

$$R^A = S^A = \frac{\varepsilon^4 (1-c)^4 [(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho]^2 (1+\rho+2\phi)^2}{(2+\sigma)^2 (4+\sigma)^2 (4-\sigma)^2} \quad (15)$$

を得る。(15) 式より次のことが言える。産業内スピルオーバーの上昇は、 $\phi < [(4+\sigma)(2-\sigma) - 4\sigma\rho]/4\sigma$ の場合には品質改善型 R&D 投資水準の増加を引き起こし、一方 $\phi > [(4+\sigma)(2-\sigma) - 4\sigma\rho]/4\sigma$ の場合にはその減少を引き起こす。そして産業間スピルオーバーの上昇は品質改善型 R&D 投資水準の増加を起こす⁸⁾。さらに製品差別化の度合いの低下は品質改善型 R&D 投資の減少を招く。ところで、対

⁷⁾ Brander and Spencer (1983) も述べているように、企業の対称性の仮定は新製品の開発が絶え間なく行われるような産業には適合している。

⁸⁾ 各スピルオーバーの変化のサブゲーム完全均衡値への効果に関する説明の要望があれば応じることが可能である。さらに以下で分析されるケース B および C のそれについても同様である。

称均衡における最大化のための 2 階条件と均衡の安定条件はそれぞれ満たされるものと仮定する⁹⁾。
上付きの A はケース A の第 1 段階での均衡を示す。

(15) 式より第 1 段階における品質水準は

$$u^A = v^A = \frac{\varepsilon^2(1-c)[(8-\sigma^2)-2\sigma\rho]^{1/2}(1+\rho+2\phi)^{3/2}}{(2+\sigma)^{1/2}(4+\sigma)^{1/2}(4-\sigma)} \quad (16)$$

となる。(3), (4), (9), (10), (11), (12), (15) および (16) 式からそれぞれサブゲーム完全均衡産出量とサブゲーム完全均衡利潤

$$x^A = y^A = \frac{2\varepsilon^4(1-c)^3[(8-\sigma^2)-2\sigma\rho](1+\rho+2\phi)^3}{(2+\sigma)^2(4+\sigma)(4-\sigma)^3}, \quad (17)$$

$$\pi_1^A = \pi_2^A = \frac{2\varepsilon^4(1-c)^4(2-\sigma)[(8-\sigma^2)-2\sigma\rho](1+\rho+2\phi)^3}{(2+\sigma)^2(4+\sigma)(4-\sigma)^4} \quad (18)$$

が導かれる。さらに (15), (16), (17) および (18) 式から厚生

$$WE^A = \frac{4\varepsilon^4(1-c)^4[(8-\sigma^2)-2\sigma\rho](1+\rho+2\phi)^2[2\rho(12-\sigma^2)+4\phi(4+\sigma)(3-\sigma)+(16-2\sigma-\sigma^2)]}{(2+\sigma)^2(4+\sigma)^2(4-\sigma)^4} \quad (19)$$

が導かれる¹⁰⁾。

3.2 産業内協調 R & D 投資決定 ーケース Bー

第 2 段階の価格の決定はケース A と全く同じであり、(7) から (12) 式が成立している。特に、ここでは各企業は同一産業に属する両企業の純利潤の合計を最大化するように R&D 投資水準を決定するものとする。つまり同一産業に属する企業が R&D 投資に関してカルテルを形成する。なお、このときの結合利潤は

⁹⁾ 対称均衡において

$$\frac{\partial^2 \pi_{i1}}{\partial R_i^2} = \frac{-\varepsilon^2(1-c)^2[(8-\sigma^2)-2\sigma\rho]\{\rho(24-4\sigma-3\sigma^2)+6\phi(4+\sigma)(2-\sigma)+2(8-3\sigma-\sigma^2)\}R^{-3/2}}{4(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2} < 0,$$

$$\frac{\partial^2 \pi_{i1}}{\partial R_i^2} \frac{\partial^2 \pi_{j1}}{\partial R_j^2} - \frac{\partial^2 \pi_{i1}}{\partial R_j \partial R_i} \frac{\partial^2 \pi_{j1}}{\partial R_i \partial R_j} = \varepsilon^4(1-c)^4(1+\rho)^2\{\rho(24-4\sigma-3\sigma^2)+6\phi(4+\sigma)(2-\sigma)+(24-8\sigma-3\sigma^2)\}$$

$$\frac{[\rho(24-4\sigma-3\sigma^2)+6\phi(4+\sigma)(2-\sigma)+(8-4\sigma-\sigma^2)]R^{-3}/(2+\sigma)^2(2-\sigma)^2}{(4+\sigma)^4(4-\sigma)^4} > 0$$

が成立するならば、2 階条件と安定条件は満たされる。

¹⁰⁾ 消費者余剰 CS と生産者余剰 PS はそれぞれ以下の通りである。

$$CS^A = 8\varepsilon^4(1-c)^4[(8-\sigma^2)-2\sigma\rho](1+\rho+2\phi)^3/(2+\sigma)^2(4+\sigma)(4-\sigma)^4,$$

$$PS^A = \frac{4\varepsilon^4(1-c)^4[(8-\sigma^2)-2\sigma\rho][2\rho(8-\sigma-\sigma^2)+4\phi(4+\sigma)(2-\sigma)+(8-4\sigma-\sigma^2)](1+\rho+2\phi)^2}{(2+\sigma)^2(4+\sigma)^2(4-\sigma)^4}.$$

$$\begin{aligned}\pi_{I1} &= \pi_{i1} + \pi_{j1} \\ &= \frac{2(1-c)^2 [(8-\sigma^2)u_i - 2\sigma u_j]^2}{(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2} + \frac{2(1-c)^2 [-2\sigma u_i + (8-\sigma^2)u_j]^2}{(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2}, \quad i, j = 1, 2, \quad i \neq j,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\pi_{I2} &= \pi_{k2} + \pi_{l2} \\ &= \frac{2(1-c)^2 [(8-\sigma^2)v_k - 2\sigma v_l]^2}{(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2} + \frac{2(1-c)^2 [-2\sigma v_k + (8-\sigma^2)v_l]^2}{(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2}, \quad k, l = 3, 4, \quad k \neq l,\end{aligned}$$

である。各産業の企業 i と k はそれぞれ結合純利潤 ($\pi_{I1} - R_i - R_j$ と $\pi_{I2} - S_k - S_l$) を最大化するようにその R&D 投資水準を決定する。すると最大化のための 1 階条件は

$$\frac{\partial \pi_{I1}}{\partial R_i} = \frac{\partial \pi_{I1}}{\partial u_i} \frac{\partial u_i}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{I1}}{\partial u_j} \frac{\partial u_j}{\partial R_i} = 1, \quad (20)$$

$$\frac{\partial \pi_{I2}}{\partial S_k} = \frac{\partial \pi_{I2}}{\partial v_k} \frac{\partial v_k}{\partial S_k} + \frac{\partial \pi_{I2}}{\partial v_l} \frac{\partial v_l}{\partial S_k} = 1 \quad (21)$$

で与えられる。

企業の対称性をケース A と同様に仮定する。そこで、(20) および (21) 式を整理して、R&D 投資の関係式 u_i および v_k を念頭に対称均衡を解くとき、産業内協調下の R&D 投資水準

$$R^B = S^B = \frac{\varepsilon^4 (1-c)^4 (2-\sigma)^2 (1+\rho)^2 (1+\rho+2\phi)^2}{(2+\sigma)^2 (4-\sigma)^4} \quad (22)$$

を得る。(22) 式より次のことが言える。産業内と産業間スピルオーバーの上昇は品質改善型 R&D 投資水準の増加を引き起こす。これに対し、製品差別化の度合いの低下はその減少を引き起こす。ところで、最大化のための 2 階条件は満たされるものと仮定する¹¹⁾。上付きの B はケース B の第 1 段階での均衡を示す。

(22) 式より第 1 段階における品質水準は

$$u^B = v^B = \frac{\varepsilon^2 (1-c) (2-\sigma)^{1/2} (1+\rho)^{1/2} (1+\rho+2\phi)^{3/2}}{(2+\sigma)^{1/2} (4-\sigma)} \quad (23)$$

となる。(3), (4), (9), (10), (11), (12), (22) および (23) 式からそれぞれサブゲーム完全均衡産出量とサブゲーム完全均衡利潤

¹¹⁾ 対称均衡において

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \pi_{I1}}{\partial R_i^2} &= -\varepsilon^2 (1-c)^2 \left[\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} \{\rho(24-4\sigma-3\sigma^2) + 6\phi(4+\sigma)(2-\sigma) + 2(8-3\sigma-\sigma^2)\} \right. \\ &\quad \left. + \{\rho(8-\sigma^2) - 2\sigma\} \{2\rho(8-3\sigma-\sigma^2) + 6\phi(4+\sigma)(2-\sigma) + (24-4\sigma-3\sigma^2)\} \right] R^{-3/2} \\ &\quad / 4(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2 < 0\end{aligned}$$

が成立するならば、2 階条件は満たされる。

$$x^B = y^B = \frac{2\varepsilon^4 (1-c)^3 (2-\sigma)(1+\rho)(1+\rho+2\phi)^3}{(2+\sigma)^2 (4-\sigma)^3}, \quad (24)$$

$$\pi_1^B = \pi_2^B = \frac{2\varepsilon^4 (1-c)^4 (2-\sigma)^2 (1+\rho)(1+\rho+2\phi)^3}{(2+\sigma)^2 (4-\sigma)^4} \quad (25)$$

が導かれる。さらに (22), (23), (24) および (25) 式から厚生

$$WE^B = \frac{4\varepsilon^4 (1-c)^4 (2-\sigma)(1+\rho)(1+\rho+2\phi)^2 [(4-\sigma)(1+\rho)+4\phi(3-\sigma)]}{(2+\sigma)^2 (4-\sigma)^4} \quad (26)$$

が導かれる¹²⁾。

3.3 産業間協調 R&D 投資決定 —ケース C—

第 2 段階の価格の決定はケース A と全く同じであり、(7) から (12) 式が成立している。ここでは、各企業は他産業に属する両企業の純利潤の合計を最大化するように R&D 投資水準を決定するものとする。つまり異なる産業に属する企業が R&D 投資に関してカルテルを形成する。なお、このときの結合利潤は

$$\begin{aligned} \pi_{ik} &= \pi_{i1} + \pi_{k2} \\ &= \frac{2(1-c)^2 [(8-\sigma^2)u_i - 2\sigma u_j]^2}{(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2 (4-\sigma)^2} + \frac{2(1-c)^2 [(8-\sigma^2)v_k - 2\sigma v_l]^2}{(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2 (4-\sigma)^2}, \end{aligned}$$

$$i, j, k, l = 1, 2, 3, 4, \quad i \neq j \neq k \neq l,$$

である。各産業の企業 i と k は結合純利潤 ($\pi_{ik} - R_i - S_k$) を最大化するようにその R&D 投資水準を決定する。すると最大化のための 1 階条件は

$$\frac{\partial \pi_{ik}}{\partial R_i} = \frac{\partial \pi_{ik}}{\partial u_i} \frac{\partial u_i}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{ik}}{\partial u_j} \frac{\partial u_j}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{ik}}{\partial v_k} \frac{\partial v_k}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{ik}}{\partial v_l} \frac{\partial v_l}{\partial R_i} = 1, \quad (27)$$

$$\frac{\partial \pi_{ik}}{\partial S_k} = \frac{\partial \pi_{ik}}{\partial u_i} \frac{\partial u_i}{\partial S_k} + \frac{\partial \pi_{ik}}{\partial u_j} \frac{\partial u_j}{\partial S_k} + \frac{\partial \pi_{ik}}{\partial v_k} \frac{\partial v_k}{\partial S_k} + \frac{\partial \pi_{ik}}{\partial v_l} \frac{\partial v_l}{\partial S_k} = 1 \quad (28)$$

で与えられる。

企業の対称性を以前のように仮定する。(27) および (28) 式を整理し、R&D 投資の関係式 u_i および v_k を念頭に対称均衡を解くならば、産業間協調下での R&D 投資水準

¹²⁾ 消費者余剰と生産者余剰はそれぞれ以下の通りである。

$$\begin{aligned} CS^B &= 8\varepsilon^4 (1-c)^4 (2-\sigma)(1+\rho)(1+\rho+2\phi)^3 / (2+\sigma)^2 (4-\sigma)^4, \\ PS^B &= 4\varepsilon^4 (1-c)^4 (2-\sigma)^2 (1+\rho)(1+\rho+4\phi)(1+\rho+2\phi)^2 / (2+\sigma)^2 (4-\sigma)^4. \end{aligned}$$

$$R^C = S^C = \frac{\varepsilon^4 (1-c)^4 [\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} + \phi(4+\sigma)(2-\sigma)]^2 (1+\rho+2\phi)^2}{(2+\sigma)^2 (4+\sigma)^2 (4-\sigma)^4} \quad (29)$$

を得る。(29)式より次のことが言える。産業内スピルオーバーの上昇は $\phi < (>)[(4+\sigma)(2-\sigma) - 4\sigma\rho] / [4\sigma - (4+\sigma)(2-\sigma)]$ の場合には品質改善型 R&D 投資水準の増加(減少)を引き起こす。そして産業間スピルオーバーの上昇は品質改善型 R&D 投資水準の増加を起こす。これに対し、製品差別化の度合いの低下はその減少につながる。ところで、最大化のための2階条件は満たされるものと仮定する¹³⁾。上付きの C はケース C の第1段階での均衡を示す。

(29)式より第1段階における品質水準は

$$u^C = v^C = \frac{\varepsilon^2 (1-c) [\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} + \phi(4+\sigma)(2-\sigma)]^{1/2} (1+\rho+2\phi)^{3/2}}{(2+\sigma)^{1/2} (4+\sigma)^{1/2} (4-\sigma)} \quad (30)$$

となる。(3), (4), (9), (10), (11), (12), (29) および (30) 式からそれぞれサブゲーム完全均衡産出量とサブゲーム完全均衡利潤

$$x^C = y^C = \frac{2\varepsilon^4 (1-c)^3 [\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} + \phi(4+\sigma)(2-\sigma)] (1+\rho+2\phi)^3}{(2+\sigma)^2 (4+\sigma)(4-\sigma)^3}, \quad (31)$$

$$\pi_1^C = \pi_2^C = \frac{2\varepsilon^4 (1-c)^4 (2-\sigma) [\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} + \phi(4+\sigma)(2-\sigma)] (1+\rho+2\phi)^3}{(2+\sigma)^2 (4+\sigma)(4-\sigma)^4} \quad (32)$$

が導かれる。さらに(29), (30), (31) および(32)式から厚生

$$WE^C = 4\varepsilon^4 (1-c)^4 [\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} + \phi(4+\sigma)(2-\sigma)] (1+\rho+2\phi)^2 \\ [2\rho(12-\sigma^2) + \phi(40-2\sigma-3\sigma^2) + (16-2\sigma-\sigma^2)] / (2+\sigma)^2 (4+\sigma)^2 (4-\sigma)^4 \quad (33)$$

が導かれる¹⁴⁾。

¹³⁾ 対称均衡において

$$\frac{\partial^2 \pi_{ik}}{\partial R_i^2} = \frac{-\varepsilon^2 (1-c)^2 [\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} \{\rho(24-4\sigma-3\sigma^2) + 6\phi(4+\sigma)(2-\sigma) + 2(8-3\sigma-\sigma^2)\} + \phi(2-\sigma)^2 (4+\sigma)^2 (3+3\rho+5\phi)]}{4(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2 (4-\sigma)^2} < 0$$

が成立するならば、2階条件は満たされる。

¹⁴⁾ 消費者余剰と生産者余剰はそれぞれ以下の通りである。

$$CS^C = 8\varepsilon^4 (1-c)^4 [\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} + \phi(4+\sigma)(2-\sigma)] (1+\rho+2\phi)^3 / (2+\sigma)^2 (4+\sigma)(4-\sigma)^4,$$

$$PS^C = \frac{4\varepsilon^4 (1-c)^4 [\{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} + \phi(4+\sigma)(2-\sigma)] [2\rho(8-\sigma-\sigma^2) + 3\phi(4+\sigma)(2-\sigma) + (8-4\sigma-\sigma^2)] (1+\rho+2\phi)^2}{(2+\sigma)^2 (4+\sigma)^2 (4-\sigma)^4}.$$

4 サブゲーム完全均衡値の比較

我々は第3節で各ケースのサブゲーム完全均衡値を導出した。それをもとに、最初に競争的に R&D 投資が行われる場合と産業内協調 R&D 投資が行われる場合のサブゲーム完全均衡値を比較すると、以下のような結果を得る。

$$R^B \geq R^A, u^B \geq u^A, x^B \geq x^A, \pi^B \geq \pi^A, WE^B \geq WE^A \quad \text{for } \sigma \leq \frac{-1 + \sqrt{1 + 8\rho^2}}{\rho}.$$

従って製品差別化の度合いが相対的に高い（低い）とき、産業内協調 R&D 投資が行われる場合のサブゲーム完全均衡値が競争的に R&D 投資が行われる場合のそれを上回る（下回る）ことが分かる。

次に競争的に R&D 投資が行われる場合と産業間協調 R&D 投資が行われる場合のサブゲーム完全均衡値について比較するとき、我々は次のような結果を得る。

$$R^C > R^A, u^C > u^A, x^C > x^A, \pi^C > \pi^A, WE^C > WE^A.$$

つまり産業間協調 R&D 投資が行われる場合のサブゲーム完全均衡値は競争的に R&D 投資が行われる場合のそれを常に上回る。

さらに産業内協調 R&D 投資が行われる場合と産業間協調 R&D 投資が行われる場合のサブゲーム完全均衡値を比較すると以下のような結果を得る。

$$R^C \geq R^B, u^C \geq u^B, x^C \geq x^B, \pi^C \geq \pi^B, WE^C \geq WE^B \\ \text{for } \sigma \geq \frac{-(1-\phi) + \sqrt{(1-\phi)^2 + 8(\rho-\phi)^2}}{\rho-\phi} \quad \text{if } \rho > \phi,$$

$$R^C > R^B, u^C > u^B, x^C > x^B, \pi^C > \pi^B, WE^C > WE^B \\ \text{for } \sigma \in (0, 2) \quad \text{if } \rho \leq \phi$$

従って、もし $\rho > \phi$ であるならば、製品差別化の度合いが相対的に低い（高い）とき、産業間協調 R&D 投資が行われる場合のサブゲーム完全均衡値が産業内協調 R&D 投資が行われる場合のそれを上回る（下回る）。これに対して、もし $\rho \leq \phi$ であるならば、定義された製品差別化の度合いの全ての領域において産業間協調 R&D 投資が行われる場合のサブゲーム完全均衡値が産業内協調 R&D 投資が行われる場合のそれを上回る。これらの結果は次の命題にまとめられる。

命題 1. 企業がバルトラン価格競争を展開するとき、もし $\rho > \phi$ であるならば、サブゲーム完全均衡 R&D 投資水準、品質水準、産出量、および厚生の間には次の関係が成立する。

$$(i) \quad 0 < \sigma < [- (1 - \phi) + \sqrt{(1 + \phi)^2 + 8(\rho - \phi)^2}] / (\rho - \phi) \quad \text{のとき, } R^A < R^C < R^B, u^A < u^C < u^B,$$

$x^A < x^C < x^B$ および $WE^A < WE^C < WE^B$ となる。

(ii) $[-(1-\phi) + \sqrt{(1+\phi)^2 + 8(\rho-\phi)^2}]/(\rho-\phi) \leq \sigma < [-1 + \sqrt{1+8\rho^2}]/\rho$ のとき、

$R^A < R^B \leq R^C, u^A < u^B \leq u^C, x^A < x^B \leq x^C$ および $WE^A < WE^B \leq WE^C$ となる。さらに

(iii) $[-1 + \sqrt{1+8\rho^2}]/\rho \leq \sigma < 2$ のとき、 $R^B \leq R^A < R^C, u^B \leq u^A < u^C, x^B \leq x^A < x^C$ および $WE^B \leq WE^A < WE^C$ となる。

この結果には次のような直観的説明が与えられる。企業 i の R&D 投資が同一産業のライバル j の利潤あるいは他産業に属する企業 k のそれに与える外部性は、R&D カルテルの形成によって内部化される。この外部性は Kamien et al. (1992) が「結合利潤外部性 (combined-profits externality)」と呼ぶものに相当する。我々は彼らの定義を援用し、企業 i の R&D 投資が同一産業に属するライバル j の利潤に与える外部性を産業内結合利潤外部性、他産業に属する企業 k のそれに与える外部性を産業間結合利潤外部性と表わす。産業内および産業間協調 R&D 投資が行われる場合の均衡 R&D 投資水準が競争的に R&D 投資が行われる場合のそれを上回るか否かは、産業内および産業間の結合利潤外部性の符号に依存する (補論 1 参照)¹⁵⁾。具体的には製品差別化の度合いが低く (高く)、 $\sigma > (<)$ $[-1 + \sqrt{1+8\rho^2}]/\rho$ が成立するならば、産業内結合利潤外部性の符号は負 (正) となるため、産業内協調解は非協調解を下回る (上回る)¹⁶⁾。ところで産業内協調解と非協調解の関係を規定する閾値の経済的含意は以下の通りである。

製品差別化の度合いの高まりは企業の生産する財が独立財に近づくことを意味する。このとき同一産業内で展開される企業間競争は、財が完全代替財に近い場合のそれに比べて緩やかになるため、産業内結合利潤外部性が正となる可能性が上昇する。産業内スピルオーバーの変化の閾値への効果は正であることを考慮するならば、前者の上昇は閾値を完全代替財に近づけるため、産業内協調解が非協調解を上回る領域の拡大を引き起こす。一方、産業間では企業間競争がないために、産業間結合利潤外部性の符号は常に正であり、産業間協調解は非協調解よりも大きくなる。さらに産業間協調解が産業内協調解を上回るか否かは、産業内と産業間の結合利潤外部性を比較することで与えられる。具体的には製品差別化の度合いが低く (高く)、 $\sigma > (<)$ $[-(1-\phi) + \sqrt{(1+\phi)^2 + 8(\rho-\phi)^2}]/(\rho-\phi)$ が成立するならば、産業間結合利潤外部性が産業内結合利潤外部性よりも大きく (小さく) なるため、産業間協調解は産業内協調解を上回る (下回る)¹⁷⁾。ところで産業内と産業間の協調解の関係を規定する閾値の経済的含意は以下の通りである。

¹⁵⁾ 競争的に R&D 投資が行われるケース (ケース A)、産業内協調 R&D 投資が行われるケース (ケース B) および産業間協調 R&D 投資が行われるケース (ケース C) のサブゲーム完全均衡 R&D 投資水準をそれぞれ非協調解、産業内協調解および産業間協調解と表す。

¹⁶⁾ もし $\sigma = [-1 + \sqrt{1+8\rho^2}]/\rho$ が成立するならば、産業内結合利潤外部性はゼロとなるため、産業内協調解と非協調解は等しくなる。

¹⁷⁾ もし $\sigma = [-(1-\phi) + \sqrt{(1+\phi)^2 + 8(\rho-\phi)^2}]/(\rho-\phi)$ が成立するならば、産業間と産業内の結合利潤外部性は等しくなるため、産業間協調解と産業内協調解は等しくなる。

産業間（産業内）スピルオーバーの変化の閾値への効果は負（正）である。産業間では企業間競争がないため、産業間結合利潤外部性の符号は常に正となるのに対し、産業内では企業相互が競争を展開するため、産業内結合利潤外部性のそれは正、負の何れにもなる。特に後者の外部性が正（負）となる可能性は製品差別化の度合いが高く（低く）なるに従って上昇する。産業間（産業内）スピルオーバーの上昇は閾値を独立財（完全代替財）に近づけるため、産業内結合利潤外部性が負（正）となる領域の拡大を引き起こす。従って産業間結合利潤外部性が常に正であることを考慮するならば、産業間（産業内）スピルオーバーの上昇は産業間協調解が産業内協調解を上回る領域の拡大（縮小）を引き起こす。

以上のように、 $\rho > \phi$ が与えられるとき、R&D 投資水準の順位が製品差別化および両スピルオーバーの程度に応じて変化する理由は、R&D 投資の間に成立する戦略的代替（補完）関係から説明できる（補論2）。産業内協調 R&D 投資が行われる場合、 $\sigma > (<) [-1 + \sqrt{1 + 8\rho^2}]/\rho$ のとき、R&D 投資の間に戦略的代替（補完）関係が成立する。このため産業内協調 R&D 投資を行う企業は、製品差別化の度合いが低い（高い）ならば、競争的に R&D 投資を行う場合に比べて過小（過大）な R&D 投資を行う理由は明らかである。産業間協調解が非協調解よりも常に大きくなる理由も同様に説明できる。産業間協調 R&D 投資が行われる場合、R&D 投資の間には戦略的補完関係が成立する。このため産業間協調 R&D 投資を行う企業が、競争的に R&D 投資を行う場合に比べて過大な R&D 投資を行う理由は明白である。さらに産業間協調 R&D 投資が行われる場合、 $\sigma > (<) [-1 + \phi + \sqrt{(1 + \phi)^2 + 8(\rho - \phi)^2}]/(\rho - \phi)$ のとき、R&D 投資の間の戦略的補完の程度は産業内協調 R&D 投資が行われる場合のそれより大きく（小さく）なる。このため産業間協調 R&D 投資を行う企業は、製品差別化の度合いが低い（高い）ならば、産業内協調 R&D 投資を行う場合に比べて過大（過小）な R&D 投資を行う理由は明らかである。

以上の結果から、産業内スピルオーバーが産業間スピルオーバーよりも大きいならば、R&D 投資の組織化に関して一般的には競争的 R&D 投資や産業内協調 R&D 投資を推進するよりもむしろ、産業間協調 R&D 投資を推進するほうが望ましいと言える。さらに技術的差異化が難しく、製品差別化しにくい分野ではよりその傾向が強まることが分かる。従って産業内スピルオーバーが産業間スピルオーバーよりも大きいならば、製品差別化された財を生産する企業が第1段階では品質改善型 R&D 投資水準、第2段階では価格を選択するモデルを設定した場合にも、Steurs (1995) の結果が成立することは明白である。

命題2. 企業がベルトラン価格競争を展開するとき、もし $\rho \leq \phi$ であるならば、サブゲーム完全均衡 R&D 投資水準、品質水準、産出量、および厚生の間には次の関係が成立する。

(i) $0 < \sigma < [-1 + \sqrt{1 + 8\rho^2}]/\rho$ のとき、 $R^A < R^B < R^C$, $u^A < u^B < u^C$, $x^A < x^B < x^C$ および $WE^A < WE^B < WE^C$ となる。さらに

(ii) $[-1 + \sqrt{1 + 8\rho^2}]/\rho \leq \sigma < 2$ のとき、 $R^B \leq R^A < R^C$, $u^B \leq u^A < u^C$, $x^B \leq x^A < x^C$ および $WE^B \leq WE^A < WE^C$ となる。

この結果には次のような直観的説明が与えられる。協調的に R&D 投資が行われる場合の均衡 R&D 投資水準が競争的に R&D 投資が行われる場合のそれを上回るか否かは、産業内および産業間の結合利潤外部性の符号に依存する（補論 1 参照）。これらの外部性の符号は両スピルオーバーの関係からは影響を受けないために、その符号は命題 1 の直観的説明で示された結果と同じである。従って産業内協調解と非協調解、さらには産業間協調解と非協調解の順位が製品差別化および両スピルオーバーの程度に応じて変化する理由は、命題 1 の直観的説明において展開された議論が保持される。しかしながら、我々は産業間協調解と産業内協調解との関係について興味深い結果を得る。産業間と産業内の結合利潤外部性を比較するとき、その関係を規定する閾値は両スピルオーバーの関係から直接的な影響を受ける。このため、 $\rho > \phi$ の場合に得られた産業間協調解と産業内協調解の関係は、 $\rho \leq \phi$ の場合には保持されない。具体的には、産業内スピルオーバーが産業間スピルオーバーよりも小さいあるいは等しいときには、 σ の全ての領域で産業間結合利潤外部性が産業内結合利潤外部性を上回る。このため産業間協調解は産業内協調解よりも常に大きくなる。以上のように、 $\rho \leq \phi$ が与えられるとき、産業間協調解が産業内協調解を上回る理由は両協調形態における R&D 投資の間の戦略的補完の程度の比較から説明できる。 $\rho \leq \phi$ が与えられるとき、産業間協調 R&D 投資が行われる場合の R&D 投資の間の戦略的補完の程度は、産業内協調 R&D 投資が行われる場合のそれより大きくなる（補論 2）。このため産業間協調 R&D 投資を行う企業は産業内協調 R&D 投資を行う場合に比べて、過大な R&D 投資を行う理由は明白である。

以上の結果から、産業内スピルオーバーが産業間スピルオーバーよりも小さいあるいは等しいならば、製品差別化の程度に関わらず R&D 投資の組織化に関して常に産業間協調 R&D 投資を推進することが望ましいと言える。Steurs (1995) は大半のケースにおいて R&D に関する産業内協調よりもむしろ、その産業間協調によって積極的な R&D 投資が行われることを導くとともに、産業内協調解が産業間協調解を上回る領域が存在することを指摘している。これに対して命題 2 において明らかにされた結果は、産業内スピルオーバーが産業間スピルオーバーよりも小さいあるいは等しいならば、産業間協調 R&D 投資が行われる場合の R&D 投資の間の戦略的補完の程度は産業内協調 R&D 投資が行われる場合のそれより大きくなるため、企業は産業内協調 R&D 投資を行うよりもむしろ、産業間協調 R&D 投資を行う場合により多くの R&D 投資を行うというものであった。従って産業内スピルオーバーが産業間スピルオーバーよりも小さいあるいは等しいならば、製品差別化された財を生産する企業が第 1 段階では品質改善型 R&D 投資水準、そして第 2 段階では価格を選択するモデルを設定した場合に、一方の協調形態における R&D 投資の間の戦略的補完の程度が、他方の協調形態のそれを上回るか否かが両スピルオーバーの関係に全て依存することになるため、彼の結果は成立しない。

5 結 論

本稿では産業内と産業間のスピルオーバーが共に存在する状況で、同質財を生産する企業が第 1 段階では費用削減型 R&D 投資水準、そして第 2 段階では産出量を選択する Steurs モデルが以下のように拡張された。すなわち我々はベルトランタイプの企業が品質改善型 R&D 投資を行うモデルを設定

し、このモデルに製品差別化を導入した。この分析から得られた主要な結論は以下の通りである。

想定される3つのケースのサブゲーム完全均衡値の順位は、製品差別化および両スピルオーバーの程度と同様、産業内と産業間のスピルオーバーの関係にも強く影響される。中でも産業内協調解と産業間協調解の順位が両スピルオーバーの関係から受ける影響は強く、製品差別化の度合いが高い、つまり企業が生産する財が独立財に近いときには、その関係の違いは順位の明らかな相違につながる。これは一方の協調形態における R&D 投資の間の戦略的補完の程度が、他方の協調形態のそれを上回るか否かが両スピルオーバーの関係に強く影響されるためである。協調 R&D 投資が行われるときには、戦略的補完の程度が他の協調形態のそれよりも大きければ過大な R&D 投資が行われ、逆に戦略的補完の程度が小さければ過小な R&D 投資が行われる。戦略的補完の程度を比較するとき、その大小関係を規定する閾値は両スピルオーバーの関係に依存するため、その関係が $\rho > \phi$ であるか、それとも $\rho \leq \phi$ であるかによって大きく変化する。これが製品差別化および両スピルオーバーの程度と同様、産業内と産業間のスピルオーバーの関係に応じて協調解の順位が変化する理由であった。さらに協調 R&D 投資が行われる場合、R&D 投資の間に戦略的補完関係が成立すれば競争的に R&D 投資が行われる場合に比べて過大な R&D 投資が行われ、逆に戦略的代替関係が成立すれば過小な R&D 投資が行われる。R&D 投資の間に戦略的補完関係が成立するか、それとも戦略的代替関係が成立するかは、製品差別化および両スピルオーバーの程度に依存する。このことが協調解と非協調解の順位がそれらの程度に応じて変化する理由であった。

以上の結論から望ましい R&D 政策は次の通りである。産業内と産業間のスピルオーバーの関係に関わらず、一般的には R&D 投資の組織化に関して競争的 R&D 投資や産業内協調 R&D 投資を推進するよりもむしろ、産業間協調 R&D 投資を推進する方が望ましい。特に産業内スピルオーバーが産業間スピルオーバーよりも小さいかあるいは等しい場合と、技術的差異化が難しく、製品差別化しにくい分野では、産業間協調 R&D 投資が最も多くの社会的利益を生み出すことは明白である。産業間協調 R&D 投資は独占禁止法上問題とはならない。他方、産業内協調 R&D 投資は競争企業間の R&D 競争を停止させるため、独占禁止法上の対象となる可能性が残されている（岩井他，2003）。しかし産業内スピルオーバーが産業間スピルオーバーよりも大きく、かつ製品差別化の度合いが相対的に高いならば、社会的利益を最も多く生み出す R&D 投資の組織形態は産業内協調 R&D 投資となる。以上のことから、政府は両スピルオーバーの関係を慎重に見極めることが重要で、その関係を見極めたうえで製品差別化および両スピルオーバーの程度に応じて R&D 政策を調整しなければならないと言える。

補 論

1. 産業内と産業間の結合利潤外部性に関して

産業内協調 R&D 投資や産業間協調 R&D 投資が行われる場合、企業は結合利潤を最大化するように R&D 投資水準の決定を行う。つまり、(20) および (27) 式は

$$\frac{\partial \pi_{j1}}{\partial R_i} = \left[\frac{\partial \pi_{i1}}{\partial u_i} \frac{\partial u_i}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{i1}}{\partial u_j} \frac{\partial u_j}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{i1}}{\partial R_i} \right] + \left[\frac{\partial \pi_{j1}}{\partial u_i} \frac{\partial u_i}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{j1}}{\partial u_j} \frac{\partial u_j}{\partial R_i} \right] = 0, \quad (\text{A1})$$

$$\frac{\partial \pi_{ik}}{\partial R_i} = \left[\frac{\partial \pi_{i1}}{\partial u_i} \frac{\partial u_i}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{i1}}{\partial u_j} \frac{\partial u_j}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{i1}}{\partial R_i} \right] + \left[\frac{\partial \pi_{k2}}{\partial v_k} \frac{\partial v_k}{\partial R_i} + \frac{\partial \pi_{k2}}{\partial v_l} \frac{\partial v_l}{\partial R_i} \right] = 0 \quad (\text{A2})$$

と表すことができる。(A1) および (A2) 式より対称均衡では

$$\frac{\partial \pi_{j1}}{\partial R_i} = \left[\frac{\varepsilon^2 (1-c)^2 \{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} (1+\rho+2\phi) R^{-1/2}}{(2+\sigma)(4+\sigma)(4-\sigma)^2} - 1 \right] + \left[\frac{\varepsilon^2 (1-c)^2 \{\rho(8-\sigma^2) - 2\sigma\} (1+\rho+2\phi) R^{-1/2}}{(2+\sigma)(4+\sigma)(4-\sigma)^2} \right] = 0, \quad (\text{A3})$$

$$\frac{\partial \pi_{ik}}{\partial R_i} = \left[\frac{\varepsilon^2 (1-c)^2 \{(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho\} (1+\rho+2\phi) R^{-1/2}}{(2+\sigma)(4+\sigma)(4-\sigma)^2} - 1 \right] + \left[\frac{\phi \varepsilon^2 (1-c)^2 (2-\sigma) (1+\rho+2\phi) R^{-1/2}}{(2+\sigma)(4-\sigma)^2} \right] = 0 \quad (\text{A4})$$

となる。両式の右辺第1項は自己利潤に対する産業1に属する企業*i*のR&D投資の影響を表わす。これに対し、(A3)式の右辺第2項は産業1に属する企業*i*のR&D投資が同一産業に属するライバル*j*の利潤に与える外部性(産業内結合利潤外部性)を表わしている。さらに(A4)式の右辺第2項は産業1に属する企業*i*のR&D投資が他産業2に属する企業*k*の利潤に与える外部性(産業間結合利潤外部性)を表わしている¹⁸⁾。

2. R&D投資の間に成立する戦略的代替(補完)関係

産業内協調R&D投資を行う場合と産業間協調R&D投資を行う場合の戦略的代替・補完関係はそれぞれ以下の関係から分かる。

$$\frac{\partial^2 \pi_{j1}}{\partial R_j \partial R_i} = \frac{\varepsilon^2 (1-c)^2 [(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho] [\rho(8-\sigma^2) - 2\sigma] R_i^{-3/4} R_j^{-3/4}}{2(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2 (4-\sigma)^2} \begin{matrix} \geq 0 \\ < 0 \end{matrix}$$

$$\text{for } \sigma \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} \frac{-1 + \sqrt{1+8\rho^2}}{\rho}, \quad i \neq j,$$

$$\frac{\partial^2 \pi_{ik}}{\partial S_k \partial R_i} = \frac{\phi \varepsilon^2 (1-c)^2 [(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho] R_i^{-3/4} S_k^{-3/4}}{2(2+\sigma)(4+\sigma)(4-\sigma)^2} > 0, \quad i \neq k.$$

つまり産業内協調R&D投資が行われる場合、 $\sigma > [-1 + \sqrt{1+8\rho^2}]/\rho$ のときR&D投資の間に戦略的

¹⁸⁾ (A3)式の右辺第2項と(A4)式の右辺第2項を比較するとき、

$$(\text{A4})\text{式の右辺第2項} - (\text{A3})\text{式の右辺第2項} = \frac{\varepsilon^2 (1-c)^2 (1+\rho+2\phi) [\phi(4+\sigma)(2-\sigma) - \{\rho(8-\sigma^2) - 2\sigma\}] R^{-1/2}}{(2+\sigma)(4+\sigma)(4-\sigma)^2}$$

を得る。この結果から以下のことが分かる。

$$(\text{A4})\text{式の右辺第2項} - (\text{A3})\text{式の右辺第2項} \begin{cases} \geq 0, & \text{for } \sigma \leq \frac{-(1-\phi) + \sqrt{(1-\phi)^2 + 8(\rho-\phi)^2}}{\rho} \quad \text{if } \rho > \phi, \\ > 0, & \text{for } \sigma \in (0,2) \quad \text{if } \rho \leq \phi. \end{cases}$$

代替関係が成立し、逆に $\sigma < [-1 + \sqrt{1 + 8\rho^2}]/\rho$ のとき戦略的補完関係が成立する。さらに産業間協調 R&D 投資が行われる場合、R&D 投資の間には戦略的補完関係が成立する。そして対称均衡において両者の比較を行うとき、

$$\frac{\partial^2 \pi_{ik}}{\partial S_k \partial R_i} - \frac{\partial^2 \pi_{j1}}{\partial R_j \partial R_i} = \frac{\varepsilon^2 (1-c)^2 [(8-\sigma^2) - 2\sigma\rho] [\phi(4+\sigma)(2-\sigma) - \{\rho(8-\sigma^2) - 2\sigma\}] R^{-3/2}}{2(2+\sigma)(2-\sigma)(4+\sigma)^2(4-\sigma)^2}$$

を得る。この結果から以下のことが分かる。

$$\frac{\partial^2 \pi_{ik}}{\partial S_k \partial R_i} - \frac{\partial^2 \pi_{j1}}{\partial R_j \partial R_i} \begin{cases} \geq 0, & \text{for } \sigma \geq \frac{-(1-\phi) + \sqrt{(1-\phi)^2 + 8(\rho-\phi)^2}}{\rho-\phi} & \text{if } \rho > \phi, \\ > 0, & \text{for } \sigma \in (0, 2) & \text{if } \rho \leq \phi. \end{cases}$$

【参 考 文 献】

- [1] Bernstein, Jeffrey I., 1988, “Cost of Production, Intra- and Interindustry R&D Spillovers: Canadian Evidence”, *Canadian Journal of Economics* 21, 324–347.
- [2] Bernstein, Jeffrey I. and M. Ishaq Nadiri, 1988, “Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return and Production in High-Tech Industries”, *American Economic Review* 78, Papers and Proceedings, 429–434.
- [3] Bernstein, Jeffrey I. and M. Ishaq Nadiri, 1989, “Research and Development and Intra-Industry Spillovers: An Empirical Application of Dynamic Duality”, *Review of Economic Studies* 56, 249–269.
- [4] Brander, James A. and Barbara J. Spencer, 1983, “Strategic Commitment with R&D: The Symmetric Case”, *Bell Journal of Economics* 14, 225–235.
- [5] Bulow, Jeremy I., John D. Geanakoplos and Paul D. Klemperer, 1985, “Multimarket Oligopoly: Strategic Substitutes and Complements”, *Journal of Political Economy* 93, 488–511.
- [6] Clark, Kim B. and Takahiro Fujimoto, 1991, *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Boston: Harvard Business School Press. (田村明比古訳, 1993, 『製品開発力—日米欧自動車メーカー20社の詳細調査』, ダイヤモンド社.)
- [7] d’Aspremont, Claude and Alexis Jacquemin, 1988, “Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers”, *American Economic Review* 78, 1133–1137.
- [8] d’Aspremont, Claude and Alexis Jacquemin, 1990, “Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers: Erratum”, *American Economic Review* 80, 641–642.
- [9] Fudenberg, Drew and Jean Tirole, 1984, “The Fat-Cat Effect, the Puppy-Dog Ploy, and the Lean and Hungry Look”, *American Economic Review* 74, Papers and Proceedings, 361–366.
- [10] Häckner, Jonas, 2000, “A Note on Price and Quantity Competition in Differentiated Oligopolies”, *Journal of Economic Theory* 93, 233–239.
- [11] Henriques, Irene, 1990, “Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers: Comment”, *American Economic Review* 80, 638–640.
- [12] Jones, Charles I., 1995, “R&D-Based Models of Economic Growth”, *Journal of Political Economy* 103, 759–784.
- [13] Kamien, Morton I., Eitan Muller and Israel Zang, 1992, “Research Joint Venture and R&D Cartels”, *American Economic Review* 82, 1293–1306.
- [14] Leahy, Dermot and J. Peter Neary, 1997, “Public Policy towards R&D in Oligopolistic Industries”, *American Economic Review* 87, 642–662.
- [15] Motta, Massimo, 1992, “Cooperative R&D and Vertical Product Differentiation”, *International Journal of Industrial Organization* 10, 643–661.

- [16] Qiu, Larry D., 1997, “On the Dynamic Efficiency of Bertrand and Cournot Equilibria”, *Journal of Economic Theory* 75, 213–229.
- [17] Romer, David, 2001, *Advanced Macroeconomics*, 2d ed. New York : McGraw–Hill.
- [18] Salant, Stephen W. and Greg Shaffer, 1998, “Optimal Asymmetric Strategies in Research Joint Ventures”, *International Journal of Industrial Organization* 16, 195–208.
- [19] Singh, Nirvikar and Xavier Vives, 1984, “Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly”, *RAND Journal of Economics* 15, 546–554.
- [20] Steurs, Geert, 1995, “Inter–Industry R&D Spillovers : What Difference Do They Make?”, *International Journal of Industrial Organization* 13, 249–276.
- [21] Sutton, John, 1997, “One Smart Agent”, *RAND Journal of Economics* 28, 605–628.
- [22] Sutton, John, 2001, *Technology and Market Structure : Theory and History*, Cambridge, MA : MIT Press.
- [23] Suzumura, Kotaro, 1992, “Cooperative and Noncooperative R&D in an Oligopoly with Spillovers”, *American Economic Review* 82, 1307–1320.
- [24] Symeonidis, George, 2003, “Comparing Cournot and Bertrand Equilibria in a Differentiated Duopoly with Product R&D”, *International Journal of Industrial Organization* 21, 39–55.
- [25] 岩井大太郎・向田直範・和田健夫・内田耕作・稗貫俊文, 2003, 『経済法—独占禁止法と競争政策』, 有斐閣.
- [26] 春名章二, 2004, 『産業組織論』中央経済社.
- [27] 藤本隆宏, 1995, 「部品取引と企業間関係—自動車産業の事例を中心に」, 植草益編『日本の産業政策』, 有斐閣, 45–72.
- [28] 藤本隆宏, 2006, 「組織能力と製品アーキテクチャ」, 伊丹敬之・藤本隆宏・岡崎哲二・伊藤秀史・沼上幹編『日本の企業システム 第II期 第3巻 戦略とイノベーション』, 有斐閣, 303–331.

Quality-Improving R&D and R&D Policy in Differentiated Oligopoly : Bertrand-Price Competition

Katsunari Ohashi

This paper considers whether the results of Steurs (1995) hold under differentiated oligopoly with quality-improving R&D when firms play the role of Bertrand player, focusing on the choice of optimal R&D policy. When making comparisons of market performances among three cases (e.g. R&D competition, intra-industry R&D cooperation and inter-industry R&D cooperation), we show that the optimal R&D policy depends on the relationship between intra- and inter-industry spillovers as well as the level of spillovers and product differentiation. Therefore, the government must coordinate the policy according to the level of spillovers and product differentiation after the government has probed the relationship thoroughly.