

DA  
3051  
2002  
HG

# 企業の研究開発活動と技術取引に関する研究

筑波大学社会工学研究科学位論文（社会経済）

羽田 尚子

筑波大学大学院博士課程  
社会工学研究科

2003年1月

寄贈  
羽田尚子氏

03006601

## 謝辞

本学位論文は、筑波大学社会工学研究科での著者の産業組織論の研究をまとめたものである。本論文の作成にあたり、多数の先生方、諸先輩方、同学年の友人達に支えられた。非常に感謝している。

修士課程（経営・政策科学研究科）および博士課程（社会工学研究科）での著者の指導教官 小田切宏之先生（現在 一橋大学教授）は、モデルの分析手法を中心に、技術取引の実態に関する有益なデータおよび文献をアドバイスくださった。博士課程で指導していただいた梶井厚志先生（現在 大阪大学教授）は、4章の全般において大変有益なアドバイスをくださった。アイデアからモデル化へのプロセスおよび分析結果について有益なコメントをいただき感謝している。現在の指導教官である橋本昭洋先生（筑波大学教授）には、博士論文作成にあたりご指導いただいた。特に3章のDEA分析では、有益なコメントとモデル修正のアドバイスをいただいた。

その他、多数の先生方および学生の皆様からコメントをいただき、現在の論文が完成した。皆様に深く感謝している。簡単ではあるが謝辞としたい。

# 目次

<b>1章 序論</b>	<b>1</b>
1-1 はじめに .....	1
1-2 先行研究 .....	2
1-3 各章の概要 .....	5
1-4 本論文の主要な結果 .....	7
<b>2章 技術の専有性と企業価値に関する実証分析</b>	<b>9</b>
2-1 はじめに .....	9
2-2 モデル .....	11
2-3 推定方法とデータ .....	14
2-4 推定結果 .....	16
2-5 まとめと今後の課題 .....	19
<b>3章 DEAを用いた製薬企業の研究開発活動の評価</b>	<b>29</b>
3-1 はじめに .....	29
3-2 可変ウェイトによる分析法 .....	31
3-3 研究開発のインプットの測定 .....	34
3-4 分析結果 .....	36
3-5 おわりに .....	41

4章 技術取引と研究開発活動に関する分析	47
4-1 はじめに .....	47
4-2 モデルの説明 .....	49
4-3 モデルの分析 .....	51
4-4 分析結果と考察 .....	57
4-5 まとめと今後の課題 .....	59
5章 結論	67
参考文献	71

# 1章

## 序論

### 1-1 はじめに

本論文は、日本の製造業における企業の研究開発活動と技術取引、およびその市場成果に関する分析である。今日の製造業において、イノベーション創造は市場での競争優位を確立する上で重要な企業戦略の一端を担うものとなった。企業は研究開発活動を通じ、あるいは外部企業との技術取引を通じてイノベーションを創造する。研究開発活動や技術取引を通じて得られたイノベーションは企業の技術蓄積となり、次なるイノベーション開発に貢献すると考えられている [26]。しかしながら「研究開発活動」と「技術取引」は、イノベーション創造において同一の役割を担う訳ではない。技術取引は「技術の伝播」という役割だけではなく、新規参入企業の阻止のような戦略的側面を持つことも示されている [45]。

このように企業は、研究開発活動と技術取引という2つのイノベーション創造活動を組み合わせることにより、イノベーション開発のための技術戦略をたてていると考えられる。産業あるいは企業の研究開発の取り組みの違いから、この戦略は産業および企業ごとに異なると予想される。本論文では企業保有の技術力とイノベーションとの関係、および技術取引と企業の研究開発インセンティブとの関係を分析することにより、企業のイノベーション開発の取り組みと成果について明らかにすることが目的である。これによりイノベーション開発における「研究開発活動」と「技術取引」の役割を示し、企業の技術戦略を検討することが、産業組織論における本分析の貢献である。

本論文は3分析から構成されている。まず、株式市場で決まる企業価値から企業の技術力の評価を行った。企業保有の技術力がイノベーション創造に貢献しているかを

分析し、技術力の指標として何が評価されているのかを研究開発指向の高い3産業を分析対象とし、産業による評価の違いを検証した。続いて、企業保有技術力とそのアウトプットである製品および特許との関係について、製薬企業を対象に分析した。企業ごとの研究開発の取り組みの違いを考慮したモデルにより分析を行い、企業の技術力を検証した。最後に、外部企業との技術取引が存在する場合、技術取引が企業の研究開発インセンティブに与える効果について分析を行った。技術取引形態が内性的に決まるモデルにより、交渉の結果どのような技術取引形態が選ばれるかを示した。

分析結果は「研究開発活動」と「技術取引」が、イノベーション創造にもたらす成果を明示するものとなった。まず、企業保有の技術力はイノベーション創造に貢献し、株式市場で評価されていることが示された。産業別の分析により、技術力として評価される指標が産業ごとに異なる結果となり、産業ごとの研究開発の特性の違いが明らかになった。また、製薬企業を対象に行った企業ごとの研究開発の取り組みの違いを考慮した分析でも、技術力はイノベーション創造に貢献していることが示された。このように、研究開発活動の蓄積から得られた技術力は、イノベーション創造に大きな役割を担うことが分析結果から示された。次に、技術取引と研究開発インセンティブとの関係が示された。技術取引は企業間の過度な研究開発競争を緩和する効果を持ち、企業の技術戦略に重要な役割を果たしていることが明らかになった。

以下本章の構成について述べる。2節では産業組織論における技術の性質と、企業の研究開発活動に関する先行研究をまとめている。3節では各章で行なった分析の概要および各分析の貢献についてまとめている。4節では本論文全体を通して得られた主要な結果についてまとめている。

## 1-2 先行研究

研究開発とイノベーションは、企業戦略上重要な位置を占めるばかりでなく、経済発展の担い手として重要な役割を担い、産業組織論で興味あるトピックとされてき

た。産業組織論では、技術は「非競合性」と「累積性」という2つの性質をもつと考えられており、このような技術の性質と企業の研究開発インセンティブに関する分析が数多く存在する。

まず技術の「非競合的」性質であるが、Arrow [11] はこの性質を情報の専有不可能性と呼んだ。技術の非競合性（ある個人、企業による利用が他の個人、企業による利用を妨げることがない）は公共財と共通の性質をもつ。情報は一度発明されると、それを多人数に利用されることに伴う限界費用は発明のコストと比べて無視できるほど小さく、しかも同じ情報を何人も同時に利用することができる。すなわち社会的最適利用という観点から考える限り、一度発明された情報は、その利用に伴う社会的限界収益が限界費用に等しくなるまで利用されることが望ましい。

次に技術の「累積的」性質である。発明はそれぞれ独立に発生するのではなく、先行技術を基盤として後続技術が生まれることを意味する（Nelson & Winter [40]）。Goto & Suzuki [26] によると発明はその時点までに蓄積された技術能力に依存し、またどのような技術が開発され普及していくかはそれまでの技術発展の経路がどのようなものであったかに依存する。企業保有の技術知識は、過去の研究開発から生み出された知識および経験の積み重ねにより得られたものであり、たとえ研究開発に失敗した場合でもネガティブデータとして蓄積され、将来の発明に生かされていくと考えられている。

ところが発明者の立場から考えた場合、「技術の非競合性」は企業の研究開発インセンティブを低下させることになる。発明者の情報専有を不可能にするため、それに伴う利益を得ることができないからである。つまり利用以前の段階で発明の費用を考えると、場合によっては極めて大きなものとなるため、発明後その情報を独占利用することで十分な収益が得られる見通しがない限り発明インセンティブは損なわれることになる。このように社会的な技術の最適利用と発明のインセンティブとの間にはトレードオフが存在する。両者を可能な限りバランスさせ、企業の研究開発インセンティブを刺激する政策として作られたのが特許制度である。特許制度は社会に発明を公開

する代償として発明者に一定期間発明の独占権を与え、社会全体の技術レベルを引き上げることが目的としている。これにより、多大な費用と時間を要する研究開発のインセンティブを促進し、企業の発明意欲を刺激することが可能となるからである。

しかしながら特許制度は「技術の累積性」の観点から考えた場合、企業の研究開発インセンティブを阻害する可能性がある。Merges & Nelson [39] は、競争相手が保有する技術が特許で保護されることで外部企業の発明利用が不可能な場合、新技術の発明が妨げられる可能性があることを指摘した。このような発明の保護と研究開発インセンティブとの間に生じたジレンマを解決する手段として技術取引が存在する。これにより先行技術の利用が可能となり、後続発明の研究開発インセンティブを促進することができるからである。このようにして行われた技術取引は、技術利用企業の技術蓄積となり、将来の新発明創造に貢献していくのである。

このような技術の性質から、企業の研究開発活動と市場成果について論じる場合、特許制度および技術取引と結び付けて論じられることが多い。Gilbert & Newbery [24] [25] は 企業の特許取得行動と研究開発インセンティブとの関連について分析し、特許制度が存在する場合、相手より早期に発明を得るため企業が研究開発投資を増加させる傾向があることを示した。Lin [36] は企業の技術取引と研究開発活動との関連について分析し、技術取引が企業の研究開発インセンティブを促進し、将来の新技術開発に大きな役割を果たす可能性があることを示した。

昨今では、これまでの産業組織論で考えられていた技術取引と研究開発インセンティブとの枠組みを超え、企業戦略の観点から技術取引の役割について論じられた研究が複数存在する。Rockett [45] は技術取引により市場占有が可能となり、強力なライバル企業の市場参入を阻止可能であることを示した。Gallini & Winter [22] は技術取引によりライバル企業の研究開発活動を停止させることが可能となり、市場で優位な立場を維持可能であることを示した。



### 1-3 各章の概要

前節で述べた技術の2性質をふまえ、「企業の技術力とイノベーション」および「技術取引と研究開発インセンティブ」という2つの視点から、企業の研究開発活動とその成果について2章、3章、4章において分析し、企業の技術戦略について検討することが本論文の目的である。各章の分析の概要は以下のようになる。

2章および3章は、第1の視点である企業の技術力とイノベーションに関する分析である。前節で述べた技術の累積的性質の観点から、過去の研究開発活動により蓄積された技術力は、イノベーション創造に貢献すると考えられている。しかしながら技術力は有形資産と異なり、視覚的に測定することが困難である。2章および3章は、視覚的に測定可能な指標を通じて企業の技術力の評価を行い、技術力がイノベーション創造にどのくらい貢献しているか分析したものである。

2章では、企業保有の技術力を株式市場の評価から測定した。ここでは「特許」と「研究開発ストック」の2指標を技術力を表す指標として分析に用いた。また、研究開発ラグの構造を分析モデル内に組み込んだ。これにより、株式市場が技術力として評価する指標を産業間比較することが可能となった。2章の貢献は、日本の製造業を対象に、株式市場の評価から企業保有の技術力を測定し、実証により示した点である。更にラグの構造や技術力の2指標をモデルに組み込むことにより、産業による技術力の評価指標の違いを分析し、その背景となる研究開発活動の取り組みの違いを検証した点も本章の貢献である。

2章の分析結果は、企業の技術力が評価され、研究開発活動がイノベーション創造に貢献することを示すものとなったが、一方で技術力の評価に課題が残った。特許の評価については、特許の収益への貢献の高さを示すものであるのか、特許一単位の価値の高さを示すものなのか結論づけるのが難しいという問題があり、特許の質の違いを考慮した技術力の評価が今後の課題となったからである。また、分析結果は産業による研究開発動向の違いを示すものであったが、同一産業内であっても各企業の研究

開発の取り組みに差異があり、各企業の特質を企業ダミーにより吸収する分析方法をとっていた。

3章では、2章の分析結果をふまえ、特許の価値が他産業と比べ比較的明確と言われている医薬品産業を分析対象とし、製薬企業の技術力の評価を行った。しかしながら特許一単位の価値が明確であっても重要なのは特許の質であり、保有特許が製品に結びつき、企業収益に貢献するかどうかは不明瞭である。このような問題を解決すべく、3章では「特許」と「新薬数」の2指標を考え、特許を「基礎的な研究能力を表す指標」、新薬数を「市場収益に貢献する指標」として分析に用いた。

3章では、多変量インプット、多変量アウトプットを用いた相対効率性測定法であるDEA(Data Envelopment Analysis)を分析手法とし、インプットに「研究開発ストック」、アウトプットに「新薬数」と「特許ストック」を用いた分析を行った。DEAを使う利点は、多変量アウトプットから企業の相対的な技術力を評価することが可能な点である。特許のような基礎研究を得意とする企業もあれば、製品のような実用的な研究開発を得意とする企業もあり、研究開発の取り組み方は企業ごとに特徴があると考えられる。各企業がどのような研究開発活動を重視しているか定量的に知ることは困難である。3章の貢献は、新薬数という収益への貢献を表す指標を分析に加えることにより、より信頼できる技術力の測定を目指した点である。更に、多変量アウトプットを利用し、企業の研究開発の取り組みの違いを反映した分析により、企業の研究開発活動の評価を行った点も本章の貢献である。

4章は、第2の視点である技術取引と研究開発インセンティブに関する分析である。2章および3章では、研究開発活動のイノベーションへの貢献が示されたが、技術インプットには外部からの技術取引も存在し、研究開発と同様にイノベーション創造に貢献している。4章では外部企業との技術取引が存在する場合、企業の研究開発インセンティブにどのような影響がもたらされるか分析した。具体的には、技術取引が存在する場合、企業の研究開発インセンティブがどのように変化し、交渉の結果どのような技術取引形態が選択されるかゲームモデルによる分析を行ない、技術取引がイノベーション

創造にもたらす成果について検証した。4章の貢献は、技術取引形態の選択が内生的に決まるモデルを使った点である。これにより、従来のような技術取引形態が外生的に与えられた分析では十分説明できなかつた企業の研究開発活動と技術取引の関係について明らかにすることが可能となり、企業の技術戦略について論じることが可能となった。

#### 1-4 本論文の主要な結果

前節で各章の分析概要を示したが、「企業の技術力とイノベーション」および「技術取引と研究開発インセンティブ」の2つの視点からなされた分析により、本論文全体を通して得られた結果は下記の2点に総括できる。

第1は企業の技術力の評価に関するものである。研究開発活動の蓄積から得られた企業の技術力が、イノベーション創造に貢献していることが分析結果から示された。企業の技術力は「株式市場で決まる企業価値」と「新製品と特許」の2つの異なる研究開発の成果から測定されたが、どちらの分析でも、企業保有の技術力がイノベーション創造に重要な役割を果たしていること示された。

第2は、技術取引と研究開発のインセンティブに関するものである。本分析は、技術取引が研究開発活動にもたらす成果について示すものとなった。分析結果から、外部企業との技術取引が存在する場合、企業の研究開発インセンティブが変化することが明らかになった。技術取引は企業間の過剰な研究開発競争を緩和する効果をもち、研究開発に積極的な企業において、技術取引が企業の技術戦略で重要な役割を担うことが示された。

分析結果は、「研究開発活動」と「技術取引」という2つの技術インプットのイノベーション創造への貢献を実証するものとなった。外部企業との技術取引が存在する場合、技術取引は企業の研究開発インセンティブを変化させることにより、研究開発投資額の決定に影響を与えることになる。そして企業は、投資された研究開発資金から研究開発活動を行ない、得られた技術蓄積から次なるイノベーション創造を行なうことになる。

このように研究開発に積極的な企業において、研究開発活動から得た技術力および外部企業との技術取引は、企業の技術戦略において重要な役割を果たしているといえよう。

## 2章

### 技術の専有性と企業価値に関する実証分析<sup>1</sup>

#### 2-1 はじめに

企業価値の創造は、有形資産（有価証券、土地、工場など）ばかりではない。企業保有の無形資産（技術力、ノウハウ、ブランドといった数値化しにくい能力）も同様に企業価値を創造することは複数の先行研究で示唆されてきた。Schumpeter [47] は企業家精神とイノベーション創造との関わりについて述べ、Penrose [43] は企業家精神と経営能力を保有する人材の集合を企業と定義している。Teece, Pisano & Shuen [51] は、技術力や経営能力、企業組織といった目に見えない資産が企業の競争優位を生むと述べている。

本章では企業の無形資産である「技術力」に注目し、技術力がどのくらい企業価値の創造に貢献しているかトービンの $q$ を用いて実証分析を行う。トービンの $q$ （企業価値を有形資産の時価評価額で割った）は投資の調整費用がゼロで参入障壁がない場合、長期的には1となる。しかしながら、もし企業がより多くの技術力を保有していれば、株式市場はこの企業を同程度の有形資産を保有する他企業より高く評価し、結果として $q$ 値が高くなると考えられる。本章の分析の第1の目的は、 $q$ 値と技術力との関係を日本の製造業90社のデータにより検証することである。

第2の目的は、技術資産の測定に関するものである。これは投資家が投資の決定を行う際、企業の技術力のレベルを何で推測するかということである。一般的に、企業の技術力を表す指標として研究開発投資額と保有特許数が考えられているが、どちらが技術力の指標として有効であるか検証する。有効となる指標は産業により異なると予想される。

---

<sup>1</sup>本章は Haneda & Odagiri [29] を博士論文の一章として修正および加筆したものである。

1-2 で触れたように技術には「非競合性」という性質が存在する。特許制度は、発明の社会的最適利用と発明のインセンティブとを可能な限りバランスさせるための制度であり、発明者に一定期間独占権を与えることにより、発明意欲を刺激することがこの制度の目的である<sup>2</sup>。

しかしながら、実際のところ特許による発明専有が可能かどうかは明らかではない。Levin *et al.* [35] は特許の有効性について、米企業を対象にアンケート集計を行った。アンケート結果によると、学習効果によるコストダウン、早期製品化によるリードタイムなどの特許以外の要因が、競争優位獲得手段として有効であった。更に特許の有効性は産業により大きく異なり、医薬品産業では高く評価されているが、それ以外の産業における特許の評価は低いものとなった。後藤、永田 [3] が日本企業を対象に行ったアンケート結果でも、特許の有効性について同様の結果が得られている。これらの先行研究は、産業による特許の価値の違いを示唆するものとなった。

産業による技術力の評価の違いを分析することが本章の第2の目的であった。このため、分析モデルに2点工夫をした。まず、株式市場が研究開発投資と特許に置く評価ウェイトを分析モデルに組み込んだ。次に研究開発ラグの構造を分析に取り入れた。これにより、産業間での技術力の評価の違いを分析することが可能となった。日本の製造業を対象に株式市場の評価を通じ、目視できない「技術力」を測定する点と、産業による技術力の評価の違いを分析し、分析結果から各産業の研究開発の特性を検討することができる点が本分析の貢献である<sup>3</sup>。

以下、本章の構成について述べる。2節では実証分析のモデルを説明する。3節では推定方法と分析に使うデータについて述べ、4節では分析結果と考察について述べる。5節では本章の分析の結果と今後の課題について述べ、本章をまとめる。

---

<sup>2</sup>特許の利用で市場で優位な立場を維持可能であることは、Gilbert & Newbery [24] [25], Gallini [21], Rockett [45] 参照。特許ライセンスがライバル企業の市場参入阻止、あるいは研究開発インセンティブを低下させることを示した。

<sup>3</sup>技術力を測定する要因は、特許数と研究開発投資額ばかりではない。ノウハウ、労働スキル、リードタイム、学習効果も同様に重要な要因である。しかしながらこれらの要因は数量化が難しく、本研究では特許と研究開発投資との関係に限定することにした

## 2-2 モデル

トービンの $q$ と無形資産との関係について複数の先行研究が存在する (Cockburn & Griliches [15], [16]; Griliches, Hall & Pakes [27]; Hall [28]; Hirschey [33]; Megna & Klock [38]). 先行研究では研究開発投資額 (フローまたはストック) あるいは特許数を無形資産の代理変数に用いて分析している<sup>4</sup>. 本研究では企業の無形資産を企業の技術力に限定し, 研究開発投資額と保有特許数を代理変数に分析を行う. 従って, 企業イメージやブランドといった他の無形資産は, 分析対象から外している<sup>5</sup>.

$A_t$  を  $t$  年次の保有有形資産,  $K_t$  を保有無形資産とする. この時,  $t$  年次の企業価値  $V_t$  は 有形資産と無形資産によって決まる関数  $f$  により次のように表される.

$$V_t = f(A_t, K_t)$$

Cockburn & Griliches は 企業価値  $V_t$  が有形資産と無形資産の変化に伴い変動するものと考え, 以下のような定式化をした<sup>6</sup>.

$$V_t = a(A_t + \beta K_t) \quad (2.1)$$

$a$  は有形資産の,  $a\beta$  は無形資産の投資の調整費用に依存するパラメーターで各々正の値をとる.  $\beta$  は 有形資産と無形資産の間の相対的なシャドウプライスで, 1より小さければ (大きければ) 無形資産の企業価値に対する限界的な効果は, 有形資産のそれよりも小さい (大きい) ことを意味する.

トービンの $q$ は  $A_t$  に対する  $V_t$  の比で定義されるので

$$q_t = \frac{V_t}{A_t} = a \left( 1 + \beta \frac{K_t}{A_t} \right) \quad (2.2)$$

<sup>4</sup>Hall および Hirschey は広告費も含めている

<sup>5</sup>ブランドは無形資産として大変重要な役割を果たしていることが推測されるため, 分析当初, 広告費も無形資産の代理変数としていた. しかしながら, 広告費の経常の有無は企業により異なり, サンプル数が非常に少なくなってしまうため, 分析対象からはずすことにした.

<sup>6</sup>Wildasin [53] による複数資本財がある場合の $q$ 理論に基づき, 局所線形近似を用いた.

となる。両辺の対数を取り、 $x$  が十分小さい時  $\log(1+x) \simeq x$  であることから  $\alpha = \log a$  と書くと、(2.2) 式は、

$$\log q_t \simeq \alpha + \beta \frac{K_t}{A_t} \quad (2.3)$$

と変形できる。

技術資産  $K_t$  は特許数のストックと研究開発投資額のストックで測定するものとする。 $PS_t, RS_t$  は年次  $t$  の特許数のストックおよび研究開発投資額のストックを表し、産業別の技術陳腐化率から計算したものとする（詳細は章末の補論参照）。 $K_t$  は  $RS_t$  と  $PS_t$  の線形結合で近似されるものと仮定し、(2.3) 式を次のように表現する。

$$\log q_t = \alpha + \beta \left( \theta \frac{RS_t}{A_t} + (1-\theta) \frac{PS_t}{A_t} \right) \quad (2.4)$$

$\theta$  は研究開発ストックに対するウエイトであり、 $1-\theta$  は特許ストックに対するウエイトである。これらのウエイトは、株式市場が企業の技術資産の評価に利用するものと考え、(2.4) 式に組み込まれている。特許取得が収益に大きき貢献するのであれば、 $\theta$  は比較的小さい値をとると予想される。逆に、特許取得が収益貢献の手段としてさほど効果がないのであれば  $\theta$  は 1 に近い値をとると予想される。モデルに評価ウエイトを組み込み、 $\theta$  の値を推定することで、産業間の技術力の評価の違いを検証することが可能となる。

Cockburn & Griliches [15], [16] は、 $t$  期の研究開発投資額  $NR_t$  を R&D News と定義し分析に用いた。分析結果は、株式市場が今季投資額  $NR_t$  を企業収益を推測する ‘News’ として高く評価していることを示した [16]。

$t$  期研究開発ストック  $RS_t$  は  $t$  期研究開発投資額  $RD_t$  により次のように表される。

$$RS_t = RD_t + (1-\delta) RS_{t-1} \quad (2.5)$$

(2.5) 式内  $\delta$  は技術陳腐化率を示す。Cockburn & Griliches は (2.5) 式  $RD_t$  を ‘R&D News’ と定義し、 $NR_t$  と表記した。研究開発ストック  $RS$  は、毎期の研究開発



投資  $RD$  により表すことができるため、(2.5) 式は次のように展開することができる。

$$\begin{aligned}
 RS_t &= RD_t - \delta RS_{t-1} + RS_{t-1} \\
 &= RD_t - \delta RS_{t-1} + RD_{t-1} - \delta RS_{t-2} + RS_{t-2} \\
 &= RD_t - \delta RS_{t-1} + RD_{t-1} - \delta RS_{t-2} \\
 &\quad + \dots + RD_{t-2+1} - \delta RS_{t-s} + RS_{t-s}
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

$RS_{t-s}$  項を除き、全ての項は毎期の研究開発投資  $RD$  で表示できることが (2.6) 式から解る。本章の分析では Cockburn & Griliches [15] の結果を参考に ‘R&D News’ として  $RN(s)_t$  を定義し、株式市場が  $RN(s)_t$  とその残りの研究開発ストック  $RS_{t-s}$  に対し、異なった反応を示すと仮定する。これにより (2.4) 式は次のようになる。

$$\log q_t = \alpha + \beta \left( \theta \frac{RS_{t-s}}{A_t} + \phi \theta \frac{RN(s)_t}{A_t} + (1 - \theta) \frac{PS_t}{A_t} \right) \tag{2.7}$$

$\phi$  は株式市場が 最近  $s$  年の研究開発投資に置くウェイトを意味する。

$\phi$  が 1 より大きな (小さな) 値をとると決定づける理由はない。もし株式市場が企業の最近の研究開発活動を、現在もしくは将来の企業の技術力を表す指標ととらえているのであれば、 $\theta$  は 1 より大きな値をとるはずである。一方、研究開発投資が成果に結びつくまでには数年のタイムラグが存在し、商品として技術が市場に出回ったり、製法として実際の製造過程で利用されるには更に数年かかることが示されている。科学技術庁 (現在の文部科学省) が 1985 年に行った研究結果によると、このタイムラグの平均は電機および化学 (医薬品も含む) 産業では平均 3.3 から 5.9 年であった。従って Cockburn & Griliches の分析のように、アприオリに ‘News’ 期間を 1 年と決定した場合、株式市場がタイムラグを考慮して企業の現時点の技術力を評価しているとするれば、 $RS_{t-s}$  にも反応を示すことになる。その結果  $\phi$  は 1 より小さい値をとる可能性があると推測され、‘News’ の定義である「今後の企業収益を予測する指標」から逸脱した結果が予想される。

本章の分析ではこの問題を解決するために、産業による研究開発ラグの違いを分

析に組み込み、株式市場が‘R&D News’として認識する年数  $s$  が産業間で異なることを考慮した。推定した結果、‘News’ となる期間  $s$  は電機産業で1、化学産業で3、医薬品産業で4 となり、全ての産業で  $s = 1$  と設定した Cockburn & Griliches と異なる結果になった。株式市場の‘News’ に対する評価ウエイト  $\phi$  と研究開発ラグを分析に組み込むことにより、‘News’ を企業の技術動向を表す指標としてとらえ、産業による評価指標の違いを検討することが可能となった。

## 2-3 推定方法とデータ

分析対象企業は研究開発に積極的で、特許の有効性が異なると予想される日本の製造業3産業（医薬品、化学、電機 の3産業）である。サンプル企業数は医薬品産業24社、化学産業41社、電機産業40社である<sup>7</sup>。しかしながら同一産業内であっても、企業の製造品は不均一である。

例えば化学産業の分析対象企業41社には、多様な化学製品を製造する総合化学企業も含まれているし、比較的狭い製品分野（例：塩化ビニール関連製品など）の商品に特化して製造する企業も含まれている。大半の企業は中間財を販売しているが、複数の企業では洗面用品や塗料のような消費財も製造している。医薬品産業では約半数が臨床医薬品の製造企業であるが、残り半数は一般医薬品や医療器具も製造する企業である。このように製造品の不均一があるため、分析対象企業を同一に扱うには恣意性があり、また分析結果も芳しくないものとなった。

それゆえ製造品や製造規模により、分析対象企業を複数のグループに分割した<sup>8</sup>。

化学産業は4グループに分割された。3社が一般化学（複数の化学製品を製造する企業）、11社がプラスチック製品、4社が塩化ビニール関連製品、5社が塗料およびインキである。残りの企業は主要な製品が多岐に及ぶため、グループに分割不可能で

<sup>7</sup>分析期間中に研究開発投資額のデータに数年の欠損があった企業（例：日立製作所など）および研究開発投資額と特許数の経常に信憑性がない新企業は分析対象から外した。

<sup>8</sup>グループ分割は日本経済新聞社 NEEDS データバンクに従った。当初工業統計表による分析に従っていたが、特に「一般化学」企業の製造する製品の多様性から分類は困難を極めたためである。

あった。電機産業は4グループに分割された。5社が重機関連製品（発電機やモーターなど）、6社が一般家電、7社が通信および電機機械、5社が電子部品である。化学産業と同様の理由から残りの企業はグループ分割不能となった。

医薬品産業では9社がほぼ同一的であり、臨床医薬品を基本製造品とした企業であった。これら9社は武田や三共を含み、研究開発に積極的であり、重要な医薬品特許を複数保持する企業から構成されている。残りの企業は製品の不均一が多岐に及ぶため、グループ分類を断念した。

分析対象期間は1981年から1991年の11年間とし、産業および分割したグループごとのデータからパネル分析を行う。データ詳細については章末の補論に記述した。分析手法は企業ダミーを用いた固定効果モデルを採用した。パネル分析で一般的に用いられる変量効果モデルは、自由度を維持するという点で固定効果モデルより優れているという利点があるが、このモデルの推定量は個々の定数項が独立変数と相関がある場合一致性がなくなる。分析データに Hausman 検定統計量を計算したところ、「変動効果モデルの定数項と独立変数との相関がない」という仮説が棄却されたため、本分析では固定効果モデルを採択することにした。

自由度の減少を最小限に押さえる方法として企業ダミーではなく、産業もしくはグループダミーを用いる方法がある。本分析でも産業ダミーによる分析を行ったが、測定しづらいブランドや企業の信用度といった技術力以外の企業固有の要因が明白であり、よい結果が得られなかった。同一グループ内でも企業構造の違いが存在するため、グループダミーによる分析でも同様の結果となった。このため自由度が減少するという欠点があるものの、本分析では企業ダミーを用いた固定効果モデルを採用した。

研究開発ラグについては、2-2 で述べたように 'R&D News' として観測される期間  $s$  は電機産業で1の時、化学産業で3の時、医薬品産業で4の時、モデルへのあてはまりが一番よかった。この結果は、株式市場が企業の研究開発活動の動向を予測するにあたり、産業毎に 'News' 期間が異なることを示すものとなった。この背景には、産業による新製品のサイクル速度に違いがあることが推測される。技術進歩著しい電

機産業ではごく最近の研究開発投資額が技術動向を示す指標となり、製品化までのプロセスが長期であると言われる化学および医薬品産業では、より長い期間を技術動向を示す指標として見られていることを示唆している。

章末添付の表1は、分析に使う4変数の平均値を産業およびグループ毎に示したものである。qの平均値は複数の産業で1以上であり、医薬品産業では2より大きな値であった。(2.1)式で示したように、無形資産が重要である(つまり $\beta K_t$ が正の値をとる)ほど、あるいは投資の調整費用が大きい(つまり $a$ が1より大きい値をとる)ほど、<sup>9</sup> qは1より大きな値をとると考えられる。

有形資産に対する研究開発投資の比率は、3産業中医薬品産業で最大の値であった。変数RSとRNとの総和が研究開発ストックであるので、医薬品産業の研究開発ストックは有形資産の40パーセントを占めることが表1から示されている。この比率は化学、電機産業の順に小さくなり、電機産業では10パーセント程度となっている。

これに対し、有形資産に対する特許数の比率は、医薬品産業で3産業中最小の値をとった。これは、医薬品産業における研究開発活動の非効率性を意味する訳ではない。なぜなら、電機産業と医薬品産業における特許の保護範囲が大きく異なり、1特許の重要性が異なるからである。実際、電機産業では年に1000件以上の特許を取得するのにに対し、医薬品産業では100以上の特許を取得することはほとんどない。1996年に米国での特許取得数が多かった企業のトップ10は、IBMを筆頭に全て電機産業が占めている。同様の傾向は表1のPS/Aが電機産業、特にNEC(先のUSトップ10中4位)および富士通(8位)を含む通信機器産業内で高い値を取ることから推測できる。

## 2-4 推定結果

推定結果は章末添付の表2に示した。医薬品産業では全変数が予想どおり正で有

---

<sup>9</sup>それ以外には不完全競争、参入障壁が考えられる要因である。Lindenberg & Ross [37], Sallinger [46], Smirlock, Gilligan & Marshall [49]によるトービンのqと集中度および市場占有率との関係についての先行研究がある。

意な値となった。これに対し、化学産業では  $PS/A$  の係数は負で有意な値をとり、特許が企業価値に影響を与えているという仮説と矛盾する結果となった。同産業内の複数のグループでは常に有意ではないものの、 $PS/A$  の係数は正の値をとった。この理由として、化学産業に属する企業は中心とする製造品の種類が多岐に及ぶため、産業別推定で特許の企業価値への貢献を分析するのは難しいことが考えられる。

電機産業では  $PS/A$  は有意でないが正の値をとり、化学産業と同様の問題は起らなかった。しかしながらグループ毎の分析結果では、家電グループと通信グループで  $PS/A$  の係数は正で有意な値をとる一方で、重機、電子部品グループでは負で有意な値をとった。従って負の値をとったグループでは  $PS/A$  をゼロとし再度分析しなおした。

表1で見た特許の積極的取得から予想されるように、通信機器グループでの特許の企業価値への貢献は明らかであった。同様に家電グループでも特許の企業価値への貢献が示されている。家電グループはノウハウやマーケティング、製品デザインといったような特許以外の要因が収益に大きく貢献すると考えられているため、この結果は予想と反するものであった。しかしながら家電グループには日本ビクター、ソニー、シャープなど研究開発に積極的な企業が複数含まれており、VSH規格に代表されるような強力な特許および複数の関連特許を取得している。このような企業が家電グループに複数属していることから、 $PS/A$  の係数が正で有意な値をとるものと考えられる。

$RS/A$  および  $RN/S$  の係数は医薬品、化学および化学4グループ全てにおいて正で有意な値となった。これは研究開発ストックが企業の技術力測定の重要な指標と考えられていることを意味する。更に  $RN/S$  の係数は常に  $RS/A$  の係数より大きく（つまり  $\phi$  が1より大きな値をとる）、過去の研究開発投資と比較し、株式市場が最近の研究開発投資を企業の技術力の指標としてより高く評価していることを示す結果となった。同様の傾向は電機産業および電機4グループでも見られたが、全ての係数が常に有意な値をとらなかった。

推定結果から得られた係数をもとに  $\beta$ （無形資産のシャドウプライス）、 $\theta$ （特許

ストックに対する研究開発ストックへのウエイト),  $\phi$  (最近  $s$  年の研究開発投資に対するウエイト) を計算し, 章末添付の表3にまとめた. 研究開発ストックと特許ストックの単位が異なるため  $\beta$  および  $\theta$  の値そのものは意味をもたない<sup>10</sup>. しかし, 産業内あるいはグループ内での比較において, この値は意味をもつと考えられる.

$\beta$  は医薬品産業で最大であり, 製薬企業の技術資産が企業価値創造に貢献していることを示すものとなった.  $\beta$  は電機グループより化学グループで大きな値をとる傾向が見られたが, グループ毎に見ると化学産業での  $\beta$  値はばらつきがあった. 塗料およびインキグループでは同一産業内で  $\beta$  値が最大であるが, 他の化学グループは, 家電グループおよび通信機器グループと類似した値となり, 医薬品産業の  $\beta$  値の約1/7から1/10の値をとった.

$\theta$  は医薬品産業で最小となり, 医薬品企業の技術力の指標として特許ストックに高いウエイトがおかれていることを意味する結果となった. 特許は医薬品企業にとって利益専有に有効な手段であるため, 他の産業と比較し, 市場価値が特許ストックに対して敏感に反応するためだと推測される.

その他の理由として, 医薬品産業では1特許の価値が他産業に比べて高いことが考えられる. 電機産業では特許保護の範囲が狭く, 1発明を複数の特許で保護し模倣を防ぐ傾向がある. 一方, 医薬品産業では「物質特許」が認められているため, 特許保護の範囲が広く, 発明を1特許で保護する傾向がある. このように医薬品産業では複数の特許取得の必要がないことから, 1特許の価値が高いと考えられている. この傾向は表1の  $PS/A$  (有形資産に対する特許ストックの比率) からも明らかであり, 医薬品産業の  $PS/A$  値は電機産業の約1/5である. 医薬品産業との比較のため医薬品産業の  $PS/A$  を5倍にしてみると,  $PS/A$  の係数は735.007 (表2参照) の5分の1, 約147になる. この時  $\theta$  は0.045となり, 通信グループの  $\theta$  より大きな値をとることになる.

$\theta$  が小さな値をとることが特許の利益専有性の高さを示すものであるのか,

---

<sup>10</sup>  $RS$  および  $A$  の単位は100万円であり,  $PS$  は個数である.

あるいは特許一単位の価値の高さを示すものであるのか結論づけるのは難しい。企業の技術力の指標として保有特許数を考えるには限界があると思われる。特に医薬品産業では保有特許数が少ないことは、例えばグラクソ社潰瘍薬「ザンタック」のように企業収益に多大な影響をもつ特許を保有していることを意味していると考えられている。しかしながらこのようなパワフルな特許はごく少数であり、大半の特許の利益への貢献は僅かだと考えられる。保有特許数よりその特許の質が重要であり、それが企業の技術資産測定のよりよい指標となり得ることなのである。

章末添付表4は、推定結果から計算した弾力性の値である。企業価値に対する技術資産の貢献は表4からも同様に示されている。表4から  $PS/A$  に対する  $\log q$  の弾力性は医薬品産業で最大の値をとることがわかる。この値は化学産業の塗料・インキグループ、電機産業の家電、通信機器グループの約2倍である。 $RS/A$  および  $RN/A$  の  $\log q$  に対する弾力性の値も医薬品産業で最大の値であり、 $q$  値に対する技術資産への貢献が医薬品産業で顕著であることを示している。

次に表3の  $\phi$  について見る。 $\phi$  は分析対象全産業で1以上の値をとり、株式市場が ( $s$  年以前の研究開発投資額と比較し) 最近  $s$  年の研究開発投資額を高く評価しているという結果となった。この背景として、最近の研究開発投資額が企業の技術動向を予測するよりよい指標となり得ることが考えられる。 $\phi$  は電機産業、特に通信および電子部品グループでより大きな値をとり、通信および電子部品産業の技術進歩の速さが  $\phi$  の大きさの背景となっていると推測される。これに対し重機および家電グループでは  $\phi$  の値は小さく、この背景として、産業基盤となる製品の技術動向がある程度固定しており、既存企業が新規参入企業により、市場での優位な立場を脅かされることが少ないことが考えられる。

## 2-5 まとめと今後の課題

特許制度は発明者に一定期間発明を専有させる権利を与え、発明のインセンティ

ブを促進する制度である。しかし技術は非競争性をもち、完全な利益専有には限界がある (Ordover [42])。更に利益専有手段としての特許の役割は産業により異なると考えられる。本章では株式市場で決まる企業価値から企業の技術力を測定し、特許の利益専有性の産業間での違いを、日本の製造業3産業のデータによる実証分析で検証した。

本章では研究開発に積極的な日本の製造業3産業を対象に、技術力の評価の違いを産業間比較した。技術資産は研究開発ストックと特許ストックの線形結合で表されるものとし、この2指標に対する株式市場の評価ウェイトを推定した。産業間で異なる研究開発ラグを考慮し、今後の研究開発動向を探る指標となる‘R&D News’を算出し、分析に用いた。これにより産業による株式市場の評価の違いを検討し、その背景となる産業による研究開発の取り組みの違いを検証することができた。

推定結果から、一部のグループの特許ストックの係数を除き、特許ストック、研究開発ストックおよび‘R&D News’の係数は、全ての産業で正の値をとることが分かった。この結果は、技術資産の企業収益への貢献を株式市場が評価していることを意味し、特に医薬品産業では、特許の収益への貢献が株式市場で高く評価されていることを示すものとなった。特許の収益への貢献についての本分析結果は、Levin *et al.* [35], 後藤, 永田 [3] の特許の利益専有手段の有効性に関する企業アンケートの結果と一致するものとなった。この背景として、医薬品産業では特許の発明保護が強力であり、取得特許数が少ないことから、一特許の価値が高いことが考えられる。電機産業の通信、家電グループでは特許が収益に貢献すると株式市場が判断し、技術力の指標として特許が評価された。特に、最近の研究開発投資‘R&D News’が企業価値に大きな影響を与えていることが示された。この背景として、電機産業の技術陳腐化の速さが考えられる。

もちろん、企業の無形資産は研究開発投資と特許だけではない。例えば医薬品産業では、医療関係者への「信用」が大切であると考えられており、薬品営業人材の育成が大変重要である。電機産業では、記述による伝達が難しい熟練技術者の技や企業



特有のノウハウが、製品ブランドやマーケティング力と同様に重要な資産である。これは化学産業でも同様である。しかしこれらの無形資産は数量化が難しく、本分析から除外した。章末添付表2「推定結果」の調整済み決定係数値は、数値化できなかった無形資産を反映した結果になったものとする。

本研究により、企業の技術力は株式市場で評価されており、技術力として評価される指標が産業により異なることが示された。社会的に望ましい特許制度のあり方について明らかにするためにも、より信頼できる技術価値の測定が必要だと考える。技術の累積的性質および特許の質の違いを考慮した技術価値の測定が今後の課題である。

表1. 産業平均値

産業	$q$	$RS/A$	$RN/A$	$PS/A$	企業数
医薬品	2.1522	.24610	.16235	.00070	9
化学	1.4234	.08831	.02693	.00179	41
一般化学	1.3064	.08974	.03084	.00155	3
プラスチック	1.4849	.08652	.02617	.00210	11
塩化ビニール	1.1910	.10130	.03677	.00147	4
塗料・インキ	1.4684	.04280	.01377	.00167	5
電機	1.6985	.07799	.01038	.00356	40
重機	1.74841	.07022	.00536	.00340	5
家電	1.79005	.08504	.00985	.00306	6
通信機器	1.64459	.10665	.01720	.00392	7
電子部品	1.69839	.04571	.00594	.00207	5

表2. 推定結果

産業	<i>RS/A</i>	<i>RN/A</i>	<i>PS/A</i>	<i>Adj.R</i> <sup>2</sup>
医薬品	2.2791 (1.8773)*	7.0228 (4.6308)***	735.007 (2.1725)**	.3355
化学	1.8322 (3.1329)***	5.8528 (6.7597)***	-92.5530 (-4.6424)***	.3184
化学一般	2.5549 (2.7272)**	6.5438 (2.3692)**	69.8721 (0.4440)	.6609
プラスチック	3.7906 (2.0552)**	6.9829 (3.4023)***	88.9037 (1.8386)*	.2071
塩化ビニール	2.3721 (3.2190)***	6.1097 (4.5864)***	76.1187 (1.4920)	.5097
塗料・インキ	11.6213 (2.9256)***	11.9243 (2.8682)***	166.9431 (1.4163)	.3436
電機	0.3558 (0.9380)	2.8747 (2.1962)**	5.3827 (0.5315)	.2430
重機	6.2979 (2.3345)**	9.6849 (1.0327)		.1885
家電	2.0836 (0.3834)	2.5053 (1.7510)*	84.5415 (2.4570)**	.2244
通信	0.3246 (0.7187)	2.2940 (1.7367)*	65.177 (2.6979)***	.4626
電子部品	1.4614 (0.6081)	15.2136 (1.7589)*		.1033

(a) 企業ダミー入り固定効果モデルで推定。

(b) サンプル数は分析対象期間11年×企業数（表1参照）

(c) ( )内値 *t* 値。\*\*\*, \*\*, \* はそれぞれ有意水準 1%, 5%, 10% 両側検定で有意であることを示す。

(d) 重機, 電子部品産業では *PS/A* なしの推定結果である（本文参照）。

表3. 推定パラメータ値

産業	$\phi$	$\beta$	$\theta$
医薬品	3.0813	737.2861	0.00309
化学			
一般化学	2.5612	72.4270	0.03527
プラスチック	1.8421	92.6943	0.04089
塩化ビニール	2.5756	78.4908	0.03022
塗料・インキ	1.0260	178.5644	0.06508
電機	8.0795	5.7385	0.06200
重機	1.5377	6.2979	1
家電	1.2023	86.6251	0.02405
通信機器	7.0671	65.5016	0.00495
電子部品	10.4096	1.4614	1

推定した各変数の係数より算出。化学産業については  $PS/A$  の係数がマイナスだったため計算から除外。重機および電子部品については1として計算。

表4.  $\log q$ に対する弾力性値

産業	$RS/A$	$RN/A$	$PS/A$
医薬品	.5688	1.1401	.5145
化学	.1618	.1576	-.1656
一般化学	.2292	.2018	.1083
プラスチック	.3279	.1827	.1866
塩化ビニール	.2402	.2246	.1118
塗料・インキ	.4973	.1641	.2787
電機	.0277	.0298	.0191
重機	.4422	.0519	
家電	.1771	.0247	.2586
通信機器	.0346	.0394	.2554
電子部品	.0668	.0903	

注: 表4は推定された各変数の係数をもとに計算した  $\log q$  の各変数に対する(平均値で評価した)弾力性である。

## 補論：データについて

### 1. 引用データ

主なデータソースとして 研究開発投資額を含む企業財務データは「日本経済新聞社 NEEDS DATA BANK」(日本経済新聞社), 株価は「株価総覧」(東洋経済), 卸売価格指数は「物価指数年表」(日本銀行), 地価は「市街地価格指数」(財団法人日本不動産研究所) 減価償却率は「国民経済計算年報」(経済企画庁), 研究開発デフレーターは「科学技術研究調査」(経済企画庁), 特許数は「広告特許数年間索引」(日本特許情報機構) を利用した。

### 2. 企業価値

各企業の3月株価終値に発行済み株式数を掛け、負債(簿値)を加え算出した。

### 3. 有形資産時価評価額

#### 3-1. 土地市場価格

1955年を基準年とし、1955年土地簿価が1955年土地時価評価額に等しいと仮定する。また簿価の対前年度比増加分はその年新たに取得したものと仮定する。 $LC_t$  を  $t$  年次の土地時価評価額,  $LB_t$  を  $t$  年次土地簿価,  $PL_t$  を  $t$  年次地価とすると、下記方法で土地市場価格を計算した。

$$LC_t = LC_{t-1} \times PL_t / PL_{t-1} + (LB_t - LB_{t-1})$$

#### 3-2. 資本ストック評価額

建物・構築物、機械装置、車両運搬具、工具機器を評価対象にした。 $KB_t$  を  $t$  年次末減価償却対象資産簿価 とすると、 $t$  年次名目粗投資額  $NI_t$  は次のように表される。

$$NI_t = KB_t - KB_{t-1}.$$

すると、 $t$  年次実質資本ストック（資本ストック評価額） $KC_t$  は

$$KC_t = KC_{t-1} \times PK_t / PK_{t-1} + NI_t$$

となり、これを資本ストック評価額として計算した。 $t$  年次価格指数  $PK_t$  は卸売物価指数の「建物用材」「電機機器」「精密機器」「輸送用機器」の平均値を利用した。

### 3-3. 有価証券時価

受取配当金から割戻す方法を用いて計算した。有価証券には資産項目に記載されるものと投資項目に記載されるものがある。 $t$  年次投資項目の有価証券  $EI_t$  については、市場平均に等しい利回りを市場で得ていると仮定して評価し、 $t$  年次資産項目の有価証券  $EN_t$  については、時価評価額と簿価が等しいと仮定し、下記方法で  $t$  年次有価証券時価額  $EC_t$  を算出した。

$$EC_t = \text{受取配当金簿価} \times (EI_t / (EI_t + EN_t)) / \text{東証上場株式平均配当率} + EN_t.$$

### 3-4. その他の資産

簿価が時価評価額と等しいと仮定して計算した。

## 4. トービンの $q$

$q$  は、企業価値を 3 で算出した 4 資産の時価評価額で割ることにより、算出した。

## 5. 研究開発ストック

$t$  年次研究開発ストックを  $RS_t$  は  $t$  年次研究開発投資額  $RD_t$  により次のように表される：

$$RS_t = RD_t + (1 - \delta) RS_{t-1}.$$

$\delta$  は技術陳腐化率である。上記式を展開すると

$$RS_t = RD_t + (1 - \delta)RD_{t-1} + (1 - \delta)^2RD_{t-2} + \dots \\ + (1 - \delta)^{T-1}RD_{t-T+1} + (1 - \delta)^T RS_{t-T}$$

が得られる。 $RD_t$  は  $t - T + 1$  年まで一定率  $g$  で成長すると仮定する。この時、ベンチマークとなる  $t - T$  年の研究開発ストック  $RS_{t-T}$  は次のように表される：

$$RS_{t-T} = \frac{RD_{t-T+1}}{\delta + g}.$$

本分析では  $T$  を 7 年とり、成長率  $g$  は 7 年間の  $RD_t$  の平均成長率を利用した。技術陳腐化率  $\delta$  は科学技術庁が 1985 年民間アンケートによって推定した結果を用いている。電機産業は 0.139, 医薬品および化学産業では 0.092 となっている。本文で記載したが、 $RS_t$  は  $RN(s)_t$  と  $RS_{t-s}$  に分割し、推定している。

## 6. 特許ストック

特許ストックはストック算出年次  $T$  を 5 年、後藤 [2] の研究結果を参考とし、陳腐化率  $\delta$  の値には医薬品産業で 0.108, 医薬品および化学産業で 0.136 とした。それ以外は 5 の研究開発ストックと同様の方法で算出した。



## 3章

# DEAを用いた製薬企業の研究開発活動の評価<sup>11</sup>

### 3-1 はじめに

企業の研究開発活動を評価するにあたって、研究開発をインプットとアウトプットの2つの側面からとらえることがある [1], [18]。インプットとして、研究開発費、研究者数などが考えられ、研究開発成果にあたるアウトプットとして、研究論文数、特許数、新製品数などが考えられる。また、利潤などを派生的なアウトプットとしてとらえることも可能であろう。

研究開発のインプットとアウトプットとの関係を分析した先行研究として、Jensen [34] は米国の製薬企業について研究開発費と新薬数との関係を回帰モデルにより分析し、正の相関があることを示した。また、Odagiri & Murakami [41] は日本の製薬企業について研究開発のタイムラグを考慮して研究開発費と新薬数との関係を分析し、正の相関があることを示した。

本章は、研究開発のインプットとアウトプットとの関係を回帰モデルにより推定する従来の分析アプローチとは異なり、研究開発のインプットとアウトプットをもとに日本の製薬企業における研究開発活動の相対的な評価を行うものである。具体的には、研究開発のインプットとして各年の研究開発費より求めた研究開発ストック、アウトプットとして特許数と新薬数を用いて、企業の経営資源の1つである技術力がどのくらい研究開発成果に結びついているかを評価する。

企業や政府などの研究機関の研究開発活動を総合的に評価した先行研究の1つとして、Geisler [23] による研究がある。Geislerは研究開発成果を、特許取得など初期成果 (immediate outputs), 新製品開発などの中期成果 (intermediate outputs), 経済

<sup>11</sup>本章は、本庄、羽田[6]を修正および加筆したものである。

的効果などの終期成果 (preultimate outputs) と最終期成果 (ultimate outputs) の4期に分類し、これをもとに研究機関の研究開発活動を評価する指標を求めた。分析例として、測定可能とした初期成果および中期成果の2期について、研究論文数、特許数、研究員の博士号を所持している割合、新製品数などの評価項目を選定し、2つの研究機関の研究開発活動を評価した。この評価を行うにあたって、研究開発部門管理者などから得た情報をもとに各項目に対してのウェイト付けを行い、統合的な研究開発成果の指標を求めた。

一般的に、企業の研究開発への取り組み方は異なると考えられ、研究開発成果の各項目についてのウェイトを先験的に決定することは困難であろう。特許や研究論文など基礎的な研究開発を得意としている企業もあれば、新製品開発などの実用的な研究開発を得意としている企業もあり、研究開発の取り組み方には企業ごとに特徴があると考えられる。また、たとえ同じ企業であっても、時間的な経過にともない研究開発の取り組み方が変化していくことも考えられる。企業の研究開発成果を評価する場合、各企業の研究開発への取り組み方を考慮した上で評価を行う必要があるが、各企業がどのような研究開発活動にウェイトをおいて取り組んでいるかを定量的に知ることが困難である。

そこで、本章の分析では、研究開発成果を測定する各項目に対して一義的な固定ウェイトを用いるのではなく、企業の特徴を考慮して可変ウェイトを用いた研究開発活動の評価を行う。分析法としてDEA(Data Envelopment Analysis)を用い、製薬企業の研究開発活動の評価に適用していく<sup>12</sup>。

以下、本章の構成について述べる。2節では、本章での分析法として用いるDEAについて説明する。3節では、研究開発のインプットとして用いる研究開発ストック、およびその計算方法について説明する。4節では、分析に用いるデータについて説明し、分析の結果と考察を述べる。最後に5節で本章の結果をまとめる。

---

<sup>12</sup>DEAを用いた研究開発活動の評価の先行研究として、矢澤 [8]、李、木嶋 [9] などがある

## 3-2 可変ウエイトによる分析法

### DEA

DEAは、多入力、多出力を有する事業体の相対効率性をはかるものとして、Charnes, Cooper & Rhodes [14]により提案されたノンパラメトリックな分析法である。分析対象となる事業体はDMU(Decision Making Unit)と呼ばれており、先行研究では、DMUとして、企業、病院、地域社会などが取り上げられている[4], [13]。DEAでは、より少ないインプットでより多くのアウトプットを得ることを効率的と考えて、インプットとアウトプットとの比率をもとにDMUの相対的な効率性の評価を行う。より小さいインプットでより大きなアウトプットを算出するのを「効率的」と考える点は、日常概念と合致する。各インプット、各アウトプットに対してウエイト付けを行い効率性を評価するための指標を求めるが、すべてのDMUに対して同一の固定ウエイトを用いるのではなく、ウエイトは可変とし、各DMUの効率性の指標が最大となるようにウエイトを決定する。このウエイトをもとに得られた効率性の指標を用いて、各DMUの効率性の評価を行っていく。

次に、本章の分析に用いるDEAの数理モデルについて説明する。 $n$ 個のDMUが存在し、DMU  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ )が  $m$  個のインプット  $i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) と  $s$  個のアウトプット  $r$  ( $r = 1, \dots, s$ ) をもつとし、インプット  $i$  とアウトプット  $r$  のそれぞれの値を  $x_{ij}, y_{rj} (> 0)$  とおく。いま  $n$  個のDMUのうち、効率性の指標を求めたいDMUをDMU $_o$  ( $o = 1, \dots, n$ ) とし、その値を  $h_o$  とする。DEAでは、 $h_o$  を(3.1)式のような線形計画問題により求める [14]<sup>13</sup>。

<sup>13</sup>ここで用いるDEAは、規模に関して収穫一定を仮定したCCR(Charnes, Cooper & Rhodes)モデルと呼ばれるものである。これ以外に、規模に関して収穫一定を仮定しないモデルとして、BCC(Banker, Charnes & Cooper)モデルなどがある [4], [13]。本章の分析では、後述するようにDMUとして比較的に規模の大きい製薬企業に限定していること、CCR以外ではDMUの数が限定されるため差異が明らかになりにくいことなどからCCRモデルを採用している。

$$\begin{aligned}
& \text{Maximize} && h_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}, \\
& \text{subject to} && \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1, \\
& && \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \text{for } j = 1, \dots, n, \\
& && u_r \geq \epsilon > 0, \quad \text{for } r = 1, \dots, s, \\
& && v_i \geq \epsilon > 0, \quad \text{for } i = 1, \dots, m.
\end{aligned} \tag{3.1}$$

ここで、 $v_i (i = 1, \dots, m), u_r (r = 1, \dots, s)$  はそれぞれインプットおよびアウトプットの変数である。また  $\epsilon$  は無限小数 (non-Archimedean infinitesimal) である。(3.1) 式の計算を 1 から  $n$  までのすべての DMU について繰り返し、各 DMU について効率性の指標を求めていく。

また、(3.1) 式の線形計画問題を主問題とした場合、双対問題は以下のようにになる。

$$\begin{aligned}
& \text{Minimize} && h_o = \theta - \epsilon \left( \sum_{r=1}^s d_r^+ + \sum_{i=1}^m d_i^- \right), \\
& \text{subject to} && \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - d_r^+ = y_{ro}, \quad \text{for } r = 1, \dots, s, \\
& && x_{io} \theta - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - d_i^- = 0, \quad \text{for } i = 1, \dots, m, \\
& && \lambda_j, d_r^+, d_i^- \geq 0, \quad \text{for } j = 1, \dots, n, \\
& && r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m.
\end{aligned} \tag{3.2}$$

ここで、 $\theta, \lambda_j, d_r^+, d_i^-$  は双対変数である。

(3.1) 式、あるいは (3.2) 式により得られた  $h_o$  の値は「DEA 効率値」と呼ばれる。この DEA 効率値は、制約式からわかるように 1 以下の値をとることになる。DEA 効率値が 1 となる DMU は、ウェイトを変化させることにより相対的に最高の評価を得ることができるので「DEA 効率的」と呼ばれ、逆に DEA 効率値が 1 未満となる DMU は、ウェイトをどのように変化させても相対的に最高の評価を得ることができないので「DEA 非効率的」と呼ばれる。このようにして得られた DEA 効率値をもとに、DMU<sub>o</sub> が相対的に効率的であるか否かを評価することになる。ただし DEA を用いた効率性

の評価は、あくまでも分析対象となったすべてのDMUと比較してDMU<sub>o</sub>が可能性としてどこまで効率的になり得たかを示しているに過ぎない。また、分析対象となったDMUの中での相対的な効率性であるため、得られたDEA効率値は比較対象としてどのようなDMUが存在するかに依存している。DEAを用いた評価は、このような意味での効率性の評価であることをあらかじめ断っておく<sup>14</sup>。

1入力、多出力を有するDMU、つまりインプットが1個の場合、 $y_{rj}/x_{1j}$ をあらたなアウトプット $z_{rj}$ とすることにより、(3.1)式の代わりに(3.3)式を用いて $h_o$ を求めることも可能である[30]。

$$\begin{aligned} \text{Maximize } h_o &= \sum_{r=1}^s w_r z_{ro}, \\ \text{subject to } \sum_{r=1}^s w_r z_{rj} &\leq 1, \quad \text{for } j = 1, \dots, n, \\ w_r &\geq \epsilon > 0, \quad \text{for } r = 1, \dots, s. \end{aligned} \quad (3.3)$$

ここで、 $w_r$ は可変ウェイトである。(3.1)式で $m=1$ の場合を考えて、 $y_{rj}/x_{1j}$ をあらたなアウトプットとなるように変形すればこのことは明らかである。

## DEAの拡張

DEAでは、各DMUの効率性の指標を最大化するために、アウトプットについては相対的に高い値を得ている項目について高いウェイト付けを行い、相対的に低い値を得ている項目について低いウェイト付けを行うことになる。インプットについてはこの逆となる。しかし、各項目のウェイトに対してまったく無制限にウェイト付けを認めるのではなく、先験的に得られた情報をもとにウェイトに対してある一定の制限を加えることが妥当な状況もあり得る。たとえば、ある2つのアウトプット1,2について、アウトプット1よりもアウトプット2を高く評価すべきことが明らかな場合、それぞれの変数ウェイト $u_1, u_2$ に対して先験的な情報として $u_1 \leq u_2$ という制約を課し、(3.1)式に付加することがDEAでは可能である。これをDEA/AR(Assurance Region)

<sup>14</sup>また、DEA効率値は、線形の仮定のもとで得られたものである。

と呼び、DEAと一義的なウェイトによる方法との折衷案としてとらえられている [31], [50]<sup>15</sup>。DEA/ARはより現実的な分析を目的として、あらかじめウェイトに制約を課すことで非現実的なウェイトづけを防いだり、専門家などから得た情報を取り入れることを可能にした分析法と考えられる。

また、DEAを時系列データに適用することも可能であり、この場合、ある1つのDMUの各期をそれぞれ異なるDMUとみなしてDEAを行う [17], [32]。この分析法はDMUの時系列的な効率性の変化をみることを目的としている<sup>16</sup>。

### 3-3 研究開発のインプットの測定

#### 潜在的な技術力

後藤 [2] によれば、発明はその時点までに蓄積された知識や経験がどれだけあるかに依存し、またどのような技術が開発され普及していくかは、それまでの技術発展の経路がどのようなものであったかに依存すると考えられる。各期の研究開発投資を通じて行われる研究開発活動はその不確実性ゆえに失敗をとまなうが、研究開発に失敗した場合でもそれはネガティブデータという形で知識や経験として蓄積され、将来の発明に役立っていく。つまり、研究開発成果を生み出すのは各期の研究開発投資だけでなく、このような過程を経て蓄積された知識や経験であり、これが企業の研究開発活動に重要な役割をはたしていると考えられる。

この研究開発成果を生み出す蓄積された知識や経験を「潜在的な技術力」と呼ぶことにする。本章では、この潜在的な技術力がどのくらい研究開発成果に結びついているかを評価することを目的とし、前章で説明したDEAを用いた研究開発活動の評価

<sup>15</sup>ただし、ウェイトに制約を課すDEA/ARでは、インプット、アウトプットの測定単位が異なる場合、正規化などの処理が必要となる。

<sup>16</sup>このほかに、DEAを時系列データを含めたパネルデータに応用する分析法として、WINDOW分析法がある [12]。WINDOW分析法では、 $p$ 期間の「ウィンドウ」を考え、各DMUは各期において異なるDMUとみなして $np$ 個のDMUからなるDEAを行い、このウィンドウをシフトさせながらDEAを繰り返す。上記の分析法と異なり、WINDOW分析法では異なる期の別のDMUを含めて比較することになる。

を行う<sup>17</sup>。つまり、研究開発のインプットとして企業の保有する潜在的な技術力、アウトプットとして研究開発成果を用いて、各製薬企業についての研究開発活動の効率性を評価することになる。よって、本章での研究開発活動の効率性とは、インプットとして潜在的な技術力、アウトプットとして研究開発成果を用いた場合のその比率にもとづく効率性を指し、より少ない潜在的な技術力を用いてより多くの研究開発成果を得ている企業を、効率的な企業として評価することになる<sup>18</sup>。

### 研究開発ストックの計算方法

企業の技術力を数量的に把握する方法として、フローにあたる研究開発費をもとに求めたストック量を用いることがある [2]。本章もこれにしたがい、各期の研究開発費をもとに求めたストック量を企業の保有する潜在的な技術力をあらわす代理変数として用いることにする。具体的な計算方法は、三菱総合研究所 [7] にしたがうことにし、この方法をもとに計算されたストック量を「研究開発ストック ( R&D Stock )」と呼ぶことにする。

$t$  期の研究開発ストック  $RDS_t$  は次の (3.4) の式により求める。

$$RDS_t = RD_t + (1 - \delta) RDS_{t-1}. \quad (3.4)$$

ここで、 $RD_t$  は  $t$  期の研究開発費であり、 $\delta$  は技術陳腐化率をあらわす。ただし、ベンチマークとなる期の研究開発ストック  $RDS_0$  は、

$$RDS_0 = \frac{RD_0}{(g + \delta)} \quad (3.5)$$

<sup>17</sup>潜在的な技術力は研究開発投資を通じて得られるので、研究開発のアウトプットとしてとらえることもできるが、ここでの技術力はいくまでも研究開発成果を得るための潜在的なものとしてとらえている。言うなれば、中間財のようなインプットとしてとらえている。

<sup>18</sup>本章での目的とは異なるが、研究開発投資をインプットとして用い、研究開発投資がどのくらい研究開発成果に結びついているかを評価することも考えられる。しかし、この場合、研究開発成果が過去を経て蓄積された知識や経験にもとめられることが考えられ、また医薬品産業において研究開発成果を得るまでに比較的長期のタイムラグが存在することから、インプットとアウトプットとの対応を明らかにすることが難しい。

として求める。ここで、 $g$  は各期の研究開発費成長率の平均である。

技術陳腐化率  $\delta$  にあたる技術知識の陳腐化は次のような理由で起こると考えられる [2]。まず、より進んだ優れた技術知識が生み出されることで既存の技術知識が生産過程に利用されなくなった場合、技術知識は陳腐化したと考えられる。また、時間の経過にともない、製品などに対価された技術が他企業に知られることで、技術開発を行った企業が獲得する収益が低下した場合にも技術知識は陳腐化したと考えられる。技術陳腐化率の推定には特許の残存件数を用いたものをはじめいくつかの方法があるが、本章の分析では技術の平均寿命についてのデータから逆算する方法により得られた推定値を用いることにする<sup>19</sup>。

### 3-4 分析結果

#### データの説明

分析の対象となる企業は、日本の製薬企業14社(武田薬品工業、三共、藤沢薬品工業、塩野義製薬、山之内製薬、エーザイ、田辺製薬、第一製薬、中外製薬、大日本製薬、萬有製薬、ミドリ十字、小野薬品工業、吉富製薬)である。これらの製薬企業14社は、いずれも医薬品売上高でみると上位にランクする業界大手の比較的に規模の大きい企業である。また、これら14社は医家向医薬品を中心に製造する研究開発に意欲的な企業であり、比較的に同質的な企業と考えられる。なお、協和発酵、大正製薬も医薬品売上高の上位にランクする業界大手の企業であるが、協和発酵は売上高全体に対する医薬品売上高の比率が50%以下であること、また、大正製薬は大衆向医薬品を中心としていることから分析対象から除外した。

サンプル期間はデータが利用可能な1977-1991年の15年間とし、各年のデータを用いた。なお、(3.5)式での研究開発ストックを求めるためのベンチマークは1967年としている。

---

<sup>19</sup>これについても、具体的な計算方法は、三菱総合研究所 [7] を参照されたい。



分析に用いる研究開発のインプットとして研究開発ストック、アウトプットとして特許数、新薬数を用いた。これ以外のインプットとして研究員数、アウトプットとして論文数などが考えられるが、データが入手できなかったなどの理由により本章の分析では用いていない。

研究開発ストックは、前章で説明した計算方法にもとづき各年の研究開発費より求めた。研究開発費は「日経NEEDS」(日本経済新聞社)に収録されている各企業の有価証券報告書のデータを用い、研究開発費用のデフレーター(1985年=1)で割って実質化している。研究開発デフレーターは「科学技術研究調査」(科学技術庁)から用いたが、一部のデータ(1960-1964年)は三菱総合研究所[7]の推計値を用いている。

特許数は(財)医療科学研究所が集計している各企業の公告特許数を用いた<sup>20</sup>。研究開発成果には、企業の保有特許数を用いるのが一般的である[15], [16], [38]。しかし、保有特許数が入手できなかったため、本章では公告特許数を用いることにした<sup>21</sup>。

特許数は年による変動があるが、特に、1974年以前と1975年以降で特許数が大きく異なっている。この背景には「物質特許」制度の影響があると考えられる。この制度は1975年の改正後に認められており、1974年以前は「製法特許」のみ対象とされていた<sup>22</sup>。物質特許制度がない場合、発明された物質は、その発明に至るすべての製法

<sup>20</sup>特許の質を評価する場合、被引用回数を指標として用いることがある[52]。しかし、日本国内ではしばしば特許紛争の回避手段として引用する場合もあり、引用回数の特許の質を評価するのにどれだけ有用かは必ずしも明らかでない。また、日本国内では特許の被引用回数のデータがなく、本章では被引用回数は用いていない。

<sup>21</sup>研究開発による発明は特許出願されて1年6ヵ月経過すると、自動的にその出願内容が公開される。これが「出願公開」である。その後、出願請求から7年以内の審査請求期間を経て審査官による実質審査がなされた後、特許として登録すべきものと考えられた場合には、出願公告によって発明の開示がなされる。これが「出願公告」であり、分析に用いる公告特許数は、出願公告された特許数である。公告された後、特許査定を経て実際に特許として登録されるので、公告特許数と企業保有特許数に差が生じることは否定できないが、この差がほとんどないものと仮定して公告特許数を用いることにした。

<sup>22</sup>特許には製法過程の発明を保護する「製法特許」と、製造された新物質を保護する「物質特許」がある。「物質特許」は化学方法により製造された物質のみをその対象としているため、主に医薬品および化学産業で実施されている。発明された物質そのものが保護の対象となるため、物質特許による発明の保護は強力である。実際に、医薬品および化学産業では特許が利益専有手段として有効であると多数の企業が回答しており物質特許による発明の保護がいかに強力であるかを示している[3], [35]。

を製法特許として取得することで他社の迂回発明を阻止するしかなかった。したがって、1974年以前は、化学製法により発明された物質を保護するため、医薬品産業においても多数の製法特許を取得し、迂回発明を阻止する必要があったため特許数が多いと考えられる。分析対象である1977-1991年の期間はこの特許制度の改正後にあたり、この改正による影響はない。

もう1つの研究開発のアウトプットである新薬数は(財)医療科学研究所が集計している市場で商品化された新薬数を用いた。これ以外のデータソースとして日本製薬工業協会 [5] が自社開発した新薬と外国企業からの輸入薬およびライセンスした新薬とを区別して新薬数を集計しているが、各年でのデータは明らかにされていないことから、本章の分析では用いていない。

## 結果と考察

実際の計算は、インプットが研究開発ストックの1入力であるため、アウトプットを特許数/研究開発ストックと新薬数/研究開発ストックで置き換え、(3.3)式により求めた。ただし、同時にDEA/AR分析法も行うため、あらかじめアウトプットは偏差値を用いて正規化している。なお、すべての結果は「日経会社情報」(日本経済新聞社)の1991年度の売上高にもとづき、売上高の高い企業順にならべてある。

まず、1977-1991年のそれぞれの年ごとにDEAを行う。つまり、14個(社)のDMUからなるDEAをそれぞれの年ごとに行うことになる。表1にDEAを用いて求めたDEA効率値を示す。

表1で、DEA効率値が1となった企業がその年のDEA効率的な企業である。たとえば、1991年では、三共、第一製薬、吉富製薬がDEA効率的であり、これ以外の企業がDEA非効率的となる。DEAを用いた評価は、企業ごとの研究開発の特徴を考慮して相対的に優れている項目をより重視した評価であり、1991年の例では、三共、第一製薬、吉富製薬は、特許数/研究開発ストック、新薬数/研究開発ストックに対する

ウェイトを変化させることによりそれぞれ最高の評価を得ることができたことになる。逆に、これ以外の企業はこれらのウェイトをどのように変化させても最高の評価を得ることができなかったことになる。DEAによる評価は、複数個のインプット、アウトプットの項目から、各DMUの相対的に優れている項目をより重視した評価であるため、従来の一義的な固定ウェイトによる評価とは異なり複数個のDMUが効率的と評価される特徴を有している。

この表1を各行、すなわち、各企業ごとにみると、他企業と比較した場合の企業の時系列的な効率性の変化をみることができる。たとえば、第一製薬はそれまではDEA効率的でなかったが、1989–1991年の最近の3年間では他企業と比較した場合にDEA効率的となっている。全体的には、小野薬品工業、吉富製薬などの14社中で比較的に企業規模が小さい企業の研究開発がDEA効率的である傾向がみられた。逆に、売上高などで業界最大の企業規模を誇る武田薬品工業がいずれの年においてもDEA効率的でないなど、比較的に企業規模が大きい企業の研究開発がDEA効率的でない結果となった。実際には武田薬品工業は多くの年で最大の特許数をあげていたが、これらの企業がDEA効率的とならなかったのは、保有する潜在的な技術力と比較すると十分な研究開発成果を得ていないと評価されたからである。

次に、後藤、永田 [3] が医薬品産業の研究開発費の約86.6%を新製品、製品改良を目的として研究開発を行っているとしていることから、製薬企業は製品イノベーションを第一目的としており、特許数よりも新薬数を高いウェイトで評価すると仮定してみる。すなわち、特許数/研究開発ストックと新薬数/研究開発ストックのウェイトをそれぞれ $u_1, u_2$ として、 $u_1 \leq u_2$ を制約式に加えたDEA/ARを行う。表1と同様にし、表2にDEA/ARを用いて求めたDEA効率値を示す。

表2をみると、表1でDEA効率的とされた企業のうち、いくつかの企業がDEA非効率的となっている。たとえば、表1では、小野薬品工業、吉富製薬がいくつかの年でDEA効率的となっているが、表1と表2を比較すると、小野薬品工業はDEA効率的となった年がわずかに減少したにすぎないが、吉富製薬はDEA効率的となった年

がかなり減少していることがわかる。すなわち、小野薬品工業は特許数よりも新薬数を高いウェイトで評価する仮定による影響をあまり受けていないが、吉富製薬は特許数よりも新薬数を高いウェイトで評価する仮定による影響を受けており、吉富製薬が表1では特許数について高いウェイトで評価されていたことが推測される。このように、特許数より新薬数を高いウェイトで評価するという仮定のもとでDEAを行いたい場合、ウェイトに制約を課すDEA/ARを用いることでその仮定のもとでの評価が可能となる。

さらに、企業の時系列的な研究開発の効率性の変化をみるために、各期を異なるDMUとみなしてそれぞれの企業ごとにDEAを行う。つまり、各年を1つのDMUとみなして15個(年)のDMUからなるDEAをそれぞれの企業ごとに行うことになる。同様にして、表3にDEAを用いて求めたDEA効率値を示す<sup>23</sup>。

表3より同じ企業でも年によってDEA効率値に違いがあることがわかる。たとえば、ミドリ十字は1977、1978年と70年代においてDEA効率的となっており、山之内製薬は1981、1982、1987年と80年代においてDEA効率的となっている。この表3を各列、すなわち、各年ごとにみると、いずれの年においてこれらの企業が効率的であったかをみることができる。たとえば、1977は14社中で6社、1981、1982年は14社中で5社がDEA効率的であり、逆に、1988年以降はいずれの企業もDEA効率的でない。全体的には、サンプル期間の前半がDEA効率的であり、後半はDEA効率的でない傾向がみられる。この理由として、企業の保有する潜在的な技術力は時間経過にともない増加する傾向にあるが、特許数や新薬数は数量で評価する限りにおいて、必ずしも時間経過にともない増加していないことが考えられる。

最後に、各企業の各年をそれぞれ1つのDMUとみなして210(=14×15)個のDMUからなるDEAを行う。同様にDEAを用いて求めたDEA効率値を表4に示す。表4より、1982年の萬有製薬、吉富製薬だけがDEA効率的となっており、表2のDEA/ARによる分析から、前者は新薬数、後者は特許数を重視された評価であることがわかる。

<sup>23</sup>表1、2は各列でDEAを行っており、表3は各行でDEAを行っていることになる。

このように、各企業の各年をそれぞれ1つのDMUとみなしてDEAを行うことで、いずれの年のいずれの企業がDEA効率的であるかを明らかにすることも可能である。

### 3-5 おわりに

本章は、企業の保有する潜在的な技術力がどのくらい研究開発成果に結びついて  
いるかを評価することを目的とし、研究開発のインプットとして各年の研究開発費よ  
り求めた研究開発ストック、アウトプットとして特許数、市場で商品化された新  
薬数を用いて、日本の主要な製薬企業における研究開発活動の相対的な評価を行った。  
研究開発の取り組み方には企業ごとに特徴があることを考慮して、可変ウェイトを用  
いた分析法であるDEAを適用して企業の研究開発活動を評価をした。

DEAを用いて、実際に、1977-1991年の15年間における製薬企業14社の研究開  
発の効率性を評価した。14社をそれぞれの年ごとにDEAを用いて分析し、それぞ  
れの年におけるDEA効率的な企業を示した。これを企業ごとにみることにより、他  
企業と比較した場合の企業の時系列的な効率性の変化を検証している。また、あ  
らかじめウェイトに制約を課すDEA/ARの分析も試みた。さらに、それぞれの企業に  
ついての時系列的な研究開発の効率性の変化をみるために、各期を異なるDMUと  
みなしてそれぞれの企業ごとにDEAを用いて分析し、それぞれの企業が  
いずれの年においてDEA効率的であったかを示した。同様に、これを年ごとに  
みることにより、いずれの年においてこれらの企業が効率的であったかを  
検証している。ただし、データの制約もあり、本章での研究開発成果の  
評価は、研究開発のインプットとして研究開発ストック、アウトプット  
として特許数と新薬数を用いた場合の評価であり、限られたインプット  
とアウトプットによる評価にとどまっている。これ以外の利用可能な  
データを入手して分析することは、今後の課題としたい。

企業の多様化が進む中、将来的に企業戦略の多様化がすすむことが  
予想される。企業の研究開発活動もさらに多様化がすすむことが  
考えられよう。このような状況の

中、本章で用いた方法は、研究開発の取り組み方には企業ごとに特徴があることを考慮した評価方法であり、将来的にも研究開発活動を評価する1つの有効な方法といえよう。

表1. DEAを用いて各年ごとに求めたDEA効率値

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
武田薬品工業	0.780	0.725	0.700	0.715	0.704	0.740	0.825	0.813	0.663	0.861	0.838	0.787	0.864	0.932	0.806
三共	0.850	0.700	0.734	0.818	0.794	0.773	0.884	0.830	0.714	1.000	0.867	0.787	0.908	0.916	1.000
藤沢薬品工業	0.641	0.624	0.682	0.868	0.760	0.768	0.779	0.801	0.800	0.851	0.725	0.661	0.821	0.867	0.920
塩野義製薬	0.695	0.640	0.632	0.654	0.650	0.683	0.646	0.669	0.816	0.870	0.983	0.784	0.666	0.802	0.676
山之内製薬	0.730	0.700	0.631	0.715	0.739	0.726	0.739	0.759	0.774	0.941	1.000	0.675	0.952	0.824	0.655
エーザイ	0.824	0.771	0.566	0.704	0.678	0.703	0.722	0.775	0.697	0.783	0.774	0.705	0.806	0.823	0.709
田辺製薬	1.000	0.849	0.639	0.716	0.736	0.723	0.719	0.859	0.691	0.815	0.795	0.842	0.713	0.795	0.773
第一製薬	0.913	0.826	0.742	0.821	0.694	0.710	0.736	0.766	0.810	0.917	0.834	0.773	1.000	1.000	1.000
中外製薬	1.000	0.612	0.718	0.723	0.767	0.711	0.664	0.743	0.650	0.839	0.933	0.654	0.831	0.897	0.808
大日本製薬	0.652	0.691	0.684	0.668	1.000	0.777	0.676	0.708	0.685	0.854	0.783	0.839	1.000	0.795	0.864
萬有製薬	0.903	0.635	0.981	0.715	1.000	1.000	0.862	0.734	0.846	1.000	0.865	0.770	0.799	1.000	0.714
ミドリ十字	1.000	1.000	0.913	0.898	0.882	0.735	0.835	0.743	1.000	0.981	0.978	1.000	1.000	0.779	0.998
小野薬品工業	0.887	1.000	1.000	1.000	0.892	0.869	1.000	1.000	1.000	0.868	1.000	0.877	0.725	0.845	0.826
吉富製薬	0.891	0.824	1.000	1.000	0.879	1.000	1.000	1.000	0.819	1.000	1.000	1.000	0.960	0.805	1.000

表2. DEA/ARを用いて各年ごとに求めたDEA効率値

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
武田薬品工業	0.712	0.641	0.635	0.711	0.704	0.731	0.758	0.791	0.663	0.854	0.831	0.785	0.781	0.931	0.697
三共	0.764	0.640	0.722	0.812	0.794	0.762	0.801	0.813	0.714	0.989	0.859	0.787	0.838	0.915	1.000
藤沢薬品工業	0.641	0.596	0.657	0.861	0.760	0.758	0.726	0.782	0.800	0.844	0.722	0.661	0.785	0.865	0.796
塩野義製薬	0.687	0.606	0.632	0.651	0.650	0.677	0.625	0.660	0.816	0.870	0.983	0.784	0.640	0.802	0.676
山之内製薬	0.730	0.658	0.631	0.711	0.739	0.718	0.708	0.742	0.774	0.941	1.000	0.675	0.952	0.823	0.655
エーザイ	0.742	0.675	0.565	0.702	0.678	0.696	0.681	0.762	0.697	0.780	0.770	0.705	0.740	0.822	0.709
田辺製薬	0.843	0.745	0.585	0.711	0.736	0.715	0.676	0.835	0.691	0.809	0.791	0.842	0.678	0.794	0.744
第一製薬	0.807	0.711	0.720	0.818	0.694	0.702	0.692	0.752	0.810	0.906	0.828	0.773	0.863	0.998	0.863
中外製薬	1.000	0.588	0.718	0.720	0.767	0.705	0.642	0.731	0.650	0.836	0.933	0.654	0.782	0.895	0.764
大日本製薬	0.640	0.664	0.681	0.664	1.000	0.767	0.649	0.697	0.685	0.846	0.782	0.839	1.000	0.794	0.864
萬有製薬	0.903	0.635	0.939	0.710	1.000	1.000	0.802	0.724	0.846	1.000	0.862	0.770	0.773	1.000	0.714
ミドリ十字	1.000	0.802	0.913	0.894	0.882	0.726	0.764	0.731	1.000	0.974	0.970	1.000	0.905	0.778	0.998
小野薬品工業	0.887	1.000	1.000	1.000	0.892	0.857	1.000	1.000	1.000	0.859	0.993	0.877	0.714	0.844	0.698
吉富製薬	0.786	0.743	0.851	0.990	0.879	0.978	0.895	0.967	0.819	0.972	0.985	1.000	0.867	0.804	1.000



表3. DEAを用いて各企業ごとに求めたDEA効率値

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
武田薬品工業	0.856	0.753	1.000	0.974	0.904	1.000	0.926	0.777	0.618	0.681	0.822	0.838	0.721	0.692	0.621
三共	0.956	0.760	1.000	0.983	1.000	1.000	0.882	0.805	0.741	0.788	0.725	0.731	0.711	0.679	0.898
藤沢薬品工業	0.677	0.792	0.893	1.000	1.000	0.886	0.784	0.758	0.954	0.727	0.671	0.654	0.734	0.680	0.737
塩野義製薬	1.000	0.744	0.904	0.912	0.868	0.918	0.784	0.708	0.952	0.932	1.000	0.821	0.666	0.801	0.751
山之内製薬	0.900	0.898	0.756	0.874	1.000	1.000	0.915	0.823	0.811	0.908	1.000	0.681	0.741	0.750	0.627
エーザイ	1.000	0.964	0.694	0.899	0.951	0.908	0.779	1.000	0.784	0.835	0.787	0.711	0.698	0.652	0.776
田辺製薬	1.000	1.000	0.614	0.709	0.786	0.729	0.640	0.735	0.668	0.648	0.644	0.755	0.594	0.610	0.656
第一製薬	1.000	0.920	1.000	0.966	0.926	0.712	0.696	0.746	0.893	0.664	0.665	0.675	0.710	0.650	0.733
中外製薬	1.000	0.672	0.898	0.838	1.000	0.854	0.760	0.773	0.775	0.791	0.802	0.743	0.777	0.769	0.785
大日本製薬	0.556	0.962	0.810	0.601	1.000	0.795	0.649	0.641	0.635	0.629	0.761	0.812	0.800	0.556	0.717
萬有製薬	0.693	0.630	1.000	0.782	0.839	1.000	0.809	0.682	0.743	0.710	0.700	0.674	0.682	0.683	0.673
ミドリ十字	1.000	1.000	0.739	0.843	0.809	0.734	0.728	0.617	0.722	0.682	0.725	0.693	0.689	0.585	0.600
小野薬品工業	0.817	1.000	0.981	0.791	0.865	0.996	1.000	0.750	1.000	0.715	0.770	0.686	0.647	0.666	0.685
吉富製薬	0.843	1.000	0.985	0.965	0.937	1.000	0.824	0.798	0.798	0.702	0.736	0.842	0.718	0.771	0.799

表4. DEAを用いて各企業の各年を1つのDMUとした場合のDEA効率値

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
武田薬品工業	0.572	0.553	0.556	0.550	0.580	0.597	0.582	0.558	0.532	0.539	0.537	0.556	0.532	0.519	0.515
三共	0.626	0.538	0.592	0.645	0.653	0.648	0.609	0.553	0.564	0.576	0.549	0.554	0.538	0.518	0.568
藤沢薬品工業	0.480	0.478	0.552	0.705	0.609	0.641	0.562	0.548	0.546	0.533	0.474	0.500	0.513	0.507	0.538
塩野義製薬	0.532	0.491	0.517	0.505	0.510	0.509	0.499	0.487	0.523	0.519	0.526	0.503	0.481	0.499	0.494
山之内製薬	0.515	0.544	0.507	0.543	0.575	0.575	0.551	0.529	0.525	0.537	0.548	0.488	0.496	0.502	0.475
エーザイ	0.604	0.592	0.473	0.514	0.549	0.539	0.534	0.527	0.545	0.511	0.497	0.520	0.517	0.498	0.501
田辺製薬	0.719	0.662	0.514	0.575	0.607	0.571	0.531	0.577	0.535	0.524	0.510	0.561	0.492	0.493	0.515
第一製薬	0.671	0.637	0.596	0.593	0.549	0.551	0.541	0.527	0.551	0.556	0.534	0.550	0.569	0.533	0.555
中外製薬	0.611	0.468	0.572	0.546	0.621	0.552	0.510	0.516	0.518	0.524	0.527	0.502	0.518	0.514	0.521
大日本製薬	0.488	0.541	0.558	0.521	0.797	0.654	0.514	0.503	0.504	0.538	0.486	0.524	0.541	0.492	0.536
萬有製薬	0.578	0.489	0.764	0.574	0.692	1.000	0.610	0.510	0.560	0.548	0.527	0.507	0.507	0.559	0.499
ミドリ十字	0.824	0.771	0.616	0.674	0.665	0.590	0.586	0.514	0.598	0.561	0.590	0.576	0.561	0.490	0.483
小野薬品工業	0.592	0.837	0.786	0.627	0.684	0.798	0.737	0.573	0.781	0.542	0.595	0.527	0.489	0.501	0.517
吉富製薬	0.651	0.646	0.756	0.845	0.713	1.000	0.668	0.638	0.648	0.575	0.624	0.626	0.553	0.499	0.507

## 4章

# 技術取引と研究開発活動に関する分析

### 4-1 はじめに

本章では、企業の技術ライセンスと研究開発活動について分析し、企業交渉の結果選ばれるライセンス形態と企業のR&D戦略について明らかにすることが目的である。技術ライセンスには、保有特許をライセンスし、技術使用料として一定のライセンス料を受取る特許ライセンスが一般的である。特許ライセンスには大別して2種類の方法がある。一つは技術保有企業が保有特許を他企業にライセンスする方法であり、本章ではこのライセンス形態を「シングルライセンス」と呼ぶことにする。もう一つは、保有技術を互いにライセンスし合う「クロスライセンス」である。

本分析の貢献は「シングルライセンス」「クロスライセンス」といったようなライセンス形態の選択がモデルの中で説明することができる点である。技術ライセンスと企業の研究開発活動に関する先行研究は複数存在するが「シングルライセンス」「クロスライセンス」は技術取引インセンティブが異なると考えられ、別々のモデルで分析されてきた。

例えば Gallini [21], Gallini & Winter [22] は、シングルライセンスのインセンティブに関する分析である。企業は、費用のかかる研究開発投資と発明の独占利潤とのトレードオフに直面している。モデルで分析するライセンスのインセンティブは、新規参入企業の研究開発活動の停止である。Gallini & Winter の結果は、新規参入企業が新技術開発を停止することによりコストのかかる技術開発を2企業とも停止し、ライセンスされた技術を利用して2企業で市場を分け合うというものであった。

Eswaran [20] はクロスライセンスのインセンティブを分析した数少ない研究である。企業は発明の独占とライバル企業との協調関係とのトレードオフに直面している。

モデルのクロスライセンスのインセンティブは、価格競争の緩和である。Eswaran はクロスライセンスにより各企業が相手製品の生産に踏み込まず、報復手段として特許を利用することにより、結果として価格維持が起ることを示した。

科学技術庁（現文部科学省） [10] によると、研究開発指向の高いハイテク産業では、研究開発活動に加え「シングル」および「クロス」ライセンスが他産業と比較し、積極的に行われている<sup>24</sup>。どのような場合に技術取引が行われ、どのような技術取引形態が選ばれるのかを分析することにより、「研究開発」と「技術取引」という2つのイノベーション創造活動の役割を明確に示すことが可能となり、研究開発指向型企業の技術戦略に関する分析の一貢献となると考えられる。

そこで、本分析では技術取引のインセンティブに「将来の研究開発競争の緩和」を考え、交渉の結果どのようなライセンス形態が選ばれるか分析する。ライセンスのインセンティブをこのように考えることにより、従来のようにライセンス形態が外生的に所与されている分析では十分説明できなかった企業のR&D戦略と技術取引との関係について明らかにすることができる。

更に研究開発投資資金に制約がある場合、交渉の結果選ばれる技術取引形態にどのような影響があるかについて分析を加える。投資資金の制約により研究開発競争の緩和インセンティブが強くなる場合および弱くなる場合について、資金制約がない場合と比較し、企業が選ぶ技術取引形態がどのように変化するかを分析する。

以下、本章の構成について述べる。2節では、本章の分析に使うゲームモデルについて説明する。3節ではモデルの分析を行う。比較のため、まず研究開発投資資金に制約がなく各企業が自由に研究開発投資を行う場合を考える。技術取引と研究開発投資との関係について分析し、クロスライセンスが起きる条件についてまとめる。次に研究開発投資額に制約がある場合について、同様の分析を行う。4節では分析結果のまとめと考察を述べる。5節では、本章のまとめと今後の課題について述べる。

<sup>24</sup>例えば1993年度の技術取引件数は約3000件であり、全取引件数の約64パーセントが電機産業に集中している。

## 4-2 モデルの説明

市場の2企業を考える。他からの参入はなしとする。企業  $i$  ( $i = 1, 2$ ) は技術  $T_i$  を各自保有する。  $T_i$  と  $T_j$  ( $i \neq j$ ) は補完技術であり、  $T_i$  および  $T_j$  の2技術から製品  $\alpha$  を製造可能である。各企業の技術開発力は同程度で、模倣しようと思えば相手の技術を開発することは可能だが、各技術  $T_i$  は特許で保護され、相手の技術利用にはライセンスが必須である。以上の点では2企業は対称的であるが、研究開発投資資金の調達方法において違いがあるとする。具体的には企業2は外部から研究開発資金を調達して投資可能であるのに対し、企業1のみ外部資金を得る方法がなく、研究開発投資には自己保有金  $m_1$  を利用するものとする。

分析モデルは2ステージゲームで構成され、既存技術  $T_i$  のライセンスについて第1ステージで企業間交渉を行う。交渉の結果2技術  $T_1$  および  $T_2$  を利用可能となった企業は製品  $\alpha$  を製造し、利得を得る。第1ステージの結果を所与とし、第2ステージではより進んだ技術  $\beta$  の研究開発競争を行う。各企業は研究開発投資額  $x_i$  を投じ競争に臨む。ただし企業1は投資額に制約が課されているため、  $x_1 \in [0, m_1]$  で研究開発活動を行わなくてはならない。先に  $\beta$  を開発した企業は発明を特許で保護し、その利益を独占可能とする。

## ゲームの説明

### 第1ステージ： $T_1, T_2$ のライセンス交渉ステージ

企業  $i$  ( $i = 1, 2$ ) がこのステージで利用可能となる技術の集合  $S_i$  を  $S_1 = \{T_1, T_1T_2\}$ ,  $S_2 = \{T_2, T_1T_2\}$  で表す。例えば  $s_1^1 = T_1, s_1^1 \in S_1$  は交渉の結果、企業1が保有技術  $T_1$  のみ利用可能であることを意味し、  $s_2^1 = T_1 T_2, s_2^1 \in S_1$  は企業1が保有技術  $T_1$  と相手の技術  $T_2$  を利用可能であることを意味する。  $S = S_1 \times S_2$ ,  $s = (s^1, s^2) \in S$  とし、  $\pi_i^\alpha(s)$  を企業  $i$  が技術ステート  $s$  の時製品  $\alpha$  から得る利得とする。

尚、シングルライセンスは企業1から企業2へのライセンスのみに限定し、企業2から1へのシングルライセンスは考えないものとする<sup>25</sup>。また、技術供与を受けた企業は生産量に応じた技術使用料を技術供与側企業に支払うものであるが(Shapiro [48])、本分析ではライセンスの研究開発競争の緩和に焦点をあてて分析しているため、ライセンス料は考えないものとし、市場の総利得を2企業で1/2 ずつ分割すると仮定している。

ライセンス形態  $s$  の時の各企業の利得  $(\pi_1^\alpha, \pi_2^\alpha)$  は具体的に次のように記述することができる。

$$\text{シングルライセンス時: } (\pi_1^\alpha(T_1, T_1T_2), \pi_2^\alpha(T_1, T_1T_2))$$

$$\text{クロスライセンス時: } (\pi_1^\alpha(T_1T_2, T_1T_2), \pi_2^\alpha(T_1T_2, T_1T_2))$$

$$\text{ライセンスなしの時: } (\pi_1^\alpha(T_1, T_2), \pi_2^\alpha(T_1, T_2))$$

$\pi_M^\alpha, \pi_D^\alpha$  はそれぞれ製品  $\alpha$  の独占利潤、複占利潤を表すものとし、 $0 \leq \pi_D^\alpha \leq \pi_M^\alpha$  を満たすものとする。 $\pi_1^\alpha(T_1T_2, T_1T_2) = \pi_2^\alpha(T_1T_2, T_1T_2) = \pi_D^\alpha$ ,  $\pi_1^\alpha(T_1, T_1T_2) = \pi_1^\alpha(T_1, T_2) = \pi_2^\alpha(T_1, T_2) = 0$ ,  $\pi_2^\alpha(T_1, T_1T_2) = \pi_M^\alpha$  である。

## 第2ステージ：研究開発ステージ

第1ステージの結果を所与とし、新技術  $\beta$  の研究開発投資額  $x_i$  を企業が各自決定する。第2ステージで分析に使う利潤関数は以下のような形を仮定する。

$$\pi_i^\beta(x_i, x_j) = \frac{\pi_i^\alpha(s) + h(x_i)\pi_M^\beta - x_i}{r + h(x_i) + h(x_j)} \quad (4.1)$$

ここで  $h$  は  $h' > 0$ ,  $h'' < 0$ ,  $h(0) = 0$ ,  $h'(0) + \infty$  を満たす  $x_i$  ( $i = 1, 2$ ) の関数で、 $\pi_M^\beta$  は発明  $\beta$  の開発に先に成功した企業が得る独占利潤、 $r$  は利子率である。

この期待利潤の関数形は、例えば次のように正当化することができる。新技術  $\beta$  を発明する確率は企業の研究開発投資額によって決まるものと仮定し、さらに発明はす

<sup>25</sup>研究開発資金制約がない場合は企業2から企業1へのライセンスは、企業1から企業2へのライセンスと同様に考えることができる

みやかに特許取得され、その存続期間は無限であるとする。企業  $i$  が時点  $[t, t+dt]$  間に研究開発投資を  $x_i dt$  投じた時、 $\beta$  を発見する確率が  $h(x_i)dt$  であるとする。すると企業  $i$  の期待利得は

$$\begin{aligned}\pi_i^\beta(x_i, x_j) &= \int_0^\infty e^{-rt} e^{-[h(x_i)+h(x_j)]t} [\pi_i^\alpha(s) + h(x_i)\pi_M^\beta - x_i] dt \\ &= \frac{\pi_i^\alpha(s) + h(x_i)\pi_M^\beta - x_i}{r + h(x_i) + h(x_j)}\end{aligned}\quad (4.2)$$

と書けるので、よって与式 (4.1) を得る。

この利潤関数については Dasgupta & Stiglitz [19], Lee & Wild [54] に詳細な説明がある。

### 4-3 モデルの分析

#### 研究開発投資資本に制約がない場合

4-2のゲームモデルを使い、ライセンスが起きる条件、特にクロスライセンスが起きる条件について分析する。

まず比較のため、企業1の研究開発投資資金に制約がなく、自由に研究開発活動を行える場合を考える。この時、各企業は第2ステージの研究開発投資額  $x_i$  ( $i = 1, 2$ ) を  $x_i \in [0, +\infty]$  で選ぶことが可能であるので、第1ステージで決まるライセンス形態を所与とした時、企業  $i$  が第2ステージで解く問題は

$$\max_{x_i} \pi_i^\alpha(s) + \delta \pi_i^\beta(x_i, x_j) \quad (4.3)$$

である。  $\delta$  は割引率である。  $\phi_i(x_j; \pi_i^\alpha(s))$  を第1ステージでの利得が  $\pi_i^\alpha(s)$  の時の企業  $i$  の最適R&D投入量と定義すると、(4.3)の最大化の一階条件より

$$\begin{aligned}\frac{\partial \pi_i^\beta}{\partial x_i} &= \frac{(r + h(\phi_i) + h(x_j)) (h'(\phi_i) \pi_M^\beta - 1) - h'(\phi_i) (\pi_i^\alpha(s) + h(\phi_i) \pi_M^\beta - \phi_i)}{(r + h(\phi_i) + h(x_j))^2} \\ &= 0.\end{aligned}\quad (4.4)$$

が成立する。(4.4) より

$$\begin{aligned}\pi_i^\beta(\phi_i, x_j) &= (h'(\phi_i) \pi_M^\beta - 1) / h'(\phi_i) \\ &= \pi_M^\beta - \frac{1}{h'(\phi_i)}\end{aligned}\quad (4.5)$$

が導かれる。 $h'(\phi_i) > 0$  および  $\pi_i^\beta \geq 0$  なので下記が示される。

$$h'(\phi_i) \pi_M^\beta - 1 \geq 0 \quad (4.6)$$

この時, Reinganum [44] により Fact 1 が示されている。証明は Appendix に記載した。

**Fact 1**  $\phi_i(x_j; \pi_i^\alpha(s))$  は  $x_j$  の増加関数であり,  $\pi_i^\alpha(s)$  の減少関数である。

Fact 1 は, 各企業の最適 R&D 投入量  $x_i$  は相手の投資量  $x_j$  に対して増加関数であり, 第1ステージの利得  $\pi_i^\alpha(s)$  が低いほど, 第2ステージの新技術  $\beta$  の開発インセンティブが高いことを示している。

続いて, 第1ステージの結果を所与とした時, 第2ステージの均衡 R&D 投資量と期待利得  $\pi_i^\beta$  との関係について調べ, クロスライセンスが起きる条件を示すことにする。

$s = (T_1, T_1 T_2)$  : シングルライセンスの時

第1ステージでシングルライセンスがあった場合, 第1ステージの各企業の利得は  $(\pi_1^\alpha(s), \pi_2^\alpha(s)) = (0, \pi_M^\alpha)$  である。シングルライセンス時の各企業の均衡 R&D 投入量を  $(x_1^*, x_2^*)$  で表すと, 発明  $\beta$  による期待利得は

$$(\pi_1^\beta, \pi_2^\beta) = \left( \frac{\pi_M^\beta h(x_1^*) - x_1^*}{r + h(x_1^*) + h(x_2^*)}, \frac{\pi_M^\alpha + \pi_M^\beta h(x_2^*) - x_2^*}{r + h(x_1^*) + h(x_2^*)} \right)$$

と表すことができる。この時, Reinganum [44] より Fact 2 が示されている。証明は



Appendixに記載した。

**Fact 2**  $x_2^* < x_1^*$  であり  $\pi_1^\beta > \pi_2^\beta$ .

$s = (T_1T_2, T_1T_2)$  : クロスライセンスの時

第1ステージでクロスライセンスがあった場合、第1ステージの各企業の利得は  $(\pi_1^\alpha(s), \pi_2^\alpha(s)) = (\pi_D^\alpha, \pi_D^\alpha)$  である。従って第2ステージの研究開発競争はシンメトリックになる。クロスライセンス時の各企業の均衡R&D投入量を  $x(\pi_D^\alpha)$  であらわすと、次の2つのLemmaから  $\pi_D^\alpha$  と  $x(\pi_D^\alpha)$  との関係を示すことができる。Lemma 1 および2の証明はAppendixに記述した。

**Lemma 1**

- (1)  $x(\pi_D^\alpha)$  で  $\frac{\partial \phi_i(x; \pi_D^\alpha)}{\partial x} < 0$  が成りたてば、 $x(\pi_D^\alpha)$  は  $\pi_D^\alpha$  の減少関数。
- (2)  $\epsilon_1 \equiv \frac{\pi_M^\beta h'(x_1^*) - 1}{h'(x_1^*)} (h(x_1^*) - h(x_2^*))$ ,  
 $\epsilon_2 \equiv \frac{\pi_M^\beta h'(x_2^*) - 1}{h'(x_2^*)} (h(x_1^*) - h(x_2^*))$  とすると  
 $x(\epsilon_1) = x_1^*$ ,  $x(\pi_M^\alpha - \epsilon_2) = x_2^*$ .

**Lemma 2**

クロスライセンス時の第2ステージでの各企業の利得を  $\pi^\beta(\pi_D^\alpha)$  で表す。この時、 $\pi^\beta(\pi_D^\alpha)$  は  $\pi_D^\alpha$  の増加関数で、 $\pi^\beta(\epsilon_1) = \pi_1^\beta$ ,  $\pi^\beta(\pi_M^\alpha - \epsilon_2) = \pi_2^\beta$ .

Lemma 1 および 2 は、シングルライセンス時と比較し、各企業の最適R&D投入量がクロスライセンスによりどのように変化するか示すものである。章末添付の図1は、各ライセンス形態時の企業の最適R&D投入量を示すグラフである。 $x_i = \phi_i(x_i; \pi_i^\alpha(s))$  は、技術取引形態が  $s$  の時の企業  $i$  の最適R&D投入量を意味する。

図1からシングルライセンス時と比較し、クロスライセンスは2つの効果をもつことがわかる。まずシングルライセンス時の企業1の最適R&D投入量  $x_1 = \phi_1(x_2; 0)$  を上方向にシフトさせ、企業1の研究開発インセンティブを低下させる効果をもつ。次に企業2の最適R&D投入量  $x_2 = \phi_2(x_1; \pi_M^\alpha)$  を下方向にシフトさせるため、企業2

の研究開発インセンティブを増加させる。これゆえ、シングルライセンスに対するクロスライセンスの総体的な効果は、各企業の最適R&D投入量のシフト度合いによって決まる訳であり、クロスライセンス時の均衡R&D投入量  $x(\pi_D^\alpha)$  も、これにより変化することがわかる。

$s = (T_1, T_2)$  : ライセンスなしの時

第1ステージの各企業の利得は  $\pi_i^\alpha = 0$  であり、第2ステージのR&D競争はシンメトリックになる。ライセンスなしの時の各企業の均衡R&D投入量を  $x(0)$  と表すと、クロスライセンス時と同様に考えることができる。

ライセンスなしの時の均衡R&D投入量  $x(0)$  は、Lemma 1 より  $x(0) > x_1^* > x_2^*$  であることがわかる。これは、図1のシングルライセンス時とライセンスなしの時の各企業の最適R&D投入量を比較することから明らかである。シングルライセンスは企業1の最適R&D投入量  $x_1 = \phi_1(x_2; 0)$  を変化させることはないが、企業2の最適R&D投入量を  $x_2 = \phi_2(x_2; 0)$  から  $x_2 = \phi_2(x_1; \pi_M^\alpha)$  へと下方方向にシフトさせる効果を持つため、シングルライセンス時の均衡R&D投入量が変化するためである。

同様に、図1から  $0 < x(\pi_D^\alpha) < x(0)$  が示される。これは、図1のクロスライセンス時とライセンスなしの時の各企業の最適R&D投入量を比較することにより明らかである。クロスライセンスは、ライセンスなしの時の各企業の最適R&D投入量を下方方向にシフトさせる効果をもつためである。

従って、Fact 1 と Lemma 2 から  $\pi^\beta(0) < \pi_1^\beta < \pi_2^\beta$  および  $\pi^\beta(0) < \pi^\beta(\pi_D^\alpha)$  が示された。各ライセンス形態時の均衡R&D投入量と均衡利得の推移は、章末の図にまとめた。図2は、各ライセンス形態時の均衡R&D投入量の推移を表すグラフであり、図3は、各ライセンス形態時の均衡利得の推移を表すグラフである。

このように、第1ステージの結果を所与とした時、各企業の第2ステージでの均衡R&D投入量と均衡利得  $\pi_i^\beta$  との関係について分析した。そこでこの結果から、第2ス

ステージのR&D競争の結果を所与とし、第1ステージでクロスライセンスが選ばれる条件についてまとめることにする。各企業は、市場の総利得が最大になるライセンス形態  $s$  を第1ステージで選ぶことになる。この時、ゲーム全体の利得の総和は具体的には次のように記述される。

$$\begin{aligned} \text{シングルライセンス時 } s = (T_1, T_1 T_2) &: \pi_M^\alpha + \delta (\pi_1^\beta + \pi_2^\beta) \\ \text{クロスライセンス時 } s = (T_1 T_2, T_1 T_2) &: 2 \pi_D^\alpha + 2 \delta (\pi^\beta (\pi_D^\alpha)) \\ \text{ライセンスなしの時 } s = (T_1, T_2) &: 2 \delta \pi^\beta (x(0)) \end{aligned}$$

「ライセンスなし」の場合の分析結果から

$$2\delta\pi^\beta(x(0)) < \pi_M^\alpha + \delta(\pi_1^\beta + \pi_2^\beta) \quad \text{および} \quad 2\delta\pi^\beta(x(0)) < 2\pi_D^\alpha + 2\delta(\pi^\beta(\pi_D^\alpha))$$

が示されている。また、このことは各ライセンス形態の均衡利得をまとめた図3からも明らかである。従って研究開発投資資金に制約がない場合、第1ステージのライセンス交渉の結果、ライセンスは常に起こることがわかる。

ゆえにクロスライセンスが起きる条件は、第1ステージでライセンスが起きた場合とクロスライセンスが起きた場合得られるゲームの総利得を考えればよい。第1ステージでクロスライセンスが選ばれる条件は次のようになる。

$$2 \pi_D^\alpha + 2 \delta \pi^\beta (\pi_D^\alpha) = \pi_M^\alpha + \delta (\pi_1^\beta + \pi_2^\beta)$$

を満たす  $\pi_D^\alpha$  を  $\pi^{\alpha*}$  と定義すると、 $\pi_D^\alpha \geq \pi^{\alpha*}$  を満たす  $\pi_D^\alpha$  の時、第1ステージでクロスライセンスが起こる。

## 研究開発投資資金に制約がある場合

次に、企業1にのみ外部資金調達手段がなく、研究開発投資を自己保有金  $m_1$  内で行わなければならない場合を考える。

研究開発投資資金に制約がある場合、企業1は  $x_1 \in [0, m_1]$  で研究開発投資額を決定しなくてはならない。章末添付の図4は、企業1のR&D投資資金の制約を表す

図である。資金制約  $m_1$  には図 4にまとめた4ケースが考えられる。以下各ケース別に第1ステージでクロスライセンスが起きる条件をまとめる。

*case 1* :  $m_1 \geq x(0)$  . 企業1の均衡R&D投入量は資金制約  $m_1$  内で投資可能なため、この場合、先に分析した研究開発投資資金に制約がない場合と同じ結果になり、 $\pi_D^\alpha \geq \pi^{\alpha*}$  を満たす  $\pi_D^\alpha$  でクロスライセンスが起きる。

*case 2* :  $x_1^* \leq m_1 < x(0)$ . 「ライセンスなし」の場合のR&D投資額に資金制約  $m_1$  が影響を及ぼす。企業1は投資の制約上限である  $m_1$  を最適R&D投入量として研究開発を行うことになる。この時の企業2の最適R&D投入量を  $\phi_2(m_1; \pi_2^\alpha(s))$  と記述すると、クロスライセンスが起きる条件は次のようになる：

$$(1) \quad \pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; 0)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; 0)) \leq 2\pi^\beta(0) \text{ の時,}$$

$\pi_D^\alpha \geq \pi^{\alpha*}$  を満たす  $\pi_D^\alpha$  でクロスライセンスが起きる。

$$(2) \quad \pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; 0)) \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; 0)) > 2\pi^\beta(0) \text{ の時,}$$

$$\pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; 0)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; 0)) = 2\pi_D^\alpha + 2\delta\pi^\beta(\pi_D^\alpha)$$

および  $\pi_D^\alpha \geq \pi^{\alpha*}$  を満たす  $\pi_D^\alpha$  を  $\pi_{c2}^*$  と定義する。この時、

$\pi_D^\alpha \geq \pi_{c2}^*$  を満たす  $\pi_D^\alpha$  でクロスライセンスが起きる。

*case 3* :  $x(\pi_D^\alpha) < m_1 \leq x_1^*$ . 「ライセンスなし」および「シングルライセンス」時のR&D投入量が資本制約の影響を受ける。この場合、クロスライセンスが起きる条件は次のようになる：

$$(1) \quad \pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) \geq \pi_1^\beta + \pi_2^\beta \text{ の時,}$$

$$\pi_M^\alpha + \delta \left( \pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) \right)$$

$$= 2\pi_D^\alpha + 2\delta\pi^\beta(\pi_D^\alpha)$$

を満たす  $\pi_D^\alpha$  を  $\pi_{c3}^*$  と定義する。この時、

$\pi^{\alpha*} \leq \pi_{c3}^* \leq \pi_D^\alpha$  を満たす  $\pi_D^\alpha$  でクロスライセンスが起きる。

- (2)  $\pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) < \pi_1^\beta + \pi_2^\beta$ の時,  
 $\pi_{c3}^* \leq \pi^{\alpha*} \leq \pi_D^\alpha$ を満たす $\pi_D^\alpha$ でクロスライセンスが起きる.

case 4:  $m_1 \leq x(\pi_D^\alpha)$ . 「ライセンスなし」, 「シングルライセンス」および「クロスライセンス」全てのライセンス形態の時のR&D投入量が資本制約の影響を受ける. この時,

$$\begin{aligned} & 2\pi_D^\alpha + \delta \left( \pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_D^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_D^\alpha)) \right) \\ & = \pi_M^\alpha + \delta \left( \pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) \right) \end{aligned}$$

を満たす $\pi_D^\alpha$ を $\pi_{c4}^*$ とすると,  $\pi_{c4}^* \leq \pi_D^\alpha$ でクロスライセンスが起こる.

特に,

- (1)  $\pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_D^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_D^\alpha)) > 2\pi^\beta(\pi_D^\alpha)$ および  
 $\pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) < \pi_1^\beta + \pi_2^\beta$ の時,  
 $\pi_{c4}^* < \pi_{c3}^* < \pi^{\alpha*} \leq \pi_D^\alpha$ を満たす $\pi_D^\alpha$ でクロスライセンスが起きる.
- (2)  $\pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_D^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_D^\alpha)) \leq 2\pi^\beta(\pi_D^\alpha)$ および  
 $\pi_1^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) + \pi_2^\beta(m_1, \phi_2(m_1; \pi_M^\alpha)) \geq \pi_1^\beta + \pi_2^\beta$ の時,  
 $\pi^{\alpha*} < \pi_{c3}^* < \pi_{c4}^* \leq \pi_D^\alpha$ を満たす $\pi_D^\alpha$ でクロスライセンスが起きる.

#### 4-4 分析結果と考察

分析結果から研究開発投資資金に制約がない場合, ライセンスは常に起ることがわかった. そして第1ステージでクロスライセンス時に企業  $i$  ( $i = 1, 2$ ) が得る利得が  $\pi^{\alpha*}$  より大きければ, 第1ステージのライセンス交渉の結果, シングルライセンスよりもクロスライセンスが選ばれることがわかった. 更に資金制約がない場合と比較し, 企業1の研究開発投資資金に制約がある場合, 第1ステージのクロスライセンス

時に得られる利得が  $\pi^{\alpha*}$  より小さい値であってもクロスライセンスが起こることが示された。逆に第1ステージのクロスライセンス時に得られる利得が  $\pi^{\alpha*}$  より大きな値でないと、クロスライセンスが起らない場合があることも示された。このように研究開発投資資金に制約がある場合、制約がない場合と比較してクロスライセンスが起りやすくなる場合とおこりにくくなる場合双方が考えられることが明らかになった。

投資資金に制約がある場合の分析結果は、投資資金に制約がない場合と比較し、研究開発投資資金の制約と企業の研究開発インセンティブとの関係を示すものとなった。研究開発投資資金に制約がある場合、第1ステージで各企業が得る利得が  $\pi^{\alpha*}$  よりも小さな値であってもクロスライセンスが起こりうるという分析結果は、資金制約がR&D競争の緩和インセンティブを強くする働きをもつことを示している。それゆえ、第1ステージでクロスライセンスにより  $\pi^{\alpha*}$  よりも小さな利得しか得られなくても、企業は第1ステージでクロスライセンスを選択し、第2ステージのR&D競争を緩和させようとするを意味する。逆に、第1ステージでクロスライセンスにより  $\pi^{\alpha*}$  よりも大きな利得が得られなければクロスライセンスは起らない場合があることも分析結果から示された。この結果は、資金制約がR&D競争の緩和インセンティブを弱くする働きを持つことを意味している。

また、分析結果はライセンスには過度な研究開発競争を緩和する効果があることを示している。研究開発投資に制約がない場合、第1ステージでライセンスがおこらない時、各企業は多額の研究開発資金を投じ、過度な研究開発競争を行うことになる。ライセンスにより第1ステージで製品  $\alpha$  の利得を分配することにより、第2ステージでの過度な研究開発競争が緩和されるからである。

同様に研究開発投資資金の制約は、第2ステージの過度な研究開発競争を緩和する効果と、企業の研究開発競争を阻害する効果を併せ持つことも分析結果から示されている。この背景として、企業の研究開発競争と余剰との関係が考えられる。一般的に研究開発競争は余剰を考えた場合、必ずしも望ましい結果を導かない場合がある。まず競争が過度になる場合、企業は過剰な研究開発投資を投じて発明開発に臨むこと

になる。逆に一企業が市場を独占するような状況の場合、企業の研究開発活動は阻害され、過少投資を生む。研究開発投資額をコントロールすることにより適度な競争状態を作ることができるのであれば、余剰を増加させ社会的観点から望ましい研究開発活動が実現可能だと予想される。

研究開発資金制約と余剰を考えた場合、分析結果は次のように解釈することができる。まず資金制約がコミットメントになり過激な研究開発競争を緩和する作用をもつ場合、第2ステージの競争緩和インセンティブが弱められる。この時、資金制約がない場合と比べ余剰は増加するため、第1ステージで $\pi^{\alpha*}$ より大きな利得でないとクロスライセンスが行われなくなる。次に資金制約が企業1の研究開発活動を阻害する作用をもつ場合、第2ステージでの競争緩和インセンティブは強くなる。その結果、資金制約がない場合と比べて余剰は減少するため、第1ステージで $\pi^{\alpha*}$ より小さな利得であってもクロスライセンスを行うことになる。従って資金制約の存在は、クロスライセンスをおこりやすくする場合とおこりにくくする場合という2つの結果を導いたと考えられる。

#### 4-5 まとめと今後の課題

本分析は、シングルあるいはクロスといったライセンス形態の選択をモデル内で説明することで、交渉の結果、企業がどのようなライセンス形態を選ぶか明らかにすることが目的であった。また企業の研究開発インセンティブに影響をもたらす要因として研究開発投資資金の制約を考え、資金制約の存在が企業の技術取引形態にどのような変化をもたらすか分析を行った。

分析にはシンプルなゲームモデルを用いた。複雑な交渉過程を記述せず、技術取引のインセンティブに「将来の研究開発競争の緩和」を考えることにより、従来のように外性的に技術取引形態が与えられたモデルと異なり、モデル内部で「シングル」「クロス」といったライセンス形態が決定される分析を実現した点が本分析の貢献である。

分析では、どのような条件の時にどのような技術取引形態が選ばれるか、クロスライセンスが起きる条件を中心にまとめた。まず、研究開発投資資金に制約がない場合にクロスライセンスが選ばれる条件を分析し、続いて資金制約がある場合、クロスライセンスが選ばれる条件がどのように変化するか分析した。これにより、研究開発指向型企業における技術取引と研究開発インセンティブとの関係について示すことができ、イノベーション創造における技術取引の役割について検討することが可能となった。

分析結果は、研究開発投資に制約がない場合、クロスライセンスとシングルライセンスが起きることを示すものとなった。さらに第1ステージで各企業が得る利潤の大きさにより、交渉の結果クロスライセンスが選ばれることが明らかになった。また、研究開発投資に制約がある場合について同様の分析を行ったところ、資金制約がない場合と比べ、クロスライセンスがおこりやすくなる場合とおこりにくくなる場合があることが分析結果から示された。資金制約は企業の研究開発インセンティブを変化させ、資金制約がない場合と比較し、技術取引形態の選択に変化をもたらすことが示された。この背景として、資金制約が過剰な研究開発競争を緩和する効果と、研究開発投資を阻害する2つの効果をもつことが考えられる。従って資金制約が研究開発による余剰増加に作用する場合と、逆に余剰減少に作用する場合とがあることが推測される。

本分析の研究開発ステージでは、研究開発に  $x_i$  ( $i = 1, 2$ ) 投じた時に発明を発見する確率を  $h(x_i)$  という一般形で記述している。分析結果から資金制約の効果として「過剰投資効果」と「過少投資効果」が考えられたが、このどちらが作用しているか具体的な数値例を利用して分析し、資金制約と余剰分析をおこなうことを今後の課題としたい。



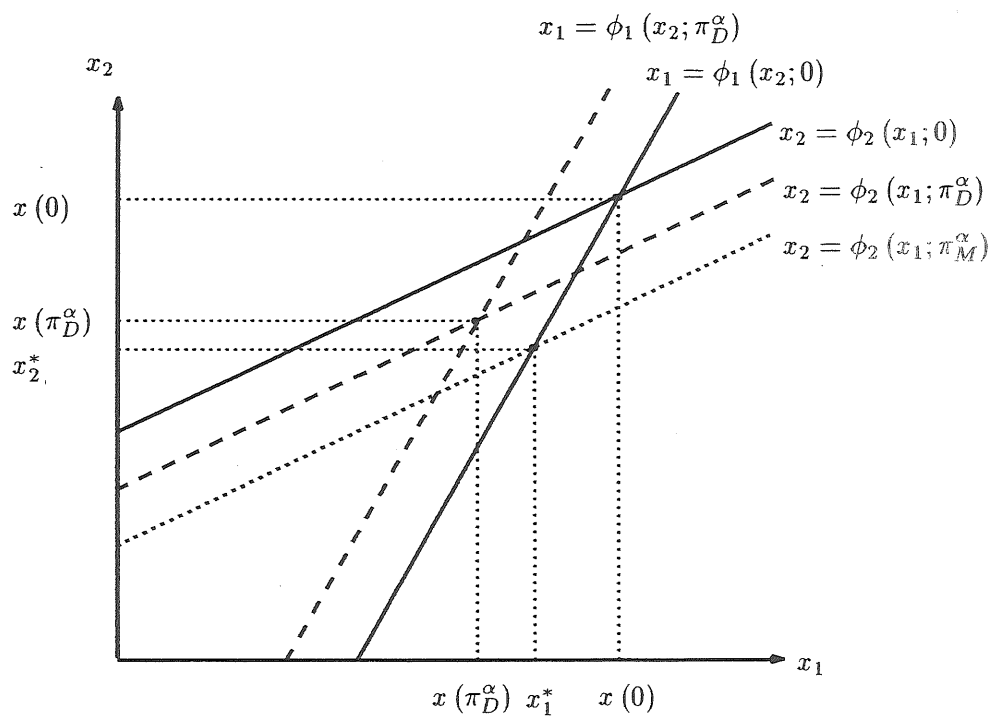


図 1: 各ライセンス形態での最適R&D投入量

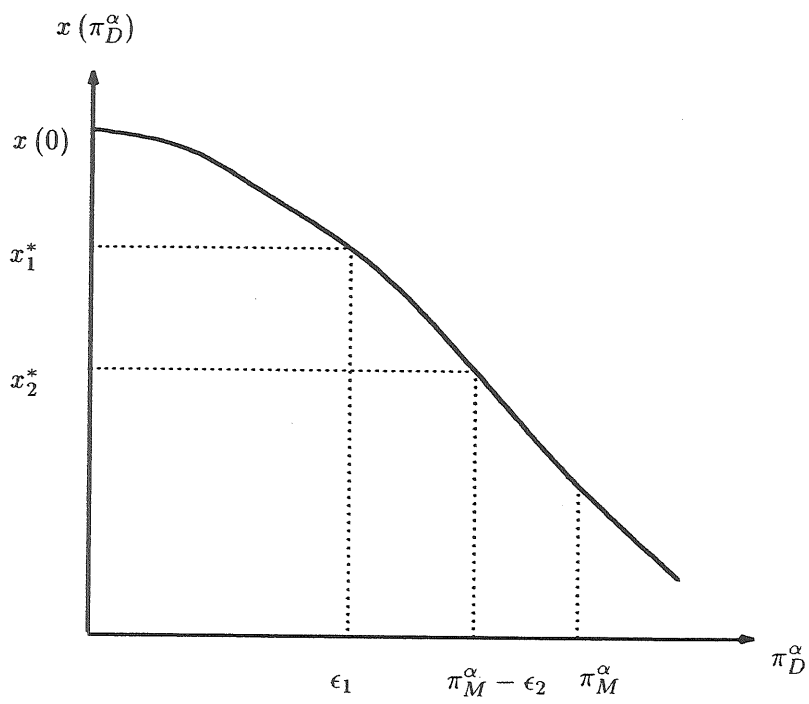


図 2: 各ライセンス形態での均衡R&D投入量

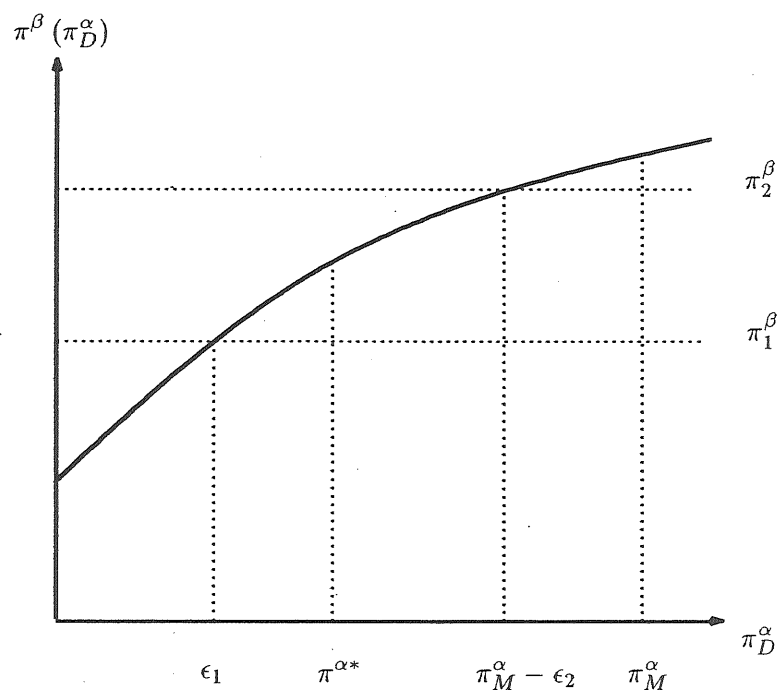


図 3: 各ライセンス形態での均衡利得

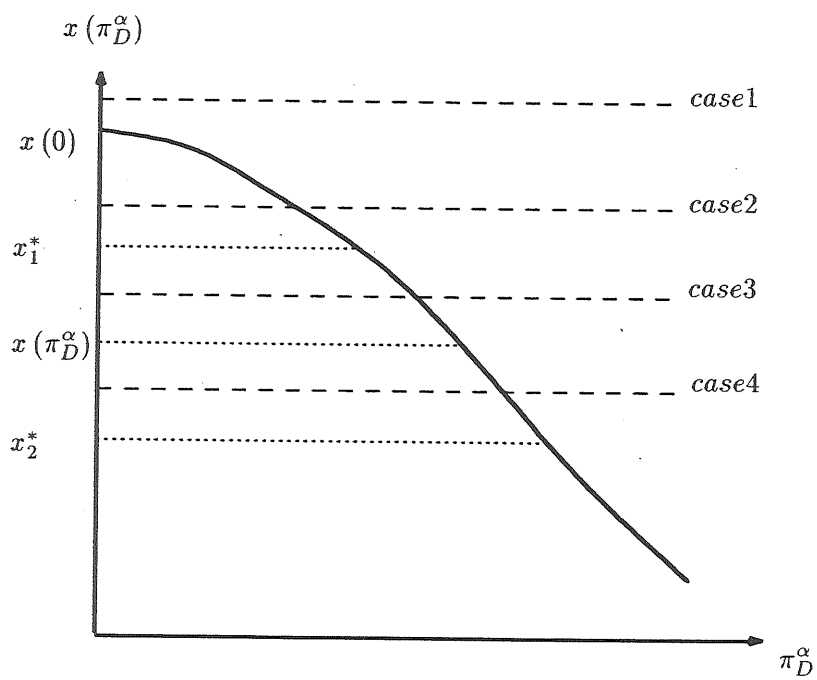


図 4: R&D 資金制約  $m_1$  のパターン図

## Appendix

### Fact 1 の証明

企業  $i$  ( $i = 1, 2, i \neq j$ ) の最適 R&D 投入量  $\phi_i$  の傾きは

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial x_j} = - \frac{\partial^2 \pi_i^\beta (\phi_i, x_j) / \partial x_j \partial x_i}{\partial^2 \pi_i^\beta (\phi_i, x_j) / \partial x_i^2} .$$

分母の符号は2階条件より負。分子の符号は (4.5) 式より

$$\begin{aligned} & \text{Sign} \left[ \partial^2 \pi_i^\beta (\phi_i, x_j) / \partial x_j \partial x_i \right] \\ &= \text{Sign} \left[ 1 / (r + h(x_i) + h(x_j))^2 h'(x_j) (h'(\phi_i) \pi_M^\beta - 1) \right] \\ &> 0 . \end{aligned}$$

$\text{Sign} \left[ \frac{\partial \pi_i^\beta}{\partial \pi_i^\alpha (s)} \right]$  についても同様で<sup>26</sup>,

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial \pi_i^\alpha (s)} = - \frac{\partial^2 \pi_i^\beta (\phi_i, x_j) / \partial \pi_i^\alpha \partial x_i}{\partial^2 \pi_i^\beta (\phi_i, x_j) / \partial x_j^2} .$$

分子の符号は

$$\text{Sign} \left[ \frac{\partial^2 \pi_i^\beta (\phi_i, x_j)}{\partial \pi_i^\alpha \partial x_i} \right] = \text{Sign} [-h'(\phi_i)] < 0 .$$

ゆえに  $\text{Sign} \left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial x_j} \right] > 0$  および  $\text{Sign} \left[ \frac{\partial \phi_i}{\partial \pi_i^\alpha (s)} \right] > 0$  が示された。

### Fact 2 の証明

背理法で解く。  $x_2^* \geq x_1^*$  と仮定する。  $\phi_2, \phi_1$  をそれぞれ企業2および1の最適 R&D 投入量とすると Fact 1 より

$$\phi_1(x_2^*; 0) \leq \phi_1(x_1^*; 0) < \phi_2(x_1^*; \pi_M^\alpha)$$

となる。ゆえに  $x_1^* = \phi_1(x_2^*; 0) < \phi_2(x_1^*; \pi_M^\alpha) = x_2^*$  となり矛盾。  $x_2^* < x_1^*$  が示される。

<sup>26</sup>  $\pi_i^\alpha (s)$  は  $s \in S_1 \times S_2$ ,  $S_1 = \{T_1, T_1 T_2\}$ ,  $S_2 = \{T_2, T_1 T_2\}$  により離散値をとるが、ここでは符号条件を得るため、 $\pi_i^\alpha (s)$  を  $s$  の微分可能な連続関数であるとしている。

$\pi_2^\beta > \pi_1^\beta$  は本文中与式 (4.3) の  $\pi_i^\beta = \pi_M^\beta - 1/h'(x_i^*)$ ,  $h' > 0$  および  $h'' < 0$  から示される.

### Lemma 1 の証明

(1).  $\pi^\beta(x)$  を  $\pi_D^\alpha$  に関して微分. Fact 1 より,  $\frac{\partial \phi_i}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \pi_D^\alpha} - h'(x) = 0$ . これゆえ  $\frac{\partial \phi_i}{\partial x} < 0$  ならば  $\frac{\partial x}{\partial \pi_D^\alpha} < 0$  が成立する.

(2). (4.6) 式より  $\frac{\pi_M^\beta h'(x_1^*) - 1}{h'(x_1^*)} \geq 0$ . Fact 1 より  $h(x_1^*) - h(x_2^*) \geq 0$ . ゆえに  $\epsilon_1 \geq 0$  について

$$\phi_1(x_1^*; \epsilon_1) = \left( \pi_M^\beta h'(\phi_2) - 1 \right) (r + h(x_1^*)) - h(\phi_2) + \phi_2 h'(\phi_2) - \epsilon_1 h'(\phi_1) \equiv 0 .$$

$\epsilon_1 = \frac{\pi_M^\beta h'(x_1^*) - 1}{h'(x_1^*)} (h(x_1^*) - h(x_2^*))$  とおけば

$$\phi_1(x_1^*; \epsilon_1) = \phi_1(x_2^*; 0) = x_1^* .$$

$\pi_M^\alpha - \epsilon_2$  についても同様に証明される.

### Lemma 2 の証明

(4.5) 式より  $\pi^\beta(\epsilon_1) = \pi_M^\beta - 1/h'(x(\epsilon_1))$ ,  $\pi_1^\beta = \pi_M^\beta - 1/h'(x_1^*)$ . しかし Lemma 1 より  $x_1^* = x(\epsilon_1)$ . ゆえに  $(\pi_M^\alpha - \epsilon_2) = \pi_2^\beta$  についても同様.

## 5章

### 結論

本論文の目的は企業の研究開発活動と技術取引、およびその成果に関して明らかにすることであった。2章から4章の分析結果は、企業の技術力とイノベーション、技術取引と研究開発インセンティブの2つの視点から企業のイノベーションの取り組みと成果についてまとめたものである。

2章は企業の技術力の評価に関する分析である。2章では、企業の技術力が株式市場で決まる企業価値にどのような影響を与えているか分析することにより、技術力の評価を行った。研究開発に積極的な「医薬品」「化学」「電機」3産業を分析対象とし、技術力の指標には過去から蓄積された研究開発投資額、最近数年の研究開発投資額、保有特許数の3指標を用いた。分析結果から、企業の技術力は企業価値と正の相関をもち、技術力がある企業ほど株式市場で決まる企業価値が高く評価されていることが示された。特に、多大な研究開発投資が必要な医薬品産業では、技術力が企業価値創造に大きく貢献していることが明らかになった。また本分析結果より、株式市場が技術力として評価する指標が産業により異なることも示された。医薬品産業では、特許保有が将来の企業収益に貢献すると株式市場で評価され、特許が企業価値に影響を与える結果を導いた。この結果は、利益専有手段が産業によって異なることを示唆するものとなった。

3章は2章と同様、製薬企業の研究開発活動の成果に関する実証分析である。3章では製薬企業を対象に、技術力の評価指標に「特許」と「新薬数」を用いた分析を行った。企業ごとの研究開発活動の取り組み方の違いがあるため、可変ウェイトを用いた分析手法であるDEA(Data Envelopment Analysis)が有効であると考え、製薬企業の技術力の評価にこの手法を応用した。各企業の研究開発の取り組み方といった企業ごとの特徴を考慮した評価方法で、日本の製薬企業における研究開発活動を企業ご

とに相対的に評価し、企業の潜在的な技術力が、どのくらい研究開発成果に結びついているのか分析した。1977-1991年における製薬企業14社の研究開発活動の評価の結果、それぞれの年におけるDEA効率的な企業が示された。同時に、年ごとに見ることで、いずれの年においてこれらの企業が効率的であったか検証した。

4章は技術取引と研究開発インセンティブに関する分析である。先行研究において所与とされていた「シングル」「クロス」ライセンス形態の選択が、本章ではモデルの中で説明されている。これにより、どのような場合にどのような取引形態が選択されるか分析することが可能となり、イノベーション創造における技術取引の役割について検証することができた。また、企業の研究開発インセンティブに影響をもたらす要因に研究開発投資資金の制約を考え、資金制約の存在が企業の技術取引形態の選択にどのような変化をもたらすか分析を行った。分析結果は、技術ライセンスが過度な研究開発競争を緩和させる効果があることを示すものとなった。さらに研究開発資金に制約がある場合、資金制約がない場合と比較し、企業のR&D競争緩和インセンティブが変化することにより、クロスライセンスがおこりやすくなる場合とおこりにくくなる場合の双方が考えられることがわかった。

2章から4章の分析結果は、イノベーション創造における「研究開発活動」と「技術取引」の役割を示すものとなった。企業の研究開発活動の取り組みは、技術力として蓄積され、製品や特許といったアウトプットの創造に貢献する。これは「技術力とイノベーション」に関する2章及び3章の分析結果から示されたものであり、技術進歩の速さや特許保護範囲の違いといった産業特有の要因や、研究開発の取り組みの違いといった企業固有の要因により、技術力の評価は産業および企業間で異なることも示された。

また、技術取引は技術インプットとしてイノベーション創造に貢献するだけではない。技術取引は企業の研究開発インセンティブに影響を与え、研究開発投資額の決定に作用することが示された。これは「技術取引と研究開発インセンティブ」に関する4章の分析結果から明示されたことである。このように「企業の技術力」と「技術



取引」は企業の技術戦略で異なる役割を担うことがわかり、企業はこの2要因を組み合わせることで、イノベーション戦略を立てていると推測される。本分析はイノベーション戦略における「技術力」と「技術取引」の役割を示すことにより、企業の技術開発戦略に関する分析での一貢献になったといえよう。

## 参考文献

- [1] 小田切宏之 (1987) 「研究開発：その成果は何か」 穴戸他編 社会工学概論 学陽書房 171-184.
- [2] 後藤晃 (1993) 「日本の技術革新と産業組織」 東京大学出版会.
- [3] 後藤晃, 永田晃也 (1996) 「サーベイデータによるイノベーション・プロセスの研究：日本側調査結果の概要」 科学技術政策研究所.
- [4] 刀根薫 (1993) 「経営効率性の測定と改善：包絡分析法 DEA による分析」 日科技連.
- [5] 日本製薬工業協会 (1991) DATA BOOK.
- [6] 本庄裕司, 羽田尚子 (1998) 「DEA を用いた製薬企業の研究開発活動の評価」 研究・技術・計画, **13**, 96-105.
- [7] 三菱総合研究所 (1991) 「日米テクノストックの定量的比較に関する調査研究 — 日米の産業技術システム・科学アセットの比較評価」 機械振興協会経済研究所.
- [8] 矢澤清明 (1995) 「研究開発の生産性と研究開発マネジメント」 専修大学経営研究所報 **113**.
- [9] 李清乎, 木嶋恭一 (1996) 「DEA を用いた日・米の研究開発投資の効率の評価」 経営情報学会 1996 年春期全国研究発表大会予稿集.
- [10] 科学技術庁 (現文部科学省) (1995) 外国技術導入の動向分析.
- [11] Arrow, K.J.(1962) Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press, 609-625.

- [12] Charnes, A.; Clark, T.; Cooper, W.W. and Golany, B. (1985) A Development Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the U.S. Air Forces, *Annals of Operational Research*, **2**, 95–112.
- [13] Charnes, A.; Cooper, W.W.; Lewin, A. Y. and Seiford L. M. (eds.)(1994) Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application, Kluwer Academic Publishers.
- [14] Charnes, A.; Cooper, W.W.; and Rhodes, E.(1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, **2**, 429–444.
- [15] Cockburn, I. and Griliches, Z.(1987) Industry Effects and Appropriability Measures in the Stock Market's Valuation of R&D and Patents, Working Paper, #2465, National Bureau of Economics Research.
- [16] Cockburn, I. and Griliches, Z.(1988) Industry Effects and Appropriability Measures in the Stock Market's Valuation of R&D and Patents, *American Economic Review*, **78**, 419–423.
- [17] Cooper, W.W.; Kumbhakar, S.; Thrall, R. M. and Yu, X. (1995) DEA and Stochastic Frontier Analyses of the 1978 Chinese Economic Reforms, *Socio-Economic Planning Sciences*, **29**, 85–112.
- [18] Cordero, R. (1989) The Measurement of Innovation Performance in the Firm: An Overview, *Research Policy*, **19**, 185–210.
- [19] Dasgupta, P. and Stiglitz, J.(1980) Uncertainty, Industrial Structure, and the Speed of R&D, *Bell Journal of Economics*, **11**, 1-28.
- [20] Eswaran, M.(1994) Cross-Licensing Competing Patents As a Facilitating Device, *Canadian Journal of Economics*, **27**, 689–708.

- [21] Gallini, N. T.(1984) Deterrence by Market Sharing: A Strategic Incentive for Licensing, *American Economic Review*, **74**, 931–941.
- [22] Gallini, N. T. and Winter, R. A.(1985) Licensing in the theory of innovation, *RAND Journal of Economics*, **16**, 237–252.
- [23] Geisler, E. (1995) An Integrated Cost-Performance Model of Research and Development Evaluation, *Omega*, **23**, 281–294.
- [24] Gilbert, R. J. and Newbery, D. M.(1982) Preemptive Patenting and the Persistence of Monopoly, *American Economic Review*, **72**, 514–526.
- [25] Gilbert, R. J. and Newbery, D. M.(1984) Preemptive Patenting and the Persistence of Monopoly: Comment, *American Economic Review*, **74**, 238–242.
- [26] Goto, A. and Suzuki, K.(1989) R&D Capital, Rate of Returns on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries, *Review of Economics and Statistics*, **71**, 555-564.
- [27] Griliches, Z.; Hall, B. H.; and Pakes, A. (1991) R&D, Patents, and Market Value Revisited: Is There a Second Technological Opportunity Factor ?, *Economics of Innovation and New Technology*, **1**, 183–201.
- [28] Hall, B. H.(1993) The Stock Market's Valuation of R&D Investment during the 1980's, *American Economic Review*, **83**, 259–264.
- [29] Haneda, S. and Odagiri, H.(1998) Appropriation of Returns from Technological Assets and the Value of Patents and R&D in Japanese High-Tech Firms, *Economics of Innovation and New Technology*, 303–321.
- [30] Hashimoto, A.(1996) A DEA Selection System for Selective Examinations, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, **39**, 475–485.

- [31] Hashimoto, A. and Ishikawa, H.(1993) Using DEA to Evaluate the State of Society as Measured by Multiple Social Indicators, *Socio-Economic Planning Sciences*, **27**, 257–271.
- [32] Hashimoto, A. and Kodama, M.(1997) Has Livability of Japan Gotten Better for 1956-1990?: A DEA Approach, *Social Indicators Research*, **40**, 359–369.
- [33] Hirschey, M.(1985) Market Structure and Market Value, *Journal of Business*, **58**, 89–98.
- [34] Jensen, E. J. (1987) Research Expenditure and the Discovery of New Drugs, *Journal of Industrial Economics*, **36**, 83–97.
- [35] Levin, R. C.; Klevorick, A. K.; Nelson, R. R.; and Winter, S. G. (1987) Appropriating the Returns from Industrial Research and Development, *Brooking Papers on Economics Activity*, **3** 783–820.
- [36] Lin, P.(1997) License to Be More Innovative, *Review of Industrial Organization*, **12**, 271–278.
- [37] Lindenberg, E. B. and Ross, S. A.(1981) Tobin's q Ratio and Industrial Organization, *Journal of Business*, **54**, 1–32.
- [38] Megna, P. and Klock, M.(1993) The Impact of Intangible Capital on Tobin's q in the Semiconductor Industry, *American Economic Review*, **83**, 265–269.
- [39] Merges, R. P. and Nelson, R. R.(1994) On Limiting or Encouraging Rivalry in Technical Progress: The Effect of Patent Scope Decisions, *Journal of Economic Behavior and Organization*, **25**, 1–24.
- [40] Nelson, R. R. and Winter, S. G.(1982) *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press.

- [41] Odagiri, H. and Murakami, N.(1991) Private and Quasi-Social Rates of Return on Pharmaceutical R&D in Japan, *Research Policy*, **21**, 335–345.
- [42] Ordover, J. A.(1991) A patent for Both Diffusion and Exclusion, *Journal of Economic Perspectives* , **5**, 43–60.
- [43] Penrose, E. T. (1959) *The Theory of the Growth of the Firm* . Oxford: Basil Blackwell.
- [44] Reinganum, J. F.(1983) Uncertain Innovation and the Persistence of Monopoly, *American Economic Review*, **73**, 741–748.
- [45] Rockett K. E. (1990) Choosing the competition and patent licensing, *RAND Journal of Economics*, **21**, 161–172.
- [46] Sallinger, M. A.(1984) Tobin's q, Unionization, and Patent Licensing, *RAND Journal of Economics*, **15**, 159–170.
- [47] Schmpeter, J. A.(1942) *Capitalism, Socialism, and Democracy* New York : Harper and Row.
- [48] Shapiro, C. (1985) Patent Licensing and R&D Rivalry, *American Economic Review*, **75**, 25–30.
- [49] Smirlock, M.; Gilligan, T. and Marshall, W.(1984) Tobin's q and the Structure-Performance Relationship, *American Economic Review*, **74**, 1051–1060.
- [50] Thompson, R. G.; Singleton, Jr. F. D.; Thrall, R. M. and Smith, B. A. (1986) Comparative Site Evaluation for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas, *Interfaces*, **16**, 36–46.

- [51] Teece, D. J.; Pisano, G.; and Shuen, A. (1992) Dynamic Capabilities and Strategic Management, Working Paper, University of California at Berkeley.
- [52] Trajtenberg, M. (1990) A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations, *RAND Journal of Economics*, **21**, 172–187.
- [53] Wildasin, D. (1984) The q Theory of Investment with Many Capital Goods, *American Economic Review*, **74**, 203–210.
- [54] Wilde, L. L. and Lee, T. (1980) Market Structure and Innovation: A Reformulation, *Quarterly Journal of Economics*, **94**, 429–436.