

2011 年度 卒業論文

研究開発のスピルオーバー効果

慶應義塾大学 経済学部  
石橋孝次研究会 第 12 期生

加藤 万由子

## はしがき

近代の日本の製造業は、技術開発に力を入れ「モノづくり大国、日本」と世界から称されるまでになった。日本のこれまでの経済を語る上で、「モノづくり」は外すことはできないだろう。

シュンペーターは「技術革新なしに、経済発展はありえない」と、経済における研究開発の重要性を説いた。企業の研究開発が技術革新へと繋がれば、自社の生産性の向上、収益率の向上に貢献、最終的には大きな経済発展が望める。しかし、得られた技術知識は知的財産権の保護があっても完全に専有することは難しく、他企業・他産業に流出してしまう。これをスピルオーバーという。

平成2年に生まれてから現在まで、私を取り巻くモノの変化は、目を見張るものがあった。PC、テレビ、カメラは毎年のように軽量化し、解像度も上がった。携帯電話は、白黒からカラー、カメラ付き、ワンセグ付き、と進化してきた。昨今では、スマートフォン・タブレット端末を巡って、アップルとサムスン電子が白熱した研究開発競争を繰り広げている。そして、両社は特許訴訟問題を幾つも抱えており、この抗争の今後の動向は世間の目を多く集めるところである。

もとより研究開発の動向に興味があった私は、研究開発競争が注目される現代、スピルオーバーは重要な因子として捉えることができるのではないかと考えテーマを決めた。

この論文では、スピルオーバーが経済に与える効果を様々な角度から分析し、その企業にとって、その産業にとって、社会にとって、スピルオーバーとはどういう存在なのかを明らかにする。

## 目次

序章	1
第1章 現状分析	2
1.1 日本の研究開発の現状分析	2
1.2 スピルオーバーに関する現状分析	5
1.3 電気機器産業の現状分析	7
第2章 スピルオーバー効果の理論分析	8
2.1 研究開発投資への効果	8
2.2 厚生への効果	15
第3章 産業間知識スピルオーバーの先行研究	23
3.1 技術距離と技術知識ストックの算出	23
3.2 モデル	25
3.3 推計結果	27
第4章 知識スピルオーバーの実証分析	30
4.1 技術距離と技術知識ストックの算出	30
4.2 モデル	31
4.3 推計結果	32
4.4 まとめ	42
第5章 結論	43
参考文献	44
付表	46

## 序章

研究開発のスピルオーバーとは、企業が研究開発活動を行う時、その活動によって新たな成果が何らかの形で得られ、その成果が移転・伝播することである。これは一般的な財とは異なり、技術知識の特徴である「排除可能性の弱さ」が引き起こすものである。

スピルオーバーによって、企業や技術者の研究開発へのインセンティブが下がることを懸念して、国や企業は情報管理・秘匿に注力している。しかし、逆にスピルオーバーには、企業や産業全体の研究開発の成長を促進するプラス面も持っている。スピルオーバーがあるということは、社会全体で研究開発情報を共有しているとも考えられるからである。スピルオーバーの存在には、このように企業の研究開発活動を制限、または活発化させる効果がある。

先行研究の多くは産業間のスピルオーバーの推定が多く、企業間のスピルオーバーまでミクロ的に見ている論文はまだまだ少ない。そこで本稿では、スピルオーバーが企業に与える効果を理論的に分析すると共に、産業間さらには企業間にまで範囲を限定してスピルオーバー効果の実証分析を行うことで、企業行動の考察を行う。特に特許数・研究開発投資共に世界でもトップクラスの日本の電気機器産業に注目し、分析を行った。

具体的には、第1章では日本の研究開発の動向を明らかにし、その上でスピルオーバーの現状分析を述べる。また第4章で扱う電気機器産業の考察の準備として、企業の事業分野についても調査を行った。第2章では、スピルオーバーが企業の研究開発投資に与える効果と、スピルオーバーの社会厚生に及ぼす効果を明らかにする。第3章では産業間の知識スピルオーバーを扱った先行研究を紹介する。第4章では、第3章の先行研究を基に、産業間・企業間の知識スピルオーバーの効果を検証し、現状分析と合わせながら考察する。第5章では、本稿の総括としてまとめを行う。

## 第 1 章 現状分析

まず日本における研究開発の現状を調査し、その上でスピルオーバーの現状を分析した。さらに 1.3 では電気機器産業の 8 社の事業分野について調べた。

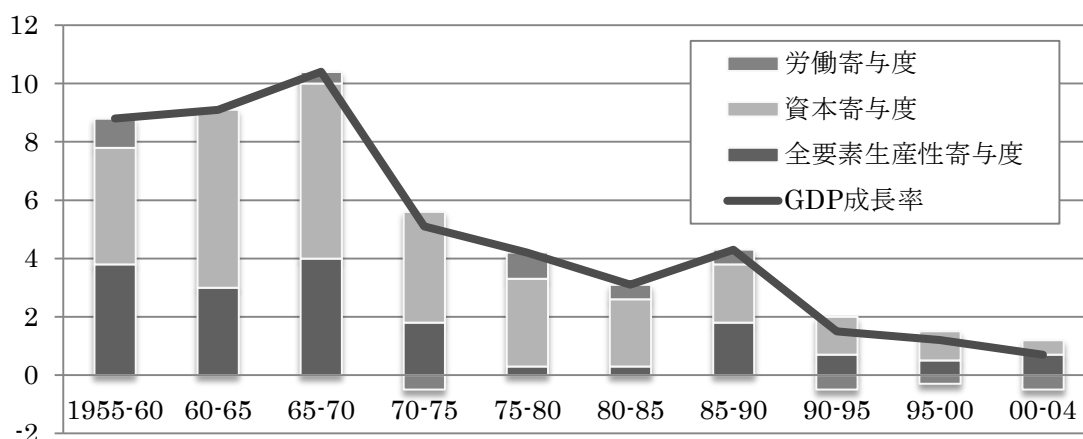
### 1.1 日本の研究開発の現状分析

日本の経済と研究開発の関係、また他国の研究開発との比較を行う。次に日本企業の研究開発の動向を調査する。

#### 1.1.1 日本経済と研究開発

まず GDP の成長率に寄与している全要素生産性(Total Factor Productivity: TFP)が、経済成長にどのくらい貢献してきたか見る。全要素生産性とは、生産に寄与する要素のうち、労働投入量及び資本ストック以外の全てを考慮した生産性を意味し、景気変動、労働の質の向上なども含まれるが、「技術の進歩」が大きな要素を占めるとされている。図 1-1 は、GDP 成長率を労働・資本・全要素生産性のそれぞれの寄与度に分けてまとめた図である。これを見ると、1980 年代後半頃から現代に至るまで GDP 成長率が下がり続けている一方で、全要素生産性寄与度の割合は増している。つまり「技術の進歩」が GDP 成長率を支えていると言える。

図 1-1 GDP 成長率の要因分解

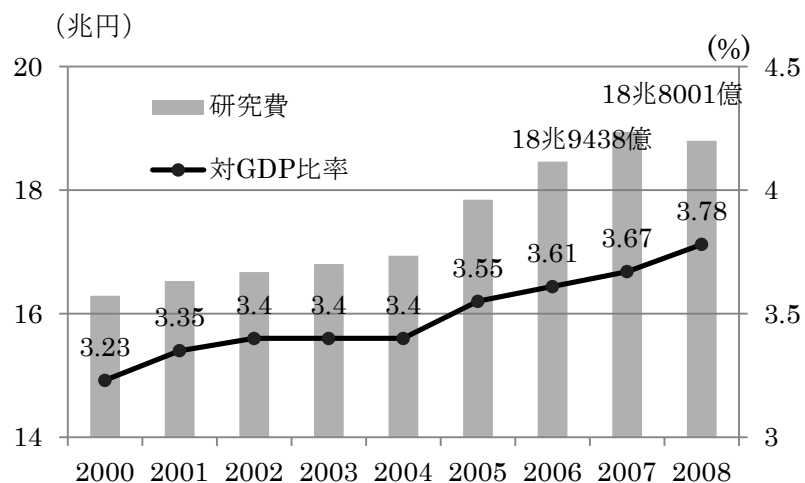


出所：文部科学省 科学技術白書

また図 1-2 では、日本の研究開発費の対 GDP 比を示している。年々、研究開発費は増加傾向にあり、また対 GDP 比も上昇している。2008 年度の対 GDP 比率を他国と比べても、3.78%と非常に高い水準であることも分かる。(表 1-1)

以上から、「技術の進歩」が現在の日本の経済成長への重要な要素となっていることが分かる。

図 1-2 日本の研究開発費と対 GDP 比



出所：総務省 科学技術研究調査報告

表 1-1 他国の研究開発費と対 GDP 比(2008 年)

国	研究費 (億ドル)	GDP 比率 (%)	国	研究費 (億ドル)	GDP 比率 (%)
日本	1616	3.78	ドイツ	719	2.54
アメリカ	3688	2.68	イタリア	197	1.13
カナダ	238	1.82	ロシア	235	1.13
イギリス	389	1.79	中国	1023	1.49
フランス	432	2.08	韓国	417	3.47

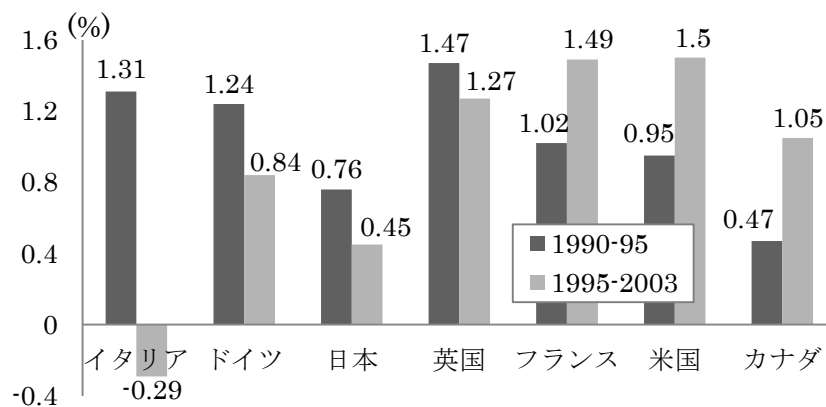
出所：総務省 科学技術研究調査報告

しかし、日本が研究開発に力を入れている中で問題点もある。対 GDP 比率とは逆に、全要素生産性上昇率の変化を先進国と比べると、日本は明らかに低い水準にあることが分かる。(図 1-3) これは日本が研究開発に多くの費用を投入しているにも関わ

らず、成果に結び付く確率が低いということが考察できる。研究開発の効率性の低さ、資源配分への疑問について、近年論点になっている。

日本の電気機器市場は、海外と比較すると資産規模の大きな企業が多い。この企業数の多さからも、研究開発の非効率性を指摘されている。これは戦後復興の要となって日本を牽引してきた産業であるからとされるが、今後長期的な目線で見るときには合併を進めて海外メーカーに対抗する可能性が高いという見解もある。

図 1-3 全要素生産性上昇率の変化



出所：文部科学省 科学技術白書

### 1.1.2 日本企業の研究開発動向

日本企業の研究開発の動向について調査した。企業の研究開発投資額ランキングを表 1-2 にまとめた。日本では上位 10 位を、自動車、電気機器、医薬品で占める形となった。研究開発費は年々増加傾向にあったが、2008 年のリーマンショックにより 10 年ぶりに下降した。2008 年の研究開発投資は、全産業で前年度比 -1.0%、そのうち製造業が前年度比 -1.2%となった。

中でも製造業の約 6 割を占める電気機器分野と輸送用機械分野は、それぞれ -6.6%、-3.9%と落ち込みを見せた。電気機器ではパナソニックやソニー、輸送用機械ではトヨタ自動車・本田技研など、大企業が軒並み研究開発費を減少させた。しかし、近年では増加傾向に戻りつつある。自動車メーカーでは、環境対応車へ開発資源を集中投下する動きも見られ、電機メーカーも太陽電池など環境に配慮したエネルギー分野が成長市場として期待されている。

また製造業の研究開発費が減少傾向であった2008年に、非製造業は前年度比+2.8%で、特に情報通信分野で+4.8%であった。クラウドコンピューティングなどの需要の高まりが投資の後押しした形となった。

表 1-2 研究開発投資額ランキング

2008年度 順位	社名	実績(100万円)	対前年度増減率(%)		
		2008年	2006年	2007年	2008年
1	トヨタ自動車	904,000	9.6	7.6	-5.7
2	ホンダ	563,100	8.1	6.5	-4.2
3	パナソニック	517,913	2.4	-4.1	-6.6
4	ソニー	497,297	2.3	-4.3	-4.5
5	日産自動車	455,500	3.8	-1.6	-0.4
6	武田薬品工業	453,046	14.0	42.7	64.3
7	日立製作所	416,517	1.9	3.8	-2.7
8	東芝	378,300	5.8	-0.2	-3.8
9	キャノン	374,025	7.6	19.4	1.6
10	デンソー	297,100	9.2	11.3	-4.6

出所：「東洋経済新報社 統計月報」より作成

## 1.2 スピルオーバーの現状分析

前節の研究開発の動向を踏まえ、スピルオーバーについて調査した。まず技術流出の現状をアンケート調査から明らかにし、それに対する国と企業の対応を調べた。

### 1.2.1 技術流出の現状

2004年4月に富士通がPDP(プラズマ・ディスプレイ・パネル)の基本特許を侵害されているとして、サムスンを訴えたのは大きな話題を呼んだ。結局はクロスライセンスによって和解が成立したが、この一件を皮切りに知的財産権は注目され「技術流出を回避せよ」という世論が高まった。

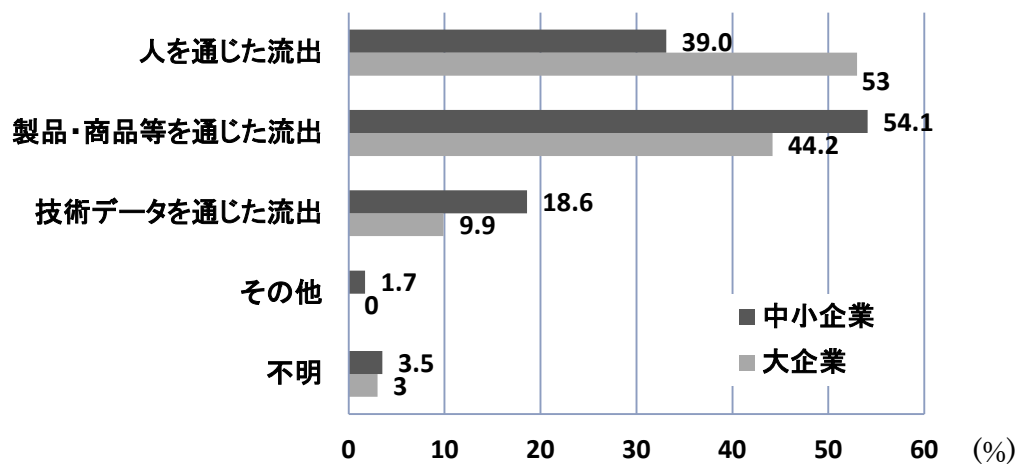
現在、製造業においては従来競争相手であったアメリカなどの先進国だけでなく、安価な労働力等を持つ中国・インド等の新興国など、グローバルでの競争が激化している。また新興国の技術力向上や各国からの生産工程等の流入も確認されており、日



本の製造業にとっては厳しい現状となっている。

経済産業省が、企業に向けて技術流出に関するアンケートを行った。その結果によると、国内外を拠点とする製造業企業の約3割が「技術流出と思われる事象があった」と回答した。その流出経路は、技術者による流出と、製品による流出（リバースエンジニアリングなど）の主に2つのルートであることが明らかになった。

図 1-4 技術の流出経路



出所：経済産業省 ものづくり白書

図 1-4 は、大企業と中小企業別にアンケート結果を集計したものである。大企業は、技術者を通じた流出が多く、逆に中小企業は製品による流出が多いことが分かる。電気機器業界においては、1990年代から本格化した大手電機メーカーのリストラや早期退職者優遇制度の取り入れによって、高給を求めて技術者が海外に移転したというケースも指摘されている。

このような技術流出がある中、企業や国はどのような対策をしているのかを次節で見る。

### 1.2.2 国と企業の取り組み

企業は、研究開発をして生み出した技術を対価なしに外部に流出すること（意図せざる情報流出）を防ぐため、様々な取り組みを行っている。また昨今の IT 技術の進歩により情報の移動も容易になったことから、より一層強化に努めている。例えば、経済産業省で公表された「営業秘密管理方針」の取り入れや、取引先との秘密保持契約、

知的財産権の取得などを積極的に行っている。また社内ではデータの暗号化で技術情報の流出を防ぐ取り組み、技術者との秘密保持契約の強化などがなされている。特に技術者との契約は、技術者の移動による情報流出の防止のため、退職時まで及ぶものもある。

企業がこのように強化している中、世界的な研究開発投資の大規模化等を受けて、政府の技術開発振興や知的財産権保護への取り組みが重要視されてきている。技術・ノウハウなどの情報保護のために「不正競争防止法」では、①秘密管理性、②有用性、③非公知性の3要件を満たす情報を営業秘密と定義し、営業秘密の侵害行為に対する民事救済および刑事制裁の措置を設けている。2010年には昨今のグローバル化・情報化の進展によって、従来の「不正競争防止法」では対応できないとして改正が行われた。これによって営業秘密の侵害にかかわる刑事罰の対象範囲が拡大され、それとともに企業の営業秘密の保護の方針が示されている「営業秘密管理指針」の改訂も行った。

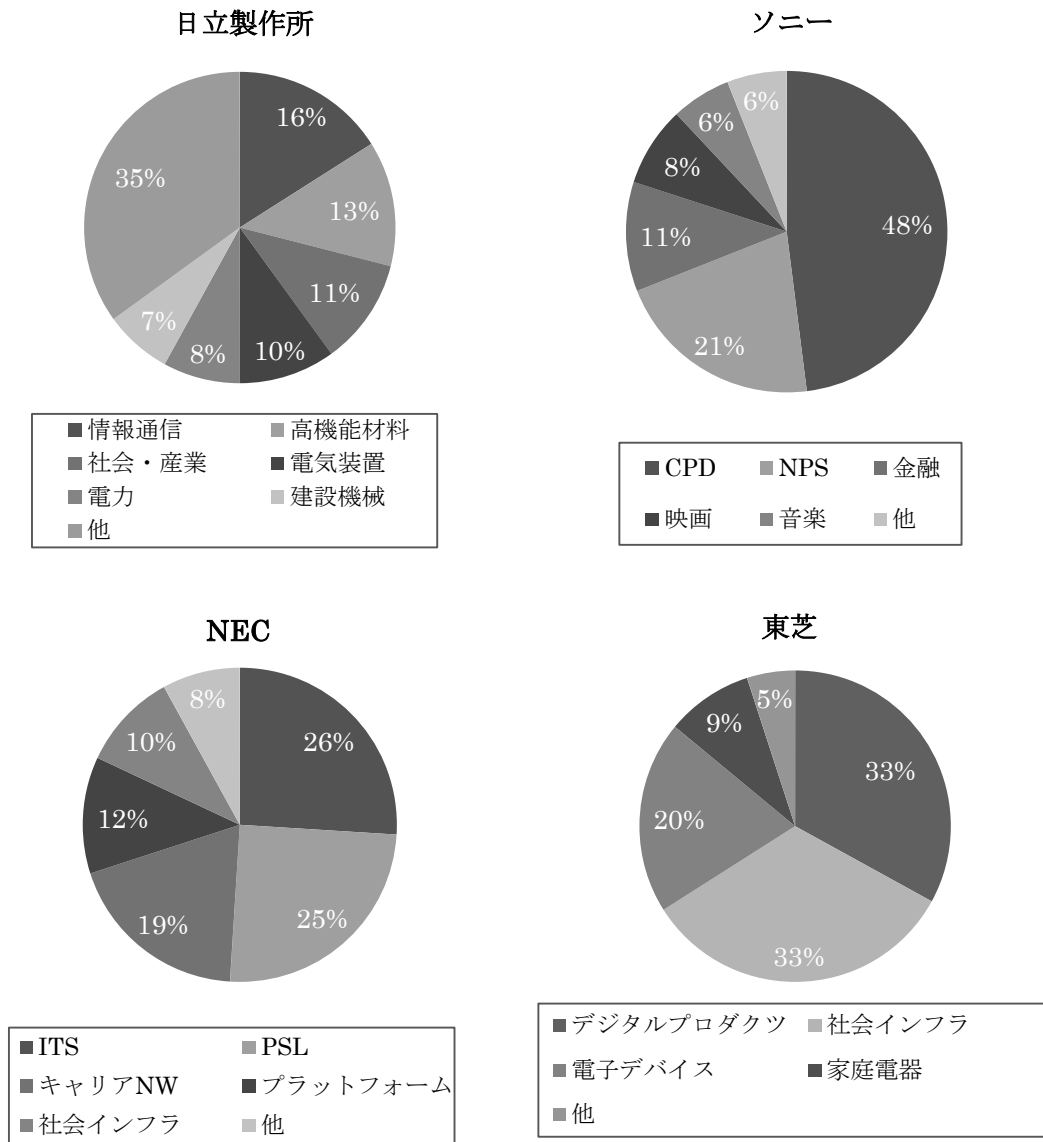
しかし、知的財産権の保護を過度に強化すると、累積的な技術開発を阻害する可能性もあることにも留意したい。累積のプロセスを阻害しないよう保護強化のバランスをとる必要があることを、文部科学省の「科学技術白書」には記されている。

### 1.3 電気機器産業の現状分析

ここでは第4章の実証分析の際に、サンプル企業として取り上げる電気機器企業の事業分野の現状分析を行う。事業分野での競合他社との関わりを分析することで、企業間スピルオーバー効果の考察に繋げる。図1-5では2011年度3月期の有価証券報告書による事業セグメントをまとめたものである。

(1)から(8)に、日立製作所、パナソニック、ソニー、富士通、NEC、東芝、三菱電機、キヤノンの電気機器産業の主要8企業の事業分野と競合企業を中心に調査した。

図 1-5 電気機器メーカーの事業セグメント(2011年)



出所：有価証券報告書より作成

(1) 日立製作所

日立製作所の特徴はその規模の大きさにある。関係会社は 1077 社(連結子会社 933 社)であり、その事業分野の広さから、日本で唯一コングロマリット企業として米国誌フォーブスに分類されている。最も注力されている情報通信システム分野においては富士通や NEC とサーバーなどで、また社会・産業システム分野では三菱電機とエレベーターなどのインフラで競合している。

## (2) パナソニック

三洋電機の子会社化、パナソニック電工を吸収合併するなど再編期にある。事業分野としては、白物家電を含むアプライアンス分野や、ブルーレイなどのデジタルAVC分野、電子部品などのデバイス分野が主である。

## (3) ソニー

CPD(Consumer Professional & Device)と言われるテレビやブルーレイ、カメラ、半導体などを含む分野と、NPS(Network Products & Service)と言われるパソコンやゲームの分野が主である。CPD分野のテレビではシャープ・パナソニック・東芝など、カメラではキャノン・パナソニックなどと競合している。

## (4) 富士通

主にテクノロジーソリューションとユビキタスソリューションの2つの事業分野を持つ。テクノロジーソリューション分野ではサーバーを始めシステム・ネットワークサービスなど、ユビキタス分野ではパソコン・携帯電話を扱う。サーバーではNEC・日立製作所と、パソコンではNEC・東芝・デルなどと競合している。

## (5) NEC

ITS(IT Service)分野では企業向けのシステムやクラウドコンピューティング、PSL(Personal Solution)分野では携帯電話やパソコンなどを主に扱う。携帯電話ではシャープ・富士通・パナソニック・京セラなどと競合している。

## (6) 東芝

家庭電器分野では白物家電、特にエアコンが売り上げを伸ばしておりパナソニックと三菱電機と競合している。また、デジタルプロダクツ分野のパソコンでは「dynabook」が好調に伸びており、NECや富士通と競合している。

## (7)三菱電機

FAなどの企業向けの重電分野に強みがある。一方で、家庭電器分野と産業システム分野などで日立製作所・東芝と競合している。

## (8)キャノン

オフィス分野、コンシューマ分野の主に2つの事業分野を手掛ける。オフィス分野では主にプリンターを、コンシューマ分野では主にカメラを扱う。カメラ市場では、ソニー・パナソニック・カシオなどと競合している。

## 第2章 理論分析

この章では、スピルオーバーが経済にもたらす効果を分析する。2.1 では、スピルオーバーが企業の研究開発投資へ与える効果を分析した春名 (1999) を扱う。2.2 では、Leahy and Neary (1997) を扱い、スピルオーバーが厚生に与える効果を分析した。

### 2.1 研究開発投資への効果

ある企業が研究開発投資をして成果を得たとき、それが他社にスピルオーバーするとしたら、ある企業の研究開発投資のインセンティブにはどのように影響するか。この節では、企業がクールノー数量競争、ベルトラン価格競争を最終財市場で展開するとき、スピルオーバーの存在により、研究開発への過少、または過剰投資が戦略的コミットメントによって引き起こされるかどうかを考察する。

モデルに、研究開発投資とスピルオーバー率を取り込み分析する。どちらの競争下でも、同時決定ゲームではスピルオーバーは存在せず、非同時決定ゲームではスピルオーバーが存在すると仮定する。また、ここでは企業は生産費削減のためのプロセスイノベーションのために研究開発投資を行うものとする。

#### 2.1.1 クールノー競争

製品差別化された財  $q_i (i=1,2)$  を生産する企業 1 と 2 の複占を考える。消費者は以下の効用関数を持つものとする。

$$U(q_1, q_2) = a_1 q_1 + a_2 q_2 - \frac{1}{2}(b_1 q_1^2 + d q_1 q_2 + b_2 q_2^2)$$

この消費者の効用最大化問題は

$$\max U(q_1, q_2) - p_1 q_1 - p_2 q_2$$

となる。財  $i$  の価格は  $p_i$  である。この最大化問題を解くことによって、2つの財に関する逆需要関数は以下のように導かれる。

$$p_i = a_i - b_i q_i - d q_j \quad (i \neq j; i, j = 1, 2)$$

両生産物は、パラメータ  $d$  によって、 $d > 0$  のとき代替財、 $d = 0$  のとき独立財、 $d < 0$  のとき補完財となる。以下では、 $d \neq 0$  かつ  $b_i \geq |d|$  であると仮定する。また、

$d^2/b_1b_2$  は生産物の製品差別化の程度を示している。企業は一定の限界費用  $c_i$  がかかり、固定費用はかからないと考える。

企業は自らの産出量を決定する前に、生産費用を削減するために研究開発投資を行う。企業  $i$  が  $x_i$  だけその単位費用を引き下げようとするならば、 $c_i'(x_i)$  だけ研究開発投資支出をしなければならないとする。

さらに、その投資成果に対してスピルオーバーが存在すると想定する。企業  $i$  が他企業の研究開発投資成果を対価なしに獲得できる比率、スピルオーバー率を  $\rho_i (0 \leq \rho_i \leq 1)$  と考える。もし企業  $j$  が  $x_j$  だけ研究開発投資によって費用削減に成功したならば、企業  $i$  の費用が  $\rho_i x_j$  だけ引き下げられることとなる。スピルオーバー率は各企業によって異なり、それぞれ情報収集力、技術力などの企業能力に依存する。

スピルオーバーがある場合と、ない場合の比較のために、まず研究開発投資と産出量の同時決定ゲームを考える。企業の利潤は次のように表される。

$$\pi_i = [p_i(q_i, q_j) - (c_i - x_i)]q_i - c_i'(x_i)$$

企業は、これをもとに利潤最大化を行う。このとき、スピルオーバーは存在しない。すると利潤最大化のために 1 階条件は以下ようになる。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = a_i - c_i + x_i - 2b_i q_i - d q_j = 0,$$

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = q_i - c_i'(x_i) = 0. \tag{2.1}$$

両条件式より 2 つの変数に関する同時クールノー均衡  $[(x_1^+, x_2^+, q_1^+, q_2^+)]$  を得る。また、研究開発投資の費用関数を  $g_i(x_i) = c_i(x_i) - x_i q_i$  と定義するとき、費用最小化の条件は以下で示される。

$$\frac{\partial g_i(x_i)}{\partial x_i} = c_i'(x_i) - q_i = 0$$

これは(2.1)と一致するため、クールノー均衡では投資支出は最少となり、かつ利潤が最大になることが分かる。この均衡をスピルオーバーが存在しない場合の研究開発投資水準として考える。

次に、非同時決定（戦略）ゲームを考える。このモデルでは、第 1 段階で企業は研究開発投資水準を選択し、そして第 2 段階ではその投資  $(x_1, x_2)$  を所与として産出量を選択する。まず、第 2 段階からゲームを解く。企業  $i$  の利潤は、スピルオーバーの費用削減を含めた以下の式で示される。

$$\pi_i = [p_i(q_i, q_j) - (c_i - x_i - \rho_i x_j)]q_i - c_i'(x_i) \quad (2.2)$$

これを  $c_i - x_i - \rho_i x_j = A$  とおき、利潤最大化する。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = a_i - A_i - 2b_i q_i - d q_j = 0 \quad (2.3)$$

次に、第1段階を考える。第1段階では、企業は研究開発投資水準を自らの利潤が最大となるように決定する。そこで、(2.2)を微分し、(2.3)を用いると、第1段階の最大化のための条件は次のように示される。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = \frac{\partial \pi_i}{\partial q_j} \frac{\partial q_j}{\partial x_i} + q_i - c_i'(x_i) = 0 \quad (2.4)$$

この2段階ゲームには、サブゲーム完全ナッシュ均衡  $[(x_1^*, x_2^*), (q_1^*, q_2^*)]$  が存在するものとする。

(2.4)の右辺第1項は戦略項である。この条件式が、スピルオーバーの存在しない同時決定ゲームの均衡条件式(2.1)と一致するかは、戦略項の符号に依存する。戦略項は以下の2式から成り立つ。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_j} = -d q_i, \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial q_j}{\partial x_i} = \frac{2b_i \rho_j - d}{4b_i b_j - d^2}. \quad (2.6)$$

これらから、戦略項の符号は、逆需要関数のパラメータ  $d, b$  と、スピルオーバー率  $\rho_j$  に依存していることが分かる。

補完財 ( $d < 0$ ) の場合(2.5),(2.6)の両式共に正になるので、スピルオーバー率の大小に関わらず、 $\partial \pi_i / \partial x_i > 0$ を得る。これは投資を増加すればするほど、利潤が上がることを示している。つまり  $(x_1^*, x_2^*) > (x_1^+, x_2^+)$  となり、スピルオーバーがない(同時決定ゲーム)場合よりも、過剰に投資することを示している。

一方、代替財 ( $d > 0$ ) の場合、戦略項の符号は、スピルオーバー率に依存する。(2.5),(2.6)より、以下の結果を得る。

$$(i) \quad 0 \leq \rho_j \leq \frac{d}{2b_i} \text{ のとき、 } \frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} > 0 \text{ である}$$

$$(ii) \quad \frac{d}{2b_i} \leq \rho_j \leq 1 \text{ のとき、 } \frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} < 0 \text{ である}$$

以上より、(i)の企業  $j$  のスピルオーバー率が  $d/2b_i$  より小さい場合、企業  $i$  はスピル

オーバーがない場合より、過剰投資する。(ii)の企業  $j$  のスピルオーバー率が  $d/2b_i$  より大きい場合、企業  $i$  はスピルオーバーがない場合より過少投資する。

企業  $i$  が研究開発投資を増やしたとき、企業  $i$  の生産費用が下がる。補完財のとき、投資の恩恵を両社とも受ける形になり、両社で生産量は増え、企業  $i$  の利潤は上がる。よって、過剰投資になると考えられる。一方、代替財で相手のスピルオーバー率が大きいとき、対立する企業  $j$  が投資の恩恵を多く受けてしまうため、企業  $j$  の生産量が上昇し、企業  $i$  の利潤は下がる。よって過少投資になる。逆にスピルオーバー率が小さいとき、企業  $j$  が受ける恩恵は少ないので、企業  $i$  が最終財市場で優位にたち、利潤は上がる。よって過剰投資となる。

### 2.1.2 ベルトラン競争

次にベルトラン競争の場合を考える。2.1.1 で使用した逆需要関数を次のように書き換える。

$$q_i = \alpha_i - \delta_i p_i + \gamma p_j \quad (i \neq j; i, j = 1, 2)$$

両需要関数の各パラメータは  $\alpha_i = (a_i b_j - a_j d) / (b_i b_j - d^2)$ ,  $\delta_i = b_j / (b_i b_j - d^2)$  および  $\gamma = d / (b_i b_j - d^2)$  である。なお両生産物は、 $\gamma > 0$  のとき代替財、 $\gamma < 0$  のとき補完財である。前節と同様に、同時決定ゲームの場合の企業の利潤最大化問題は次のように示される。

$$\max \pi_i = [p_i - (c_i - x_i)] q_i(p_i, p_j) - c_i^I(x_i)$$

利潤最大化条件は

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial p_i} = \alpha_i + \delta_i (c_i - x_i) - 2\delta_i p_i + \gamma p_j = 0 \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = q_i - c_i^I(x_i) = 0 \quad (2.9)$$

(2.8),(2.9)によって、同時決定ゲームのベルトラン均衡  $[(x_1^{B+}, x_2^{B+}), (p_1^{B+}, p_2^{B+})]$  が求められる。

次に非同時決定ゲームを考える。このモデルでは、第1段階では研究開発投資水準を、第2段階では投資  $(x_1^B, x_2^B)$  を所与として価格を選択する。そこで第2段階の利潤最大化のために、利潤関数、 $\pi_i = [p_i - (c_i - x_i - \rho_i x_j)] q(p_i, p_j) - c_i^I(x_i)$  を価格で微分する。

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial p_i} = \alpha_i + \delta_i A_i - 2\delta_i p_i + \gamma p_j = 0$$



前節と同様に、第1段階での利潤最大化は

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = \frac{\partial \pi_i}{\partial p_j} \frac{\partial p_j}{\partial x_i} + q_i - c'_i(x_i) = 0 \quad (2.10)$$

として導かれる。この2段階ゲームはサブゲームナッシュ均衡  $[(x_1^*, x_2^*), (p_1^*, p_2^*)]$  を有するものとする。(2.10)の第1項は戦略項である。この条件式が、スピルオーバーの存在しない同時決定ゲームの均衡条件式(2.9)と一致するかは、戦略項の符号に依存する。戦略項は  $\partial \pi_i / \partial p_j = \gamma(p_i - A_i)$ ,  $\partial p_j / \partial x_i = -\delta_j(2p_j\delta_i + \gamma) / (4\delta_i\delta_j - \gamma^2)$  から成り立つ。

補完財 ( $\gamma < 0$ ) の場合、戦略項の符号は以下のようにスピルオーバー率に依存する。

$$(i) \quad 0 < \rho_j < -\frac{\gamma}{2\delta_i} \text{ のとき、} \frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} < 0 \text{ である}$$

$$(ii) \quad -\frac{\gamma}{2\delta_i} < \rho_j < 1 \text{ のとき、} \frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} > 0 \text{ である}$$

(i)の企業  $j$  のスピルオーバー率が  $-\gamma/2\delta_i$  より小さい場合、企業  $i$  はスピルオーバーがない場合より過少投資する。(ii)の企業  $j$  のスピルオーバー率が  $-\gamma/2\delta_i$  より大きい場合、企業  $i$  はスピルオーバーがない場合より過剰投資する。

一方、代替財 ( $\gamma > 0$ ) の場合、スピルオーバー率の大小に関わらず  $\partial \pi_i / \partial x_i < 0$  を得て、過少投資する。

企業  $i$  が研究開発投資を減らしたとき、生産費用は上がり、企業  $i$  の財の価格は上昇する。補完財でスピルオーバー率が大きいとき、企業  $j$  は企業  $i$  から多く恩恵を受けられる分、企業  $i$  の研究開発投資が下がると企業  $j$  の財の価格も上昇する。このとき、企業  $i$  の利潤は下がるので、企業  $i$  は過剰投資する。逆にスピルオーバー率が小さいとき、研究開発投資からの恩恵も少なく、企業  $i$  の財の価格が上昇する一方、企業  $j$  の財の価格は下がる。このとき、企業  $i$  の利潤は上がるので、企業  $i$  は過少投資する。

クールノー競争の場合と異なり、スピルオーバー率が大きくなるにつれて、過剰投資する傾向にある。これは  $\partial p_j / \partial x_i$  がスピルオーバー率  $\rho_j$  の減少関数であることに依存する。つまり、スピルオーバー率が上昇することで、企業  $i$  の投資が相手の財の価格に与える影響を小さくする。言いかえると、企業  $i$  の研究開発の恩恵を企業  $j$  が多く受けることによって、企業  $i$  の投資が企業  $j$  の財の価格を動かす効果が小さくなっていく。またこの場合は補完財であり、相互に補完し合う財の性質から、その技術知識を両社が共有できる（スピルオーバー率が限りなく1に近い状態）ならば、過剰投資する傾向にあると考えられる。逆に代替財では、スピルオーバー率が上昇すると、企業の投資が財の価格に与える影響を大きくするので、過少投資となる。

### 2.1.3 まとめ

クールノー数量競争、ベルトラン価格競争についてそれぞれ分析を行った。スピルオーバーが研究開発投資に与える効果をそれぞれ表 2-1,表 2-2 にまとめた。

表 2-1 クールノー競争時のスピルオーバー効果

	スピルオーバー大	スピルオーバー小
補完財	過剰投資	過剰投資
代替財	過少投資	過剰投資

表 2-2 ベルトラン競争時のスピルオーバー効果

	スピルオーバー大	スピルオーバー小
補完財	過剰投資	過少投資
代替財	過少投資	過少投資

他企業のスピルオーバー率によって、企業の投資に変化が生じることが明らかになった。スピルオーバー率は、企業の技術力・情報察知力などによるもので、これに企業の研究開発投資が左右されるという結果は興味深い。また、企業によってスピルオーバー率は異なるので、企業戦略の多様性も指摘される。このスピルオーバー率の概念は実証分析でも適用される。

財の性質によっても、企業の研究開発投資の傾向が示される。補完財の場合、スピルオーバー効果によって企業は過剰投資しやすい傾向にある。これは、補完財の相互に補完し合う財の性質によるものと考えられる。代替財の場合、スピルオーバー効果によって企業は過少投資しやすい傾向にある。補完財と異なり、相手企業が投資の恩恵を対価なしに受けることは、自社にとって利潤を下げる結果となることから考えられる。

## 2.2 厚生への効果

企業間のスピルオーバーが増大したとき、社会厚生にどのような影響があるのか。この節ではクールノー競争を展開する市場で、研究開発レベルを含んだモデルを考え厚生が最も高くなる最善解の厚生と市場均衡での厚生を比較する。

まずクールノー競争下での協力ゲーム(Cooperative game)、非協力ゲーム

(Noncooperative game)を考え、さらに同時決定ゲーム(Simultaneous game)、非同時決定ゲーム(Two-stage game)の場合の均衡を分析する。その後、厚生と比較を行い、どの市場状況下でなら最も厚生が大きいか、スピルオーバーが大きくなることで厚生がどう変化していくかを分析する。

$n$ 社における2期間でのクールノー競争を考える。第1段階に研究開発水準  $x_i$  を、第2段階に生産量  $q_i$  を決定する。なお企業の協力ゲーム・非協力ゲームは研究開発の段階でのみで起き、第2段階では競争するものとする。生産費用  $c_i$  を  $c_i = c_i(x_i, X_{-i})$  と設定する。 $X_{-i}$  は他企業の研究開発レベルを示す。また研究開発による費用削減のパラメータを定義する。(生産量1単位あたり)

$$\theta = -\frac{\partial c_i}{\partial x_i}$$

研究開発による成果が他社に与える影響のパラメータを  $\beta$  で示し、これをスピルオーバー率とする。

$$\beta = \frac{\frac{\partial c_i}{\partial X_{-i}}}{\frac{\partial c_i}{\partial x_i}} \quad (0 < \beta < 1)$$

$\theta, \beta$  を使用して、 $\xi$  を全ての企業の研究開発が各々の企業の限界費用に与える影響を示すパラメータとして定義する。

$$\xi = \{1 + (n-1)\beta\}\theta$$

これは全企業の研究開発による社会的便益としても捉えることができる。(生産量1単位あたり) 次に、研究開発費用を  $\Gamma_i(x_i)$  とし、収入を  $R$ , 自社の生産量を  $q_i$ , 他企業の生産量を  $Q_{-i}$  として、企業  $i$  の利潤  $\pi_i$  を示す。

$$\pi_i = R_i[c_i(x_i, X_{-i}), q_i, Q_{-i}] - \Gamma_i(x_i)$$

### 2.2.1 均衡比較

まず第2段階の均衡について分析を行う。第2段階の一階の条件は、企業の協力の選択に依存しない。一階条件は  $\pi_i^i = 0$ , また二階条件は  $\pi_{ii}^i < 0$  と仮定し、さらに企業  $j$  の行動が及ぼす企業  $i$  の利潤への影響を  $\pi_{ij}^i$  と示すとき、 $\pi_{ii}^i - \pi_{ij}^i < 0$  と仮定する<sup>1</sup>。財

<sup>1</sup>  $\pi_i^i = \partial \pi / \partial q_i$ ,  $\pi_{ii}^i = \partial \pi_i^i / \partial q_i$ ,  $\pi_{ij}^i = \partial \pi_i^i / \partial q_j$  とする。

は全て同質財とし、この競争下の企業行動には戦略的代替性( $\pi_{ij}^i < 0$ )が存在すると仮定する。

$$\Delta = -\{\pi_{ii}^i + (n-1)\pi_{ij}^i\} > 0 \quad (2.11)$$

(2.11)が成り立つとき、生産量  $q$  と投資  $x$  の関係をグラフで表す際の傾きを以下のように定義することができる。

$$\frac{dq}{dx} = \frac{\xi}{\Delta}$$

分子  $\xi$  では企業の研究開発が費用に与える影響を示し、分母  $\Delta$  は企業の生産量が利潤に与える影響を示したものである。以上より、図 2-1 で第 2 段階の均衡点を集めた直線 HH を描く。

次に第 1 段階について考える。非協力ゲームと協力ゲームで場合分けし、それぞれ同時決定ゲーム、非同時決定ゲームについて考える。

まず非協力かつ同時決定ゲーム(Noncooperative, Simultaneous game)について分析を行う。研究開発レベル  $x$  が利潤  $\pi$  に与える影響は以下のように表わせる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi^i}{\partial x_i} &= \frac{\partial R^i}{\partial c_i} \frac{\partial c_i}{\partial x_i} - \Gamma'_i = \mu_s^N q - \Gamma' = 0 \\ \forall i; \quad \mu_s^N &= \theta \end{aligned}$$

研究開発によって得られる利潤は、生産量 1 単位あたり  $\mu_s^N$  であることを示し、ここでは仮定より  $\theta$  と一致する。

同様に、全てのゲームにおいて利潤に関して研究開発レベルについて微分を行うと表 2-3 のようにまとめることができる<sup>2</sup>。さらにそれぞれの均衡で研究開発によって得られる生産量 1 単位あたりの利潤の増大分について表 2-4 に示した。

---

<sup>2</sup>  $\partial \pi / \partial x$  の微分は 2.1 で扱ったのでここでは省略する。

表 2-3 研究開発レベル  $x$  と利潤  $\pi, \Pi$  の関係

	No cooperation on R&D	Cooperation on R&D
Simultaneous game	$\frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = \mu_S^N q - \Gamma' = 0$	$\frac{\partial \Pi}{\partial x_i} = \mu_S^C q - \Gamma' = 0$
Two-stage game	$\frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} = \mu_T^N q - \Gamma' = 0$	$\frac{\partial \Pi}{\partial x_i} = \mu_T^C q - \Gamma' = 0$

表 2-4 各均衡における研究開発によって得られる利潤

$\mu$	No cooperation on R&D	Cooperation on R&D
Simultaneous game	$\theta$	$\xi$
Two-stage game	$[1 + (n-1)\alpha(\bar{\beta} - \beta)]\theta$	$\phi\xi$

出所 : Leahy and Neary (1997)

表 2-4 におけるパラメータは以下のように示される。

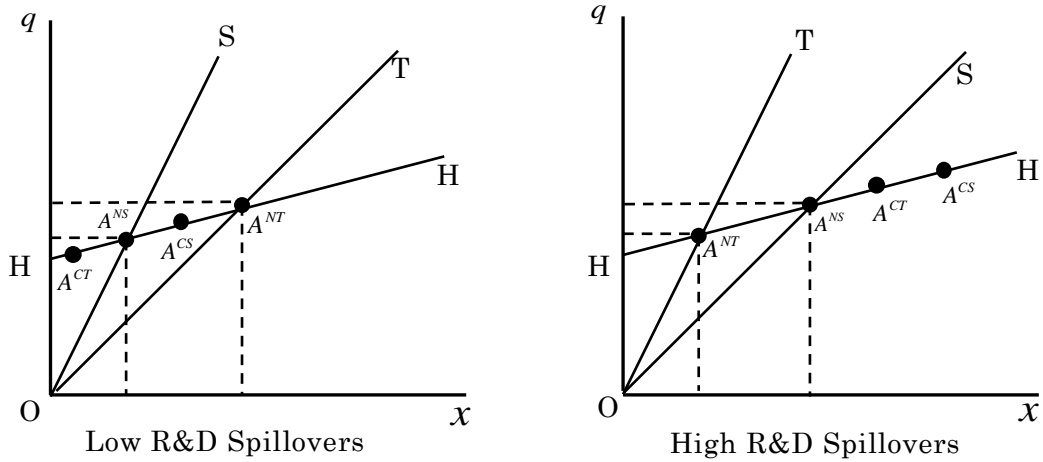
$$\alpha = -\frac{\pi_j^i q_a}{q} \frac{\pi_{ii}}{(\pi_{ii} - \pi_{ij})\Delta} > 0, \quad \bar{\beta} = \frac{\pi_{ij}}{\pi_{ii}} < 1,$$

$$\phi = 1 + (n-1) \frac{\pi_j^i}{q\Delta} < 1.$$

$\mu_T^N$  は、 $\alpha$  が正であるので  $\bar{\beta} - \beta$  の符号に依存する。つまり、研究開発することで利潤の影響が正になるには、スピルオーバー率  $\beta$  が  $\bar{\beta}$  よりも小さいときであることが分かる。スピルオーバー率が  $\bar{\beta} > \beta$  のとき  $\mu_T^N > \mu_S^N$  で、 $\bar{\beta} < \beta$  のときは  $\mu_T^N < \mu_S^N$  となる。

図 2-1 における S,T が一階の条件を示し、S,T と HH の交点  $A^{NS}, A^{NT}$  が非協力ゲームの均衡である。また大小関係を見る中で  $A^{CS}, A^{CT}$  の位置についても明らかにする。

図 2-1 均衡における研究開発レベルと生産量の関係 I



出所：Leahy and Neary (1997) 一部改変

$\mu$  の大きさを比較する。協力ゲーム下では、 $\phi$  は 1 より小さいため、同時決定ゲームと比較するとスピルオーバーに関わらず  $\mu_T^C < \mu_S^C$  である。また同様に非協力ゲームの均衡と比較すると、仮定より  $\theta < \xi$  と言えるので  $\mu_S^N < \mu_S^C$  であることが分かる。

一方スピルオーバー率が低い ( $\bar{\beta} > \beta$ ) とし、非協力ゲーム下では  $\mu_T^N > \mu_S^N$  となり非同時決定ゲームの方が利潤は増大する<sup>3</sup>。非同時決定ゲーム下では  $\mu_T^N > \mu_T^C$ 、企業は協力しない方が高い利潤を得ることができる。

スピルオーバー率が高い ( $\bar{\beta} < \beta$ ) とし、非協力ゲーム下では  $\mu_T^N < \mu_S^N$  となり同時決定ゲームの方が利潤は増大する。同時決定ゲーム下では  $\mu_S^N < \mu_S^C$  となるので、企業は協力した方が高い利潤が得られる。以上のことからスピルオーバー率によって、図 2-1 のように均衡の位置が変化することが分かる。

### 2.2.2 最善解・次善解との比較

以上で調べた均衡と、カルテル時の均衡、総余剰が最大となる最善解 (First-Best Optimum) や次善解 (Second-Best Optimum) との比較を行う。

産業全体での利潤最大化を考察すると以下のようなになる。

$$d\Pi = [\pi_i^i + (n-1)\pi_j^i] ndq + (\xi q - \Gamma') ndx$$

<sup>3</sup> 2.1 の非協力ゲーム下の代替財の場合とスピルオーバーと研究開発レベル(研究開発投資)の関係が一致する。

産業利潤最大化条件となる  $\pi_i^i + (n-1)\pi_j^i$  と  $\xi q - \Gamma'$  が 0 になるとき、2 段階とも企業が協力するカルテルを意味する。つまりカルテル時には、限界産業利潤を 0 にする生産量を選択するが、効率的な研究開発レベルを選択することが分かる。このときの均衡を図 2-2 の MM と R の交点  $A^M$  で示した。MM は限界費用と研究開発による産業の限界収入 (Marginal Social Return) が一致する点を集めた直線であり、R は  $\xi q - \Gamma'$  で示し効率的な研究開発を表す直線である。  $A^M$  を中心として等利潤曲線 (Iso-Profit Curve) を描くことができる。また同時に、R と HH の交点は  $\mu_s^c = \xi$  として均衡を持つ  $A^{CS}$  であることが分かる。さらに HH 上で産業利潤最大化する均衡は、等利潤曲線との接点  $A^{CT}$  である<sup>4</sup>。

次に厚生について最善解、次善解について考える。厚生を算出する式は消費者余剰を  $u(\{q\}) - \sum p_i q_i$  とすると、以下のように表わせる。

$$W(q, x) = u(\{q\}) - c(x)nq - n\Gamma(x)$$

微分を行い、厚生の最大化条件を求める。

$$dW = (p - c)ndq + (\xi q - \Gamma')ndx$$

この式から、厚生を最大化条件は価格と限界費用を一致させること、そして効率的な研究開発レベルを選択することが厚生最大化条件であることが分かる。この最善解を、図 2-2 では WW と R の交点  $A^O$  で示した。WW は  $p = c$  の直線である。また  $A^O$  を中心として等厚生曲線 (Iso-Welfare Contour) を描くことができる。HH 上で厚生最大化する均衡は次善解であり、等厚生曲線との接点  $A^{SB}$  である。以下の式によって表わされる。

$$\frac{1}{n} \frac{dW}{dx} = \mu^{SB} q - \Gamma' = 0$$

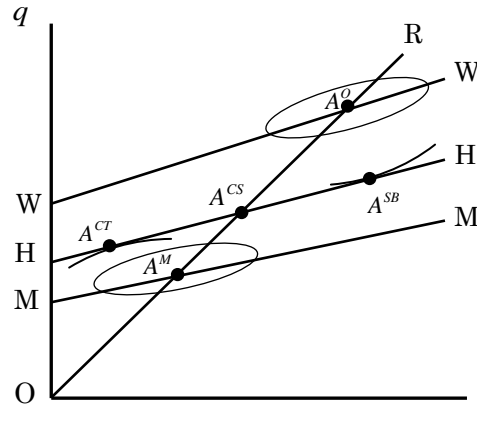
$$\text{where : } \mu^{SB} = \left[ 1 + \frac{p-c}{q\Delta} \right] \xi.$$

$1 + (p-c)/q\Delta$  は、1 より大きく、2.2.1 で示した 4 つの均衡よりも大きい<sup>5</sup>。

<sup>4</sup>  $1/n \cdot d\Pi/dx = \phi\xi q - \Gamma'$  であり、 $q$  の係数が  $\mu_r^c$  と一致するため。

<sup>5</sup> 但しスピルオーバーが低い状態での  $\mu_c^c$  は除く。

図 2-2 均衡における研究開発レベルと生産量の関係 II



出所：Leahy and Neary (1997) 一部改変

### 2.2.3 スピルオーバー率と厚生分析

均衡の分析を踏まえた上で、厚生分析を行う。ここでは 2.2.1 のモデルの変数を幾つか定数とすることで、スピルオーバーと厚生を量的に分析する。

逆需要関数  $p = a - bQ$  とおき、費用関数を  $c = c_0 - \xi x$  とする。研究開発にかかるコストを  $\Gamma(x) = \gamma x^2 / 2$  とする。このとき  $a, b, c_0, \gamma$  は全て一定とする。均衡を比較する上で必要となるパラメータは、企業数  $n$ , スピルオーバー率  $\beta$ , そして新たに研究開発の有効性 (Effectiveness of R&D) を示す  $\eta = \theta^2 / b\gamma$  を使用する。

以上の仮定から、それぞれの均衡の厚生を求める。競争市場下での 4 つの均衡の厚生は以下の式より得る。

$$W^{kl} = \frac{n(n+2-n\tilde{\mu}^2) A^2}{(n+1-n\tilde{\mu}\chi)^2 2b}, \quad (k = N, C; l = S, T)$$

$$\text{where: } \tilde{\mu} = \left(\frac{\mu_l^k}{\theta}\right) \sqrt{\frac{\eta}{n}}, \quad A = a - c_0, \quad \chi = [1 + (n-1)\beta] \sqrt{\frac{\eta}{n}}.$$

また次善解もこの式に  $\mu^{SB}$  を代入して算出する<sup>6</sup>。次にカルテル時の厚生、最善解での厚生を 2.2.2 の式をもとに  $W^{Cartel}, W^O$  として求める。

$$W^{Cartel} = \frac{3 - \chi^2}{(2 - \chi^2)^2} \frac{A^2}{2b}$$

$$W^O = \frac{1}{1 - \chi^2} \frac{A^2}{2b}$$

<sup>6</sup>  $\mu^{SB} = (n+2)\xi / (n+1)$

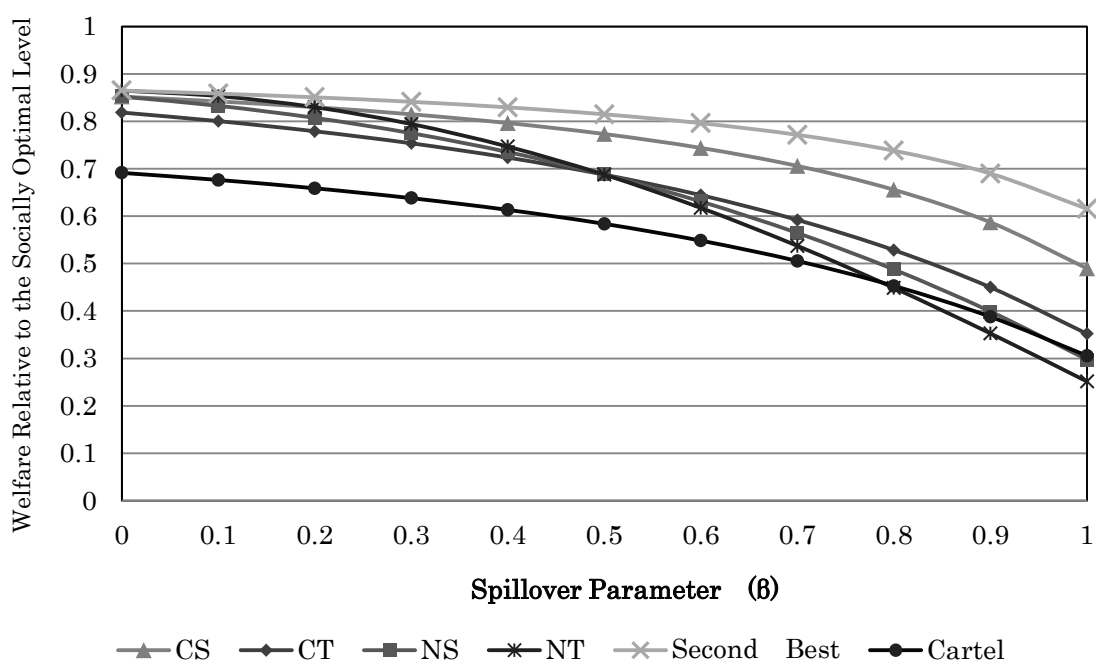


以上の式をもとに図 2-3 では  $n=2, \eta=0.4$  として、それぞれの均衡での厚生とスピルオーバー率の関係を示した。縦軸では、それぞれの均衡での厚生を最善解での厚生で除した値を示す。つまり、最善解での厚生をどれくらい満たしているか、その割合が分かる。

均衡全体を見ると、スピルオーバー率が上昇するにつれて各均衡の厚生レベルは最善解から離れていくことが分かる。同時ゲーム(S)に注目すると、スピルオーバー率に関わらず  $W^{CS} > W^{NS}$  となり、ここでは企業は協力した方が厚生は高まると言える。非同時決定ゲーム(T)を考えるとスピルオーバー率が低いときは  $W^{NT} > W^{CT}$  だが、特定のスピルオーバー率（この場合は 0.5）を越えると  $W^{CT} > W^{NT}$  となり、企業は協力した方が厚生は高まることが分かる。

この理論分析の結論として、スピルオーバー率が高まるほど厚生は下がり、それぞれの均衡を比較したとき安定して厚生が高いのは、 $W^{CS}$  であることが分かる。

図 2-3 スピルオーバー率と均衡における厚生



出所 : Leahy and Neary (1997)

### 第3章 産業間知識スピルオーバーの先行研究

第2章では、スピルオーバーが経済に及ぼす効果を明らかにした。それを踏まえた上で、第3章では実証分析を通じて、スピルオーバーの存在を確認し企業の生産性に与える効果を示した先行研究を扱う。

Griliches (1979) の定義に従ってスピルオーバーの効果を以下の2つのルートに分けて考える。第一に、財に体化された形でスピルオーバーするルートである。研究開発を経て製品性能が向上した場合、中間財・投資財として購入している買手企業に成果が移転するルートである<sup>7</sup>。第二に技術知識のスピルオーバーが挙げられる。技術知識は、公共的性格を持ち、法的制度があっても完全に防ぐことは難しい。リーバースエンジニアリングや、学会での発表、技術者の移動により、技術知識自体が伝搬していくルートである。本稿では技術知識スピルオーバーの実証分析を行った富田(2005)を扱い、次の第4章でこの論文をもとに実際に分析を行う。

富田(2005)では日本のハイテク5産業(化学、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械)の349社を対象に分析を行っている。全社の最大の特許出願ウェイトをベースとして各社の格付けを行い、全体を6産業(化学、コンピューター・通信、医薬、電気・電子、機械、その他)に再振り分けした。個別企業の特許データを用いて、技術距離を求め、生産関数モデルを使用して実証分析を行った。他産業からのスピルオーバーが、企業の付加価値に与える影響を明らかにする。

#### 3.1 技術距離と技術知識ストックの算出

まず、モデルに組み込まれる技術距離の概念を説明する。

企業は、生産費用削減、利潤増大などを目指して様々な分野で研究開発を行っている。その技術分野の近接性も知識スピルオーバーの効果を観察する上で重要な因子となることを Griliches (1979) が示唆し、Jaffe (1986) がその概念を定式化した。

研究開発費の分野別配分比率ベクトルによって企業*i*の固有の技術ポジション(technological position)を以下のように表現した。

$$F_i = (F_1 \dots F_k)$$

ベクトル  $F_i$  の各要素は、企業*i*が各分野で行う研究開発の配分比率を表し、 $k$ はその分野数を示す。さらに企業*j*についても同様に技術ポジションを考え、企業*i, j*間の

---

<sup>7</sup> 詳しくは Goto and Suzuki (1989), 後藤他 (1986)を参照。

技術距離(technological distance)を定義した。

$$P_{ij} = \frac{F_i F_j'}{[(F_i F_i')(F_j F_j')]^{1/2}} \quad (0 \leq P_{ij} \leq 1) \quad (3.1)$$

技術距離  $P_{ij}$  は「技術的な近接性」を示すものであり、2 企業の技術分野（技術ポジション）が類似するほど、数値は 1 に近づく。

このように定義された技術ポジション、技術距離を基にして、自社の生産性や研究開発に影響を与えると考えられる他社（または他産業）の技術知識ストック、すなわちスピルオーバープールは以下ようになる。

$$S_i = \sum_{j \neq i} P_{ij} R_j$$

$S_i$  は企業  $i$  のスピルオーバープール、 $R_j$  は企業  $j$  の技術知識ストックである。スピルオーバープールは、他社との技術距離をウェイトとして、他社の技術知識ストックを乗じた総和で示すことができる。

技術距離が近い企業同士では取り扱う製品も類似しており、他社の技術知識を容易に生かせる既存の生産・販売等のインフラを所持しているため、有利であり、技術知識を吸収する能力も高いため、スピルオーバープールは、技術距離より算出している。

また、知識ストックは恒久棚卸法(Perpetual Inventory Method)を使用した。企業が行う生産活動にとって、新製品開発あるいは新しい生産技術に関するアイデア・ノウハウは、過去に行われた研究開発努力の蓄積によるものである。このような技術進歩の累積的・進化的性格に基づき、過去から現在まで年々の研究開発投資を積み上げた技術知識ストックを求める必要がある。

$$R_{it} = E_{it-\theta} + (1-\delta)R_{it-1}$$

$R_{it}$  は企業  $i$  の  $t$  期の技術知識ストック、 $E_{it}$  は企業  $i$  の  $t$  期の実質研究開発投資、 $\delta$  は陳腐化率（産業毎に一定）を示す。 $\theta$  は研究開発投資ラグで、研究開発投資が技術知識ストックとして定着し、かつ企業の生産に影響を与えるまでの期間を示している。平均のラグを使用する場合もあれば、ラグの分布をとる場合もある。また技術知識ストックの蓄積の基準となる年  $tb$  の技術ストックを次式によって求める。

$$R_{tb} = \frac{E_{tb+1}}{(g + \delta)}$$

$g$  は実質研究開発投資の平均成長率である。これによって技術知識ストックを産出した。この推計にあたっては、基準年を 1986 年、研究開発投資ラグは一律 2 年間、陳腐化率は技術の平均寿命（特許収入期間）の逆数として求める。

実際に富田（2005）の 6 産業に分類した技術距離・スピルオーバープールの算出について説明する。Jaffe（1986）の手法に従って、研究開発費の分野別配分比率ベクトルの代わりに、技術分野別特許出願件数の分布を利用した。算出した技術距離は、表 3-1 の通りである。太字で囲われた同じ産業の技術距離は、同一産業内における企業間技術距離を平均したものである。

表 3-1 技術距離

	1	2	3	4	5	6
1.化学	0.47					
2. コンピューター・通信	0.07	0.51				
3.医薬	0.21	0.01	0.75			
4.電気・電子	0.09	0.21	0.02	0.29		
5.機械	0.10	0.12	0.02	0.14	0.35	
6.その他	0.17	0.11	0.04	0.14	0.19	0.36

出所：富田（2005）

表 3-1 で示した技術距離は、近接性が高いほど数値が高い。同一産業内で企業間の技術距離が近いのは、医薬分野(0.75)とコンピューター・通信分野(0.51)である。一方、産業間の技術距離が近いのは、化学と医薬(0.21)、コンピューター・通信と電気・電子(0.29)であることが明らかになった。産業分野を考えると、これは妥当な数値である。

### 3.2 モデル

基本モデルとして、資本ストック、労働、技術知識ストックを生産要素とするコブ・ダグラス型生産関数を想定し、以下のように対数線形方程式として表す。

$$y_{it} = \theta_i + \lambda t + \alpha k_{it} + \beta r_{it} + \gamma l_{it} + \varepsilon_{it}$$

$y_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の付加価値

$\theta_i$  : 企業  $i$  の個別効果

$\lambda$  : 体化されない技術進歩率

$k_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の実質資本ストック

$r_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の技術知識ストック

$l_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の労働投入量

$\alpha, \beta, \gamma$  : 付加価値の資本、技術知識、労働それぞれに関する弾力性

3 投入要素の要素弾力性の和  $\mu = \alpha + \beta + \gamma = 1$  であれば、この式において規模に関する収穫一定が成立する。収穫一定からの乖離を明示する形に変形し、さらにスピルオーバー効果を検証するために式を修正・拡張する。

$$\ln(YL)_{it} = \alpha \ln(KL)_{it} + \beta_0 \ln(RL)_{it} + \sum_j \beta_j D_j \ln(SL)_{it-1} + \gamma L_{it} + \delta \ln(MS)_{it} + \lambda \ln(CR5)_{kt} + \varepsilon_{it} \quad (3.2)$$

$$YL_{it} = \frac{Y_{it}}{L_{it}}, KL_{it} = \frac{K_{it-1}}{L_{it}}, RL_{it} = \frac{R_{it-1}}{L_{it}}, SL_{it-1} = \frac{S_{it-2}}{L_{it-1}}$$

$Y_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の付加価値

$L_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の労働投入量

$K_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期末の実質資本ストック

$R_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期末の技術知識ストック

$S_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期末のスピルオーバープール

$MS_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の市場占有率

$CR5_{kt}$  : 産業  $k$  の  $t$  期の売上高上位 5 社集中度

$D_j$  : 技術クラスターダミー

他社（他産業）から得られる技術知識の源泉として、前述したスピルオーバープールを導入している。ここではスピルオーバープールを  $S_{it}$  とするが、推計にあたっては、①同一技術クラスタープール(CP: Cluster Pool)、②他の技術クラスタープール(OCP: Out of Cluster Pool) の 2 ケースを想定して効果を想定する。

①同一技術クラスタープールとは、自社が格付けされた各産業内の企業間技術距離

の平均に、その技術知識ストックを乗じたものである。一方、②他の技術クラスタープールとは、格付けされた産業以外の各 5 産業と自社が属する産業との技術距離と、各 5 産業の技術知識ストックを乗じ、総和したものである。この 2 つを場合分けすることによって、同じ産業内のスピルオーバーと他産業からのスピルオーバーを比較することが可能となる。

同時性の問題について説明する。資本ストック・技術知識ストックが付加価値に結び付くラグを考慮して、1 期間前の値をとる。またスピルオーバープールに関しては、2 期間前に得た技術知識を 1 期間かけてアウトプットに繋げると仮定する。また、産業ごとにスピルオーバー効果の現れ方が相違するかどうかを検証すべく、各技術クラスターダミーとスピルオーバープールのクロス項を導入している。

企業  $i$  の固有の変数の他に、各企業の市場占有率、業種別の売上高上位 5 社集中度をモデルに加えている。これは、企業の競争状態の変化による効果を排除するためである。

このモデルによる実証分析から、以下の 2 点について明らかにする。

- (i) 他社から得られる技術知識スピルオーバー効果による企業の生産性への影響を、同一技術クラスタープールを回帰することで示す。
- (ii) 企業にとって生産性を高めるために真に有用な技術知識は、どのような企業(産業、技術距離)のスピルオーバー効果によるものかを、2 つのモデルを比較して導く。

### 3.3 推計結果

以上で扱ったモデルに、全 349 社の 1994–1997 年度までの 4 年分のパネルデータを使用して推定を行った。F 検定、ハウスマン検定の結果、固定効果モデルが支持された。

表 3-2 推計結果

	①CP	t	②OCP	t
資本ストック	0.208	2.80***	0.201	2.72***
知識ストック	0.169	2.36**	0.172	2.38**
化学	0.267	2.88***	0.239	2.75***
コンピューター・通信	0.807	2.21***	0.813	2.26**
医薬	-0.024	-0.17	0.011	0.063
電気・電子	0.966	8.88***	0.892	9.37***
機械	0.591	6.05***	0.629	5.66***
その他	0.568	4.39***	0.591	4.41***
労働投入量	-0.539	5.65***	-0.538	-5.61***
市場占有率	0.704	12.44***	0.704	12.50***
5社集中度	-0.128	-0.39	-0.144	-0.44
R-sq	0.903		0.903	
obs	1314		1314	

(註)\*\*\*は 1%,\*\*は 5%,\*は 10%で有意であることを示す

出所：富田（2005）一部改変

①CP(Cluster Pool)は、自社が所属する産業内で得られるスピルオーバー効果を示している。一方、②OCP (Out of Cluster Pool) は、自社以外の産業で得られるスピルオーバー効果を示している。

まず(i)について、表 3-2 の CP の結果より検証する。スピルオーバー効果を表す各々のクラスタープールの符号を見ると、医薬分野を除いて 1%または 5%水準で有意な結果となっている。つまり医薬を除く産業においては、他社から得られる知識スピルオーバーは、企業の生産性にプラスに寄与することが確認できた。

医薬分野は、どちらの結果も有意性を満たしていない。これは、医薬分野の研究開発は他の技術分野と比べて、基礎研究に近い部分のウェイトが相対的に高く、スピルオーバー効果が発現するまでのラグが長いと考えられる。前述したとおり、ここでは全産業一律 2 年の研究開発投資ラグを採用したので、その長さでは不十分だった可能性がある。また、医薬分野は他分野との技術距離が遠く、スピルオーバーのポテンシャルが小さいことも考えられる。

また市場競争度を示す企業別市場占有率・業種別売上高上位5社集中度の係数は、前者が有意な正、後者に有意性は確認されなかった。過去の論文にも同様の結果が出る場合が多く、これは効率的な生産が可能な大企業では有意な正、中小企業ではほとんど相関関係が観察されない結果であることが原因とされている。

次に(ii)について、表 3-2 の2つの結果の比較より分析を進める。OCP でも医薬分野以外は、全て有意に正の結果を得た。また、CP と OCP のそれぞれの係数に大きな差はなかった。

つまり、各企業は生産性を高めるために有用な知識を、同産業内と同様に、他産業からも得ているという結果になった。富田 (2005) では、スピルオーバー効果の真の源泉は、同一産業であると仮説をたてて分析を行っていたが、その仮説に反する結果となった。これは、企業が多角化の一環として自社の本業以外の分野でも事業を行い、そのために研究開発を必要とする技術分野が複数ある場合や、異なる技術分野間での技術融合を目指して研究を行っている事例に見られるようにいわゆる産業間スピルオーバー効果によるものと考えられる。



## 第4章 知識スピルオーバーの実証分析

第3章で扱った富田（2005）を基に、実証分析を行う。本稿では、分析対象業種として製造業の中で研究開発投資を活発に行っている4産業（電気機器、自動車、医薬品、化学）を取り上げた。またモデルを応用して、電気機器産業における個別企業間のスピルオーバー効果の分析を行う。

富田（2005）では、産業間スピルオーバーの測定を目的としていたため349社の1994-1997年の4年間のデータを使用していた。本稿では少数企業間でのスピルオーバー効果の測定も目的としているので、36社に絞り2001-2009年の9年間のデータを扱った。

### 4.1 技術距離・技術知識ストックの算出

第3章同様にJaffe（1988）に従って技術距離の算出を行った。WIPOのPatent Scopeによる各企業の2001-2010年の特許情報（IPCに申請を許可された特許）からデータを抽出した。特許の分野別配分ベクトルを研究開発費分野別配分比率ベクトルの代理とする。第3章の技術距離算出式(3.1)を以下のように書き換えて、算出を行う。パテントデータベースを参考にして特許分野を12分野に分けて( $k=12$ )ベクトルを作成した<sup>8</sup>。算出した技術距離は表4-1にまとめた。

$$P_{ij} = \frac{\frac{R_{i1} \cdot R_{j1}}{R_i \cdot R_j} + \dots + \frac{R_{ik} \cdot R_{jk}}{R_i \cdot R_j}}{\sqrt{\left(\frac{R_{i1}}{R_i}\right)^2 + \dots + \left(\frac{R_{ik}}{R_i}\right)^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{R_{j1}}{R_j}\right)^2 + \dots + \left(\frac{R_{jk}}{R_j}\right)^2}} \quad (4.1)$$

表 4-1 技術距離

	1	2	3	4
1. 電機	0.60			
2. 自動車	0.29	0.76		
3. 医薬品	0.02	0.005	0.98	
4. 化学	0.13	0.18	0.84	0.76

<sup>8</sup> 分類については付表1参照

表 4-1 で示した技術距離は、近接性が高いほど数値が高い。特に技術距離が近いと言えるのは、医薬品産業内の技術距離(0.98)と医薬品と化学の技術距離(0.84)である。逆に遠いと言えるのは、医薬品と自動車(0.005)と医薬品と電機(0.02)である。先行研究より分野数を減らしたが、産業の特徴や先行研究の数値と比較してもこの数値は妥当であると言える。

技術知識ストックは、富田 (2005) と同様に恒久棚卸法を使用した。基準年を 2000 年とし、研究開発投資ラグを一律 2 年、陳腐化率は特許収入期間の逆数と設定して算出を行った。

## 4.2 モデル

富田 (2005) の(3.2)のモデルを以下のように修正し、データを収集した。総企業数 36 社の 2001-2009 年のパネルデータを作成した。

$$\begin{aligned} \ln(YL)_{it} &= \sum_j \alpha_j D_j \ln(SL)_{it-1} + \beta_1 L_{it} + \beta_2 \ln(RL)_{it} \\ &\quad + \beta_3 \ln(MS)_{it} + \beta_4 \ln(CR5)_{it} + \sum_j \gamma_j LSD_j + \varepsilon_{it} \\ YL_{it} &= \frac{Y_{it}}{L_{it}}, RL_{it} = \frac{R_{it-1}}{L_{it}}, SL_{it-1} = \frac{S_{it-2}}{L_{it-1}}, S_i = \sum_{j \neq i} P_{ij} R_j. \end{aligned}$$

$Y_{it}$  は各企業の  $t$  期の付加価値を示す。名目付加価値額を、営業利益、人件費、賃借料、租税公課、減価償却費、特許使用料の合算として求めた日本政策投資銀行の産業別財務データを使用した。名目付加価値の実質化に当たっては、日本銀行「国内企業物価指数」により全企業に年々の平均物価指数をデフレーターとして用いた。

技術距離  $P_{ij}$  と技術知識ストック  $R_{it}$  は、4.1 に示した通りである。 $LSD$  はリーマンショックダミーを表わしている。現状分析でリーマンショックによる製造業の研究開発への影響が認められたので、その負の影響を取り除くために使用した。パネルデータの 2008・2009 年を 1 とし、それ以外の年は 0 とするダミー変数とした<sup>9</sup>。

$L_{it}$  は各企業の労働力として、従業員数を用いた。 $MS$  は市場占有率(Market Share)を示し、各企業の売上高を各産業の東証一部上場企業総売上高で除して算出した。 $CR5$  は売上高上位 5 社集中度(5-firm Concentration Ratio)を示し、各産業の売上高上位 5

<sup>9</sup> リーマンショックダミーは、電気機器産業・自動車産業で有意な結果が得られたため、その 2 産業のみで使用した。

社の総売上高を東証一部上場企業総売上高で除して算出した。従業員数・市場占有率・市場集中度は全て有価証券報告書をもとに作成した。

本稿ではスピルオーバープール $S_i$ を以下のように変形し、3つの推定を行う。

まず富田（2005）に従い、CP・OCPの推定を行う。

次に同一産業内で7・8社を選び、自社以外の企業の技術知識プールをそれぞれの企業間の技術距離でウェイトをして、その合計をスピルオーバープールとして推計した。この推計では企業数は限られるが、企業間技術距離の平均でプールを作成していたCPよりも精密なデータでの推計が可能である。

最後に基準企業を設定し、その企業の技術知識ストックに同産業の特定の企業の技術距離をウェイトして、スピルオーバープールを基準企業のみスピルオーバープールを作成する。基準企業の研究開発が他企業にどれだけ影響を及ぼしているかを推計する。この推計では、企業対企業の影響を細かく見ることが可能となる。この推計は電気機器産業のみで行った<sup>10</sup>。

### 4.3 推計結果

4.2で説明したモデルを使い、3種のスピルオーバープールの推定を行った。

#### 4.3.1 推計結果 1

富田（2005）と同様に、自社が所属する産業内でのスピルオーバー効果を推計し、表4-2にまとめた。F検定・ハウスマン検定の結果、固定効果モデルが支持された。

推計結果1(CP)について考察をする。4つのクラスタープールの係数は全て正になった。自動車産業のみモデル1では有意にならなかったが、リーマンショックダミーを加えたモデル2では正で有意になった。自動車産業は他の産業と比較してリーマンショックの影響が特に大きかったことが考えられる。この結果から、同産業内の技術知識スピルオーバーが自社の付加価値向上にプラスに働いていることが分かる。先行研究では医薬品のみ有意にならなかったが、本稿では有意にプラスという結果が得られた。

---

<sup>10</sup> 推計結果において、有意で正の企業が多い産業だったため。詳しくは4.3.2参照。また、電気機器産業の企業間技術距離は付表2参照。

表 4-2 推計結果 1(CP)

	Model 1		Model 2	
	Coef.	t	Coef.	t
L	-0.00002	-5.64***	-0.000203	-5.47***
RL	-0.2418	-3.91***	-0.1010	-2.06**
MS	0.3563	5.71***	0.3854	7.49***
CR5	-0.6874	-2.76***	0.8623	3.60
CPL1 電気機器	0.07561	1.74*	0.0761	2.27**
CPL2 自動車	0.0531	1.09	0.06839	1.75*
CPL3 医薬品	0.1626	3.56***	0.08252	2.32**
CPL4 化学	0.1002	2.25**	0.02125	0.59
LSD1	—	—	-0.2052	-9.03***
LSD2	—	—	-0.2205	-7.57***
LSD3	—	—	-0.0206	-0.81
LSD4	—	—	-0.0603	-1.84*
R-sq	0.3719		0.6462	
F test	F(35, 208) = 10.94 Prob > F = 0.0000		F(35, 204) = 17.73 Prob > F = 0.0000	
Hausman test	chi2(7) = 29.42 Prob > chi2 = 0.0001		chi2(11) = 56.78 Prob > chi2 = 0.0000	
Numbe of obs	252 (36 groups)			

(註)\*\*\*は 1%, \*\*は 5%, \*は 10%で有意であることを示す

また先行研究では、知識ストック(RL)は正で有意という結果だったが、今回の推計では負で有意という結果を得た。これには3点の考察ができる。

まず、研究開発投資のラグが長く、投資の結果がまだ付加価値として表われていないと考えられる。今回の推計では知識ストックがその企業の成果に結びつくまでに1年かかるとしてラグをとったが、それでは不十分だった可能性が考えられる<sup>11</sup>。2点目に、現状分析で日本企業の研究開発の効率性の悪さを指摘したが、知識ストックが成果に結びついていない状況であることが考えられる。知識ストックは、研究開発投資

<sup>11</sup> スピルオーバープールは、知識ストックが企業の成果に結びついてから他社の成果に繋がるまで、さらに1年のラグをとっている。

の累積と陳腐化で作った変数であることから、企業の投資が成果に結びつかない、非効率的な研究開発を行っていることが考えられる。3点目にスピルオーバー効果が強く研究開発の成果が他社に簡単に流出し、投資相当の利潤に繋がっていないことが考えられる。またこれはスピルオーバー効果が正で有意になっていることから確認できる。

次に OCP についても推定を行った。OCP では、各変数の有意性が低く先行研究と同様の結果は得られなかった。OCP の推計では各産業の全体の知識ストックをデータに組み込む必要があるが、本稿ではサンプルの制約があり産業全体を捉えることができず、有意な結果が得られなかったと考えられる。

#### 4.3.2 推計結果 2

推計 2 では、それぞれの産業内で 8 社抽出し、他の 7 社から自社にどれくらいスピルオーバーの効果があるかを捉えることができる<sup>12</sup>。表 4-3 は電気機器産業と自動車産業、表 4-4 は医薬品産業と化学産業の推計結果である。電気機器、医薬品、化学は F 検定・ハウスマン検定の結果、固定効果モデルが支持され、自動車のみ変量効果モデルが支持された。

電気機器産業の推計では、企業の符号は全て正となり、日立製作所、三菱電機、富士通、NEC が正で有意となった。このとき、係数の大きさがスピルオーバー率の大きさと比例すると考察でき、スピルオーバー効果の影響を受けやすい企業であると言える。NEC は 0.2334 で、この 7 社からのスピルオーバー率が最も高く、続いて日立製作所 0.2112、富士通 0.18038、三菱電機 0.13495 の順である。電気機器産業については 4.3.3 で詳しく扱う。

自動車産業では、日産自動車・トヨタ自動車・本田技研・ダイハツ工業が負で有意となった。自動車業界で売上台数上位 3 位のトヨタ自動車、本田技研、日産自動車が、他の 6 社からスピルオーバー効果が観察できなかつたのは興味深い。これは、スピルオーバー以前に他社との競争による負の効果が推定されたことが一つの要因として挙げられる。同様にスピルオーバープールの係数が有意に負になる結果を得た Jaffe (1986) では、収益を低下させる市場競争の効果が、スピルオーバーによる生産性上昇効果を上回ったためと結論付けている<sup>13</sup>。

---

<sup>12</sup>但しデータの制約上、自動車産業は 7 社で推計した。

<sup>13</sup> Jaffe (1986) の論文を踏まえて市場競争による負の効果を軽減するために、市場集中度、市場占有率を変数に取り入れた。

表 4-3 推計結果 2 (電気機器・自動車)

<b>Elec (FE)</b>	<b>Coef.</b>	<b>t</b>	<b>Car (RE)</b>	<b>Coef.</b>	<b>z</b>
L	-0.0000264	-5.34***	L	0.000000288	0.11
RL	-0.22727	-1.47	RL	0.1487	3.16***
MS	0.91122	5.19***	MS	-0.02021	-0.25
CR5	0.033359	0.05	CR5	4.3537	2.54**
LSD	-0.19821	-6.23***	LSD	-0.1288	-1.97
Panasonic	0.11217	1.13	Nissan	-0.1668	-2.33**
HITACHI	0.2112	2.49**	ISUZU	-0.0096	-0.16
Mitsubishi	0.13956	1.74*	TOYOTA	-0.1498	-2.28**
TOSHIBA	0.13495	1.48	AISIN	-0.0017	-0.02
SONY	0.19352	1.63	MAZDA	-0.06758	-1.22
FUJITSU	0.18038	2.26**	DAIHATSU	-0.08630	2.24**
Canon	0.08993	0.79	HONDA	-0.1494	-2.22**
NEC	0.23349	2.67***			
R-sq	0.8225		R-sq	0.8019	
F test	F(7, 35) =12.50 Prob > F = 0.0000		F test	F(6, 31) =3.06 Prob > F = 0.0187	
Hausman test	chi2(12) =199.88 Prob>chi2 =0.0000		Hausman test	chi2(11) =7.05 Prob>chi2 =0.7953	
obs	56 (8 groups)		obs	49 (7 groups)	

(註)\*\*\*は 1%,\*\*は 5%,\*は 10%で有意である。FE は固定効果、RE は変量効果モデルを示す。

また、自動車以外の 3 産業のモデルにおいて、有意で負の係数は認められなかったことから、競争の効果だけでなく自動車市場の特性にも要因があったのではないかと考えられる。

スピルオーバーは、財に体化されたスピルオーバーと技術知識スピルオーバーに分けられると第 3 章で紹介した。自動車産業では財に体化されたスピルオーバーが主流なのではないかと考察する。製造業に属する企業のほとんどは、販売する製品を 1 から全て作っているのではなく、生産の過程で必要とされる部品などを外注する、いわゆるアウトソーシングを行っている。特に自動車は 2～3 万個の部品を扱って製造し、

多くの部品を部品メーカーにアウトソーシングしている。そのため自動車産業でのスピルオーバーを考察したとき、技術知識スピルオーバーよりも、財に体化されたスピルオーバー効果が作用していると考えられ、技術知識スピルオーバーはここでは観察できなかった可能性がある。

医薬品産業と化学産業では、有意で正になる企業は少なく、他7社からのスピルオーバー効果を確認できるのはアステラス製薬、塩野義製薬、クラレのみとなった。特に医薬品では、同一産業内の技術距離が0.98と近接性がとても高く、スピルオーバー効果も相応に高いと考えられたが、この分析では有意な結果は得られなかった。

表 4-4 推定結果 2 (医薬品・化学)

Pharma(FE)	Coef.	t	Chemistry(FE)	Coef.	t
L	-0.0000484	-2.39***	L	-0.0001928	-3.55***
RL	-0.14043	-2.47**	RL	-0.20938	-1.28
MS	0.34486	3.87***	MS	0.59803	4.88***
CR5	-0.47191	-1.43	CR5	1.1820	4.49***
タケダ製薬	0.05313	0.94	クラレ	0.25168	2.22**
アステラス製薬	0.12023	2.90***	昭和電工	-0.41372	-0.43
田辺三菱製薬	0.05038	0.90	住友化学	0.036771	0.27
中外製薬	0.06011	1.09	日産化学工業	0.16824	1.38
エーザイ	0.05203	0.98	クレハ	0.16683	1.41
大正製薬	0.03755	0.72	東ソー	0.29886	0.25
大日本住友製薬	0.11725	1.63	花王	0.10443	0.86
塩野義製薬	0.15012	3.19***	三井化学	-0.24884	-0.23
R-sq	0.6310		R-sq	0.7986	
F test	F(7, 36) =6.29 Prob > F =0.0001		F test	F(7, 36) =8.18 Prob > F =0.0000	
Hausman test	chi2(11) =78.95 Prob>chi2 =0.0000		Hausman test	chi2(12) =33.81 Prob>chi2 =0.0007	
obs	56 (8 groups)		obs	56 (8 groups)	

(註)\*\*\*は 1%,\*\*は 5%,\*は 10%で有意である。FE は固定効果モデルを示す。

以上の4つの推計の結果、正に有意の係数を持つ企業は高いスピルオーバー率があり、他社の研究開発の恩恵を受けて生産性を上昇させていることが実証できた。4.3.1で実証したCPの推計よりも、企業別に細かく見ることでスピルオーバー率の比較も可能になった。

しかし、スピルオーバー効果が確認された企業は電気機器産業に偏る結果となった。これは、技術距離の算出の際、電気機器産業の圧倒的な特許数の多さにより電気機器産業の技術距離は精密度の高いものが得られたことと、一方でベクトルの分野数の少なさから技術距離算出に粗さがでてしまったことが原因であると考えられる。この結果を踏まえ、4.3.3では電気機器産業の分析を行う。

### 4.3.3 推計結果3

電気機器産業のスピルオーバー効果をさらに詳しく見る。4.3.2までは、他の企業から与えられるスピルオーバー効果を推計してきたが、ここでは自社が他7社に与える影響を分析する。また1.3の現状分析と合わせて考察を行う。

サンプルとなる企業は日立製作所、パナソニック、ソニー、富士通、NEC、東芝、三菱電機、キヤノンである。表4-5、表4-6、表4-7に順に推計結果を示した。これらは基準企業の研究開発が、他の7社に与える影響を推計したものであり、表の1行目に書かれている企業が基準企業となる。係数が正であれば、基準企業から対象企業へとスピルオーバー効果があると考えられることができる。また、F検定・ハウスマン検定の結果、日立製作所・パナソニックは固定効果モデル、三菱電機・キヤノンは最小二乗法、それ以外の企業は変量効果モデルが支持された。

この結果を見ると、日立製作所・富士通・NEC・東芝がキヤノン以外の6社に与えるスピルオーバー効果が有意に正であることが分かる。またキヤノンは全7社にスピルオーバー効果が観察された。

まず日立製作所の結果から考察を行う。係数で比較するとNEC>ソニー>富士通>パナソニック>三菱電機>東芝の順にスピルオーバー率が高い。NECと富士通は、4.3.2でもスピルオーバー効果を受けやすいと証明している。また1.3で示した通り、日立製作所の事業セグメント比率はNECと富士通との競合分野である情報通信事業が現在最も高い数値であった。これらの理由から、NECと富士通に高いスピルオーバー率が確認できたのではないかと考えられる。またパナソニックとは白物家電を中心とした家庭電器分野で、東芝や三菱電機とは家庭電器分野や社会システム(インフラ)分野での関係性からスピルオーバーが確認された可能性がある。



表 4-5 推定結果 3 (日立製作所・パナソニック・ソニー)

	HITACHI (FE)		Panasonic (FE)		SONY (RE)	
	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	z
L	-0.00002	-4.86***	-0.0000276	-5.08***	-0.0000158	-4.05***
R	-0.305	-2.20**	-0.233	-1.28	-0.138	-2.13**
MS	0.939	5.88***	0.946	4.89	0.436	4.34***
CR5	0.422	0.64	-0.0722	-0.10	-0.195	-0.26
LSD	-0.229	-7.60***	-0.213	-6.03***	-0.160	-4.25***
Panasonic	0.185	2.06**	—	—	0.0784	1.65*
HITACHI	—	—	0.225	2.26**	0.0666	1.71*
Mitsubishi	0.183	2.56**	0.149	1.57	0.0797	1.39
TOSHIBA	0.177	2.22**	0.144	1.34	0.128	2.74***
SONY	0.250	2.41**	0.198	1.42	—	—
Fujitsu	0.260	3.42***	0.190	2.04**	0.1605	3.51***
Canon	0.126	1.27	0.103	0.77	0.0256	0.50
NEC	0.288	3.59***	0.249	2.47**	0.0999	2.23**
R-sq	0.8778		0.8282		0.6970	
F test	F(6, 30) = 4.31 Prob > F = 0.0030		F(6, 30) = 5.24 Prob > F = 0.0009		F(6, 30) = 2.70 Prob > F = 0.036	
Hausman test	chi2(11) = 23.17 Prob > chi2 = 0.0167		chi2(11) = 34.27 Prob > chi2 = 0.0003		chi2(11) = 17.39 Prob > chi2 = 0.0970	
obs	49 (7 groups)					

(註)\*\*\*は 1%, \*\*は 5%, \*は 10%で有意である。FE は固定効果モデル、RE は変量効果モデル。

次にパナソニックについて考察を行う。パナソニックの研究開発は、NEC・日立製作所・富士通にスピルオーバー効果をもたらしていることが分かる。富士通・NECとはパソコンや電子部品等で、日立製作所とは家庭電器の分野などでスピルオーバーが起こっている可能性が高い。一方、パナソニックから三菱電機・東芝・ソニー・キヤノンへのスピルオーバー効果が観察されなかった。これはパナソニックの情報秘匿力が高いとも考察できる。またあるいは、効果が観察されなかった企業の技術力・情報収集力が低いとも捉えることができる。事実、パナソニック・キヤノン・ソニーはデ

デジタルカメラ分野で、ソニー・パナソニックはブルーレイなどの AV 分野で競っている。ただしどちらもまだ新しい分野であるため、知的財産権の保護が行き届いている可能性も考えられる。

ソニーの結果を見ると、富士通・東芝・NEC へのスピルオーバー率が高く、パナソニック・日立製作所にも効果が認められた。パナソニックからソニーへはスピルオーバー効果は確認できなかったが、ソニーからパナソニックへのスピルオーバー効果が確認できたことは興味深い。これも前述したように、2 社の事業分野におけるパナソニックの情報秘匿力・技術力の高さが考えられるとともに、ソニーの情報秘匿力・技術力の低さとも考察できる。決して事業分野が同じ企業が全てにおいてスピルオーバー効果をもたらされるだけではなく、企業のポテンシャルに依存していることもここでは考察できる。

次に表 4-6 の富士通・NEC・東芝について考察する。それぞれの係数を見ると、富士通はソニー>東芝>三菱電機>パナソニック>NEC>日立製作所の順に、NEC はソニー>富士通>東芝>三菱電機>パナソニック>日立製作所の順に、東芝はソニー>富士通>三菱電機>パナソニック>日立製作所>NEC の順にスピルオーバー率が高い。

3 企業の研究開発のスピルオーバー効果を最も受けている企業はソニーである。またソニーからもこの 3 企業へのスピルオーバー効果が認められている。この 4 社で共通する事業は、パソコンなどのデジタルプロダクツ分野であり、その分野でのスピルオーバー効果と考察できる。

逆に 3 企業からのスピルオーバーが少ない企業は、日立製作所である。日立製作所から富士通・NEC は相対的にスピルオーバーが大きかったのに対して、富士通・NEC からの日立製作所へのスピルオーバーは小さい。しかしここでは、デジタルプロダクツ分野でのスピルオーバーが観察され、これは日立製作所の事業分野とは異なっており、この係数は妥当と言える。また日立製作所は、4.3.2 で富士通・NEC に次いで他社の研究開発によるスピルオーバー効果を受けやすいことが示された。しかし表 4-5 のソニーの結果や、表 4-6 を見ると他企業に比べて係数は小さく、スピルオーバー効果が日立製作所の付加価値に大きくは貢献していないことが分かる。これは日立製作所の事業分野の広さにより、他企業の研究開発による効果の受領範囲は広いが、日立製作所の大きな利益には繋がっていないことが考察できる。

表 4-6 推計結果 3 (富士通・NEC・東芝)

	Fujitsu (RE)		NEC (RE)		TOSHIBA (RE)	
	Coef.	z	Coef.	z	Coef.	z
L	-0.0000106	-3.11***	-0.0000125	-3.88***	-0.0000114	-4.16***
R	-0.223	-3.14***	-0.222	-3.13***	-0.240	-3.84***
MS	0.354	3.90***	0.392	3.63***	0.379	4.72***
CR5	0.381	0.45	0.256	0.31	0.397	0.57
LSD	-0.169	-4.00***	-0.176	-4.23***	-0.185	-5.27***
Panasonic	0.129	2.65***	0.124	2.53**	0.148	3.18***
HITACHI	0.120	3.32***	0.106	3.11***	0.140	3.91***
Mitsubishi	0.156	2.60***	0.149	2.53**	0.168	3.19***
TOSHIBA	0.169	3.44***	0.167	3.36***	—	—
SONY	0.297	5.43***	0.288	5.53***	0.286	6.20***
FUJITSU	—	—	0.199	4.39***	0.208	5.09***
Canon	0.0563	1.05	0.0672	1.19	0.082	1.63
NEC	0.127	2.51**	—	—	0.138	3.17***
R-sq	0.7081		0.6958		0.7535	
F test	F(6, 30) = 4.95 Prob > F = 0.0013		F(6, 30) = 3.69 Prob > F = 0.0072		F(6, 30) = 3.12 Prob > F = 0.0170	
Hausman test	chi2(11) = 19.56 Prob>chi2 = 0.0517		chi2(11) = 9.07 Prob>chi2 = 0.6150		chi2(11) = 10.49 Prob>chi2 = 0.4873	
obs	49 (7 groups)					

(註)\*\*\*は 1%, \*\*は 5%, \*は 10%で有意である。RE は変量効果モデルを示す。

また東芝から日立製作所や三菱電機のスピルオーバーならば、家庭電器・産業システム分野でのスピルオーバー効果が予想されたが、ソニーや富士通よりも係数は小さい。表 4-5 の日立製作所から三菱電機・東芝の係数や、表 4-7 の三菱電機から東芝・日立製作所の係数も同様である。これは事業分野のスピルオーバーの性質とも捉えることができる。デジタルプロダクツ分野や情報通信分野の方が、家庭電器・産業システム分野よりもスピルオーバーが起きやすいと考察することができる。

表 4-7 推計結果 3 (三菱電機・キヤノン)

	Mitsubishi (OLS)		Canon (OLS)	
	Coef.	t	Coef.	t
L	-0.0000176	-4.33***	-0.0000132	-3.31***
R	-0.194	-1.94*	-0.170	-2.34**
MS	0.454	4.80***	0.397	4.19***
CR5	-0.092	-0.12	-0.171	-0.22
LSD	-0.165	-4.14***	-0.182	-4.66***
Panasonic	0.104	1.86*	0.112	2.47***
HITACHI	0.094	1.86*	0.103	2.69***
Mitsubishi	—	—	0.130	2.05**
TOSHIBA	0.151	2.27**	0.144	2.86***
SONY	0.282	4.51***	0.237	4.49***
FUJITSU	0.165	2.65***	0.158	3.51***
Canon	0.116	1.30	—	—
NEC	0.139	2.01**	0.120	2.40**
R-sq	0.8536		0.7561	
F test	F(6, 30) = 2.20 Prob > F = 0.0710		F(6, 30) = 2.05 Prob > F = 0.0898	
obs	49		49	

(註)\*\*\*は 1%,\*\*は 5%,\*は 10%で有意である。OLS は最小二乗法を示す。

表 4-7 を考察する。三菱電機は、ソニー>富士通>東芝>NEC>キヤノン>パナソニック>日立製作所の順である。キヤノンは、ソニー>富士通>東芝>三菱電機>NEC>パナソニック>日立製作所である。キヤノンは他社からのスピルオーバーは有意でなかったのに対し、キヤノン自身が他社に与えているスピルオーバー効果は全社で正に有意となった。キヤノンの事業分野はプリンタ・デジタルカメラが主で、他の 7 社とは違う企業<sup>14</sup>との競合と考えられる場合が多い。しかし、ここでは有意で正の結果が観察でき、事業分野越えてスピルオーバーする可能性を示唆している。

<sup>14</sup> 例えば、リコー、セイコーエプソン、カシオ計算機など。

#### 4.4 まとめ

以上の結果を踏まえ、本稿の実証分析のまとめを行う。

4.3.1 では、富田（2005）と同様に CP と OCP による産業内、産業間スピルオーバーの観測を行った。CP では、リーマンショックの影響を取り除けば、4 産業とも有意に正の結果を得ることができ、産業内スピルオーバーの効果を実証することができた。一方、産業間スピルオーバーはデータの制約により実証されなかった。

4.3.2 では、産業内スピルオーバーをよりミクロの視点で実証分析を行った。電気機器産業では日立製作所・三菱電機・富士通・NEC が、医薬品ではアステラス製薬・塩野義製薬が、化学ではクラレがそれぞれ有意で正になった。産業内の 7 社が以上の企業にスピルオーバーの効果を与えていることを証明した。また自動車産業では、アウトソーシングという側面で、財に体化されたスピルオーバーの可能性を示唆した。

4.3.3 では、電気機器産業の 8 社に絞って実証分析を行った。4.3.2 での結果では、ソニーは有意な結果が得られなかったのに対し、個別企業別で見ると多くの企業から恩恵を受けていることが分かった。また富士通・NEC も安定して高いスピルオーバー率を持ち、日立製作所もスピルオーバー効果を与えられやすいが相対的に低いスピルオーバー率であった。また企業によっては、自社からスピルオーバーの効果を他社に与えていても、逆に他社からのスピルオーバーの恩恵を受けていない場合も観察された。これは、企業の技術力、情報秘匿力に依存することが考察される。また事業分野の特性から、スピルオーバーが起きやすい分野、起きにくい分野も考察することができた。また事業分野を越えたスピルオーバーも観測することができた。

## 第5章 結論

研究開発のスピルオーバー効果について分析を行った。

現状分析では、日本企業の研究開発の効率性について調査を行い、他国に比べて研究開発の効率性の悪さを指摘した。一方でインセンティブの阻害を防ぐため研究開発の成果が意図せざる形で流出しないよう、国と企業が様々な対策を行っている結果も得た。

理論分析では、スピルオーバー率をモデルの中に組み込むことで、スピルオーバーが研究開発投資に与える効果、厚生に与える効果について調べた。財の性質によって、企業の投資傾向が変化する。代替財ではスピルオーバー率が大きい程過少投資の傾向が、補完財では過剰投資の傾向があることを得た。厚生との関係では、スピルオーバー率が高くなるほど厚生は下がり、その中で協力ゲームかつ同時決定ゲームでの均衡において最も厚生が高まることが分かった。

実証分析では、実際に企業間の技術距離と知識ストックを作成して変数に取り込み分析を行った。知識ストックが付加価値に対して有意に負になったことから、日本企業の研究開発の効率性の悪さが示唆された。また現状分析と合わせて、電気機器産業の企業間のスピルオーバー効果を細かく観察した。企業の研究開発が、他社の付加価値に正に働くことを明らかにした。また企業によって、スピルオーバー率に差があり、富士通・NEC・日立製作所・ソニーではスピルオーバーの効果を受けやすい企業であることが分かった。また事業分野によって、スピルオーバー効果の大きさに違いがでることも示唆された。

現在、各企業や国家が利益を守るため、また研究開発のインセンティブ阻害を防御するために情報管理を徹底しているが、スピルオーバー効果によって企業の付加価値は増大していることを本稿では示した。競合他社とも呼ばれる企業が研究開発に力を入れることによって、自社の付加価値は上昇し、更なる研究開発へのインセンティブが生まれる。スピルオーバーの正の効果にも目を向けて研究開発活動を行うことができれば、製造業全体が発展していくと考える。

## 参考文献

- 後藤晃・本城昇・鈴木和志・滝野沢守 (1986), 「研究開発と技術進歩の経済分析」『経済分析』103号, pp.1-96.
- 後藤晃 (1993), 「日本の技術革新と産業組織」東京大学出版会.
- 鈴木和志・宮川努 (1986), 「日本の企業投資と研究開発戦略」東洋経済新報社.
- 富田秀昭 (2005), 「R&D のスピルオーバー効果分析—日本のハイテク産業における実証—」『経済経営研究』Vol. 26, No.2, pp1-58.
- 春名章二 (1999), 「戦略的ゲームとスピルオーバー下の R&D 投資」『岡山大学経済学会雑誌』30 卷 3 号, pp.107-124.
- 春名章二 (2010), 「イノベーション, R&D スピルオーバーと寡占」岡山大学経済学部.
- 渡辺千仞編 (2001), 「技術革新の計量分析」日科技連出版社.
- Goto, A. and K. Suzuki, (1989), “R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries,” *Review of Economics and Statics*, **71**, 555-564.
- Griliches, Z (1979), “Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth,” *Bell Journal of Economics*, **10**, 92-116.
- Jaffe, A. B., (1986), “Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms’ Patents, Profit, and Market Value,” *American Economic Review*, **76**, 984-1001.
- Leahy, D. and J. P. Neary, (1997), “Public Policy Towards R&D in Oligopolistic Industries,” *American Economic Review*, **87**, 642-662.
- 総務省統計局ホームページ <http://www.stat.go.jp>
- 特許庁ホームページ <http://www.jpo.go.jp>
- 東洋経済デジタルコンテンツライブラリー <http://www.tk-dcl.jp/dcl>
- パテントデータベース <http://www.iip.or.jp/patentdb/index.html>
- 文部科学省ホームページ <http://www.mext.go.jp>
- eol ホームページ <http://eoldb.jp/EolDb/>
- WIPO ホームページ <http://www.wipo.int/portal/index.html.en>

## あとがき

卒業論文のテーマは、イノベーションに関わるものにしよう決めていた。様々な理由があったが、純粹に製造業の開発秘話を見たり聞いたりするのが好きだったからという理由が一番だった。製品を開発することは文系の私には叶わないが、経済学の観点から研究開発に関われるきっかけが欲しかったのかもしれない。そして調べていくうちに、スピルオーバーと出会った。

研究開発のスピルオーバー効果の分析の際、この論文では技術距離というものを扱った。特許数をベクトルとして、企業と企業の技術的な距離をはかろうというもの。これを表にしてまとめると実にシンプルなものだが、実際には膨大な時間を費やして作成した。この論文の最も苦勞したところである。しかし文献をあさり、エクセルと **stata** を動かす日々の中で、少しずつ理解を深め、ゴールへと向かってなんとか歩んでくることができた。

ゼミに入ってからこの2年間、色んなことがあり、何かある度にゼミを辞めようかと思うことも多々あった。それでも続けてこられたのは、このゼミで学ぶことが好きで、ゼミで過ごす時間が大切だったからだと思う。だからこそ、この論文は多くの方々の支えがなければ完成までたどり着けなかったと、今改めて感じる。

どんな初歩的な内容の質問でも笑顔で答え、行き詰まったときは一緒に悩みアドバイスをくれた同期のゼミ生、またこのような素晴らしい学業の場で学ばせてくれた家族、両親に本当に感謝している。そして、時に厳しく、時に温かく指導して下さった石橋孝次先生に2年間通して大変お世話になった。本当にありがとうございました。この場を借りて感謝の意を表したいと思う。



付表 1 特許分類表

グループ	特許分類コード	特許内容
1	A(A61 以外)	生活必需品 (医学分野を除く)
2	A61	医学系
3	B	処理操作・運輸
4	C	化学・冶金
5	D	繊維・紙
6	E	固定構造物
7	F	機械工学・証明・加熱・武器・爆破
8	G01-03	測定・光学・写真・複写機
9	G04-08	時計・制御・計算
10	G09-12	表示・音響
11	H01,02,05	電気・電子部品、半導体
12	H03,04	電気回路・通信技術

出所：パテントデータベースを参考に作成

付表 2 技術距離(電気機器)

	パナソニック	日立製作所	三菱電機	東芝	ソニー	富士通	キヤノン	NEC	シャープ	リコー	京セラ	デンソー
パナソニック												
日立製作所	0.728											
三菱電機	0.785	0.597										
東芝	0.917	0.929	0.739									
ソニー	0.882	0.746	0.721	0.833								
富士通	0.842	0.761	0.752	0.859	0.916							
キヤノン	0.59	0.587	0.716	0.612	0.573	0.593						
NEC	0.911	0.715	0.796	0.886	0.849	0.958	0.636					
シャープ	0.718	0.645	0.615	0.665	0.77	0.6	0.751	0.589				
リコー	0.565	0.599	0.769	0.571	0.625	0.463	0.709	0.427	0.71			
京セラ	0.905	0.533	0.803	0.786	0.744	0.831	0.643	0.946	0.558	0.411		
デンソー	0.434	0.486	0.577	0.502	0.226	0.198	0.43	0.301	0.551	0.531	0.331	
技術距離平均	0.752	0.666	0.715	0.755	0.771	0.707	0.622	0.729	0.652	0.580	0.681	0.415