

○畑仲卓郎, 渡辺千帆 (東工大社会理工学)

1. 序

近年好調を維持している製薬産業であるが、その原動力が研究開発志向、新製品の開発、高収益、という好循環サイクルにあると捕らえる。中でも薬品、製薬産業に特有な特徴である自己増殖機能による製品間の技術スピルオーバーに焦点を当て、この好循環サイクルの検証を行う。

2. 製薬産業と電気機械産業

日本のリーディング産業である電気機械産業と製薬産業の売上高、研究開発費、研究開発強度、売上高営業利益率の推移を以下に示した(売上高、研究開発費は1979年を100として指数化)。その結果、売上げにおいては電気機械産業に比べて緩やかな成長をたどっているものの、近年においては研究開発費の伸びが売上高のそれを上回り、研究開発強度上昇の一途をたどっていることがわかる(それに対して電気機械産業は売上高の伸びに対して、研究開発費の伸びが近年緩やかになっている)。

そして、注目すべきは売上高営業利益率であり、売上高、研究開発費と比べ顕著な違いを見て取ることができる。

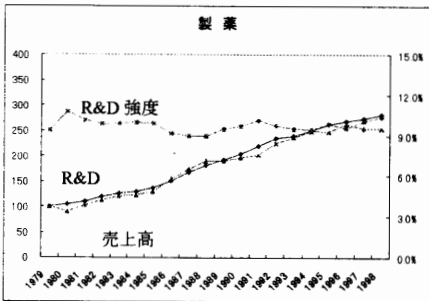


図2-1 製薬産業の売上高、R&D、R&D強度

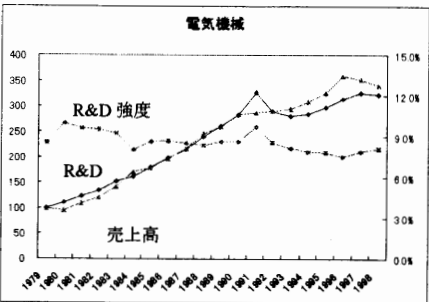


図2-2 電気機械産業の売上高、R&D、R&D強度

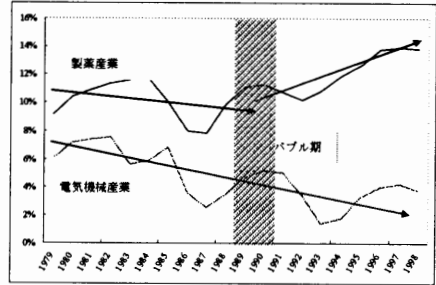


図2-3 電気機械産業と製薬産業の売上高営業利益率

2.1 製薬企業の競争力

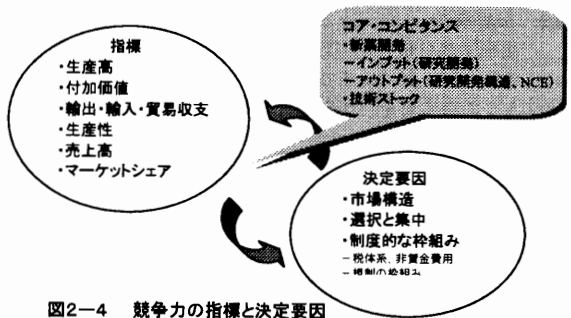


図2-4 競争力の指標と決定要因

上図において、

- ① 「指標」は市場での現在のポジションを示すもので、企業が掲げる「目標」と考えるのが妥当である。
- ② 「決定要因」はそれ自体は目標ではなく、むしろ企業の現在と将来の市場ポジション確保に役立つ手段といえる。

Hamel, Prahalad (1994) が提唱した概念にコア・コンピタンス (core competence) という概念があり、それは「他社が真似することのできない自社独自の価値を提供する企業の中核的な力」のことである。それは才能であり、スキルであるが、個々のスキルや組織という枠を越えた学習の積み重ねである。彼らは製品で業界を支配する競争より、コア・コンピタンスで業界を支配する方が、大切であると主張し、コア・コンピタンスを製品やサービスよりも上位に位置すると指摘する。コア・コンピタンスは後に消滅することもあり、業界で必須の当然の能力となることもしばしばあるという。」

製薬企業の好循環サイクルは、図2-4にも示すように、「売上高、収益率等の指標」と「市場構造、企業戦略等の決定要因」の間に「技術ストック（新製品開発能力）を軸としたコア・コンピタンス」の保有である仮定する。

さらに、このコア・コンピタンスの影響は薬効別の売上高に顕著に現れると考えられるため、本論文では特に以下の二つの事業に注目する。

- ① 競争優位事業：その企業の薬効別事業のうちもっとも高い業界シェアを保有している事業
- ② 主力事業：その企業の薬効別事業のうち最も高い売上高を保有している事業

### 3. 分析手法

#### 3.1 薬効別売上高

本研究では薬効を以下の8つに分類したデータを用いる。

- 1) 神経系及び感覚器官用薬剤
- 2) 循環器系・呼吸器系薬剤
- 3) 消火器官用薬剤
- 4) 抗生物質・化学療法剤・生物学的製剤・腫瘍用薬
- 5) ビタミン・滋養強壮・その他の代謝性薬剤
- 6) アレルギー用薬
- 7) ホルモン剤
- 8) その他

#### 3.2 市場構造

市場構造の分析としては、製薬10社の薬効別売上高を用いて各社の売上高による技術ポジションを定め、それぞれのベクトルのなす角を技術距離と定義し、数量化IV類を用いて分析を行った。

企業*i*の技術ポジション

$$P_i = \left( \frac{S_{i1}}{S_i}, \frac{S_{i2}}{S_i}, \dots, \frac{S_{in}}{S_i} \right)$$

$S_i$ : 企業*i*の売上高 (1)

$S_{in}$ : 企業*i*の薬効*n*分野における売上高

任意の2企業間の技術距離は、それぞれの技術ポジション  $D_{ij}$  はそれぞれのベクトルがなす角の余弦により定義される

$$D_{ij} = \cos \theta = \frac{P_i \cdot P_j}{|P_i| |P_j|} \quad (2)$$

これにより時系列で技術距離の行列が得られ、その技術距離行列を数量化IV類により分析し、売上高構造の推移を得ることができる。

さらに、全体の傾向を時系列で把握するために、技術ポジションのなす角の平均の推移を算出する。技術距離は両者の技術ポジションのなす角の余弦であるため、そのアークコサインを取れば両者の技術ポジションのなす角度が分かる。各企業ごとに他の企業となす角度の平均を求め、さらに全社の平均を取ることで売上高構造が均質化しているのか、多様化しているのかを分析する。平均角度が大きくなることは多様化を、小さくなることは均質化していることを示す。

### 3.3 企業内構造

企業の薬効別の売上高が均一化しているのか、一つの薬効に集中しているのかを数量的に表現して企業の内部構造とする（決して売上高が均等であることが良いというわけではない）。この指標としてエントロピー（Entropy）という概念を用いる（エントロピーの上昇は多様化を示唆）。

$$\epsilon = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (3)$$

$P_i$ : 売り上げ、算出のシェア

### 3.4 製品間スピルオーバー

#### 3.4.1 製薬業界の研究開発構造

企業の研究開発において、各企業は他の企業と共同、またはアウトソーシング等を行う場合もあるが、独自で研究設備、さまざまな種類の研究者の雇用による研究開発のための資源のプールを形成する。その限られた資源を最大限利用し、発見段階(Discovery Stage)、早期段階(Early Stage)、終期段階(Late Stage)、市場投入後(Post Launch)と各段階でプロジェクトを遂行してゆく。そのプロジェクトの成否にかかわらず、それらのプロジェクトを通じて各研究プロジェクトグループはその薬効分野、各段階における技術のストックを形成し、またその技術のストックにより外部の技術を吸収、利用可能にすることを可能にする同化能力 (Assimilation Capacity) を形成する。

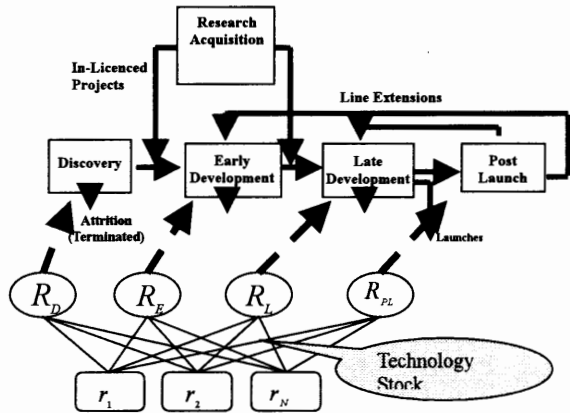


図3-1 製薬業界の研究開発 Bunch and Schacht, 2002

プロジェクトでは機能的リソース（臨床薬理学者、毒物学者、薬剤師、統計学者、臨床研究医等）からプロジェクトチームを組み、それぞれの分野（薬効）、段階における新薬の開発、既存の薬品の改良を行うのであるが、あるプロジェクトにおいて開発された新薬の分子は最初に予想した薬効だけを持つとは限らず、他の臓器に対しても有効であったり、ときには他の臓器に対してのみ有効である場合もあり、他の薬効の技術としてもストックされ得る（医薬品の自己増殖機能）。

こうして、企業の技術のストックの全体は、1. 自社が行った研究開発で得られた技術のストック 2. 産業（自社以外）が行った研究開発により形成された技術ストックのスピルオーバーから同化した技術ストック 3. 自社の薬効間でスピルオーバーした技術の3つの和により計算すること

ができる。

### 3.4.3 スピルオーバーと同化能力

Watanabe, Takayama, Nagamatsu (2001) は同化能力を数学的に以下のように定義した。

$$Z = \frac{1}{1 + \frac{\Delta T_j}{T_j} / \frac{\Delta T_i}{T_i}} \cdot \frac{T_i}{T_j} \quad (4)$$

Z: 企業jの同化能力

$T_j$ : 企業jの技術ストック

$T_i$ : 潜在的技術スピルオーバープール

(企業j以外の製薬業界全体の技術ストック)

各薬効ごとの同化能力も、以上と同様の方法で数学的に定義することができる。

$$Z_i = \frac{1}{1 + \frac{\Delta T_j}{T_j} / \frac{\Delta T_i}{T_i}} \cdot \frac{T_i}{T_j} \quad (5)$$

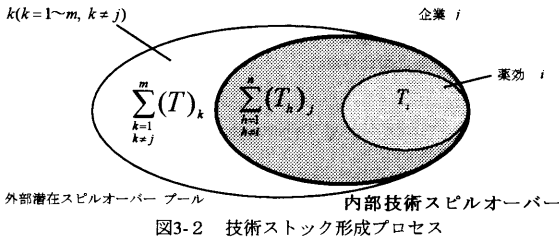
$Z_i$ : 企業iにおける薬効iの同化能力

$T_i$ : 薬効iの技術ストック

$T_j$ : 企業jの薬効を除いたスピルオーバープール

(企業jの技術ストックから薬効jの技術ストックを除いたもの)

### 3.4.2 技術ストックの形成プロセス



## 4 分析モデル

### 4.1 収益性の支配要因

$$OIS = O(Sa, Sb, \epsilon, M, CI)$$

OIS: 売上高営業利益率

$\epsilon$ : 売上高のエントロピー

Sa: 競争優位事業の売上高

M: 市場構造

Sb: 主力事業の売上高

CI: 景況

企業の売上高営業利益率は、その企業の競争優位事業の売上高、主力事業の売上高、事業の多角化度、市場構造、そして景況<sup>1</sup>から影響を強く受けるものと考えられる。

(6) 式をオイラー展開し、両辺を時間で微分すると、

$$\frac{dOIS}{dt} = \frac{\partial OIS}{\partial Sa} \frac{dSa}{dt} + \frac{\partial OIS}{\partial Sb} \frac{dSb}{dt} + \frac{\partial OIS}{\partial \epsilon} \frac{d\epsilon}{dt} + \frac{\partial OIS}{\partial M} \frac{dM}{dt} + \frac{\partial OIS}{\partial CI} \frac{dCI}{dt} \quad (7)$$

両辺を OIS で割り、変形すると

$$\frac{1}{OIS} \frac{dOIS}{dt} = \alpha \frac{1}{Sa} \frac{dSa}{dt} + \beta \frac{1}{Sb} \frac{dSb}{dt} + \gamma \frac{1}{\epsilon} \frac{d\epsilon}{dt} + \delta \frac{1}{M} \frac{dM}{dt} + \phi \frac{1}{CI} \frac{dCI}{dt} \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{\partial OIS}{\partial Sa} \frac{Sa}{OIS} \quad \beta = \frac{\partial OIS}{\partial Sb} \frac{Sb}{OIS} \quad \gamma = \frac{\partial OIS}{\partial \epsilon} \frac{\epsilon}{OIS}$$

(9)

$$\delta = \frac{\partial OIS}{\partial M} \frac{M}{OIS} \quad \phi = \frac{\partial OIS}{\partial CI} \frac{CI}{OIS}$$

となる。ここで両辺を変形して、

$$\ln OIS = A + \alpha \ln Sa + \beta \ln Sb + \gamma \ln \epsilon + \delta \ln M + \phi \ln CI$$

$$OIS = AS^\alpha S^\beta \epsilon^\gamma M^\delta CI^\phi$$

(10)

を得る。

### 4.2 製品間スピルオーバーと事業別売上高の関係

新薬、新製品の開発に大きな影響を与えるものとして本研究では製品間の技術スピルオーバーを提唱してきた。この技術のストックが薬効別の売上高に与える影響を分析するために、競争優位事業、主力事業との関係を分析する。

$$S = S(T_{sp})$$

S: 売上高

$T_{sp}$ : 製品間スピルオーバー

このモデルにより、先のモデルで収益率に正の相関を示した事業(コア事業)と、コア事業以外の売上げに関して分析を行い、符号関係と有意性を判断する。

## 5. 分析結果

### 5.1 市場構造

数量化IV類の結果の一部を以下に示す。

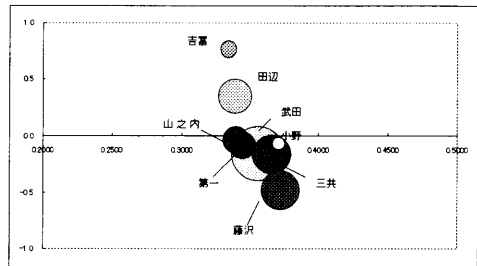


図5-1 1979年の売上高構造マップ

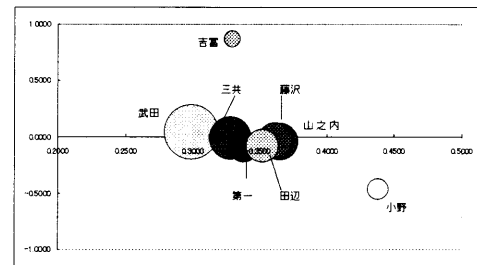


図5-2 1989年の売上高構造マップ

<sup>1</sup> 景況に応じ、薬価は調整される。好況時には薬価は引き下げられ、不況時には引き上げられることで、業績の維持が図られている。

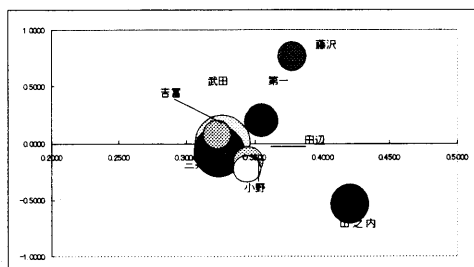


図 5-3 1998 年の売上高構造マップ

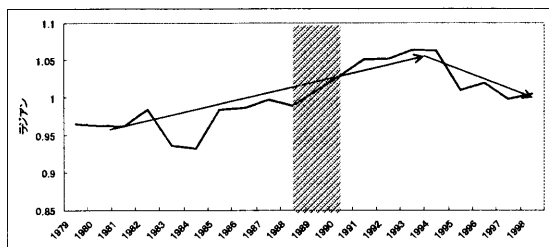


図 5-4 技術ポジションがなす角の平均の時系列推移

売上高の構造は 1994 年ごろを境に均質化してきていることが分かる。これは各企業の売上高に関するエントロピーの上昇を考慮すれば、多様化を進めた結果としての均質化ということがいえる。

## 5.2 収益性の支配要因分析

表 4-1 収益性の支配要因分析結果

企業	定数項	競争優位	主力事業	企業内構造	市場構造	景況	adj.R <sup>2</sup>	DW
武田	-7.42 (-4.17)	0.63 (2.57)	-1.11 (-3.86)	9.08 (3.21)	2.12 (2.29)	2.00 (4.92)	0.887	3.18
三共	4.37 (0.78)	1.78 (2.21)	-1.61 (-1.37)	4.09 (0.94)	-11.56 (-2.99)	-1.90 (-2.28)	0.870	2.06
山之内	5.24 (1.28)	0.98 (2.33)	-4.88 (-3.44)	1.62 (4.88)	6.54 (1.89)	1.46 (2.07)	0.760	2.40
第一	-18.14 (-9.59)	0.10 (0.43)	1.49 (3.47)	0.43 (0.63)	4.87 (3.95)	2.16 (8.07)	0.952	2.15
藤沢	-23.88 (-2.12)	4.69 (2.39)	-2.47 (-2.66)	3.62 (1.18)	-5.54 (-1.38)	2.55 (1.58)	0.696	2.68
田辺	-5.30 (-1.28)	-2.37 (-2.54)	0.44 (0.92)	-0.64 (-0.48)	11.62 (3.26)	3.36 (4.31)	0.619	2.72
小野	-6.33 (-4.22)	-0.39 (-2.35)	0.44 (11.60)	-1.32 (-2.29)	-2.52 (-2.28)	0.88 2.63	0.974	2.89
三菱	-1.00 (-0.24)	-0.76 (-1.45)	0.13 (0.65)	0.47 (1.21)	1.62 (0.69)	0.34 (0.57)	0.611	2.80
参天	-1.94 (-1.54)	-0.79 (-3.87)	1.00 (5.31)	-0.57 (-0.87)	1.47 (1.38)	0.23 (0.85)	0.951	2.06
持田	-3.34 (-1.21)	-1.23 (-4.80)	-0.24 (-3.22)	-4.41 (-3.21)	4.13 (0.44)	1.19 (2.60)	0.838	2.63

\*\* 1%有意  
\* 5%有意

## 5.3 製品間スピルオーバーと事業別売上高の関係

表 4-2 製品間スピルオーバーと競争優位事業、主力事業の関係

企業	定数項	製品間スピルオーバー	adj.R <sup>2</sup>	DW	定数項	製品間スピルオーバー	adj.R <sup>2</sup>	DW
武田	6.12 (25.44)	0.28 (19.8)	0.968	1.13	5.04 (35.9)	0.18 (4.58)	0.636	0.85
三共	6.47 (53.09)	0.03 (5.87)	0.720	0.36	4.99 (79.68)	0.01 (5.04)	0.674	0.66
山之内	2.83 (11.33)	0.60 (7.79)	0.821	0.86	0.46 (64.27)	0.22 (8.28)	0.839	0.76
第一	2.98 (18.94)	0.50 (7.94)	0.820	1.50	4.38 (78.2)	0.03 (1.46)	0.08	0.94
藤沢	3.97 (74.49)	0.12 (5.84)	0.716	1.67	4.99 (59.38)	0.07 (2.22)	0.232	0.7
田辺	4.86 (22.60)	0.10 (5.23)	-	1.31	5.5 (22.61)	-0.45 (-5.23)	0.669	0.97
小野	3.36 (48.61)	0.06 (6.83)	0.007	0.54	3.51 (48.61)	0.26 (6.88)	0.779	0.88
三菱	-0.37 (0.91)	1.29 (6.78)	0.776	0.86	0.65 (-1.51)	1.29 (-6.59)	0.766	0.95
参天	1.98 (31.25)	0.70 (5.79)	0.736	0.93	1.98 (-31.25)	0.7 (-5.79)	0.714	0.93
持田	4.49 (41.31)	0.04 (0.64)	-	0.41	3.02 (-24.96)	0.36 (-4.93)	0.642	1.28

## 6. 結論

本研究では、企業の業績を顕著に表す売上高営業利益率が、市場構造、企業内構造、景況により影響を受け、さらに企業の競争力の中枢である技術力の結果である薬効別の売上高を用い分析を行った。また、薬効別売上高が製品間の技術スピルオーバーにより直接的な影響を受け好循環サイクルを形成していると仮定し、実証分析を行った。その結果大手企業において製品間スピルオーバー → コア事業 売上高営業利益率の好循環サイクルが確認された。また、中小企業に関しては競争優位事業よりも主力事業、事業の集中が収益率に正の相関を持つことが確認された。

### 参考文献

- [1] A. B. Jaffe, "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firm's Patents, Profits, and Market Value," *The American Economic Review* 76, 1986, 984-1001.
- [2] A. Nagamatsu and C. Watanabe, "Functionality Development as a Source of Innovation in High-Technology Industry" 平成 13 年度博士論文、東京工業大学社会学部工学部研究科経営工学専攻
- [3] G. Hamel・C. K. Prahalad (1994), 「コア・コンピタンス経営」一條和生訳 (1995)、日本経済新聞社.
- [4] Paul R. Bunch and Aaron L. Schacht, "Modeling resource requirements for pharmaceutical R&D" *Research, Technology Management* 45, No.1 2002, 48-56
- [5] Z. Griliches, "Issues in Assessing the Contribution of R&D to productivity Growth," *Bell Journal of Economics* 10, Spring 1979, 92-116.
- [6] 日本製薬工業会 (1999), 「欧州連合の製薬業界の競争力に関するベンチマーク評価」、製薬協研究資料 No.304
- [7] 玄場公規・児玉文雄 (1999), 「わが国製造業の多角化と収益性の定量分析」、研究 技術 計画 Vol.14, No.3, 179-189.
- [8] 田上貴士・渡辺千代 (2000), 「日本製薬業界における中堅企業の成長とその活動」、研究・技術計画学会第 15 回年次学術大会講演要旨集、p382-385.
- [9] 高山誠 (2001), 「新製品開発イノベーションの成功と失敗のパラドックス—コ・エボリューション制約下の日本の医薬品産業の生存戦略」、平成 13 年度東京工業大学博士論文.
- [10] 渡辺千代・宮崎久美子・勝本雅和 (1998), 「技術経済論」、日科技連