

ファインケミカル企業における研究開発成果分析モデルの研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-05-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 野尻, 泰民 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/21798

明治大学大学院商学研究科

2020年度

博士学位請求論文

ファインケミカル企業における

研究開発成果分析モデルの研究

**A Study on Achievement Analysis Models of R&D Activities
in Fine Chemical Firms**

学位請求者 商学専攻

野尻 泰民

目次

【 序論 】

I. 本論文の目的と背景	5
II. 本論文の構成	6
III. 本論文の問題領域	8
IV. 本論文における基本概念の定義と位置づけ	11
IV-1. ファインケミカル企業	11
IV-2. くさびのカタストロフィー	11
IV-2-1. カスプ曲線	14
IV-2-2. 尖点	14
IV-2-3. 非対称性	15
IV-2-4. 遅れの規約	15
IV-3. タイム・ラグ	16
IV-4. 交互最小二乗法	16
IV-5. 解の退化	17
V. 本論文の前提条件と限界	18
V-1 本論文の対象企業・業種（ファインケミカル企業）	18
V-2 説明変数と被説明変数	18
V-3 分析対象期間	19
V-4 タイム・ラグの設定	20
V-5 モデルのストレス	20
V-6 パラメータの推定方法	21
VI. 従来の研究と本論文の特徴	23
VI-1 研究開発成果の定量的研究	23
VI-2 タイム・ラグを考慮した研究開発成果の定量的研究	24
VI-3 定性的カタストロフィーの研究	26
VI-4 定量的カタストロフィーの研究	28
VII. 本論文で扱う使用記号	29

【 本論 】

第 1 部	カタストロフィー理論に基づく研究開発成果分析モデル	34
第 1 章	Innovation Map のカタストロフィー・モデル	35
1.1	本章の目的	35
1.2	使用記号	36
1.3	Innovation Map	37
1.4	Innovation Map のカタストロフィー・モデル	41
1.5	本章の提案モデルから示唆される企業投資活動	42
1.6	本章のまとめ	43
第 2 章	くさびのカタストロフィーにおける尖点の座標と曲面の同定	46
2.1	本章の目的	46
2.2	使用記号	46
2.3	カタストロフィー曲面の同定	47
2.4	カタストロフィー曲面における尖点推定モデルの提案	50
2.5	Innovation Map における時系列モデル	54
2.6	本章の提案モデルから示唆される特徴	57
2.7	本章のまとめ	59
第 2 部	複数のタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデル	61
第 3 章	被説明変数にタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデル	62
3.1	本章の目的	62
3.2	使用記号	63
3.3	研究開発成果分析の基本モデル	63
3.4	本章の提案モデル	64
3.5	モデルのパラメータ推定方法	65
3.6	実証分析結果	67
3.7	本章のまとめ	71
第 4 章	被説明変数と説明変数にタイム・ラグを考慮した 研究開発成果分析モデル	73
4.1	本章の目的	73

4.2	使用記号	73
4.3	複数年度のタイム・ラグを考慮したモデルの整理	74
4.4	本章の提案モデル	76
4.5	実証分析結果	77
4.6	本提案モデルの利点と欠点	78
4.7	本章のまとめ	79

第3部 Innovation Map のカタストロフィー・モデルと複数のタイム・ラグを 考慮した重回帰分析モデルの統合による研究開発成果分析モデル … 81

第5章	直交4象限の研究開発成果分析モデル	82
5.1	本章の目的	82
5.2	使用記号	83
5.3	ラグを考慮した研究開発成果分析モデル式の整理	83
5.4	直交4象限の研究開発成果分析モデルの提案	84
5.5	提案モデルから示唆される特徴	85
5.6	本章のまとめ	87
第6章	カस्प曲線を考慮した研究開発成果分析モデル	90
6.1	本章の目的	90
6.2	使用記号	90
6.3	直交4象限の研究開発成果分析モデルの整理	91
6.4	本章の提案モデル	92
6.5	直交4象限モデルと本章の提案モデルとの比較	93
6.6	本章のまとめ	96

【 結論 】

1.	本論文のまとめ	99
2.	本論文の新規性と学術的な貢献	100
3.	今後の課題	102

参考文献	103
------	-----

【 付録 】

本論文の分析に用いた財務データと特許データ	108
-----------------------	-----

【 序論 】

本論文の目的・問題領域と前提条件

I. 本論文の目的と背景

経営学の中心テーマのひとつが、企業を持続的に成長させるために必要な理論の構築であろう。企業は、生産・販売・研究開発等の様々な活動を展開することにより持続的な成長を目指す。競争市場においては成長する企業もあれば、衰退して市場から退出していく企業もあるのが実態である。成長している企業あるいはかつて成長していた企業（とりわけ、後述の「ファインケミカル企業」）は、研究開発（R&D¹）投資・設備投資などの財務情報にどのような成長の軌跡を残すのであろうか。これが本論文における核心的な問題意識である。このような背景から、R&D投資・設備投資などを時系列データとし、成長企業の時系列変化の軌跡をモデル化することが本論文の目的である。

企業の成長を商学や経営学の枠組みで考えると、持続的な成長に寄与する要因の一つとしてイノベーションがあげられる。伊藤(2013)によれば、イノベーションはシュンペーター(Schumpeter, 1926, 邦訳 pp.180-183)によって経済学に導入された概念であり、イノベーションは「経営資源の新結合」によってもたらされると論じている。企業を製造業に限ると、これら新結合の中でプロダクトイノベーション（製品イノベーション）とプロセスイノベーション（工程イノベーション）が特に重要である。なぜなら、それらのイノベーションが、革新的な製品や製造工程を創出し、企業の発展・成長へと繋がるからである。本論文では、こうした2つのイノベーションをまとめてイノベーションと呼ぶことにする。

イノベーションは、いろいろな角度から論じられているが、本論文では主として財務情報の面から研究開発活動を捉えることにする。すなわち、持続的な研究開発（R&D）投資・設備投資などの投資に焦点を当てることにする。製品を市場に提供する製造企業が、他社との競争に打ち勝って成長するためには、持続的な研究開発投資・設備投資などの投資を通じて、製品イノベーションや工程イノベーションを創成することは必要である。このようにして創成されたイノベーションが企業の成長に寄与すると考えられるからである。したがって、持続的な研究開発投資・設備投資などが、企業の成長にとって重要な役割を

¹ Research and development の略。

果たすのである。

以上のことから、財務情報を時系列データとして検証し、企業の成長要因を記述するモデルを作成することは、企業成長の研究にとって有効であると考えられる。

II. 本論文の構成

本論文の構成図を図 1 に示す。また表 1 は、博士後期課程入学後に投稿した査読付き論文の一覧表であり、図 1 の丸数字は表 1 の文献 No.と対応している。

本論文の構成は序論・本論・結論から構成されている。また、本論は、第 1 部・第 2 部・第 3 部からなり、各部はそれぞれ 2 つの章（計 6 章）で構成されている。

序論では、本論文の目的・問題領域と前提条件さらに従来の研究と比較した本論文の特徴等について記述している。

第 1 部では、財務情報（研究開発投資と設備投資、無形固定資産（のれんを含む）、以下「投資情報」と呼ぶ）を取り上げる。ここでは、本論文で基本となる横軸に投資蓄積額を、縦軸に投資蓄積額成長率を取った 2 次元の Innovation Map(野尻,2017)を基に、それを 3 次元の「くさびのカタストロフィー・モデル」へと拡張する新たな分析モデルを提示する。まず第 1 章では、企業ごとに散布した 2 次元の Innovation Map の作成方法を述べ、つぎに、投資蓄積額と投資蓄積額成長率におけるそれぞれの平均値を中心として、直交 4 象限に分類することにより、各象限ごとに企業の特徴が位置付けられていることを記述する。

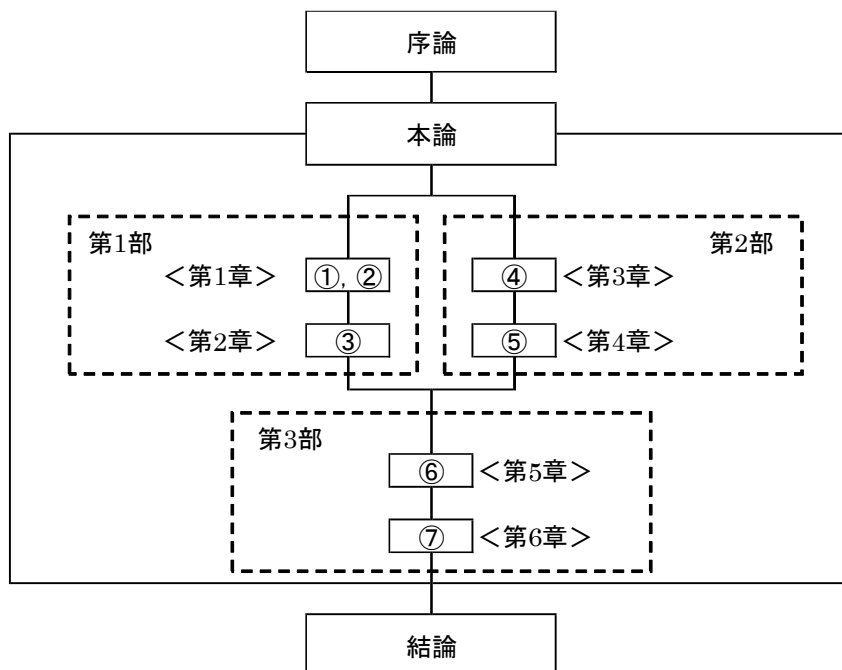


図 1. 本論文の構成

表 1 (その 1). 博士後期課程入学後の業績一覧

No.	文献タイトル	掲載誌	対応する章
①	企業の投資活動に関するカタストロフィー・モデル	イ	第1章
②	Innovation Mapのカタストロフィー・モデル	ロ	
③	Innovation Mapのカタストロフィー・モデルにおける尖点の座標と曲面の同定	ハ	第2章
④	複数年度のタイム・ラグを考慮したファインケミカル企業の研究開発活動成果分析モデル	ニ	第3章
⑤	説明変数と被説明変数に複数のタイム・ラグを持った研究開発活動成果分析モデル	ホ	第4章
⑥	複数年のラグ・モデルにおけるInnovation Mapの象限別要因ウェイト推定モデル	ヘ	第5章
⑦	カスプ曲線を考慮した象限別要因ウェイトの複数年ラグ・モデル	ト	第6章

表 1 (その 2). 博士後期課程入学後の業績一覧

記号	掲載誌
イ	明治大学大学院商学研究論集, 第50号, pp.121-132, 2019年
ロ	日本経営システム学会学会誌, Vol.36, No.2, pp.159-165, 2019年
ハ	明治大学大学院商学研究論集, 第51号, pp.113-129, 2019年
ニ	日本経営システム学会学会誌, Vol.36, No.2, pp.137-143, 2019年
ホ	日本経営システム学会 第64回全国研究発表大会講演論文集, pp.150-153, 2020年
ヘ	明治大学大学院商学研究論集, 第52号, pp.37-52, 2020年
ト	日本経営システム学会学会誌, Vol.37, No.2, pp.125-130, 2020年

すなわち、第 3 象限に属する企業は新製品・新技術創成期に、第 2 象限に属する企業は技術革新期に、第 1 象限に属する企業は事業拡大期に、第 4 象限に属する企業は事業安定期にそれぞれ特徴づけられると考えられる。この Innovation Map において、「くさびのカタストロフィー・モデル」の特徴となる「非対称性」が認められるため、3 次元の「くさびのカタストロフィー・モデル」へと展開される。第 2 章では、「くさびのカタストロフィー・モデル」における尖点の座標を推定する方（逐次エントロピー・モデル）を新たに提案して、「くさびのカタストロフィー曲面」の同定を試みる。カタストロフィー曲面の係数パラメータは重回帰式から推定し、尖点座標の推定は、逐次エントロピー・モデルから推定している。さらに、推定した「くさびのカタストロフィー曲面」の方程式から、カスプ曲線を導出している。企業の成長をカタストロフィー・モデルから定量的に捉える研究は、初めての試みであり、また、カタストロフィー・モデルが社会科学の分野に応用されるときは、定性的なアプローチが主であり、本論文のように定量的に扱う例は少ない。

つづく第 2 部は、統計的アプローチ（多変量解析）へと視点を変えて企業収益(ROA)と財務情報（研究開発投資、設備投資、研究効率、以下「研究開発活動」²と呼ぶ）との基本的な回帰式を基にして、被説明変数と説明変数にタイム・ラグを考慮した研究開発成果³分析モデルを提示する。第 3 章では、被説明変数にタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデルを提示しているが、重回帰式の両辺に未知のパラメータが存在するため、交互最小二乗法でパラメータを推定している。さらに、第 4 章では、被説明変数のみならず、説明変数にもタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデルを提示している。

第 3 部は、第 1 部の Innovation Map において 4 分割されたモデルと、第 2 部のタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデルの結合を試みる。第 5 章では、説明変数にタイム・ラグを考慮したモデルにおいて、タイム・ラグを直交 4 象限によって分割された企業群に置き換えた拡張されたモデルを考える。さらに、第 6 章では Innovation Map にカスプ曲線を考慮すると、直交 4 象限によって分割された企業群とは少し異なる企業群となるため、これらの企業群による研究開発活動（R&D、設備投資、研究効率）の推移の差を定量的に分析する。

結論では、本論文で提案したモデルを整理し、提案モデルから得られた実証分析の結果を提示する。さらに、これらを総括して、学術的な成果としてまとめ、最後に今後の課題を述べて、本論文を閉じる。

² 本論文の第 2 部と第 3 部における「研究開発活動」とは、研究開発（R&D）投資と設備投資、研究効率（特許登録数）を意味し、第 1 部の「投資情報」とは、研究開発（R&D）投資と設備投資、無形固定資産（のれんを含む）を意味する。そして、「研究開発活動」と「投資情報」をまとめて、「財務情報」と呼ぶことにする。

³ 研究開発成果とは、研究開発活動（研究開発投資、設備投資、研究効率）から得られる経営上の成果を意味する。

Ⅲ. 本論文の問題領域

Ⅲ-1. 本論文の位置づけ

経営学は、「マクロ組織論」と「経営戦略論」の2つの大きな分野から構成されると考えられるが、どちらも企業の業績や効率性を向上させて、持続的に企業を成長させることが主なテーマとなっている。本論文は経営戦略の分野を扱うが、経営戦略においても、人的資源などのソフトなアプローチと、もうひとつは下図の枠組みに示すようにハードなアプローチが存在する。この中のイノベーションは、シュンペーター(1912)が「経営資源の新結合の遂行」と表現したイノベーションの概念である。加藤(2010)によれば、シュンペーターは、つぎの5つの概念を提示している。

- ①新しい財貨：消費者の間でまだ知られていない財貨、あるいは新しい品質の財貨の生産
- ②新しい生産方法：当該産業部門において實際上未知な生産方法の導入
- ③新しい販路の開拓：当該国の当該産業部門が従来、参加していなかった市場の開拓
- ④原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得：同じ品質で低価格に供給する方法の獲得
- ⑤新しい組織の実現：独占的地位の形成あるいは独占の打破

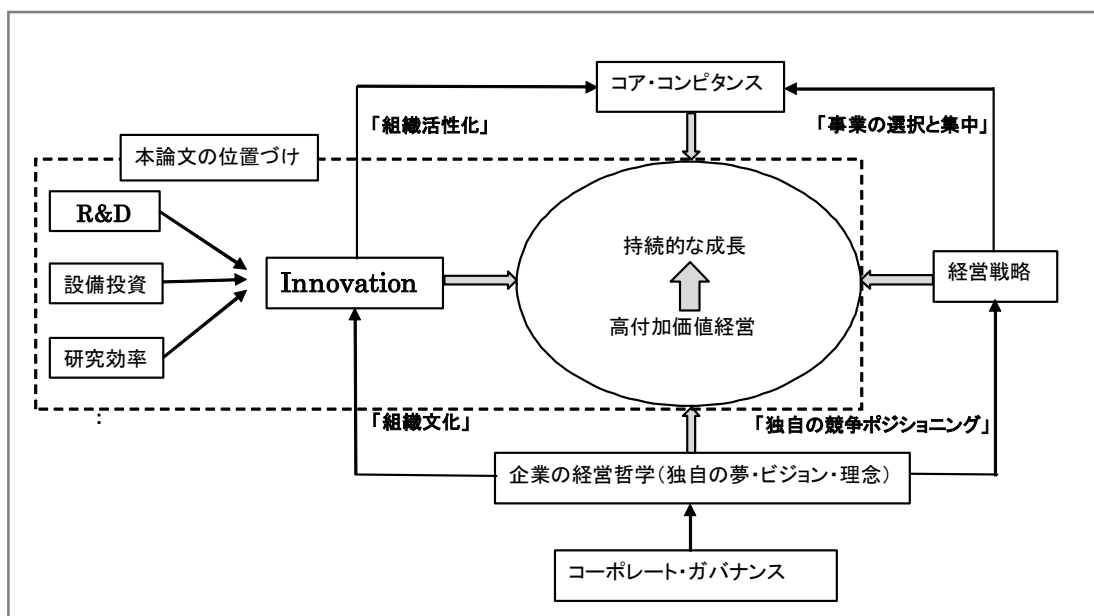


図2. 経営学の枠組み

出典：風間(2002), p.19, 図-6 に筆者が加筆・修正

シュンペーターが提示した5つの概念は、日本では「技術革新」と翻訳され狭義ではイノベーションは、主に製品イノベーション(product innovation)と工程イノベーション(process innovation)を指す用語として定着している。このような背景から、本論文では、①に該当する製品イノベーション(product innovation)と、②に該当する工程イノベーション(process innovation)に絞って扱うことにする。このイノベーションに対して、種々な捉え方があるが、本論文では、イノベーションの誘因と考えられる投資活動における研究開発活動が、どのように企業の成長に影響しているかを検証する。なお、企業の成長の代理変数として企業収益(ROA)を取り上げている。本論文の位置づけは、**図2**に示す点線で囲った部分となる。

III-2. 本論文の問題領域

本論文は、下図に示すように3つの分野の重なった領域から構成されている。ひとつは、商学と経済学を基盤とする財務管理である。公表されている有価証券報告書の情報に基づいて、企業が成長していく過程を分析している。2つ目は、統計学に基づく多変量解析であり、この中の回帰分析を解析手段として分析を進めている。3つ目は、数学のトポロジー(位相幾何)を基礎としたカタストロフィー理論を応用している。成長している企業が、財務情報にどのような軌跡を残すのかをこれらの3つの領域を関連させながら研究している。したがって、本論文は文理融合型の研究として位置づけられる。

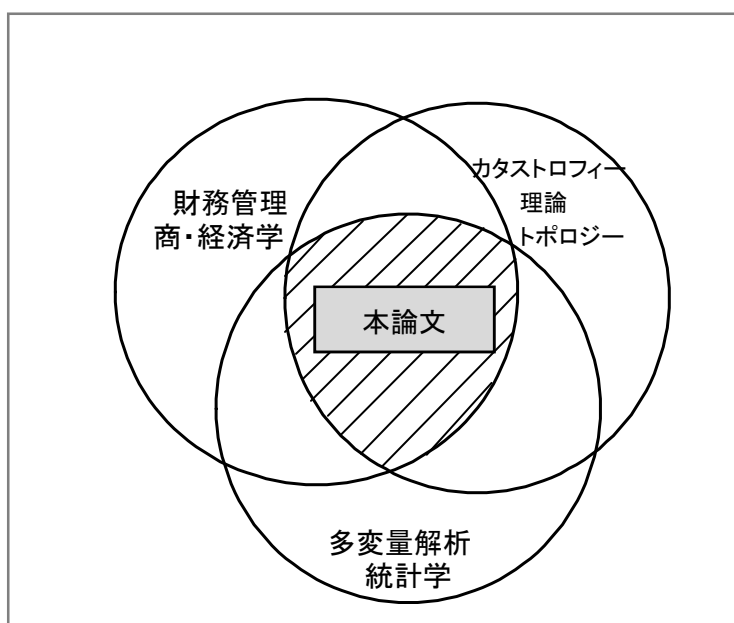


図3. 本論文の問題領域

IV. 本論文における基本概念の定義と位置づけ

IV-1. ファインケミカル企業

本論文では、研究対象となるファインケミカル企業を、「化学を理論的・技術的基礎とした医薬品、農薬、染料、塗料、写真フィルム、油脂・界面活性剤などを主力製品とする製造業の企業」として位置づけることにする。したがって、ファインケミカル企業は、重化学工業（肥料や石油化学）などコモディティ製品（汎用品）を製造する企業の対極にある。

本論文では、財務的資産の分析対象企業として、ファインケミカル企業から 22 社を選定した。ファインケミカル企業を選定した理由は、多様性に富んだ企業群であり、製品サイクルの変化が早く、トレンドを捉えやすいからである。ファインケミカル企業の具体的な特徴は、以下の各項目が挙げられる。

- ①B to C（富士フィルム、花王）および B to B（信越化学、日立化学）の企業をバランスよく選択できる。
- ②財務的に評価の高い企業（富士フィルム、花王）が存在する。
- ③かつて合成繊維などの花形製品を扱っていた企業（東レ、帝人、旭化成）が存在する。
- ④紡績会社から事業転換に成功した企業（東洋紡、クラレ）が存在する。
- ⑤成熟した製品を扱う企業（日本ペイント、関西ペイント）が存在する。
- ⑥売上高が、数千億円から 1 兆円まで幅広く分布している。

これらの特徴は、日本における製造業のまさしく縮図と考えられるのである。

IV-2. くさびのカタストロフィー

くさびのカタストロフィーとは、Thom (1972)が創設したカタストロフィー理論の中で挙げられているひとつのモデルであり、一般的に最も広く（とりわけ、社会科学において）応用されている。

ここで、くさびのカタストロフィーに関して、自然科学における理論式と社会科学におけるモデル式の相違について整理しておくことにしよう。運動方程式などの自然科学の理論式は、初期値を与えれば予測値が唯一に定まる。

ところが、ヒューマン・ファクターが含まれる社会科学のモデル式による結果は、統計的な推定値となる。例えば、株価変動モデルでは、株価は正規分布に従うという前提のも

とに、株価は期待収益率とボラティリティで表される。その将来値は正規分布という確率分布（確率密度関数）で表されるため、リーマンショックのような暴落を予測することはできない。

こうした株価の暴落のような不連続現象を扱う理論のひとつとして、Thom(1972)がカタストロフィー理論を創設した。彼は、フィールズ賞を受賞したフランスの数学者で、トポロジー（位相幾何学）を専門としていた。カタストロフィー理論はトポロジーを基礎にして、生物学の形態形成のプロセスに応用して成功を収め、世界にセンセーショナルを引き起こした。しかし、やがて激しい批判や議論の対象となった。これに対する見解として、Thom（1980,日本語版）は、その序でつぎのように述べている。「数学の使い方には、実際は、2種類あると思います。第1は量的な予言を可能にする正確な使い方ですが、第2は思弁的解釈論的なもので、疑問をも含みうるものです。」彼は、数学の使い方には2通りあるとして、引き続いて少し長くなるが、こう述べている。「カタストロフ⁴の理論の方法は、第2種のもので、現象に質的な相違を、内的な局所力学の構造安定なアトラクタの飛躍によって解釈しようとするものです。それはGalilei以来の科学に見られる正確な量的モデルによる記述と、自然言語による自由な記述との間の間隙を埋めようとするものです。（中略）われわれの方法は、本質的に質的なものですから、量的な正確さを持つことはできません。また、概念的な自然言語を自由に使う記述のような表現の豊富さも持ち得ません。」人々は、カタストロフィー理論に数学的な厳密さを期待したが、数学的な厳密さを持ち合わせていなかったようである。これが、40年以上前に日本でも起こったカタストロフィー理論に対する注目が一過性に終わった原因と思われる。

しかしながら、カタストロフィー理論は、成功を収めた生物学の形態形成のプロセスへの応用のように、社会科学の分野における不連続現象を、質的に分析し理解する有効な道具（定性モデル）として今日に至っている。一方、坂根(1975)によれば、カタストロフィー理論の応用可能性を評価したZeeman(1980)は、「積極的な実験データの積み上げによってこれを実用の役に立てるべき」と主張した。数学的な厳密さを追求するのではなく、モデルを定量的に扱うことを主張したもので、本論文はZeeman(1980)と同様の立場から研究を進めている。

さて、カタストロフィー理論において、R.Thomの功績のひとつとして初等カタストロフィーの分類定理が挙げられる。これはカタストロフィー（不連続現象）を起こす関数を提示したもので、カタストロフィー現象を定性的に分類することに成功したといわれている。表2に初等カタストロフィーの分類定理を示す。

本論文では以後、表2の a および b をそれぞれ $a \rightarrow v$ （分裂要因）、 $b \rightarrow u$ （平常要因）と表記することにする。

⁴ 原本は仏語のため「カタストロフ」と表記されているが、本論文では一般に広く用いられている「カタストロフィー」の表記に統一する。

表 2. 初等カタストロフィーの分類定理

状態変数の 個数	コントロールの 個数	ポテンシャル関数	名称
1(y)	1(a)	$\frac{y^3}{3} + ay$	折り目
1(y)	2(a, b)	$\frac{y^4}{4} + \frac{a}{2}y^2 + by$	くさび (カスプ)
1(y)	3(a, b, c)	$\frac{y^5}{5} + \frac{a}{3}y^3 + \frac{b}{2}y^2 + cy$	ツバメの尾
1(y)	4(a, b, c, d)	$\frac{y^6}{6} + \frac{a}{4}y^4 + \frac{b}{3}y^3 + \frac{c}{2}y^2 + dy$	蝶 (バタフライ)
2(y, z)	3(a, b, c)	$y^3 + z^3 + ayz - by - cz$	双曲線へそ
2(y, z)	3(a, b, c)	$y^3 - yz^2 + a(y^2 + z^2) + by + cz$	楕円的へそ
2(y, z)	4(a, b, c, d)	$y^2z + z^4 + ay^2 + bz^2 + cy - dz$	放物的へそ

出典：阿部(2011), p.253 の記述を基に筆者が加筆・修正

また、本論文で扱うのは、くさびのカタストロフィー・モデルであり、その曲面の方程式はポテンシャル関数の極値の集合として表される。すなわち、 y について偏微分した次式が、くさびのカタストロフィーの曲面方程式となる。この時の(1)式の曲面は図 4 の斜線部分になる。

$$y^3 + vy + u = 0 \quad (1)$$

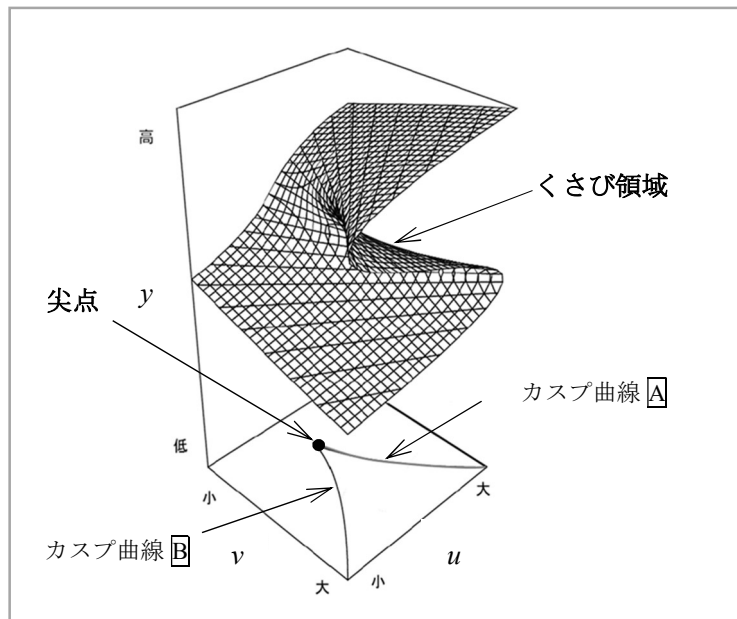


図 4. くさびのカタストロフィー・モデル

出典：鈴木(2010), p.37, 図 2.5 に筆者が加筆・修正

IV-2-1. カスパ曲線

図4に示すくさび領域を u - y 面で切断したとき、図5に示すように S 字型の曲線が表れる。 v 軸（分裂要因）は紙面に対して垂直方向になり、紙面奥に向かうにしたがい、くさび領域は縮小しやがて尖点で消失する。カスパ曲線とは、くさび領域を形成する変曲点の集合をいう。このカスパ曲線AとBは曲面の折り返しの“へり”であるため、これを境界にして不連続現象が発生する。くさび領域と同様にカスパ曲線も尖点で消失する。

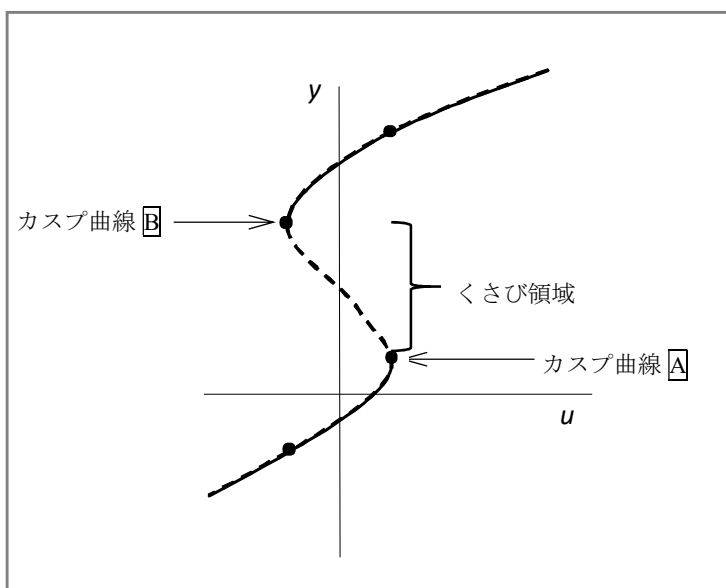


図5. カスパ曲線

小野(1995)によれば、カスパ曲線は3次方程式(1)の根の判別式で与えられ、(2)式となる。

$$4v^3 + 27u^2 = 0 \quad (2)$$

IV-2-2. 尖点

くさびの「尖点」は、カスパ曲線AとBのそれぞれの微分係数がともに消滅する点である。したがって、尖点では接線が存在しないし、また、微分係数の符号が逆転する。図4の下図（コントロール平面と呼ばれる）に示すように、尖点を起点にしてカスパ曲線が形成される。この尖点はトポロジー（位相幾何）では特異点と呼ばれ、数学的には重要な点であり、尖点を境にして図形の特徴が変わる。コントロール平面 (v - u 平面) で尖点座標を (α, β) とすると、 $v < \alpha$ の領域ではくさびのカタストロフィー曲面は、なだらかな曲面を形成するが、 $v > \alpha$ の領域ではカスパ曲線（くさび領域）が出現し、ここでカタストロフィー（ジャンプ）を引き起こすことになる。本論文では、収集した投資情報（研究開発（R&D）投資と設備投資、無形固定資産）を基にしてこの尖点を定量的に同定することを試みる。

IV-2-3. 非対称性

くさびのカタストロフィーにおける「非対称性」は、状態変数 y における図形上の分布が左右対称ではなく、どちらかに偏りをもった非対称になることをいう。

尖点座標 (α, β) を境にして図形の特徴が変化することを整理する。 $v < \alpha$ の領域では、くさびのカタストロフィー曲面はなだらかな曲面を形成するが、 $v > \alpha$ の領域では、カusp曲線（くさび領域）が出現し、ここでカタストロフィー（ジャンプ）を引き起こすことを

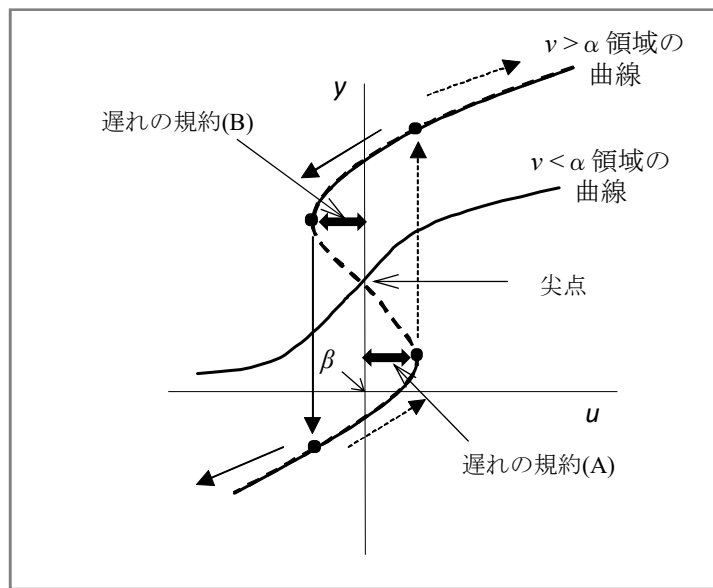


図 6. くさびのカタストロフィーにおける非対称性

述べた。これを、状態変数 y から見ると、 y の分布は $v > \alpha$ の領域では、バラツキが大きく、 $v < \alpha$ の領域ではバラツキが小さくなることを意味する。このようにくさびのカタストロフィーでは、 y についての非対称性が存在する。逆にある情報に非対称性が認められたならば、くさびのカタストロフィー・モデルが、その現象を記述するモデルとして、適用され得ることが示唆されるのである。

IV-2-4. 遅れの規約

くさびのカタストロフィーにおける「遅れの規約」は、図 6 において下降・上昇といったジャンプは、平常要因 u が尖点の位置 $(u = \beta)$ まで行った後、少し遅れて発生する。これを「遅れの規約」に従うという。

遅れの規約を図 6 で述べると、上側の $v > \alpha$ の領域で、 u が減少してくるとき、慣性の働きで y は状態を維持しつつ減少していくが、カusp曲線 \square で持ちこたえられずに下降のジャンプを起こす（遅れの規約(B)部分）。また、遅れの規約(A)部分で u が増加するときを

見ると、 u が増加しても y には反映され難いが、カスプ曲線Aで突然に上昇のジャンプを起こす。このとき、図6に示す部分を「遅れの規約」と呼ぶ。

この現象で思い起こされるのが、自然科学の領域では磁気ヒステリシス曲線(B-H曲線)であろう。強磁性体を磁場の中に入れて、磁場を強めていくとやがて永久磁石になる。ここから、逆向きの磁場をかけていき、磁場をゼロにした状態でも強磁性体の磁気は存在し、これを残留磁化という。さらに逆向きの磁場をかけていき、残留磁化がゼロになった時の磁場を保磁力というが、これが図4の遅れの規約(B)にあたる。また再度、磁場を逆転して磁場を強めていくときも、同様の現象が発生しヒステリシス曲線を描く。この自然科学の磁気ヒステリシス曲線と同じ現象が、「遅れの規約」という形で社会科学にも表れる典型的な例と考えられる。

IV-3. タイム・ラグ

タイム・ラグ(time lag)は、あるショックの反応がすぐに起こらず、遅れて起こる際の時間的遅れ(ずれ)を意味する。身近な例では、LED照明はスイッチをオンにすればすぐに点灯するが、蛍光灯はスイッチをオンにしてもすぐには点灯せず、タイム・ラグをもって点灯する。この時の時間間隔は、秒の単位であるが、この時間間隔を年単位にすると、社会科学でもよく観察される現象となる。例えば、当該期($T=0$)に新製品を市場に投入(あるショック与えた)したことによる影響は、当該期のみならずそれ以降($T=1,2,\dots$)にも売上の増加となって表れるであろう。また、当該期($T=0$)に研究開発投資した影響は、タイム・ラグをもって収益に表れてくるであろうことが予想される。

このようにみると、社会科学、とりわけ本論文で焦点を当てる研究開発投資や設備投資等の企業行動では、タイム・ラグを考慮することの重要性を理解することができるのである。なお、本論文のタイム・ラグ T については、研究開発活動の時系列データは暦年ではなく、年度を単位とするものとする。以下、「タイム・ラグ」を強調する場合以外は単に「ラグ」と呼ぶことにする。

IV-4. 交互最小二乗法 (Alternating Least Squares method : ALS)

交互最小二乗法 (Takane *et al*,1980) は、複数のパラメータを一度に推定することができない場合、これらのパラメータを交互に推定していく最小二乗法である。交互最小二乗法が適用されるパラメータの推定例は、大きく2つの場合に分けられる。

(1) パラメータ群の結合則が「積」となっている場合

例えば、栗原(2013)の先行研究では、(3)式のように、2種類以上のパラメータ群 w_k と a_i を持ち、しかも2種類以上のパラメータ群の結合則が「積」の形式となっているため、これら

のパラメータ群が互いに「分離可能」(高根,1976)ではない⁵。そのため、これらの最小二乗解を一度に解析的に推定することはできないので、こうした分離可能でないパラメータ群を推定するときに適用される。

$$y_t = \sum_{k=1}^n w_k \cdot \sum_{i=1}^m a_i \cdot x_{itk} + \varepsilon_t \quad (3)$$

ただし、 y_t : 全国のエアコン出荷数、 x_{itk} : 気候要素

w_k : 地域ウェイト、 a_i : 気候ウェイト

なお、これは、気候と地域の情報からエアコン需要を予測するモデルである。

(2) 説明変数のみならず被説明変数にも未知のパラメータ群が存在する場合

この例では2種類以上のパラメータ群が「分離可能」であるが、これらの複数のパラメータの配置が、被説明変数と説明変数に同時に存在する場合であり、本論文で提案するモデルである。

$$\sum_{T=0}^N w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{j=1}^3 C_j \cdot x_{itj} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

詳しくは、第3章で述べるが、被説明変数に $y_{i(t+T)}$ のタイム・ラグを表すパラメータ w_T と説明変数に投資のウェイトを表すパラメータ C_j が両辺に存在している。このときもこれらの最小二乗解を一度に解析的に推定することはできないので、交互最小二乗法を適用することになる。

いずれの例も、あるパラメータに初期値を与えて、そこから得た結果を、再度もとの式に代入して残りのパラメータを推定していくことを繰り返していく。本論文では、先行文献には無い後者の新たなモデルを提示していくことにする。

IV-5. 解の退化

解の退化は、前項の最小二乗法などにおいて最小解を求めるとき、無意味な解が得られてしまう方向に進んでいくことをいう(犬飼, 1988)。例えば、上記のように説明変数のみならず被説明変数にも未知のパラメータ群が存在する場合、繰り返しのたびに両辺のパラメータが0に近づいていくと、最終的にすべてのパラメータが0になって、これにより残差二乗和が0、すなわち最小二乗解となってしまう。こうした無意味な解を避けるために、本論文では繰り返しの過程で、パラメータが w_T を推定するたびに、下記のように基準化することにより、解の退化を回避している。

$$\sum_{T=0}^N \hat{w}_T = 1 \quad (5)$$

⁵ この他の例として、山下(2000)や松丸・山下ら(1991)などが挙げられる。

V. 本論文の前提条件と限界

本論文の各章で構築する研究開発成果分析モデルは、すべての企業やデータに対して適用するというわけではなく、いくつかの前提が置かれ、その適用範囲は限定される。

そこで、本節では、本論文の提案モデルが成立するための前提条件を整理し、そこから生じる本論文の限界を明らかにしていくことにする。

V-1. 本論文の対象企業・業種

本論文は、ファインケミカル企業を対象として、新たな研究開発成果分析モデルを構築するものである。ファインケミカル企業を選定した理由については序論で述べたが、これらのファインケミカル企業が扱うファインケミカル製品の特徴をここで整理しておくことにする。

①多品種少量生産により、機能性が高く、複雑な分子構造を持つ化学製品である。

②差別化可能で、付加価値が高い化学製品である。

その例としては、医薬品、農薬、染料、塗料、写真フィルム、油脂・界面活性剤などの幅広い化学製品があるが、この中で医薬品は、開発期間が長いことや開発費が高いことなど、他の製品にはない特殊性が強いため、本論文では医薬品の企業を除外している。

このように、本論文の対象企業は、ファインケミカル企業であるため、得られる研究開発成果分析モデルのパラメータ（例えば、偏回帰係数）は、ファインケミカル企業の特性を反映した推定値になる。そのため、本論文の分析結果は、ファインケミカル企業の範囲に留まることになる。

しかしながら、本論文はファインケミカル企業を分析することが目的ではなく、研究開発成果分析モデルを構築することが目的である。したがって、モデルの有効性・妥当性を確認することができれば、ファインケミカル企業以外の業界の財務情報を収集することによって、本論文の提案モデルの適用が十分に可能である。例えば、エレクトロニクス企業や食料品企業などの個別の企業から、広く製造業全般へと応用の範囲が広がると考えられる。さらに、財務情報の収集が可能であれば中小企業の製造業への応用も可能であろう。

V-2. 説明変数と被説明変数

本論の第1部では、投資活動と企業の成長過程の関係をモデル化しているが、第2部では視点を変えて、企業成長とその要因と考えられる投資についての関係を回帰系の提案モデルで検証している。被説明変数は、企業成長の代理変数として企業収益（ROA）を設定し、説明変数は企業成長の要因としての投資（R&D投資、設備投資、研究効率）を選定し

ている。したがって、本論文が言及できる範囲は、基本的にここで設定した代理変数と投資要因に限られることになる。

本論文の目的は、企業の成長過程に従って説明変数の投資が、どのように推移していくかを検証するためのモデルを構築することである。そこで、被説明変数の企業成長の代理変数として、企業収益（ROA）を選定したわけであるが、この他にも企業価値（たとえば、Tobin(1969)の q 理論）など種々の指標が考えられる。しかしながら、企業収益（ROA）でのモデルの有効性・妥当性が確認できれば、企業価値（トービンの q ）のみならずほかの指標についても、提案モデルが適応できることが示唆され、応用の範囲が広がると考えられる。

つぎに、説明変数についてみても、企業成長の要因として人的資源や組織風土など多方面からの相関が考えられる。しかしながら、要因が増加すれば決定係数は向上するが、ポイントが不明瞭になりやすく、また、図示化（可視化）も困難になると考えられる。このような背景から、本論文では先行研究の豊富さやデータの収集の容易さから、投資（R&D投資、設備投資、研究効率）を選定している。

さらに、**第1部**の投資活動は、研究開発（R&D）投資・設備投資・無形固定資産を選定しているが、貸借対照表の無形固定資産には「のれん」が含まれることに注意を要する。この「のれん」は多額の金額が不定期に計上されるため、**第2部**の統計的に処理する重回帰分析では、ノイズとなる懸念があった。そこで、**第2部**では無形固定資産に変えて、研究効率（特許登録数）を採用している。また、「のれん」は多額の金額が不定期に計上されるという理由から、研究開発投資・設備投資はストック値であるが、無形固定資産はフロー値になっていることにも注意が必要である。

V-3. 分析対象期間

本論文の分析対象期間は、1989年度から2015年度である。開始年度が1989年度とした理由は、バブルが崩壊する以前を基準としたかったことと、有価証券報告書を扱うデータベースの「eol」が、1989年ごろから企業データが充実してきているという理由からである。また、最終年度を2015年度とした理由は、2015年度を最終年度とした筆者の先行文献との整合性を取り、両者の比較を可能とするためである。

さて、収集したデータの構造を提示すると、パネルデータ x_{itj} となる（ただし、 i : 企業、 t : 分析対象期間、 j : 収集項目）。この詳細な資料は、付録を参照されたい。

なお、**第1部**の企業数は、22社であるが、**第2部**では、企業数は21社となっている。21社となった理由は、合併後のコニカミノルタの特許数が、旧コニカと旧ミノルタ2社の合算で集計されているので、コニカ単独での集計が不可能となったため、コニカミノルタが除外されているためである。

さらに、上記のようにサンプル企業が22社あるいは21社ではサンプル数が少ないとい

う問題がある。本論文が、ファインケミカル企業の特徴をできる限り忠実に分析することを目的とするのであれば、サンプル数が多いことが要求される。しかしながら、V-1の「本論文の対象企業・業種」でも述べた通り、本論文の目的は、研究開発成果分析モデルを構築することにある。その際に、有価証券報告書の東証第1部の「化学」のカテゴリーの中からファインケミカル企業のデータを収集するにあたり、データとして入手の可能性と比較の可能性を考慮すると、サンプル数は22社となった。ただし、本論文で提案する一連のモデルは、これらの22社に限定される性格のものではなく、幅広い企業への適用の可能性を秘めており、こうした適用範囲の拡張が、本論文における「今後の課題」となる（101ページを参照）。

V-4. タイム・ラグの設定

説明変数のパラメータにタイム・ラグを設定し、推定されたタイム・ラグの結果によって被説明変数から受ける影響（時間的な推移）を検証する方法が一般的である。この説明変数にタイム・ラグを設定する方法として、アーモンラグ・モデル (Almon,1965)がよく知られている。それに対して、本論文では、被説明変数にパラメータとしてタイム・ラグを設定し、推定されたタイム・ラグの結果によって、説明変数の要素から受ける影響（時間的な推移）を検証するモデルとなっているところに特徴がある。

また、アーモンラグ・モデルでは、多重共線性を排除するため、タイム・ラグとしてのパラメータを多項式（一般的には、2次あるいは3次）で制約しているが、本論文で提案するモデルでは、このような制約を設けていないことも特徴の一つとなっている。

しかしながら、本論文の第3章における被説明変数がROAの例では、多重共線性が認められなかったが、ほかの変数の場合は、多重共線性が問題となることも考えられる。その場合は、アーモンラグ・モデルのようにパラメータを多項式で近似する必要があると考えられる。

なお、日本企業を対象とした先行文献においては、岡田(2011)によれば、R&D投資がもたらす将来収益発現のタイム・ラグは、劉(2002)の医薬品産業20社では7～9年、間晋(2005)の化学産業総計286社では4～7年、榊原ら(2006)の化学産業では4～5年となっている。これらの先行研究の結果から本論文の第3章で提案するモデルでは、被説明変数のタイム・ラグを5年として分析を進めている。

V-5. モデルのストレス

一般に、複雑な社会現象をモデル化しようとする際、その現象に関するデータをなるべく高い精度で記述することが求められる。すなわち、現実のデータとモデルの推定値との間の乖離をできる限り小さくするようにすべきなのである。

そこで、本論文では上記のような立場から、被説明変数の実績値（現実のデータ）とモデルの推定値との間の残差二乗和をモデルのストレスとして位置づけ、**第 2 章**の逐次エントロピー・モデル以外のすべての提案モデルでは、基本的にこのストレスの最小化問題を考えることにする。これは、提案モデルに関してパラメータの「最小二乗解」を推定することに相当する。

V-6. パラメータの推定方法

本論文で扱うパラメータの推定方法には大きく 2 つに分類することができる。そのひとつは、前述の残差二乗和をモデルのストレスとして位置づけた最小二乗法であり、もうひとつは、**第 2 章**の逐次エントロピー・モデルによる推定方法である。パラメータの推定方法の詳細は、各章で提示するが、ここでは、パラメータ推定の背景を述べておくことにする。

なお、最小二乗法の背景（モデルのストレス）については、すでに**V-5**で述べているので、ここでは、**第 2 章**の逐次エントロピー・モデルによるパラメータの推定方法について述べることにする。**第 2 章**の尖点は、**序論IV-2**のくさびのカタストロフィー・モデル式(1)から解析的に導くことは困難なため、図形から推定せざるを得ない。下図は、**第 1 章**で提示する投資（累積額）を横軸とし、その成長率を縦軸に取った **Innovation Map** であり、**序論IV-2-3**で述べた「非対称性」を考慮すると、尖点は下図の点線で囲まれた部分（10 点）内に存在するだろうことが推定される。このデータが無機質なものであるならば、平均値⁶

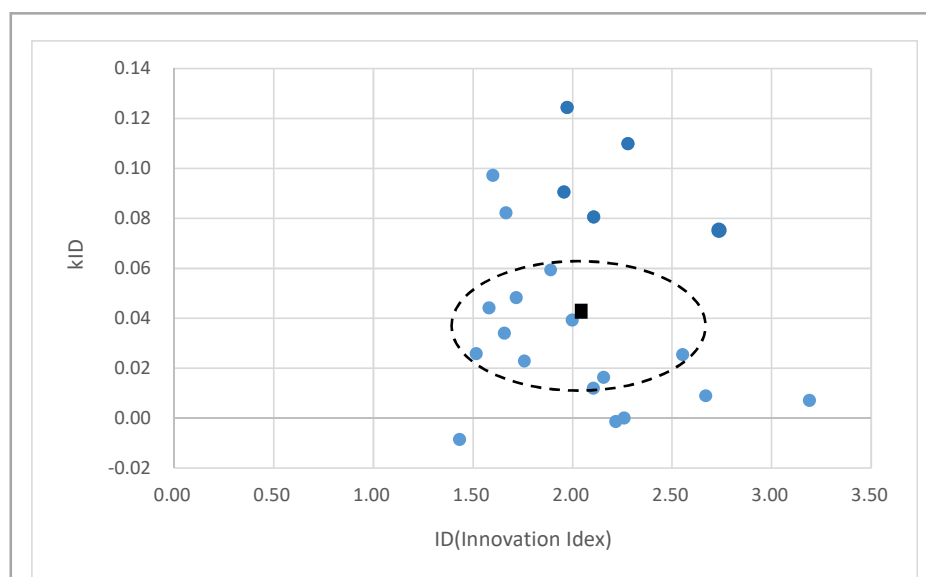


図 7. Innovation Map

⁶ Innovation Map における横軸と縦軸の全社平均値を■で示す。

で扱えばよいが、ヒューマン・ファクターが介在する投資では、制約条件のもとで、エントロピーの最大問題を扱うエントロピー・モデル（国沢,1975）が、有効性を発揮するものと考えられる。

エントロピー・モデルでは、つぎの2つの仮説を設けて、同時に成立する解を求めることになる。

- I 企業は、出来るだけ投資を抑えて最大の効果を得たいと行動する
- II 企業は、各社の自由意思により独自に自由勝手な投資を行う（エントロピーを最大化させるよう行動する）

この制約条件のもとで、エントロピー・モデルによって尖点の座標を推定することは、平均値で求めた座標よりも、実際の現象に接近させた説得力のある推定値と考えることができる。

VI. 従来の研究と本論文の特徴

VI-1. 研究開発成果の定量的研究

序論Ⅲ-1「本論文の位置づけ」を整理すると、図8のようになる。図中の【B】は本論文が扱う範囲である。研究開発活動がイノベーションを引き起こし、経営成果を生み出していくという枠組みを示している。中邨(2002)によれば、研究開発活動が基礎研究によって潜在的な技術力を蓄積する効果があり、論文や特許として顕在化するとされる。一方、応用研究や開発研究によって新製品が産出される結果、生産力や販売力が強化されて、最終的に利益に貢献するという連鎖が認められる。また、【A】は経営資源の研究開発活動への効率的な配分や投資の多角化などを通して、経営資源の戦略的展開により効率的に成果に結びつけることに着目している。なお、本論文は【A】の領域は基本的に研究の対象外とする。

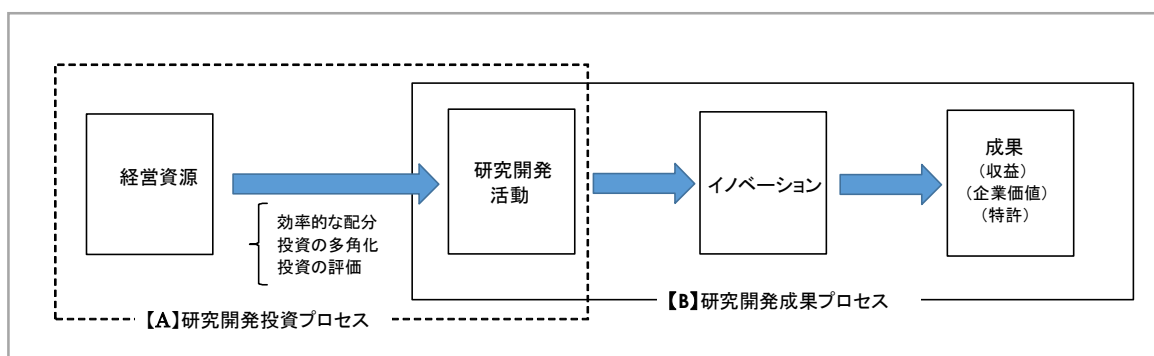


図8. 研究開発成果プロセス

そこで、本論文の研究対象となる【B】研究開発成果プロセスについて、先行文献を整理しておきたい。R&D投資と企業収益についての代表的な文献として、Branch(1974)とLev and Sougiannis(1996)がある。Branch(1974)は、R&D投資と企業収益について当該期のR&D投資は、後年度の将来収益に影響を及ぼすと同時に、当該期以前の企業収益からも影響を受ける傾向を示すと主張している。同様に研究開発投資の後年度の将来収益への貢献度を、アーモンラグ・モデルを用いて分析したLev and Sougiannis(1996)の研究があるが、これは説明変数にタイム・ラグを含むモデルであるため、次節の「タイム・ラグを考慮した研究開発成果の定量的研究」で述べることにする。

日本の文献に目を向けると、岡田(2011)はR&D投資と将来収益について検証した結果、過去のR&D投資と将来収益との間には正の関連があることを提示している。また、大塚(2010)は、R&D投資が個別企業の業績へ与える影響を検証した結果、R&D投資を増やした企業は減らした企業よりROAが大きいという結果を得ている。

一方、R&D投資とトービンの q （企業価値）については、Griliches(1981)が検証を行い、

トービンの q に対してR&D投資が正の説明力が持つことを示している。日本においても、小田切(1997)が日本の製薬企業について、Cockburn and Griliches(1988)モデルによって、研究開発ストック（技術力）がトービンの q （企業価値）に与える影響を検証した。その結果、効率的に研究開発成果をあげている企業ほど高い企業価値をもつということが示された。

【A】の研究開発投資戦略プロセスの先行文献としては、中邨ら(2002)は「研究開発総額および各種研究開発費配分の決定」を支援するテクノ・ダイナミック・モデルを提案している。さらに、【A】から【B】をカバーする領域の先行研究として、玄場ら(1999)は、事業活動の川下方向への多角化は、必ずしも収益性向上に寄与するとは言えないが、研究開発活動の川下方向への多角化は、収益性向上に寄与することが示唆されたと述べている。

以上で述べたように、企業収益に対するR&D投資は説明力があることが示唆されるが、これに対して本論文の特徴を整理するとつぎのようになる。すなわち、第1部で分類する4つの企業群ごとに推移していく企業の研究開発活動と収益（ROA）の関係を、カタストロフィー理論と複数のタイム・ラグを考慮した多変量解析（交互最小二乗法）の両面から、新たにモデル化したことである。

VI-2. タイム・ラグを考慮した研究開発成果の定量的研究

研究開発投資の後年度の将来収益に対する貢献度の分析として、代表的な先行文献にLev and Sougiannis(1996)の研究があることをすでに述べた。研究開発投資の成果は、すぐ現れるとは限らずある一定の時間が経過してから、現れる性格のものであろう。そこで、多くの研究者がこうしたタイム・ラグに注目した研究開発成果の分析を試みており、その代表的な分析モデルが、アーモンラグ・モデルである。Lev and Sougiannis(1996)の研究は、アーモンラグ・モデルを応用したものになる。

岡田(2000)によれば、日本企業を対象として、R&Dと将来収益との因果関係の先行研究は、多くがLev and Sougiannis(1996)のリサーチ・デザインを踏襲したものと指摘している。その1例として、日本企業を対象とした榊原ら(2006)が行った研究があり、営業利益（被説明変数）をラグ付きの研究開発投資（説明変数）によって説明しようとする試みである。日本国内のデータを用いて次式で分析している。

$$OI_i(y_i) = \alpha_0 + \beta_{it} \cdot TA_{i,t-1} + \sum_k \gamma_{ik} \cdot RD_{i,t-k} + \varepsilon_{it}, \quad (6)$$

$$k=1,2,\dots,8$$

ただし、

$OI_i(y_i)$: 期間($t-1, t$)の第 i 企業の R&D 投資支出額控除前の営業利益（被説明変数）

$TA_{i,t-1}$: 第 t 年度の期首における第 i 企業の有形固定資産

$RD_{i,t-k}$: 期間($t-k-1, t-k$)の第 i 企業の R&D 投資支出額

榎原ら(2006)は、研究開発投資（総額）として設備投資（有形固定資産）と R&D 投資の総額を考慮したモデルとなっている。つまり、当該期の営業利益に対して、当該期以前の研究開発投資（総額）がどのような割合で影響しているか分析しているのである。その際、本来は各企業の投資に独自のポートフォリオが組み立てられているが、研究開発投資の成果に関して榎原ら(2006)は、企業横断的なモデルを構築しており、本論文でもこれと同様の立場から、研究開発投資の成果をモデル化していくことにする。

なお、榎原ら(2006)における化学企業の回帰結果を抜粋して図 9 に示す。

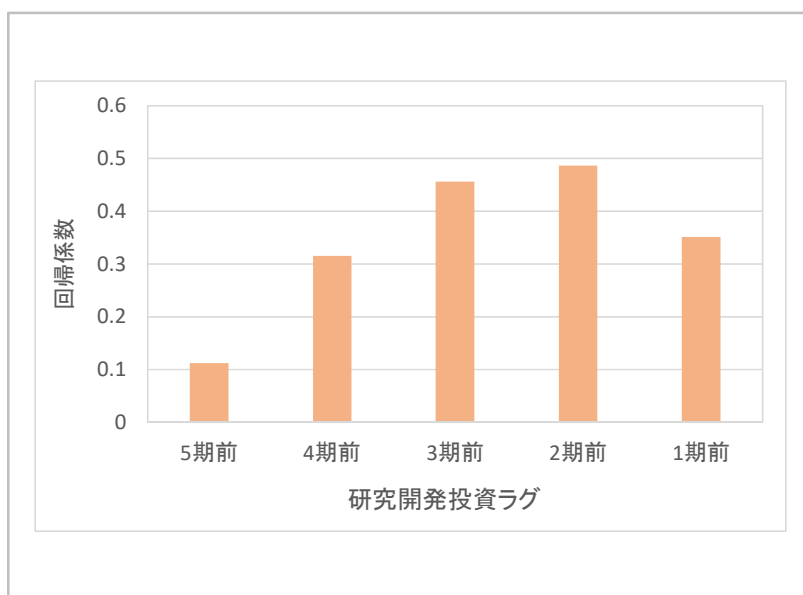


図 9. 対営業利益の研究開発投資ラグ（榎原ら，2006）

榎原ら(2006)に従えば、当期の営業利益に対して、5期前から研究開発投資の貢献が表れ、徐々に貢献度を上げていくことになる。さらに、2期前でピークを迎えて、現在の営業収益に反映される。

逆に、当期の投資（R&D 投資や設備投資など）が、将来の企業収益へ与える影響の分析として、文部科学省科学技術・学術政策研究所の調査報告(2015)がある。研究開発の着手から市場に投入するまでの期間を分析したこの結果から、当期の投資（R&D 投資や設備投資など）が、タイム・ラグをもって企業収益に反映されることが推測される。図 10 は、上記の調査報告(2015)の化学企業を抜粋したもので、特にファインケミカル企業（本論文では医薬品企業は含まれない）の場合は、研究開発着手から市場投入までの期間が 2 年と 4 年に集中していることが示唆される。

榎原ら(2006)の研究は、説明変数にタイム・ラグを考慮したモデルであるが、本論文の第 3 章で提案するモデルは、被説明変数にタイム・ラグを含むモデルであり、新しい分析方法の可能性を提示したものといえる。

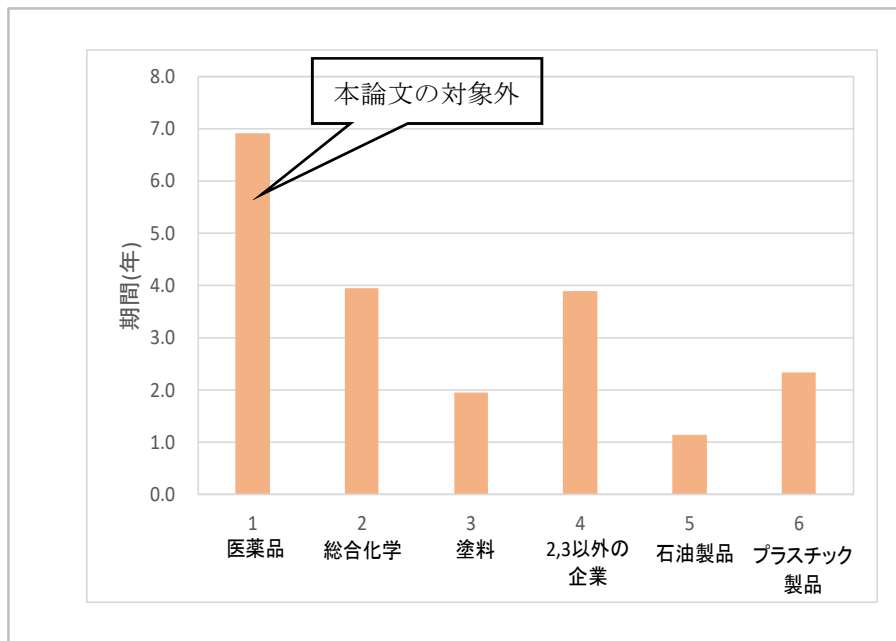


図 10. 市場投入までの期間(年)

(文部科学省科学技術・学術政策研究所の調査報告(2015)より抜粋)

なお、V-4で述べたように本論文の第3章で提案するモデルでは、あまり多くのタイム・ラグを設定すると、推定すべきパラメータ数が多くなって分析モデルが複雑化するため、日本企業を対象とした劉(2002)、間晋(2005)、榊原ら(2006)の先行研究の結果から被説明変数のタイム・ラグを5年に設定している。なお、ファインケミカル企業の中でも、特に開発期間が長い医薬品は、本論文の対象外としている。

VI-3. 定性的カタストロフィーの研究

定性的カタストロフィーの先行文献を提示する前に、カタストロフィー理論を応用した分野についての文献数を整理すると、表2のようになる。文献の検索には、CiNiiを使用し、検索のキーワードは「カタストロフィー理論」と「カタストロフィー・モデル」とした。

表2から、カタストロフィー理論を応用した研究が、工学系と社会科学系に集中していることが見て取れる。これより、社会科学への応用が進んでいて、社会科学分野との親和性が良いことが示唆される。また、心理・教育分野への応用も盛んに行われていることが示唆される。一方、カタストロフィー理論を物理学における相転移の現象に応用した例としては、岡田(1987)などがある。

表 2. カタストロフィーに関する文献検索結果

分類	分野	件数	内容			
I	理学	15	地学(地震)	数学	物理	化学
II	工学	35	電気通信	情報処理	機械	
III	医学・生理	2	医学	生理学	生物学	
IV	社会科学	37	経済	経営	労務	金融
V	人文科学	18	文学	心理学	教育	
VI	その他	5	カタストロフィー理論への啓蒙・解説など			

ここでは、本論文が属する社会科学分野における定性的カタストロフィーの先行文献に、焦点を当てることにしよう。

山下(1996)は、高橋(1993)の「組織活性化」研究を基に、従来あいまいであった「組織におけるメンバーの活性化」の概念を、メンバーの無関心度指数（分裂要因）、一体化度指数（平常要因）、そして貢献度指数（状態変数）からなる 3 次元のくさびのカタストロフィー・モデルによって記述し、組織におけるメンバーの活性化、そして組織活性化の問題を視覚的に捉える概念モデルを提示している。高橋(1993)および山下(1996)によれば、組織活性化しているメンバーは、無関心度指数が低く一体化度指数が高い問題解決者型（**タイプ 3**）とされる。また、**タイプ 1** は組織の命令に忠実であるが、あまり自分から能動的に行動しようとししない受動的器械型であり、**タイプ 2** は目的・価値の点では組織と一線を画しているが行動の点では命令に従う疎外労働者型（公務員タイプ）とされる。さらに、**タイプ 4** は組織的な行動を期待することができない非貢献者型であるとされている。これにより、**タイプ 1** と**タイプ 2** の貢献度の差よりも、**タイプ 3** と**タイプ 4** の貢献度の差の方が大きいという「非対称性」を図示している。

また、権(2018)は、店舗を訪れる顧客の心理と行動を、その来店目的（分裂要因）と店舗と顧客との間に生じる温度差（平常要因）、さらに顧客好感度（状態変数）とする「くさびのカタストロフィー・モデル」を提案している。これにより、顧客を「積極的購買」、「能動的情報探索型」、「情報探索型退出」、「売逃し型退出」の 4 つのタイプに分類する。すなわち、情報探索ではなく購買目的で来店し、店舗（店員）と顧客との温度差が少ないときには、「積極的購買」のタイプに分離されるとし、購買目的で来店し店舗（店員）と顧客との温度差が大きいときには、「売逃し型退出」に、情報探索のために来店し店舗（店員）と顧客との温度差が少ないときには、「能動的情報探索型」に、情報探索のために来店し店舗（店員）と顧客との温度差が大きいときには、「情報探索型退出」に分類できるとしている。

この他に、人文科学の心理学や教育学にも応用されているが、いずれの応用例においても、コントロール平面上の分裂要因（ v 軸）の大小によって、コントロール平面に直交する状態変数の非対称性を記述していることが特徴となっている。また、視点を変えると状態変数の非対称性の存在が、対象とする現象をくさびのカタストロフィー・モデルに適用することの可能性を示唆するのである。

VI-4. 定量的カタストロフィーの研究

定量的カタストロフィー・モデルの先行研究は、大きく2つに分類することができる。ひとつは、カタストロフィー理論を数理的に研究するアプローチと、もうひとつはカタストロフィー理論の定量的応用に関する研究である。本論文は、後者に属するものである。

カタストロフィー理論を数理的に研究したものとして、小野(1995)は「くさびのカタストロフィー・モデル」の記述でカusp曲線を次のように定義している。「(くさびのカタストロフィー) 曲面MがS字形に滑らかに折り曲げられてできる2本の折れ目の線Sとして示され、(中略) 特異点集合 S をコントロール平面に正射影すると分岐集合 B (カusp曲線) になり、次式となる。」

$$B = \{(v, u) | 4v^3 + 27u^2 = 0\} \quad (7)$$

本論文の第2章におけるカusp曲線の方程式は、小野(1995)を参考にした。

また、カタストロフィー・モデルは、定性的かつ決定論的に記述されるが、実際の社会現象においては、確率的かつ不規則な現象が多い。このため、Cobb (1978,1981) によって確率的カタストロフィー・モデルが提案された。久米ら(1985)によれば、「確率的カタストロフィー・モデルは、伊藤の確率微分方程式を用いて、カタストロフィー・モデルに確率論的な考え方を導入したものである。」とされる。これにより不規則性を伴う不連続な現象の記述が可能になるとされている。

一方、定量的カタストロフィー・モデルの応用に関する研究は、金子・山下ら(2009)により「くさびのカタストロフィー・モデル」がもつ「非対称性」を、アンケート調査結果から数値的に提示している。すなわち、東京の代表的な観光スポットである浅草に焦点を当てて、「訪問経験の有無」(分裂要因)と「魅力度」(平常要因)の2つの軸を平面に取り、この平面に直交するように浅草に対する「好感度」(状態変数)の軸を設定することにより、浅草を訪れたことのある人と訪れたことの無い人の間に生じる好感度の「非対称性」を記述している。

また、大野(1990)は、カタストロフィー曲面の方程式を重回帰式へと変換した尾関・大野・柴垣(1983)の先行研究を基に、企業倒産予測のためのカタストロフィー・モデルを提案している。大野(1990)は、くさびのカタストロフィー・モデルにおいて、因子分析によって得られた第1因子の「収益性と安全性の総合指標」を平常要因 u に、第2因子の「経営効率」を分裂要因 v に取っている。また、状態変数 y におけるプラスを非倒産企業に、マイナスを倒産企業というカテゴリーが、カusp曲線を境界としてコントロール平面 (v - u 平面) 上に投影されていると考えている。このコントロール平面において企業倒産の予測を行うモデルを構築している。さらに倒産・非倒産企業の因子得点によってカusp曲線と尖点の座標を推定している。

VII. 本論文で用いる使用記号

- i : ファインケミカル企業
 t : 年度 (1989~2015年度)
 F_{it} : 実質R&D投資額 (フロー値)
 I_{it} : 実質設備投資額 (フロー値)
 INT_{it} : 無形固定資産 (フロー値、Intangible)
 R_{it} : 実質R&D投資額 (ストック値)
 K_{it} : 実質設備投資額 (ストック値)
 PS_{it} : 特許登録数 (ストック値)
 δ_{it}^R : R_{it} の陳腐化率
 δ_{it}^K : K_{it} の陳腐化率
 SAL_{it} : 売上高 (Sales)
 AS_{it} : 簿価総資産 (Assets)
 j : 説明変数の番号
 V_{i1} : 売上高に対する企業*i*の年平均 R_{it} (実質R&D投資額ストック値)
 V_{i2} : 売上高に対する企業*i*の年平均 K_{it} (実質設備投資額ストック値)
 V_{i3} : 売上高に対する企業*i*の年平均無形固定資産 (フロー値、「のれん」が含まれる)
 $ID(i)$: 企業*i*における $V_{i1} \sim V_{i3}$ の総和平均 (投資累積額、IDはInnovation Mapの横軸)
 $kID(i)$: 企業*i*におけるID(*i*)の成長率 (投資累積成長率、 kID はInnovation Map⁷の縦軸)
 $f(v, u, y)$: くさびのカタストロフィー理論におけるポテンシャル関数
 v : くさびのカタストロフィー理論における分裂要因 (Innovation MapのID)
 u : くさびのカタストロフィー理論における平常要因 (Innovation Mapの kID)
 y : くさびのカタストロフィー理論における状態変数 (研究効率=特許登録比率)
 a, b, c : くさびのカタストロフィー方程式の係数
 α : くさびのカタストロフィー理論の尖点の v 座標
 β : くさびのカタストロフィー理論の尖点の u 座標
 γ : くさびのカタストロフィー理論の尖点の y 座標
 l : PNB (尖点近傍の n 個の点 : Points Near the Boundary) における n 個の各点
($l = 1, 2, \dots, n$)
 p_l : PNB各点に対する重み
 (v_l, u_l, y_l) : PNB各点の座標
 S : シヤノン・エントロピー
 λ : ラグランジュ乗数
 E : カスパ曲線を計算上での定数($E=0.0019$)

⁷ Innovation Map とは、IDと kID から形成される2次元の図形(第1章を参照のこと)

- T : タイム・ラグ
 y_{it} : 被説明変数(ROA)
 \hat{y}_{it} : 被説明変数(ROA)の推定値
 $y_{i(t+T)}$: 当該期以降へのタイム・ラグ($T=1,2,\dots$)がある被説明変数(ROA)
 $x_{i(t-\tau)j}$: 当該期から遡ってタイム・ラグ($\tau =1,2,\dots$)がある説明変数の要素 ($j =1, 2, 3$)
 x_{itj} : 説明変数の要素 ($j =1, 2, 3$)
 w_T : 被説明変数におけるタイム・ラグ T に対するウェイト
 C_j : 説明変数における要素の係数 ($j = 1, 2, 3$ ただし、 C_0 は定数項を表す)
 $C_{\tau j}$: タイム・ラグ($\tau =1,2,\dots$)がある説明変数の要素 ($j =1, 2, 3$) の係数
 d : Innovation Mapの直交4象限における企業群の区分($d = 1, 2, 3, 4$)
 d' : Innovation Mapにおいてカस्प曲線を考慮した企業群の区分($d' = 1, 2, 3, 4$)
 C_{jd} : 説明変数の各要素(j)における企業群の区分(d)ごとの係数(ウェイト)
 $C_{jd'}$: 説明変数の各要素(j)における企業群の区分(d')ごとの係数
 D_{itd} : 象限 d を区別するためのダミー変数
 $D'_{itd'}$: 象限 d' を区別するためのダミー変数

参考文献（序論）

日本語文献

- 阿部剛久(2011)：「特異性の概念は近代数学へ如何に寄与したか(III) -2-20 世紀後半の主題(3)：後半からの新しいもの—(新々概念と応用の系列)」，芝浦工業大学，数理解析研究所講究録，第1739巻，pp.251-263
- 伊藤善夫(2013)：「プロダクトイノベーションの諸相」，アジア国際経済戦略学会（AIBS），第6回報告大会要旨集
- 犬飼幸男(1988)：「感覚計測とデータ処理(2)－多次元データの計測と処理－」，織消誌（日本繊維製品消費科学学会誌），Vol.29，No.7
- 大塚哲洋(2009)：「日本企業の競争力低下要因を探る～研究開発の視点からみた問題と課題～」，みずほ総合研究所，みずほレポート
- 大野高裕(1990)：「カタストロフィーによる企業倒産予測モデルの構築」（日本経営財務研究学会編『資本市場の発展と資産運用』第7章，pp.135-149），中央経済社
- 岡田健吉(1987)：「カタストロフィー理論の相転移への応用-1」，固体物理，Vol.22，No.1，pp.25-32
- 岡田隆子(2008)：「R&Dをめぐる実証研究のサーベイ」，東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター，Discussion Paper No.201
- 岡田隆子(2011)：「R&D と将来収益との関連性」，山口経済学雑誌，Vol.59，No.6，pp.641-666
- 小田切宏之，羽田尚子，本庄裕司（1997）：「製薬企業における研究開発の効率性と企業価値」，医療と社会，Vol.7，No.1
- 小野俊夫(1995)：「経済システムの移動均衡とカタストロフィー—I カタストロフィー理論序説」，早稲田社会科学研究所，第51号
- 風間信隆(2002)：「21 世紀経営学の課題—企業統治改革と共生型経営—」，明大商學論叢，Vol.85，No.1，pp.7-20
- 加藤久明(2010)：「持続可能なイノベーションに関する一考察—「生活起点」の視点から—」，『政策科学』立命館大学政策科学会，Vol.17（特別号），pp.65-75
- 金子勝一，藏巍，鄭年皓，山下洋史(2009)：「「浅草に対する好感度」のカタストロフィー・フレームワーク」，第43回日本経営システム学会全国大会講演論文集，pp.108-111
- 国沢清典(1975)：『エントロピー・モデル』，日科技連
- 栗原 剛(2013)：「「気象要素の地域差加算モデル」による家庭用エアコンの全国需要分析」，第5回日本気象予報士会研究成果発表会，予稿
- 権善喜(2018)：「感情喚起に基づく消費者行動分析モデル」，明治大学大学院情報コミュニケーション研究科博士學位論文
- 榊原茂樹，與三野禎倫，鄭義哲，古澄英男(2006)：「企業の研究開発投資と株価形成」，

- 証券アナリストジャーナル,Vol.44,No.7,pp.48-55
- 坂根徹夫(1975)：「破局の理論の現代的意義」, 理想 , No.506, pp.1-10
- 鈴木努(2010)：「社会学におけるネットワーク・アプローチの可能性」, 東京都立大学博士
学位論文
- 高根芳雄(1976)：「心理学における非計量データ」, 東京大学博士学位論文
- 高橋伸夫(1993)：『組織の中の決定理論』, 朝倉書店
- 中邨良樹(2002)：「研究開発投資決定のためのテクノ・ダイナミックス・モデルの構築」,
日本経営工学会論文誌, Vol.53, No.1, pp.26-36
- 野口広(1982)：『経営のカタストロフィー理論』, PHP研究所
- 野尻泰民(2017)：「富士フィルムの事業転換と成功の背景」, 明治大学大学院商学研究科
商学研究論集, Vol.47, pp.187-207
- 松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1991)：「交互最小二乗法を用いた合併効果の分析モデル」,
日本経営工学会誌, Vol.42, No.4
- 間晋崇(2005)：「企業の研究開発活動と企業価値—化学産業における企業開発初活動につい
ての実証分析—」, 研究年報経済学 (東北大学経済学会編), Vol.66, No.3, pp.581-591
- 村田厚生, 久米靖文, 橋本文雄(1985)：「確率的カタストロフィーモデルのパラメータ推
定とモデルの妥当性について」, 日本経営工学会誌, Vol.35, No.6, pp.386-391
- 劉慕和(2002)：「研究開発費の資産化効果に関する実証研究—日本の医薬品企業を中心に—」,
研究年報経済学 (東北大学経済学会編), Vol.63, No.3
- 山下洋史(1996)：『人的資源管理の理論と実際』, 東京経済情報出版
- 山下洋史(2000)：『人事情報管理のための評定傾向分析モデル』, 明治大学 社会科学研究所
叢書, 経林書房
- 山下洋史(2012)：「組織におけるメンバーの活性化と内部エネルギー」, 明大商学論叢,
Vol.94, No.2・3 (合併号) , pp.13-21

英語文献

- Almon, Shirley. (1965) : “The distributed lag between capital appropriations and
expenditures” , *Econometrica*, Vol.33, No.1, pp.178-196
- Branch, B. (1974) : “Research and Development Activity and Profitability: A Distributed
Lag Analysis” , *Journal of Political Economy*, Vol. 82, No. 5, pp.999-1011.
- 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*,
Vol. 78, No. 2, pp.419-423.
- Cobb, L.(1978) : “Stochastic Catastrophe model and Multimodal Distributions” ,

- Behav.Sci.*, Vol.23, pp.360-374
- Cobb,L. (1981) : “Parameter Estimation for the Cusp Catastrophe Model” ,
Behav.Sci., Vol.26, pp.75-78
- Griliches, Z.(1981) : “Market Value, R&D, and Patents” , *Economics Letters*, Vol. 7,
No. 2
- Lev, B. and Sougiannis, T.(1996) : “The capitalization, amortization, and
value-relevance of R&D” , *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 21, No. 1,
pp. 107-138.
- Schumpeter,J.A.(1926) : “Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung” , 2, Aufl.,
(塩野谷祐一, 中山伊知郎, 東畑精一訳(1977), 『経済発展の理論 (上)』,岩波書店)
- Tobin, J. (1969) : “A General Equilibrium Approach to Monetary Theory” , *Journal of
Money, Credit and Banking*1, 15-29
- Takane,Y., Young,F.W. and de Leeuw, J.(1980) : “An Individual Differences Additive
Model : An Alternating Least Squares Method with Optical Scaling Features” ,
Psychometrika, Vol.45, pp.183-209
- Thom,R. (1972): ”Stabilité Structurelle et Morphogénèse”, *InterEdition Paris*
(原書第2版,ルネ・トム著「構造安定性と形態形成」 (彌永昌吉,宇敷広重訳(1980),
岩波書店)
- Zeeman,E.C. (1977) : “Catastrophe Theory Selected Papers 1972-1977” ,*Addison-Wesley
Publishing Company, Inc.*

その他

文部科学省科学技術・学術政策研究所(2015) : 民間企業の研究活動に関する調査報告

【 本論 】

第 1 部

カタストロフィー理論に基づく研究開発成果分析モデル

第 1 章 Innovation Map のカタストロフィー・モデル

第 2 章 くさびのカタストロフィーにおける尖点の座標と曲面の同定

第1章 Innovation Map のカタストロフィー・モデル

1.1 本章の目的

企業が持続的に成長するためには、序論で述べた狭義⁸のイノベーション (Schumpeter,1926)が重要であり、このイノベーションは、人的資源と財務的資源からなる狭義の経営資源と、情動的資産・経営組織等を加えた広義の経営資源によって創出されると考えられる(表 1-1 を参照)。本章では、これらの中で定量化が容易な財務的資源に注目し、研究開発投資 (R&D 投資) や設備投資、および M&A の代理変数としての「のれん」⁹を含んだ無形固定資産¹⁰を取り上げる。なお、これらの 3 つの投資を、まとめて「投資情報」と呼ぶことについてはすでに述べた。企業にとって、序論で述べた狭義のイノベーションに向けて投資活動をどれほど行うかは、企業を持続的に成長させるための重要な課題である。それは、投資活動によるイノベーションによって、革新的な新製品や製造工程を創出し、企業の成長へと繋がるからである。こうした背景から、本章では日本のファインケミカル企業を例に取り、投資情報についての Innovation Map の非対称性¹¹を新たに指摘する。Innovation Map (野尻, 2017) とは、横軸 (x 軸) を投資情報の年平均額 (以後、「投資累積額」と呼ぶ) に、縦軸 (y 軸) を投資累積額の成長率 (以後、「投資累積成長率」と呼ぶ) にして、各ファインケミカル企業の結果を散布図化したものである。この Innovation Map は、企業が行う成長へ向けての投資レベルによって分類されたもので、企業のイノベーション (技術革新) の位置づけを表すものである。なお、投資累積額とは、投資情報の合計が、売上高に占める割合を表しており、売上高で基準化しているため、企業規模の要因を排除することができる。

つぎに、投資活動を技術革新のためのインプットとみなし、そこから得られた技術的成果を登録特許件数や特許の被引用件数により捉え、Innovation Map に対して「くさびのカタストロフィー曲面」(第 2 章)を導入し、Innovation Map の 2 次元平面を 3 次元空間へと拡張することを試みる。その際、Innovation Map における投資累積額と投資累積成長率を、それぞれ分裂要因 v と平常要因 u として位置づけ、特許登録率 (特許登録数 / 売上高) を状態変数 y として設定することにより、くさびのカタストロフィー・モデルを構築する。

⁸ シュンペーターは、その著書の中で生産の再編成による「新結合」(イノベーション)として、5つの概念を導き出している(加藤, 2010)。本論文では、その中で(1)新しい財貨(製品イノベーション)、(2)新しい生産方法(工程イノベーション)に注目して論述する。

⁹ 「のれん」=「企業を買収する際の実買金額」-「買収される企業の純資産」。すなわち、企業が他社を買収する際にかかる金額には、買収する企業の純資産に加えて「のれん」がかかることされている。(野村証券 証券用語解説集)

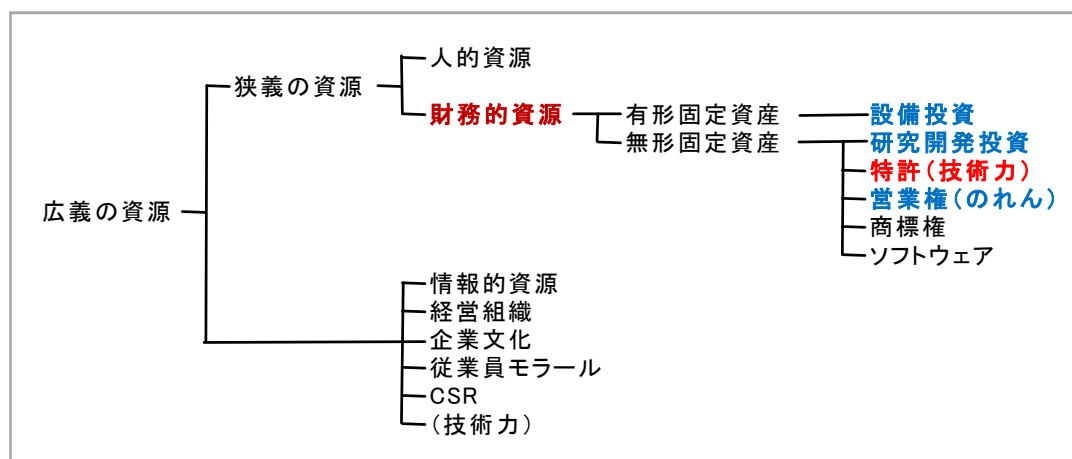
¹⁰ 無形固定資産とは、長期にわたり会社の収益力の要因となる無形の資産であり、「のれん」のほか、特許権や商標権、ソフトウェアなどが該当する。(野村証券 証券用語解説集)

¹¹ くさびのカタストロフィー理論 (Thom,1972) に特徴的な実績値の非対称性をいう。詳しくは序論を参照のこと。

これにより、投資活動の側面から日本のファインケミカル企業を 4 つの象限に分類するとともに、Innovation Map の「非対称性」をくさびのカタストロフィーの 3 次元空間上に記述することを試みる。

本章は、Innovation Map を 2 次元平面から 3 次元空間へ拡張するカタストロフィー・モデルを提案し、そこでの 4 つの象限の特徴を定量的に分析することを目的としている。すなわち、2 次元の Innovation Map を 3 次元へと拡張することは、Innovation Map では含まれない研究効率を追加できるため、**投資累積額**と**投資累積成長率**が研究成果に与える影響を分析できる。さらに、Innovation Map における単年度のカタストロフィー・モデルを時系列モデルへと発展させ、特許登録比率および、**投資累積額**と**投資累積成長率**の変化に関する「時系列推移のカタストロフィー・モデル」を提案する。これらにより、企業における投資活動の時系列推移とその特徴を 3 次元空間に整理することができ、投資活動プロセスの概念的記述が容易になるものと考えられる。

表 1.1 企業成長の要因



出典：石崎忠司(1999), p.49, 図表 3-2 を基に筆者が加筆・修正

1.2 使用記号

本章で提案する「Innovation Mapのカタストロフィー・モデル」では、下記の使用記号を用いる。

- F_{it} : 実質R&D投資額 (フロー値)
- I_{it} : 実質設備投資額 (フロー値)
- INT_{it} : 無形固定資産 (フロー値、Intangible)
- R_{it} : 実質R&D投資額 (ストック値)
- K_{it} : 実質設備投資額 (ストック値)
- δ_{it}^R : R_{it} の陳腐化率

- δ_{it}^K : K_{it} の陳腐化率
 SAL_{it} : 売上高 (Sales)
 j : 説明変数の番号
 V_{i1} : 売上高に対する企業*i*の年平均 R_{it} (実質R&D投資額ストック値)
 V_{i2} : 売上高に対する企業*i*の年平均 K_{it} (実質設備投資額ストック値)
 V_{i3} : 売上高に対する企業*i*の年平均無形固定資産 (フロー値、「のれん」が含まれる)
 $ID(i)$: 企業*i*における $V_{i1} \sim V_{i3}$ の総和平均 (投資累積額、IDはInnovation Mapの横軸)
 $kID(i)$: 企業*i*における $ID(i)$ の成長率 (投資累積成長率、 kID はInnovation Mapの縦軸)

注) Innovation Mapとは、IDと kID から形成される2次元の図形

- $f(v, u, y)$: くさびのカタストロフィー理論におけるポテンシャル関数
 v : くさびのカタストロフィー理論における分裂要因 (Innovation MapのID)
 u : くさびのカタストロフィー理論における平常要因 (Innovation Mapの kID)
 y : くさびのカタストロフィー理論における状態変数 (研究効率=特許登録比率)
 a, b, c : くさびのカタストロフィー方程式の係数

1.3 Innovation Map

各企業のR&D投資額は、有価証券報告書の第2【事業の状況】における6.【研究開発活動】に記載されている数値を、設備投資額は第3【設備の状況】における1.【設備投資等の概要】に記載されている数値を収集した¹²。収集したR&D投資額や設備投資額は名目値であるため、これを実質値に変換し、それぞれ実質R&D投資額(F_{it})や実質設備投資額(I_{it})とする。さらに、 F_{it} や I_{it} はフロー値であるため、これらを多年にわたって累積したストック値に変換している。以後の記述において、R&D投資や設備投資はこのストック値で表されている。なお、無形固定資産については、「のれん」が不定期に存在するため、実質値への変換が困難であり、名目値かつフロー値となっていることに注意が必要である。

R&Dストックは、PI法(Perpetual Inventory Method 恒久棚卸法)を用いて以下の式で表される。

$$R_{it+1} = F_{it} + (1 - \delta_{it}^R) R_{it} \quad (1.1)$$

δ_{it}^R : R&D資本の陳腐化率 ($\delta_{it}^R = 0.2$ として計算¹³)

(設備)資本ストックは、以下の式で表される

$$K_{it+1} = I_{it} + (1 - \delta_{it}^K) K_{it} \quad (1.2)$$

δ_{it}^K : 設備資本の陳腐化率 ($\delta_{it}^K = 0.1$ として計算¹⁴)

¹² 作成された年度によって、有価証券報告書の構成が違う場合がある。

¹³ 池内ら(2013)の資料に基づき、 $\delta_{it}^R = 0.2$ の数値を設定した。

¹⁴ 徳井ら(2007)の資料に基づき、 $\delta_{it}^K = 0.1$ の数値を設定した。

さて、Innovation Map における**投資累積額** (v 軸) を $ID(i)$ と記述すると、以下のようになる。

$$ID(i) = A \cdot \sum_{j=1}^3 \frac{V_{ij}}{3} \quad (1.3)$$

ここで、 A については $ID(i)$ を扱いやすい数値にすべく、 $A=10$ としている。

$$\left. \begin{aligned} V_{i1} &: \frac{1}{t_2-t_1+1} \cdot \sum_{t=t_1}^{t_2} \left(\frac{R_{it}}{SAL_{it}} \right) \\ V_{i2} &: \frac{1}{t_2-t_1+1} \cdot \sum_{t=t_1}^{t_2} \left(\frac{K_{it}}{SA_{it}} \right) \\ V_{i3} &: \frac{1}{t_2-t_1+1} \cdot \sum_{t=t_1}^{t_2} \left(\frac{Int_{it}}{SA_{it}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1.4)$$

t_2 は測定最終年度を、 t_1 は測定スタート年度を表し、 $t_2 - (t_1 - 1)$ はその間の年数を表しているので、上記の各式は年度の平均を表している。さらに、上記の $ID(i)$ は、年度ごとに求めることができる。そこで、年平均の傾きを $kID(i)$ (u 軸) とすると、(1.5)式となる。 $kID(i)$ を「投資累積成長率」と呼ぶことは、すでに前節で述べた。

$$kID(i) = \frac{ID(i,t_2) - ID(i,t_1)}{t_2 - t_1 + 1} \quad (1.5)$$

Innovation Map での**投資累積成長率** (u 軸) は、1989年 (t_1) を基準にし、当該企業の**投資累積額** (v 軸) における 2015年時点との傾きを年率にしたものである。 $ID(i)$ を v 軸、 $kID(i)$ を u 軸とし、ファインケミカル企業 22 社について $ID(i)$ 、 $kID(i)$ を算出し、散布図にし

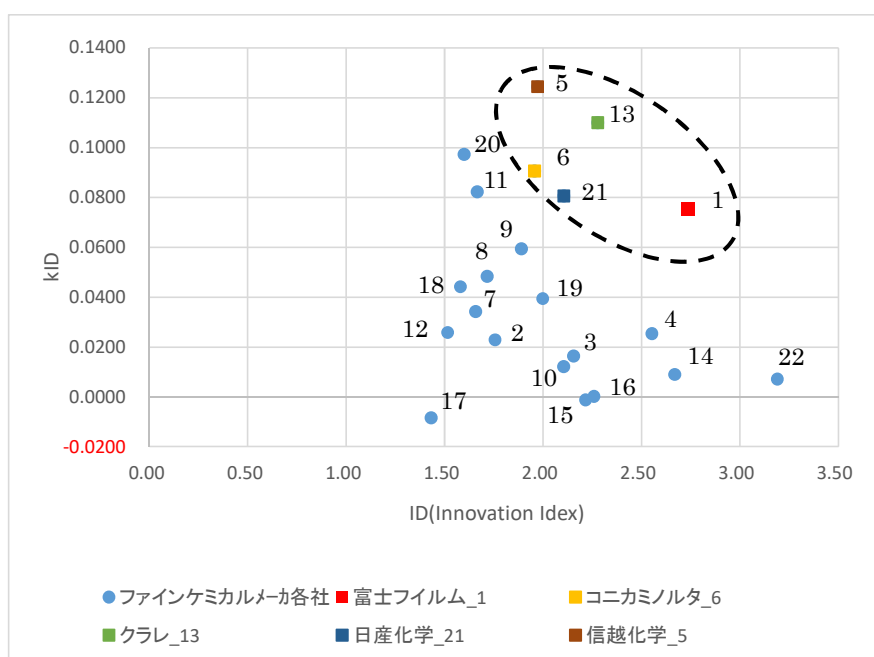


図 1.1 Innovation Map

たものが図 1.1 の Innovation Map である。

図 1.1 における数字は、表 1.2 のファインケミカル企業の会社 No を示している。

表 1.2 本論文で取り上げたファインケミカル企業

No.	1兆円以上	No.	5千億円～1兆円	No.	5千億円以下
1	富士フイルム	7	DIC	14	ダイセル
2	東レ	8	日東電工	15	JSR
3	旭化成	9	帝人	16	デンカ
4	花王	10	カネカ	17	関西ペイント
5	信越化学	11	日立化成	18	東洋紡
6	コニカミノルタ	12	日本ペイント	19	日本ゼオン
		13	クラレ	20	住友ベークライト
				21	日産化学
				22	日本化薬

出典：正井純子(2015), p.747, 図表-1 の分類を参考にして筆者が作成

投資累積成長率が正の場合は、右肩上がりの投資を実施している企業となり、1989年の水準に留まる場合には投資累積成長率はゼロ、それ以下では投資累積成長率は負になる。

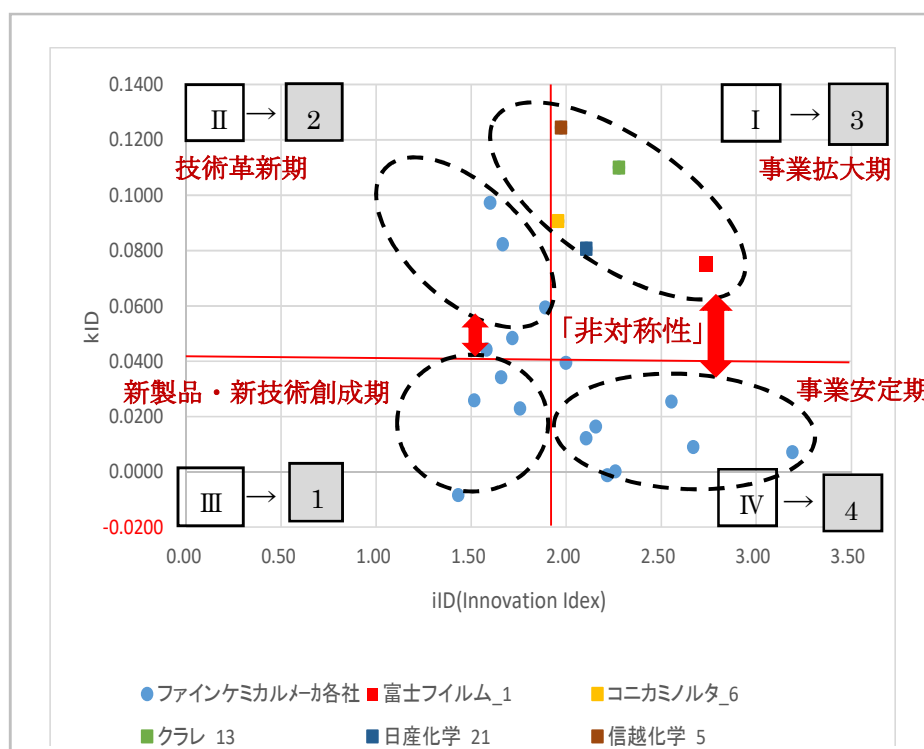


図 1.2 4象限の Innovation Map と非対称性

さらに、当該企業の投資累積額の時系列変化を検証する場合、たとえば、(1.5)式におい

て、 $t_2=2000$ 、 $t_2=2005$ 、 $t_2=2010$ として、順次計算していけば、2000～2015 までの時系列データが得られる。この中で、**図 1.1** の点線で囲った企業群は、企業業績の面で超優良企業が分布していると思われる。

そこで、このグループを意識しながら下記にのべる「組織のライフサイクル(今口, 2007)¹⁵」や、ボストン・コンサルティング・グループ (BCG) が開発した事業管理の手法である PPM (Product Portfolio Management¹⁶) の先行研究を考慮し、横軸と縦軸それぞれの算術平均を原点にして、4 象限別にグループ分けしたのが**図 1.2** である。

この Innovation Map における x 軸は、企業としての規模的な成長志向を、 y 軸は持続的な成長志向を表すと考えられるので、企業は第 I 象限を目指すことになる。

図 1.2 の各象限に関して、企業成長のサイクル (あるいは成長投資循環サイクル) の順に述べると、第 III 象限の「新製品・新技術創成期」(成熟期) の企業が、成長のための投資を増加させ、イノベーションを加速させていけば、やがて第 II 象限の「技術革新期」の領域に入る。そこで、さらなる成長のための投資の加速により、投資の伸び率と蓄積を高めると、企業は第 I 象限の「事業拡大期」(この特殊な場合が、事業転換となる) に入る。その後、成長投資は天井にぶつかり、その伸び率は鈍化するため、企業は第 IV 象限の「技術安定期」領域へと移行する。そして、時間の経過とともに成長投資は減速し、第 III 象限の「成熟期」へと戻ることになる。従来から提唱されている「組織のライフサイクル」と、ボストン・コンサルティング・グループが開発した事業管理の手法である PPM を組み合わせた形式になっている。つまり、PPM のように成長投資とその成長率を基にした企業成長のサイクル (あるいは成長投資循環サイクル) が、2 次元平面で記述されるのである。

さらに、**図 1.2** で特徴的なことは、実績値に非対称性が認められることである。すなわち、**投資累積額(ID)**が単に大きいほど良いというわけではなく、第 I 象限の企業と第 IV 象限の企業の「**投資累積成長率**」(kID)の差は大きく、一方 ID が小さい場合では、第 II 象限の企業と第 III 象限の企業における kID の差は、小さいという「非対称性」が示唆されるのである。この非対称性は、カタストロフィー理論 (Thom,R.,1972) のくさび領域でのジャンプと符合するため、くさびのカタストロフィー曲面が適合すると推測される。

そこで、次節において、**投資累積額**のアウトプットとして特許登録率をパラメータに追加して、2 次元の Innovation Map を 3 次元のカタストロフィー・モデルへと拡張する。

なお、以後の記述では、第 III 象限に属する企業を企業群**1**に、以下第 II 象限に属する企業を企業群**2**に、第 III 象限に属する企業を企業群**3**に、第 III 象限に属する企業を企業群**4**として議論を進める。

15 (今口,2007) はこの中で、「成熟化によって停滞から衰退への軌道を歩み始めた企業が、危機を如何に認知し、危機をトリガーにしてイノベーションを起こし、革新的で創造的な企業へと変革することが、ターンアラウンド (事業再生) に必要である。」と述べている。

16 (藤本,2002) によれば PPM とは、市場における複数の自社製品・自社事業の「位置取り」(ポジション) を組み合わせて全体最適を図るモデルと述べ、さらに自社製品群のアーキテクチャ (Ulrich,1995) のようなポジションの組み合わせを考える「アーキテクチャのポートフォリオ戦略」を論じている。

1.4 Innovation Map のカタストロフィー・モデル

筆者（野尻,2017）の先行研究で提案した 2 次元平面の Innovation Map に、研究効率である特許登録率を追加して、3 次元空間へと拡張する。ここで、特許登録率とは特許登録数を特許出願数で除した値で、かつこの値を売上高で除している。また、特許登録数は切断バイアス¹⁷を補正し、R&D 投資額や設備投資額と同様に PI 法によりストック値としている。

本節ではカタストロフィー理論に基づき、Innovation Map と特許登録率の関係をモデル化していくことにする。

まず、カタストロフィー理論において、くさびのカタストロフィー（3 次元）のポテンシャル関数は、(1.6)式のように表される。

$$f(u, v, y) = \frac{1}{4}y^4 + \frac{1}{2}vy^2 + uy \quad (1.6)$$

(1.6)式の空間における極値は、 y について偏微分し、0 とおいた(1.7)式を得る。

$$\frac{\partial f}{\partial y} = y^3 + vy + u = 0 \quad (1.7)$$

したがって、くさびのカタストロフィー曲面を M とすると、 M の一般式は(1.8)式のようなになる。

$$y^3 + avy + bu = 0 \quad (1.8)$$

そこで、Innovation Map における kID （投資累積成長率）を、くさびのカタストロフィー一曲面 M における平常要因、また ID （投資累積額）を分裂要因として位置づけることによ

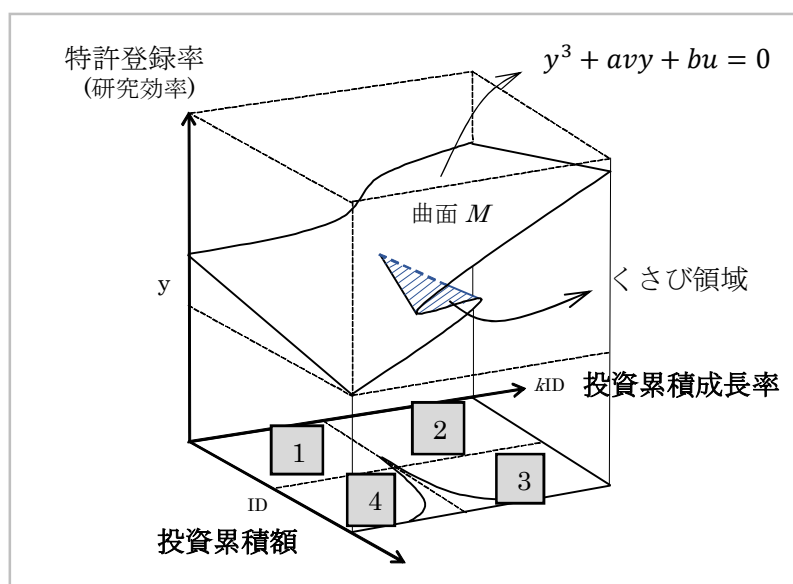


図 1.3 本章の提案モデル

¹⁷ 切断バイアスの補正の詳細については、山田(2008)に詳しいので、これを参照されたい。

り、本論文では図 1.3 のようなくさびのカタストロフィーの概念モデルを提案する。

本提案モデル（くさびのカタストロフィー・モデル）において、Innovation Map は図 1.3 の下面によって表され、これにより、図 1.2 の Innovation Map における非対称性が、3次元の概念モデルとして記述されるのである。

1.5 本章の提案モデルから示唆される企業投資活動

すでに(1.5)式で示した投資累積成長率の計算において、 $t_2=2000$ 、 $t_2=2005$ 、 $t_2=2010$ と、順次計算していけば、2000～2015 までの時系列データが得られることを述べた。

このようにして得られた代表的な企業の時系列データを図 1.4 に示す。本章での提案モデルの図 1.3 と図 1.4 の Innovation Map における時系列データから、下記のような研究開発成果の特徴が示唆される。

まず、投資累積額(ID)が大きい場合は、投資累積成長率(kID)の差異による特許登録率の差異が大きい、ID が小さい場合は、kID の差異による特許登録率の差異は小さいという特許登録率の「非対称性」が示唆される。一方、特許登録率について見てみると、kID が増加するに従って単調にかつ穏やかに増加するが、ID の増加に対しては、増加する場合と減少する場合に分かれるという「分裂要因」としての特徴が示唆される。

さらに、企業群[3]に位置する企業 (ID も kID も大きい企業) は、kID が減少しても、図 1.3 の中央部の曲面が折れ曲がった領域では特許登録率が高い状態に留まり、企業群[4]に位置する企業 (ID が大きく、kID が小さい企業) は、kID が増加しても、上記の領域では

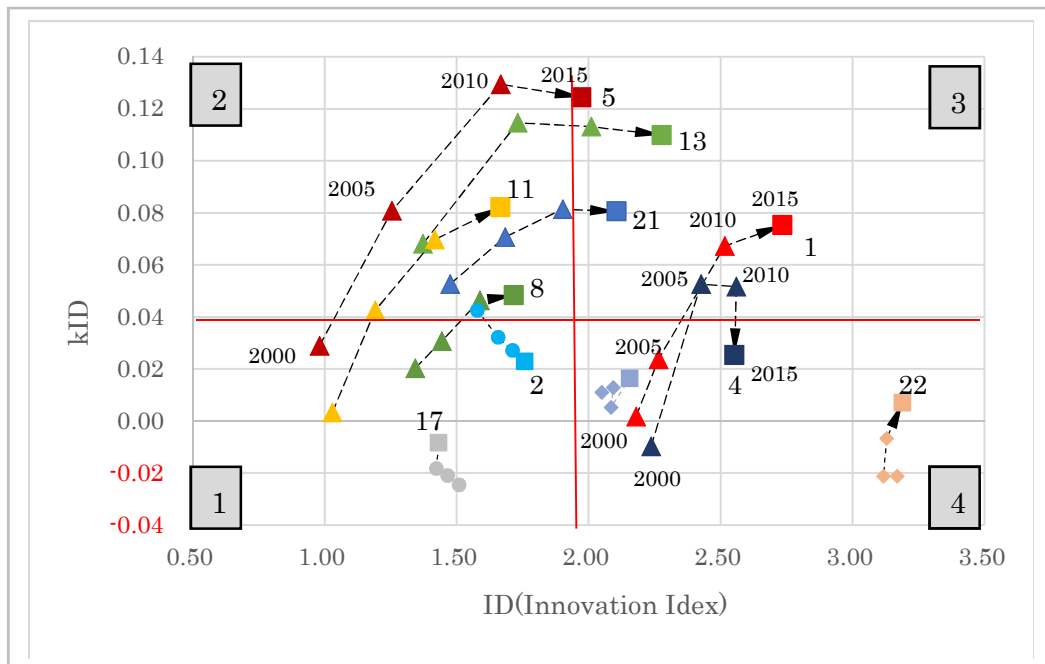


図 1.4 Innovation Map における時系列データ

特許登録率の少ない状態に留まること、すなわちカタストロフィー理論における「遅れの規約」¹⁸が示唆される。

しかしながら、その領域を越えると、企業群³に位置していた企業の特許登録率は急激に減少し、一方、企業群⁴に位置していた企業の特許登録率は急激に増加するという「くさび領域」での「ジャンプ」（非連続現象）が生じることになる。

さらに、企業群¹に位置する企業（ID も hID も小さい企業）が先に hID を増加させてから、つぎに ID を増加させる（すなわち、企業群²を経由して企業群³に移動する）ことができれば、スムーズに企業群³へと移動し特許登録率が増加するようになることが示唆される。もし、逆に ID を先に増加させると、企業群⁴を経由することになってしまい、その間は特許登録率が減少する危険性が高くなるからである。

以上のように、本章の提案モデルから示唆される特徴を、現実の投資活動で見ると、企業は、ゴーイング・コンサーンの理念から経営を維持・発展させることが求められる。そのため、企業群³の「技術拡大期」を目指すことになる。その際、「新製品・新技術創成期」にある企業（企業群¹）が取りうるアプローチは2つある。ひとつは、持続的に研究開発投資を増やし、**投資累積成長率**を高めて「技術革新期」（企業群²）から「技術拡大期」（企業群³）へと推移するアプローチである。もう一つは、M&A 等により急激に投資を増加させ、「技術安定期」（企業群⁴）から「技術拡大期」（企業群³）を目指すアプローチである。しかしながら、後者のアプローチは、急激な投資を必要とすることや、投資効果（研究効率）が即時に表れないことなどにより、企業としての体力が要求される。したがって、「新製品・新技術創成期」にある企業は、持続的に**投資累積額**を増やし、**投資累積成長率**を高めていくことが肝要と考えられる。イノベーションを達成する企業の多くは、このアプローチを取るようになる。さらに、後者のアプローチを取る企業は、製品が成熟した企業や豊富な流動資産を有する大企業である場合が多い。これは、新たな製品を開発する時間の効率化を図るという狙いがあるからであろう。

1.6 本章のまとめ

本章では、「カタストロフィー理論」に基づき、Innovation Map の2次元平面を3次元空間へと拡張することにより、ファインケミカル企業の研究開発に関する新たな概念モデルを提案した。本章の提案モデルから示唆されるファインケミカル企業の研究開発に関する特徴を整理すると、以下のようになる。

¹⁸ カタストロフィー理論において、「くさび領域」でジャンプを起こす際に、状態変数 y が時間的な遅れをもって変化する現象は、「遅れの規約」と呼ばれる。

1.6.1 研究開発成果の特徴

カタストロフィー曲面における各象限の位置づけをふまえると、企業の成長投資活動において以下のようなプロセスを辿ることが示唆される。企業群¹に位置する創業期の企業は、投資を増加させ、**投資累積成長率**を年々向上させることで、技術力（特許登録比率）も向上していく。その結果、技術革新が進行し企業群²へと移動していく。さらにM&Aや新たなプロジェクトへの投資により、事業変革を進めると、企業群³の領域へと移行することになる。しかしながら、企業群³では**投資累積成長率**の伸びは止まり、それと同時に技術力も横ばいとなって企業間競争も激しくなり、やがて企業群⁴へと移動してしまう。企業群⁴の企業も、この時点で新たなM&Aやプロジェクトへの投資を行えば、企業群³へ復帰することもあるが、もしこれを行わずにいれば、企業群¹へと戻ってしまうことになる。

1.6.2 製造企業全体への適応

本章では、ファインケミカル企業のみが焦点を当てたが、これらの企業規模は、売上高が1兆円超の企業、5千億～1兆未満、5千億未満の3区分から満遍なく選択し、かつ扱っている製品も写真フィルム、合成繊維、医薬品、塗料、油脂・界面活性剤など、業種が偏ることもないため、本章の提案モデルは、ファインケミカル業界以外に対しても適用可能性を秘めている。そこで、今後はこうした適用可能性についても慎重に検討していきたい。

参考文献（第1章）

日本語文献

- 池内健太，権 赫旭，深尾京司(2013)：「産業別研究開発ストックの推計について」，文部科学省科学技術政策研究所
石崎忠司(1999)：『企業の持続的成長分析』，同文館出版

- 今口忠政(2007) : 「組織の衰退とイノベーション：ライフスタイルの視点から」, 三田商学研究, Vol.50, N0.3, pp.45-55
- 加藤久明(2010) : 「持続可能なイノベーションに関する一考察」, 政策科学, 17 卷, 特別号, pp.65-75
- 徳井丞次, 乾 友彦, 金 榮慤(2007) : 「体化された技術進歩と資本の平均ヴェンテージ」, 独立行政法人 経済産業研究所
- 野尻泰民(2017) : 「富士フィルムの事業転換と成功の背景」, 明治大学大学院商学研究科 商学研究論集, Vol.47, pp.187-207
- 野尻泰民(2018) : 「企業の研究開発活動とその成果」, 明治大学大学院商学研究科 修士論文
- 藤本隆宏(2002) : 「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」, RIETI Discussion Paper Series 02-J-008
- 正井純子(2015) : 「日本の化学系企業の特許出願と収益性との関連について」, 研究・イノベーション学会, 年次学術大会講演要旨集 30 , pp.747-752
- 山田節夫(2008) : 「日本における patent stock と citation stock の作成」, 内閣府経済社会総合研究所『経済分析』, No.180, pp.63-81

英語文献

- Schumpeter, J.A. (1926) : “Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung”, 2, Aufl., (塩野谷祐一, 中山伊知郎, 東畑精一訳(1977), 『経済発展の理論 (上)』, 岩波書店)
- Thom, R. (1972) : “Stabilité Structurelle et Morphogénèse”, *InterEdition Paris* (原書第 2 版, ルネ・トム著『構造安定性と形態形成』 (彌永昌吉, 宇敷広重訳(1980), 岩波書店)
- Ulrich, K. T. (1995) : “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm”, *Research Policy*, 24 , 419-440.

その他

野村証券 : 証券用語解説集, <https://nomura.co.jp/terms>

第2章 くさびのカタストロフィーにおける

尖点の座標と曲面の同定

2.1 本章の目的

前章において、企業が行う投資活動の特徴を捉えるために、ファインケミカル企業 22 社の財務資産から算出した投資累積額（ x 軸）と投資累積成長率（ y 軸）からなる 2 次元の Innovation Map を提案している。さらに、Innovation Map に研究開発投資等から得られた技術的成果としての特許登録率や特許被引用比率を加えて、それらの関係をカタストロフィー・モデルへと拡張した。これにより、Innovation Map を 3 次元へと拡張し、企業の成長要因としての財務的な投資活動を、3 次元のカタストロフィー曲面に視覚的に記述するとともに、単年度のモデルであるカタストロフィー・モデルを時系列モデルへと発展させて、新たなアプローチの可能性を示唆した。すなわち、この時系列モデルから企業成長のプロセスや企業の投資循環プロセスを記述することができると考えられるのである。

しかしながら、この新たなアプローチで示唆したカタストロフィー・モデルを定量的に把握するまでには至っていなかった。そこで、本章ではくさびのカタストロフィー曲面における尖点推定モデルを新たに提案し、推定した尖点からカusp曲線を同定し、3 次元のくさびのカタストロフィー曲面を同定することを試みる。さらに、この定量化されたくさびのカタストロフィー曲面から、企業成長のプロセスや企業が行う投資活動プロセスについての概念的記述を試みる。

2.2 使用記号

本章で提案する「くさびのカタストロフィーにおける尖点の座標と曲面の同定」では、下記の使用記号を用いることにする。

$f(v, u, y)$: くさびのカタストロフィー理論におけるポテンシャル関数

v : くさびのカタストロフィー理論における分裂要因 (Innovation MapのID(i))

u : くさびのカタストロフィー理論における平常要因 (Innovation Mapの k ID(i))

y : くさびのカタストロフィー理論における状態変数 (研究効率=特許登録比率)

a, b, c : くさびのカタストロフィー方程式の係数

a : くさびのカタストロフィー理論の尖点の v 座標

b : くさびのカタストロフィー理論の尖点の u 座標

γ : くさびのカタストロフィー理論の尖点の y 座標

l : PNB (尖点近傍の n 個の点 : Points Near the Boundary) における n 個の各点 ($l = 1, 2, \dots, n$)

- p_l : PNB各点に対する重み
- (v_l, u_l, y_l) : PNB各点の座標
- S : シャノン・エントロピー
- λ : ラグランジュ乗数
- E : カस्प曲線を計算上での定数($E=0.0019$)

2.3 カタストロフィー曲面の同定

前章において、2次元平面の Innovation Map に、研究効率である特許登録率を追加して、3次元空間のくさびのカタストロフィー曲面へと拡張した。このくさびのカタストロフィー曲面を M とすると、 M の一般式は(2.1)式のようになることは、すでに前章で述べた。

$$y^3 + avy + bu = 0 \quad (2.1)$$

さらに、くさびの尖点の座標(a, β)を導入し、カタストロフィー曲面を M として記述すると、(2)式はより一般化された(2.2)式となる。

$$y^3 + a \cdot (v - \alpha)y + b \cdot (u - \beta) + c = 0 \quad (2.2)$$

上記の a, b は、それぞれ vy と u の係数を表している。従来、くさびのカタストロフィーの一般式は、(2.1)式とされている。しかしながら、(2.1)式の尖点座標は、予め(0,0)に固定されていたが、それが(0,0)である保証はなく、尖点座標はパラメータ推定上の自由度を有している。そこで、本章ではこうした尖点座標についての自由度を考慮した(2.2)式を一般式として位置づけて、カタストロフィー曲面 M の同定を試みることにする。

(2.2)式のカタストロフィー・モデルには、推定すべき未知のパラメータが4つ(係数 a, b と尖点の座標 α, β)存在し、これらは互いに分離可能(高根,1976)でないため、一度に4種類のパラメータをすべて推定することはできない。そこで、本章ではカタストロフィー曲面の形状を優先して同定すべく、まず大野ら(1986)に基づき、係数 a, b を重回帰分析により推定し、つぎにこれらの係数を固定したもとの、本章で提案する逐次エントロピー・モデルにより尖点の座標 α, β を推定するという、2段階のパラメータ推定を試みることにする。

2.3.1 係数 a, b の同定

まず、係数 a, b, c を同定するために、(2.2)式における α と β の初期値を、それぞれ $\alpha = 0, \beta = 0$ として(2.3)式のように定式化する。

$$y^3 + a \cdot vy + b \cdot u + c = 0 \quad (2.3)$$

つぎに、(2.3)式を(2.3')式のように変形する。

$$y^3 = a \cdot vy + b \cdot u + c \quad (2.3')$$

ここで、大野ら(1986)の先行研究と同様に、下記のようなパラメータ推定を試みることにする。まず、 $y^3 = Y$, $vy = X_1$, $u = X_2$ とおくと、(2.4)式となる。

$$Y = aX_1 + bX_2 + c \quad (2.4)$$

上記の y , v , u は、既知（パネルデータとして収集済み）であるから、(2.4)式におけるパラメータ推定の問題は、重回帰分析の問題に帰着する。したがって、係数 a , b , c を通常の重回帰分析によって推定することができる。

その結果、以下のような係数を得る。

$$a=1.75***, b=-20.31***, c=-1.37*$$

(なお、係数右肩の***と*は、それぞれ1%と10%水準で有意であることを表す。)

したがって、3次元の曲面 M は、係数を移項して、(2.5)式のように表される。

$$y^3 - 1.75vy + 20.31u + 1.37 = 0 \quad (2.5)$$

次節では、(2.5)式を基にしてカタストロフィー曲面 M の特徴を整理していくことにする。

2.3.2 カタストロフィー曲面 M の特徴

カタストロフィー曲面 M の特徴を整理すべく、(2.5)式を関数の形式に書き換えると、(2.6)式のように変換される。

$$f(v, u, y) = y^3 - 1.75vy + 20.31u + 1.37 \quad (2.6)$$

そこで、まず v （研究開発投資等）に注目し、(2.6)式を v について偏微分すると、特許登録率 y は常に正であるため、(2.7)式は常に負となる。

$$\frac{\partial f}{\partial v} = -1.75y < 0 \quad (2.7)$$

したがって、(2.7)式から、 y （特許登録率）が増加するに伴い v についての微分係数の傾きは増大することがわかる。つまり、 y の増加は v に対するマイナスの傾斜を増大させることになる。

つぎに、 u （投資累積成長率）に注目して、(2.6)式を u について偏微分すると、(2.8)式が得られる。

$$\frac{\partial f}{\partial u} = 20.31 > 0 \quad (2.8)$$

(2.8)式からわかることは、 u についての傾きは常に一定の正の値となり、単調増加関数

(負になることはない) となることである。

以上のことをふまえると、くさびのカタストロフィー曲面 M の概念モデルは、**図 2.1** のように記述される。

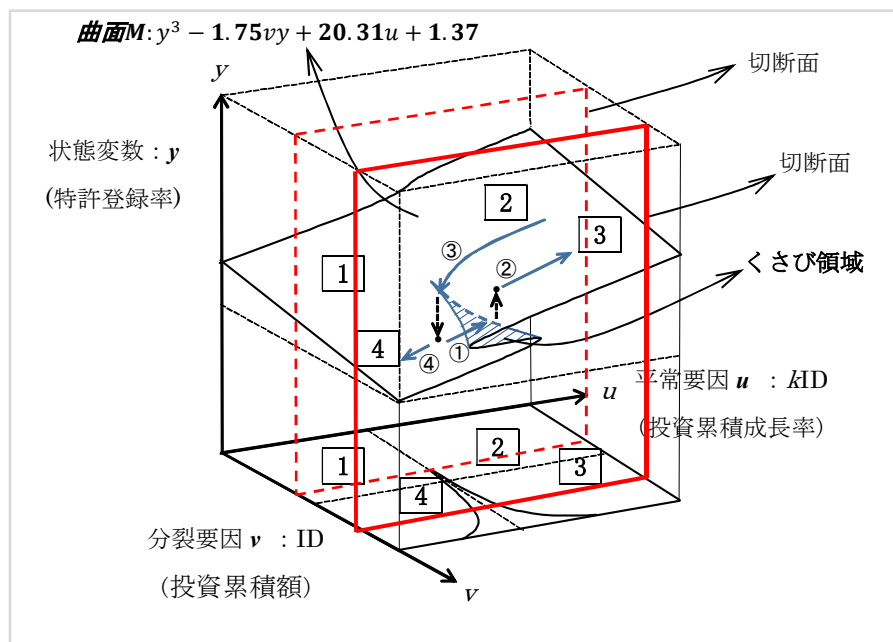


図 2.1 3次元の Innovation Map (カッコ内の数字は企業群を表す)

図 1.1 で提案された Innovation Map は、**図 2.1** の下面 ($v-u$ 面) となり、そこでの各企業群の位置づけと、これに対応するカタストロフィー曲面 M 上での各企業群の位置づけは、**図 2.1** のような位置関係となる。さらに、くさびの領域における挙動を整理することにしよう。**図 2.1** の $u-y$ に平行な切断面(A)で切断した曲線が、**図 2.2** の実線で示されている。ここで、(2.8)式は負になることはないから、**図 2.2** の点線部分 (傾きが負) は存在しない。一方、 u は単調関数であるから、 y の値は①から②へとジャンプするしかないことになる。また、③から④へのジャンプも同様にして発生する。ゆえに、くさびの領域ではヒステリシス曲線を描くことになる。

上記の過程を、**図 2.1** のカタストロフィー曲面 M では丸印の数字で記述している。また、**図 2.1** と **図 2.2** における丸印の数字は、同じ位置関係を表しており、**図 2.1** と **図 2.2** の四角内の数字は企業群を表している。

ここで、②と③の領域は企業群 **3** に、①と④の領域は企業群 **4** に属している。このとき、③と①において u は同値となって重なるが、 y (特許登録率) の値は異なるので、両者の属する企業群を識別することができるのである。なお、紙面に対して垂直方向の軸が v となり、紙面に向かって奥に行くと「くさび部分」は、徐々に縮小しやがて尖点で消滅する。尖点を通る切断面(B)で切断された曲線が、**図 2.2** の点線で示されている。企業群 **1** と企業群 **2** が属する本領域 (投資累積額が尖点座標より小さい) は、なめらかな (微分可能な) 曲面を形成するため、特異点を持たない。したがって、ギャップ (カタストロフィー)

が存在しないので、この領域では企業の時系列データは可逆的になると考えられる。一方、企業群 $\boxed{3}$ と企業群 $\boxed{4}$ が属する領域では、企業の時系列データにギャップ（カタストロフィー）が存在すると考えられる。

以上のように、本節ではカタストロフィー曲面 M の特徴を整理してきたが、次節では尖点の座標を推定（同定）するための新たな分析モデル（逐次エントロピー・モデル）を考えていくことにする。

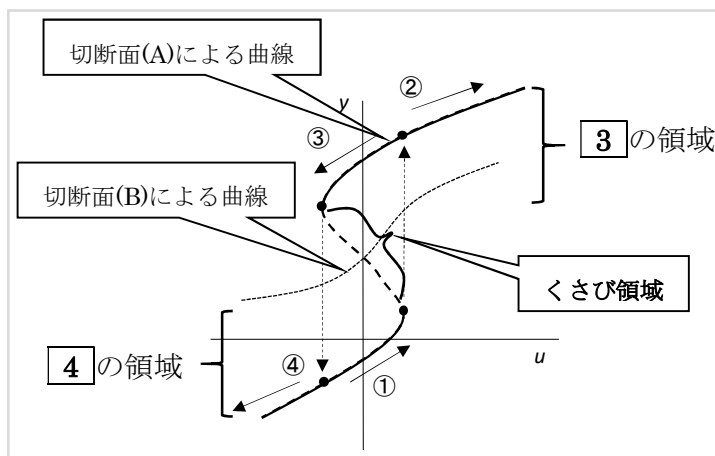


図 2.2 くさび領域の挙動(安村(1985)の図に筆者が加筆)

2.4 カタストロフィー曲面における尖点推定モデルの提案

Thom(1975)が提唱した「くさびのカタストロフィー」では、(2.1)式から尖点は、 (u, v) 座標の原点 $(0, 0)$ にあることが示唆される。しかしながら、横軸を v (投資累積額)、縦軸を u (投資累積成長率) とした 1 章の図 1.1 の Innovation Map において、尖点の座標が原点 $(0, 0)$ である保証はなく、その座標は未知であると考えの方が自然であろう。そこで、本節では、新たに尖点の座標を推定するための「逐次エントロピー・モデル」を提案する。さらに、本提案モデルから推定された尖点の座標と、カusp曲線を導入した Innovation Map に対して、ファインケミカル企業の時系列データを適用し、このモデルを時系列モデルへと拡張することの可能性についても検討していくことにする。

2.4.1 尖点推定モデル

ここでは、図 1-1 のコントロール平面における尖点の座標を原点 $(0, 0)$ に固定するのではなく、その座標は未知であるという現実的な立場から、各企業群 $\boxed{1}$ ~ $\boxed{4}$ の境界線に近い n

個の点¹⁹の加重平均として尖点の座標を推定するための逐次エントロピー・モデルを提案する。

まず、PNBの座標を (v_l, u_l, y_l) とし、サンプル $l=1, 2, \dots, n$ とする。ここに、 v_l は分裂要因、 u_l は平常要因、 y_l は状態変数である。このとき、PNBの加重平均としての尖点の座標 (α, β, γ) を、(2.9)式から(2.11)式のように定義する。ただし、 p_l は各PNBに対する重みである。

$$\alpha = \sum_{l=1}^n p_l \cdot v_l \quad (2.9)$$

$$\beta = \sum_{l=1}^n p_l \cdot u_l \quad (2.10)$$

$$\gamma = \sum_{l=1}^n p_l \cdot y_l \quad (2.11)$$

ここでの課題は、いかにして各PNBに対する重み p_l を推定するかにあるが、本章ではまず一因子情報路モデル(国沢,1975)における2つの仮説に従って、下記のような(イ)と(ロ)の基準を設定することにより、この問題を定式化していくことにする。

(イ) なるべく p_l が均等化されるよう、(2.12)式のシャノン・エントロピー S を大きくする。

$$S = -\sum_{l=1}^n p_l \cdot \log p_l \quad (2.12)$$

(ロ) なるべく状態変数 y_l のPNBが尖点から遠くなるよう、(2.13)式のように、 $1/(y_l - \gamma)^2$ の加重平均 A を小さくする。

$$A = -\sum_{l=1}^n \frac{p_l}{(y_l - \gamma)^2} \quad (2.13)$$

上記の基準(イ)は、すべての p_l が $1/n$ で等しいとき、 S は $\log n$ で最大となり、このとき尖点の座標 (α, β, γ) は、それぞれ平常要因 u_l の平均、分裂要因 v_l の平均、状態変数 y_l の平均となる。また、基準(ロ)において、 $(y_l - \gamma)^2$ の加重平均を大きくするのではなく、(2.13)式のように、 $1/(y_l - \gamma)^2$ の加重平均 A を小さくするのは、「平均特性値をなるべく小さくする」という一因子情報路モデルの仮説に従っているからである。

そこで、(2.12)式のシャノン・エントロピー S をなるべく大きく、かつ(2.13)式の

$1/(y_l - \gamma)^2$ の加重平均 A をなるべく小さくするような重み p_l を推定すべく、本章では(2.14)式の最大化問題を考えることにする。ただし、 λ はラグランジュ乗数である。

$$\varphi = \frac{S}{A} + \lambda(\sum_{l=1}^n p_l - 1) = \frac{-\sum_{l=1}^n p_l \cdot \log p_l}{\sum_{l=1}^n p_l \cdot \{1/(y_l - \gamma)^2\}} + \lambda(\sum_{l=1}^n p_l - 1) \rightarrow \max \quad (2.14)$$

(2.14)式における分母の A は、(2.11)式に示すように状態変数の加重平均 γ に依存し、この

¹⁹ 本章では、これをPNB(Points Near the Boundary)と呼ぶことにする。

γ は未知であるため、(2.14)式を最大化する p_l を単純には推定することはできない。そこで、まずはこの γ を定数と考え、一因子情報路モデル（国沢,1975）と同様に、(2.14)式の φ を p_l で偏微分して 0 とおくことにすれば、(2.15)式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial p_l} &= (S' \cdot A - S \cdot A') / A^2 + \lambda \\ &= \{(-\log p_l - 1) \cdot A - S \cdot 1 / (y_l - \gamma)^2\} / A^2 + \lambda = 0 \end{aligned} \quad (2.15)$$

ここで、 $S' = \frac{\partial S}{\partial p_l}$ 、 $A' = \frac{\partial A}{\partial p_l}$ を表す。

(2.15)式から、 l ごとに n 本の方程式が得られるため、(2.15)式の両辺に p_l をかけ、 l について加算すると、(2.16)式が得られる。

$$\frac{\partial \varphi}{\partial p_l} = \{(S-1) \cdot A - S \cdot A\} / A^2 + \lambda = 0 \quad (2.16)$$

これより、ラグランジュ乗数 λ は、 $\lambda = 1/A$ となる。つぎに、この $\lambda = 1/A$ を(2.15)式に代入して式を整理すると、

$$\log p_l = -\frac{S}{A} \cdot \frac{1}{(y_l - \gamma)^2} \quad (2.17)$$

となり、

$$p_l = \exp\left(-\frac{S}{A} \cdot \frac{1}{(y_l - \gamma)^2}\right) = W^{-\frac{1}{(y_l - \gamma)^2}} \quad (2.18)$$

が得られる。ただし、 $W = \exp\left(\frac{S}{A}\right)$ と置いている。

しかしながら、前述のように、(2.14)式における分母の γ が、実際には未知であるため、各 PNB に対する重み p_l を単純には推定することはできない。そこで、本章では下記のようなアルゴリズムにより、逐次的に p_l を推定する方法（逐次エントロピー・モデル）を提案する。

【手順 0】 p_l の初期値の設定

p_l の初期値を、 $p_1 = p_2 = \dots, p_n = 1/n$ に設定する。

【手順 1】 状態変数の加重平均 γ の計算

(2.11)式により、状態変数の加重平均 γ を計算する。

【手順 2】 重み p_l の推定

一因子情報路モデル（国沢,1975）と同様に、前述の(2.18)式を l について加算した値が

1であることを利用し、 p_l を数値的に求める。

【手順3】収束の判定

逐次計算による p_l の変化が、所定の判定基準 ($|p_{l+1} - p_l| < 0.004$) に達したら、**【手順4】**に進み、そうでなければ p_l の値を更新してから **【手順1】**に戻る。

【手順4】尖点の座標(α, β, γ)の計算→終了

(2.9)式～(2.11)式に、**【手順2】**で推定した重み p_l を代入して尖点の座標(α, β, γ)を求め、分析を終了する。

2.4.2 尖点の座標の推定

本章では、中心の座標に比較的近い10企業をPNB(Points Near the Boundary)として位置づけ、その加重平均を上記の手順で求めると、Innovation Map²⁰における尖点の座標(α, β)は、(1.944, 0.033)となる²¹。

ここで、尖点の座標が(0, 0)のときのカスプ曲線は、次式で表されるから、

$$4(av)^3 + 27(bu)^2 = 0 \quad (2.19)$$

尖点の座標(α, β)を、(α, β) = (1.944, 0.033)へと平行移動させることで、(2.20)式のカスプ曲線が求まる。

$$4\{-1.75 \cdot (v - \alpha)\}^3 + 27\{20.31 \cdot (u - \beta)\}^2 = 0 \quad (2.20)$$

(2.20)式を u について解くと(2.21)式となる。

$$u = \beta \pm \sqrt{E \times (v - \alpha)^3} \quad (v - \alpha > 0) \quad (2.21)$$

ここで、 E は定数であり、 $E = 0.0019 \left(\frac{4}{27 \times 20.31^2} \times 1.75^3 \right)$

このカスプ曲線を Innovation Map に書き加えると、**図 2.3** のようになる。なお、**図中**の **A** と **B** はカスプ曲線を表している。

²⁰ Innovation Map は、 $v - u$ 平面から形成されるので、尖点座標は(α, β)となる。

²¹ このとき y_l は中心化して、上記の手順にしたがい処理を実施した。

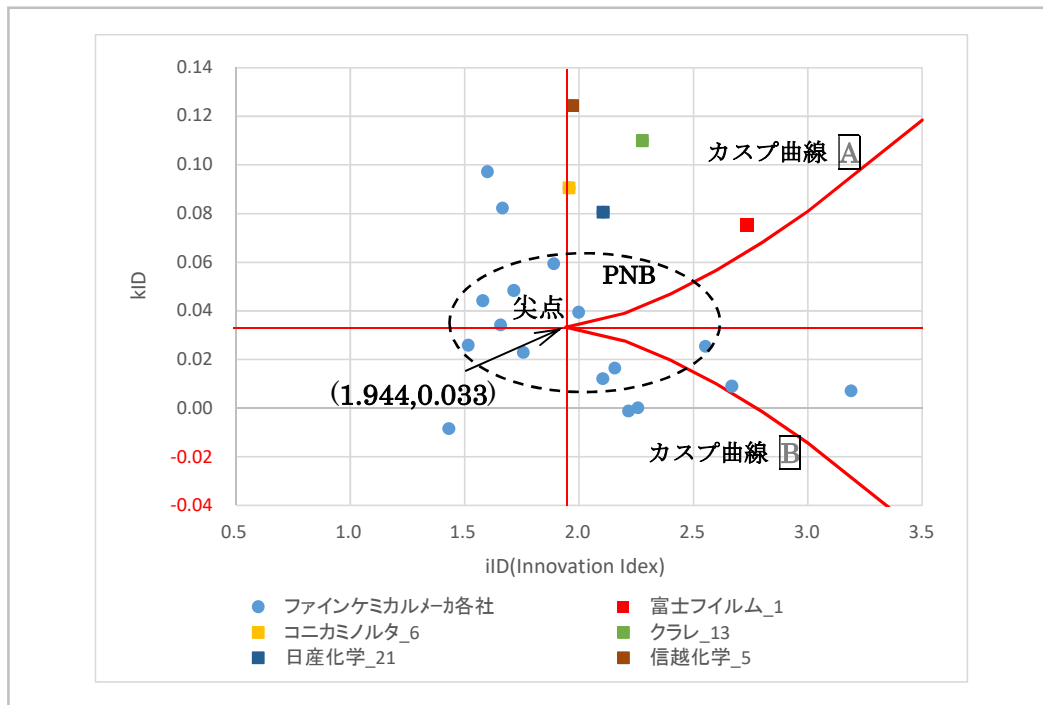


図 2.3 Innovation Map におけるカスプ曲線

2.5 Innovation Map における時系列モデル

本章では、重回帰分析により 3 次元のくさびのカタストロフィー・モデルにおける係数 a, b を推定し、つぎに逐次エントロピー・モデルにより尖点の座標を推定してきた。1 章において、2 次元の Innovation Map における時系列データから、研究開発成果の特徴が示唆したが、ここでカスプ曲線を導入した Innovation Map に対して、時系列モデルを適用することの可能性を改めて検討していくことにする。

前章で提案した Innovation Map は、基本的に各企業の単年度データの分析を目的としているので、時系列の分析を意図していない。すなわち、図 2.3 における各企業の ID (投資累積額) は、1989 年から 2015 年に渡る平均であり、kID (投資比率) は 1989 年から 2015 年の間の成長率を示しているのである。

そこで、図 2.3 に時系列データを適用するため、上記の下線を引いた 2015 年をそれぞれ 2000 年-2005 年-2010 年に置き換えて、グラフ化すると図 2.4 のようになる。この図は、代表的な企業の時系列データとして整理したが、すべての企業に拡張したものが下の図 2.5 である。これは、企業 i が t 年にどの企業群に属しているかを図にしたもので、図中の数字は、企業群を表している。たとえば、富士フイルムは 1989 年から 2007 年まで企業群 [3] に属していたが、2008 年から企業群 [4] に属していたことを表している

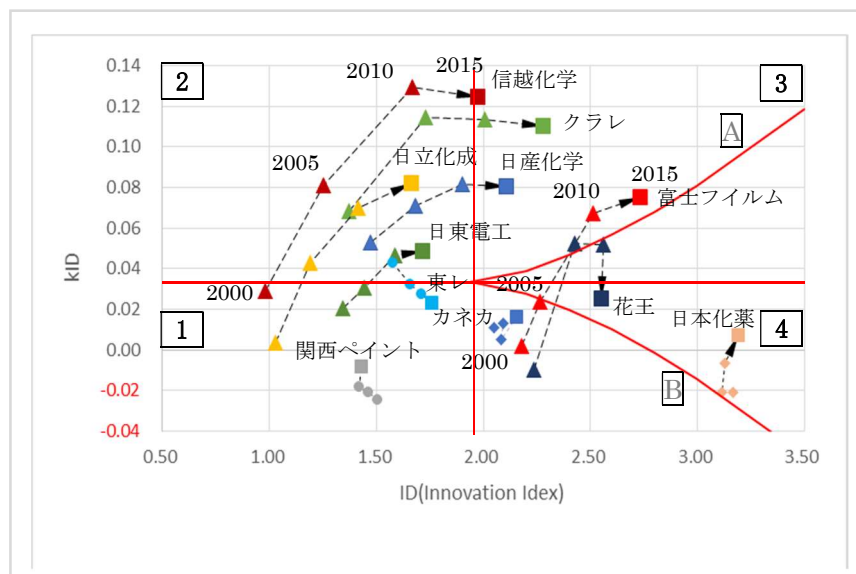
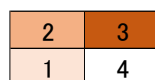


図 2.4 時系列データの Innovation Map

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
富士フィルム	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
花王	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
クラレ	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
信越化学	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
日産化学	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
日東電工	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
日立化成	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
帝人	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
東洋紡	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
住友ベークライト	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
東レ	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
関西ペイント	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DIC	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
日本ペイント	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
日本ゼオン	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4
日本化薬	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ダイセル	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
旭化成	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
カネカ	1	1	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
デンカ	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
JSR	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



Innovation Mapにおける企業群の位置づけ

図 2.5 各企業における時系列データ (直交 4 象限)

以下では、第 1 章における各企業の時系列データを基にして、主要企業の投資活動のプロセスを概念的に記述し、整理していくことにしよう。

(1) 企業群 1 → 企業群 2 へと推移する企業

図 2.4 より、「日立化成」と「日東電工」は、2000 年時点では企業群 1 に位置していたが、投資累積額と投資累積成長率を伸ばし、2015 年時点では企業群 2 に位置するに至っ

ていることが確認される。このことから、「日立化成」は今後順調に投資比率と投資累積成長率を伸ばせば、企業群³のグループへと移行することも可能になることが示唆される。これに対して、「日東電工」は、より一層投資累積成長率を高めていくことが必要であろう。

企業群¹と企業群²の間を推移する企業は、企業の成長と衰退が可逆的に進むという特徴を有する。それは、この領域は穏やかな曲面を形成しているため、カタストロフィー的なギャップを生じないからである。たとえば、帝人と東レは、高度成長期においてナイロン製品という花形製品により超優良企業であったが、1989年から2015年間に於いて、製品や工程のイノベーションによる競争環境の変化は起こらなかったと推測される。そのため、この間の投資累積額と投資累積成長率は、穏やかに推移したものと考えられる。

(2) 企業群¹ → 企業群² → 企業群³ へと推移する企業

このような推移を示した典型的な企業が「信越化学」であり、2000年時点では企業群¹に位置していたが、その後の投資活動を活発に行った結果、2015年時点では企業群³に位置するに至っている。一方、「クラレ」と「日産化学」は、2000年時点では企業群²に位置していたが、2015年時点では企業群³に位置するに至っている。

近年、このグループに属する企業では、投資累積成長率が鈍化している傾向が認められる。これは、上記の企業に特有の傾向ではなく、広く一般に企業群³に属する企業は扱っている製品の陳腐化や、実施していたプロジェクト等が終了するに従い投資比率は減少していき、やがて企業群⁴に至る傾向がある。もちろん、引き続き投資を継続していけば、企業群³に留まる可能性もある。

(3) 企業群⁴ → 企業群³ へと推移する企業

こうした推移を示した代表的な企業が「富士フイルム」と「花王」である。「富士フイルム」は、2000年に銀塩フィルム生産量のピークを迎えて、その後は生産量が年率20%程度、減少するという時期にあったため、企業群⁴に位置していた。しかしながら、同社はM&Aを中心とした投資活動を活発に行った結果、2010年にはカस्प曲線^Aを越えて企業群³に位置するに至っており、このような推移は事業転換に成功したことを示唆している（今口,2007）。

これに対して、「花王」は2005年に突出した投資を行った結果、カस्प曲線^Aを越えて企業群³に至ったが、その後の投資は鈍化傾向にあり、図2.4はこうした傾向を示唆している。しかしながら、カस्प曲線^Bを踏み越えていないため、2015年時点では企業群³に留まっている。企業が企業群⁴から企業群³へ移行するときには、図2.2の「くさびの挙動」における①で記述したように、投資を増やしても成果が上がらない時期（タイム・ラグ）が存在するため、企業としての体力（充実した経営資源）が要求されるのである。

一方、企業群⁴の企業において、自社の製品がさらに成熟してしまうと、積極的な投資を控えることになり、その結果、企業群¹の成熟領域へ推移することになる。

(4)その他の企業

図 2.4 の丸印(●)で示すその他の企業では、投資活動が活発でないため、2000年に属していた企業群に留まっている例が多い。これらの企業は、自社で取り扱っている製品の多くが成熟してしまっていることにより、積極的な投資を控えているのではないと思われる。

2-6. 本章の提案モデルから示唆される特徴

本章において、財務的な投資活動を記述する前章で提案した 2次元の Innovation Map を、3次元のくさびのカタストロフィー曲面へと拡張し、本章の提案モデル（逐次エントロピー・モデル）により尖点の座標を推定することで、3次元のカタストロフィー曲面を同定することを可能にした。このカタストロフィー曲面に対して、⑥企業群 1 から企業群 2 へと推移する企業の時系列データ、⑦企業群 3 へと移行する企業の時系列データ、さらに⑤企業群 4 から企業群 1 へと推移する企業の時系列データを付加した概念図が図 2.5 である。ただし、図中の A と B は、カスプ曲線を表している。

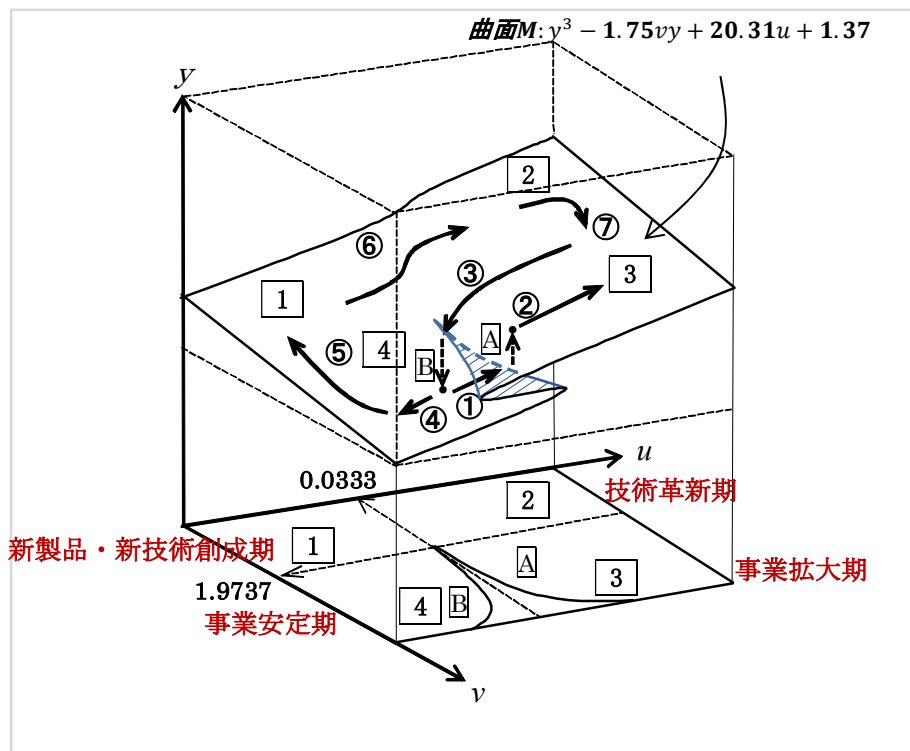


図 2.5 本章の提案モデル

一方、すでに図 2.2 の「くさびの領域における挙動」でも述べたように、企業群 4 から企業群 3 へと推移する企業の時系列データは①から②へ、逆に企業群 3 から企業群 4 へ

と推移する企業の時系列データは③から④へ推移することになる。

ここで、**図 2.5**に従って、本章の提案モデルによる新たな研究アプローチの可能性を整理していくことにしよう。

まず、研究開発投資等 (ID) が 1.9437 (尖点の座標 α) 未満の企業群 **1** (新製品・新技術創成期) は、投資額の上昇とともに投資累積成長率を上昇させていき、企業群 **2** の「技術革新期」領域を経て、企業群 **3** の「事業拡大期」へと推移する。この過程は、序論で述べた技術の S 字曲線 (新宅,1994) とよく整合し、技術の S 字曲線を 3 次元へと拡張することの妥当性が示唆されるのである。このとき、創業期の企業群 **1** は、投資効果が上述のように遅れなく研究効率面での成果として現れるのに対して、尖点以上の企業群 **4** (事業安定期) では、投資効果に遅れが生じる (カタストロフィー理論における「遅れの規約」)。ここからも、新規参入企業におけるイノベーションのスピードは、既存の大企業におけるイノベーションのスピードに比べて早いことが示唆される。

さらに、本章の提案モデル (逐次エントロピー・モデル) により尖点の座標を推定することで、カスプ曲線を同定することを可能にした。これにより、**図 2.4** の「時系列データの Innovation Map」に記述されたカスプ曲線 **A** および **B** から起因する「遅れの規約」が示唆され、以下のように提案モデルにより示唆される投資プロセスの妥当性が確認されるのである。

すなわち、企業群 **4** に位置する投資累積額 (ID) の大きい大企業が、持続的に成長を遂げようと計画するとき、投資を増加させても思うような効果が表れない時期がある。それでも、持続的に投資を続けていけば、あるとき飛躍的に成果が現れること (遅れの規約) が、本章の提案モデルから示唆される。

以上のように、本提案モデルは、前述の「S 字曲線」や同じく序論で述べた「製品ライフサイクル・モデル」を、R&D 投資・設備投資・M&A および研究効率といった多面的な視点から整理することを可能にするのである。

また、製品ライフサイクル・モデルの衰退期において、研究効率の不連続なギャップにより、急激な業績悪化を生じさせることがある。逆に、成熟期の企業が、新製品を生み出すべく投資を増大させる場合には、投資の成果が上がらない時期が存在するため、企業としての体力 (充実した経営資源) が要求されることになる。本章の提案モデルは、このようなときに規模を縮小 (たとえば、分社化) して新製品の開発に取り組む方が効率よく企業を成長させられることを示唆しているのである。

本章では、ファインケミカル業界のみを取り上げたが、これらの企業の売上高は、偏りなく広がっている。さらに、これらの企業が扱っている製品も、写真フィルム、合成繊維、医薬品、塗料、油脂・界面活性剤など幅広く、業種の偏りも小さい。したがって、本章の提案モデルは、ファインケミカル業界以外の業界に対しても、十分に適用可能な一般性を有しているものと思われる。

2.7 本章のまとめ

本章では、重回帰分析により3次元のくさびのカタストロフィー・モデルにおける係数 a と b を推定し、つぎに尖点座標推定モデル（逐次エントロピー・モデル）による尖点の座標 α と β を推定するモデルを提案した。従来は、上記の係数 a と b を推定するに留まっており、妥当性のある尖点の座標を推定するための方法（モデル）は提案されていなかった。これに対して、本章では、こうした係数の推定から尖点座標の推定に至るまでの一連のプロセスを体系的にモデル化した。

さらに、本章の提案モデルに関して、ファインケミカル企業の投資累積額、投資累積成長率、研究効率（特許登録率）で実証分析を行った結果、企業の投資活動プロセスについて現実に即した特徴が抽出された。これにより、提案モデルの妥当性・有効性に関して一応の成果が得られたことを確認した。

第1部では、ファインケミカル企業を通して、各種のモデルを提案してきた。また、提案モデルの妥当性・有効性を検証するために、ファインケミカル企業の特徴を述べてきたのであるが、本研究はファインケミカル企業の特徴を記述することが目的ではない。改めて本研究の目的を述べるならば、製造企業における研究開発成果分析モデルの提案である。このためにファインケミカル企業の財務情報を活用して、製造企業における研究開発成果分析モデルの提案してきたのであり、本提案モデルの作成手順に従えば、ファインケミカル企業以外の製造業のモデルが作成できるのである。さらに、大企業のみならず中小企業にも適応できるということを述べて、**第1部**を閉じることにしたい。

参考文献（第2章）

日本語文献

- 今口忠政(2007)：「組織の衰退とイノベーション：ライフスタイルの視点から」，三田商学研究，Vol.50,N0.3,pp.45-55
- 大野高裕，尾関守，森元優(1986)：「カタストロフィー理論を用いた企業倒産のモデル化」，日本経営工学会誌，Vol.37，No.5，pp.328
- 国沢清典(1975)：『エントロピー・モデル』，日科技連
- 新宅純二郎(1994)：『日本企業の競争戦略』，pp.16，有斐閣
- 高根芳雄(1976)：「心理学における非計量データの解析」，東京大学博士学位論文
- 野尻泰民(2017)：「富士フィルムの事業転換と成功の背景」，明治大学大学院商学研究科商学研究論集，Vol.47，pp.187-207
- 野尻泰民(2018)：「企業の研究開発活動とその成果」，明治大学大学院商学研究科修士論文
- 安村克己(1985)：「組織成長の不連続性ーカタストロフィー理論の応用」，立教大学社会学部応用社会学研究，No.26，pp.65-74

英語文献

- Thom,R. (1972): "Stabilité Structurelle et Morphogénèse", *InterEdition Paris*
(原書第2版,ルネ・トム著「構造安定性と形態形成」(彌永昌吉,宇敷広重訳(1980),岩波書店)
- Zeeman,E.C. (1977) : "Catastrophe Theory Selected Papers 1972-1977" , *Addison-Wesley Publishing Company, Inc.*

第 2 部

複数年度のタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデル

第 3 章 被説明変数に複数年度のタイム・ラグを考慮した
研究開発成果分析モデル

第 4 章 説明変数と被説明変数に複数年度のタイム・ラグを考慮した
研究開発成果分析モデル

第3章 被説明変数に複数年度のタイム・ラグを考慮した 研究開発成果分析モデル

3.1 本章の目的

企業における研究開発活動は、自社の競争優位を獲得する上で、非常に重要な役割を果たす。こうした研究開発活動に焦点を当てた研究は、これまで経営管理論・経営戦略論・経営組織論や、生産管理論・技術経営論（MOT）等、文理横断的に数多く展開されている。このような背景から野尻(2018)が研究開発成果の分析モデルを、また山下ら(2011, 2017)が研究開発を中心とした企業活動に関する低エネルギーと高エントロピーの調和モデルを、それぞれ提案している。

一方で、これらの先行研究において提案された研究開発成果の定量的分析モデルの多くは、基本的に当該年度の成果か、単一年度のタイム・ラグ（以後、ラグとは、タイム・ラグを指すものとする）を考慮した成果か、のいずれかの成果を分析するためのモデルであった。その際、本章では上記の「ラグ」を、何らかの変数 x と y の間に、 $y_{t+T} = f(x_t)$ という関係が介在するとき、その T を「タイム・ラグ」として位置づけることにする。しかしながら、研究開発活動の成果は、複数年度に渡って表れる性格のものであり、そういった意味で当該年度の分析モデルや単一年度のラグのみを考慮した分析モデルでは、研究開発活動の成果を把握しきれないのではないかと思われる。

そこで、本章では複数年度のラグを考慮した総合的な研究開発活動成果の定量的分析モデルを提案する。この提案モデルの最大の特徴は、被説明変数の研究開発活動成果に複数年度のラグを考慮している点にある。これにより、右辺の説明変数のみならず、左辺の被説明変数についても未知のパラメータ（ラグ T に対するウェイト w_T ）を持つことになるため、両辺のパラメータを交互最小二乗法のアルゴリズムを導入して推定することになる。

さらに、本章の提案モデルの実証分析として、1989年度～2015年度の27年間におけるファインケミカル企業21社のデータを用いて、複数年度のラグを考慮した研究開発活動成果の定量的分析を試みる。こうした本章の実証分析により、提案モデルの妥当性・有効性を確認する。

なお、筆者の当初の研究(野尻, 2017)は、富士フイルムが事業変革に成功した要因を財務データから探ることであった。その際、富士フイルムが属するファインケミカル企業他社の財務データを収集して分析を行ったが、その後、収集した財務データを基に、ファインケミカル企業の研究開発投資が、企業価値や収益に与える影響をモデル化する研究へと展開している。また、ファインケミカル企業は、サービス業はもとより、それ以外の製造業と比較しても、研究開発投資の影響（効果）がより顕著に現れるのではないかと思われる。このような背景から、本章の対象を、ファインケミカル企業に設定している。

また、第1部では投資情報の観点から研究開発投資、設備投資、「のれん」を含む無形固

定資産の3つの投資に重点を置いて、この投資状態を表す **Innovation Map** を提案した。しかしながら、M&Aの代理変数である「のれん」は、積極的に行う企業がある一方で、消極的な企業もあり、これを **Innovation Map** に反映させることはできるが、企業収益と研究開発活動を統計的に検証する場合には、ノイズとなる懸念がある。そこで、**第2部**と**第3部**で記述する研究開発活動とは、無形固定資産を除いた研究開発投資・設備投資・研究効率（特許登録率）を指すものとする。

3.2 使用記号

本章で提案する「被説明変数に複数年度のタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデル」では、下記の使用記号を用いることにする。

- i : ファインケミカル企業
- t : 年度 (1989~2015年度)
- F_{it} : 実質R&D投資額 (フロー値)
- I_{it} : 実質設備投資額 (フロー値)
- PS_{it} : 特許登録数 (ストック値)
- AS_{it} : 簿価総資産 (Assets)
- T : タイム・ラグ
- j : 説明変数の番号
- y_{it} : 被説明変数(ROA)
- $y_{i(t+T)}$: 当該期以降へのタイム・ラグ($T=1,2,\dots$)がある被説明変数(ROA)
- x_{itj} : 説明変数の要素 ($j = 1, 2, 3$)
- w_T : 被説明変数におけるタイム・ラグ T に対するウェイト
- C_j : 説明変数における要素の係数 ($j = 1, 2, 3$ ただし、 C_0 は定数項を表す)
- \hat{y}_{it} : 被説明変数(ROA)の推定値、以降の $\hat{\cdot}$ (ハット)は推定値を表す。

3.3 研究開発成果分析の基本モデル

序論で述べた文部科学省科学技術・学術政策研究所の調査報告は、アンケート調査を集計した結果であるが、ここで、この結果を研究開発活動成果分析モデルによって検証を試みることにする。

そこで、研究開発活動成果に関する本章の基礎となる(野尻, 2018)の分析モデル(以下、本章の「基本モデル」)を概説しておくことにする。この分析モデルは、トービンの q (企業価値)やROAを被説明変数とし、投資活動として「研究開発投資」や「設備投資」、および「研究効率」(投資活動のアウトプットとして)を説明変数とした重回帰分析モデルで

あり、(3.1)式のように定式化される（被説明変数が ROA の場合）。

なお、第 1 部の Innovation Map における「投資累積額」（横軸）では、説明変数の分母は売上高（Sales）で基準化したが、本章においては総資産（Assets）に対する営業利益を表す ROA との整合性を考慮して、分母は総資産としている。

$$ROA = C_0 + \sum_{j=1}^3 C_j \cdot x_{itj} + \varepsilon_{it} \quad (3.1)$$

ただし、 C_j は係数を、また x_j は以下の説明変数を、 i は企業を表す。

x_{it} : 実質 R&D 投資比率 (F_{it}/AS_{it})

x_{it} : 実質設備投資比率 (I_{it}/AS_{it})

x_{it} : 研究効率 (PS_{it}/AS_{it})

企業収益の指標としては、ROA のほかに ROE（営業収益／自己資本）や ROI（営業収益／投資総額）も考えられるが、ROA はすべての資産（資本）をいかに効率的に運用したかを表す指標であるため、総合的な企業収益の評価として適していると考えられる。また、本章では分子の収益として、企業が「本業」で稼いだ営業利益を採用している。

(3.1)式の分析モデルに対して、ファインケミカル企業の財務データ（1989 年から 2015 年までのパネルデータ）を適用して分析した結果、投資活動や研究効率と研究開発活動成果（トービンの q や ROA）との相関が高く、特に投資活動の総額とその成長率が重要な要素であることが確認された(野尻, 2018)。すなわち、自社の競争優位を獲得するためには、研究開発活動の成果を向上させることが必要であり、それには投資活動の総額とその成長率を向上させることが求められるのである。

しかしながら、この分析モデルは基本的に当該年度の成果あるいは単一年度のみのラグを考慮した成果の分析を目的としており、ある年度の投資活動がそれ以降（複数年度）の研究開発活動の成果に対してどの程度貢献しているかという研究視座には立っていない。

3.4 本章の提案モデル

これまで、企業における研究開発活動の成果に関しては、前節で述べたように、多くの分析モデルが提案されてきたが、これらの分析モデルは基本的に当該年度の成果か、単一年度のみのラグを考慮した成果かのいずれかを分析するためのモデルであった。

しかしながら、研究開発活動は、そのための設備投資を含め、ある特定の年度にのみ成果が表れるという性格のものではなく、その成果は複数年度に渡って表れる性格のものであろう。

そこで、本章では複数年度のラグを考慮した総合的な成果（ROA）を被説明変数とする新たな分析モデルを提案する。この提案モデルの最大の特徴は、(3.2)式のように、左辺にも未知のパラメータ（ラグ T に対するウェイト w ）を持ち、交互最小二乗法のアルゴリズムにより、左辺と右辺のパラメータを推定するところにある。

$$\sum_{T=0}^N w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{j=1}^3 C_j \cdot x_{itj} + \varepsilon_{it} \quad (3.2)$$

(3.2)式の提案モデルにおいて、右辺は基本的に(野尻, 2018)の分析モデルと同様であり(ただし、時間ダミー d_t を組み込んでいない)、 t 年度における企業 i の研究開発活動を表す説明変数 x_{itj} とそのウェイト C_j (偏回帰係数)、および定数項パラメータ C_0 と残差項 ε_{it} によって構成されている。一方、左辺は前述のように、ラグ T 年の被説明変数 $y_{i(t+T)}$ とそのウェイト w_T (偏回帰係数)によって構成されている。

そこで、右辺に位置する未知のパラメータ C_j を推定することにより、企業活動の成果(ROA)に対して研究開発活動 x_{itj} が与える影響の大きさを、また左辺のパラメータ w_T を推定することにより、研究開発活動 x_{itj} の成果が大きく表れるラグ T がいつであるかを、それぞれ定量的に把握することができる。さらに、上記のパラメータ w_T を推定すれば左辺の値が既知になるため、これにより $N+1$ 年間のラグを考慮した総合的な成果を把握することができる。すなわち、これまで研究が不足していた「複数年度のタイム・ラグを考慮した総合的な研究開発成果の定量的把握」という課題に対して、本章の提案モデルが新たなアプローチを切り拓く役割を果たすのである。

また、提案モデルの左辺から算出される複数のラグの総合的な研究開発成果は、偶然変動を均した移動平均と同様の役割を果たす。しかも、これは単なる移動平均ではなく、説明変数の研究開発指標(右辺)によって最も精度高く模写する(残差二乗和を最小化する)ような研究開発成果の移動平均(左辺)としての性格を有するのである。

3.5 モデル式のパラメータ推定方法

前節において、新たなモデルを提案したが、この提案モデルにおける課題は、いかにして未知のパラメータ C_0 、 C_j と w_T を推定するかにある。つまり、本提案モデルは両辺に未知のパラメータを持つため、一度にこれらのパラメータの最小二乗解を推定することはできない。そこで、下記のような交互最小二乗法のアルゴリズムにより、上記のパラメータを推定していくことにする。この推定方法は、**第1部の第2章**で尖点座標を推定する際のアルゴリズムと同一であるが、再度手順を記述することにする。

【手順0】： w_T の初期値の設定

まず、 w_T の初期値を、

$$w_0 = w_1 = w_2 = \dots = w_N = 1 / (N + 1)$$

に設定する。

【手順1】：被説明変数 $y_{i(t+T)}$ の総合化

ラグ T の w_T を(3.3)式に代入することより、被説明変数 $y_{i(t+T)}$ をラグ T に関して総合化す

る。

$$\hat{Y}_{it} = \sum_{T=0}^N \hat{w}_T \cdot y_{i(t+T)} \quad (3.3)$$

【手順2】：右辺のパラメータ C_0 と C_j の推定

(3.3)式により算出された Y_{it} を被説明変数、 x_{itj} を説明変数とする重回帰分析の正規方程式により、パラメータ C_0 (定数項) と C_j (偏回帰係数) を推定する ((3.4)式)。得られた推定値から(3.5)式により説明変数 x_{itj} を X_{it} へと総合得点化する。なお、(3.3)式と(3.5)式は回帰式ではないことに注意する必要がある。

$$Y_{it} = C_0 + \sum_{j=1}^3 C_j \cdot x_{itj} + \varepsilon_{it} \quad (3.4)$$

$$\hat{X}_{it} = \hat{C}_0 + \sum_{j=1}^m \hat{C}_j \cdot x_{itj} \quad (3.5)$$

【手順3】：左辺のパラメータ w_T の推定

(3.5)式により算出された推定値 \hat{X}_{it} を被説明変数、左辺の $y_{i(t+T)}$ を説明変数とする重回帰分析の正規方程式により、パラメータ w_T (偏回帰係数) の偏回帰係数を推定する ((3.6)式)。

$$\hat{X}_{it} = \sum_{T=0}^N w_T \cdot y_{i(t+T)} + \varepsilon_{it} \quad (3.6)$$

(3.6)式では、定数項なしの重回帰分析を行っている。その推定結果の偏回帰係数については、「解の退化」(高根, 1976)を避けるために、

$$\hat{w}_0 + \hat{w}_1 + \hat{w}_2 + \dots + \hat{w}_N = 1 \quad (3.7)$$

となるように \hat{w}_T を基準化する。

「解の退化」とは、一般的に線形代数の分野で述べられることが多いが、ここでは多次元尺度法の交互最小二乗における「解の退化」について述べる。交互最小二乗によって、パラメータ w_T (偏回帰係数) の推定を繰り返すと、 w_T の数値は減少し続け、最終的にすべての w_T が 0 となると (解の退化)、残差二乗和が 0 で最小化され、全く意味のない解になってしまう。この w_T の数値が減少し続ける理由は、(3.5)式の推定値には、誤差項を含まないため、(3.6)式による推定値は、真値に対して減少する結果となり、「解の退化」を引き起こすことになる。そこで、これを避けるために、(3.7)式により補正を行うことにより、すべての w_T が 0 となることを回避し、交互最小二乗による「解の退化」を防いでいるのである。

【手順4】：収束条件の判定

両辺のパラメータが、所定の収束条件 (本章では、重相関係数 R の変化量が 0.0001 以下) に達しているか否かを判定し、収束条件に達していれば手順 5 に進み、達していなければ手順 1 に戻る。

【手順 5】：重相関係数の算出と分析の終了

ここまでの手順で推定した \hat{C}_0 、 \hat{C}_j と \hat{w}_T から、複数のラグを考慮（総合化）した被説明変数 Y_{it} とその推定値を求めることにより、重相関係数 R を算出し、分析を終了する。

図 3.1 は、交互最小二乗法によるパラメータ w_T の推定手順を概念図で示したものである。図中の丸数字は、先に述べた【手順】の番号を表し、点線で示す矢印は、係数を推定する方向を表している。当該期（ $t = 0$ ）の総合化された研究開発活動 x_{itj} （R&D 投資、設備投資、研究効率）が、当該期以降の ROA に及ぼす影響を把握することができるのである。

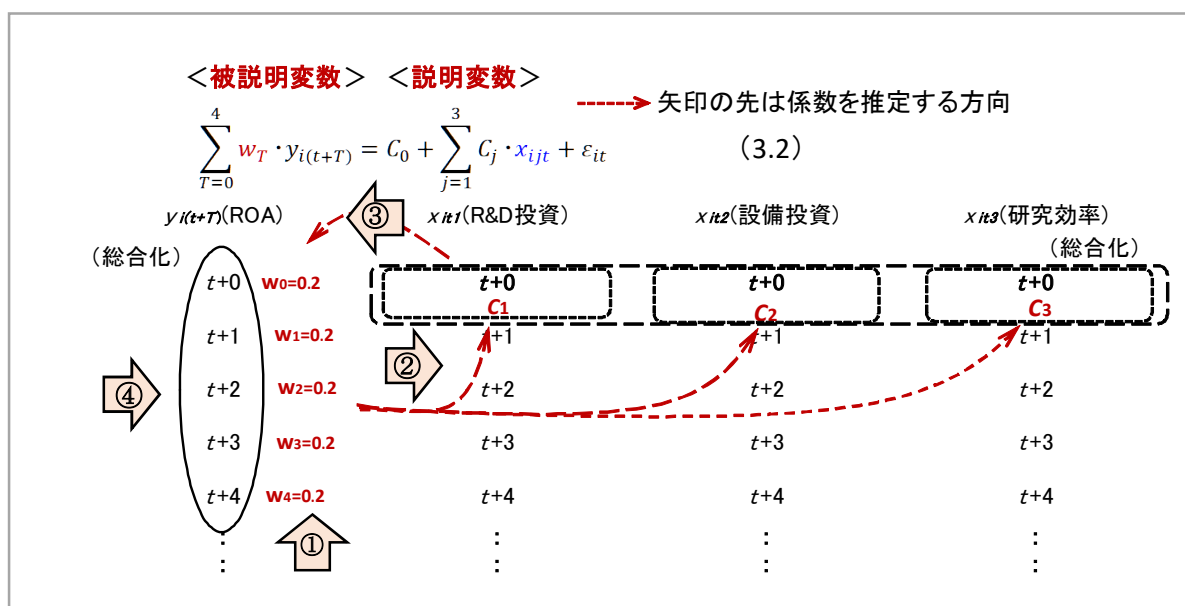


図 3.1 (3.2)式 of 概念図 (交互最小二乗法)

以上のように、比較的簡単な手順により、右辺のみならず左辺にも存在する未知のパラメータ C_0 、 C_j と w_T を推定することができるのである。

3.6 実証分析結果

前節で述べたように、本章の提案モデルにおける左辺は、ラグ T 年の被説明変数 Y_{it} （ここでは ROA）とそのウェイト w_T （偏回帰係数）によって構成されている。この w_T を前節の手順に従って推定したところ、表 3.1 のような結果となった。

表 3.1 左辺の偏回帰係数 (重相関係数 $R = 0.7424$) ²²

	W_0	W_1	W_2	W_3	W_4
ウェイト	0.339	0.034	0.234	0.049	0.344
検定	***		***	*	***

(ただし, $\sum_{T=0}^4 w_T = 1$)

(***および*は、それぞれ 1%有意、10%有意を表す。) ²³

表 3.1 をグラフ化したのが図 3.2 である。

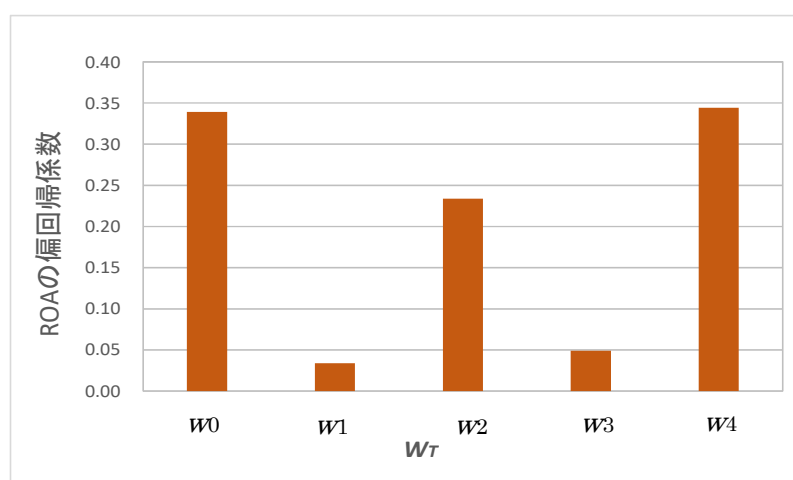


図 3.2 ラグに対するウェイト (偏回帰係数)

まず、上記の実証分析から得られた重相関係数は、0.7424 となっており、本章の提案モデルがファインケミカル企業 21 社における研究開発活動の成果を一定の精度で模写していることがわかる。

一方、表 3.1 と図 3.2 は、右辺における当期 (t 期) の投資が、ROA に与える影響を表している。すなわち、当期 (t 期) と 4 期後 ($t+4$ 期) に対する影響が大きく、次いで 2 期後 ($t+2$ 期) となっており、3 期後と 1 期後に対する影響は非常に小さいのである。ここでの特徴は、2 年ごと (当期、2 期後、4 期後) にピークが存在することである。これは、設備投資は即効性があるために、最初 ($T=0$) にピークが表れ、それ以降は、研究開発投資の効果が 2 期後と 4 期後に表れていることを示している。これより、研究開発投資の効果が表れるまでには、ある程度の時間がかかること、また短期的な研究開発投資の効果が 2 期後に、長期的な研究開発投資の効果が 4 期後に、それぞれ表れることが示唆される。

ここで、序論で述べた榊原ら(2006)によるモデル (アーモンラグ・モデル) と本章の提案モデルの比較をして見たい。上記論文のモデルでは、被説明変数は営業利益を表している

²² 【手順 3】 (3.6)式において、定数項がある場合の重相関係数の計算は不安定となる。そこで、値が収束して確定した後に、(3.6)式に定数項を挿入して重相関係数を演算した。

²³ ただし、交互に最小二乗を繰返して、最終的に収束して得た推定値を検定した結果である。

のに対して、本章の提案モデルの被説明変数は ROA を表しているの、直接の比較が可能と考えられる。そこで、上記論文によるモデルについて述べると、説明変数（右辺）にタイム・ラグを含むため、当該期の営業利益に対して、R&D 投資（もしくは設備投資）が過去に遡ってどのような割合で影響を及ぼすかを示唆するものである。つまり、当該期の営業利益がどのような割合の R&D 投資（もしくは設備投資）で構成されているか示唆するものである。これに対して、本章の提案モデルでは、被説明変数（左辺）にタイム・ラグを含むため、説明変数の R&D や設備投資、研究効率の総合化された当該期の研究開発活動が、ROA にどのような影響を及ぼすか示唆するものである。すなわち、当該期の総合化された研究開発投資が、どのような割合で ROA を構成するかについて示唆するものである。

また、図 3.3 は複数のラグの総合的な研究開発成果が、移動平均と同様の役割を果たすことを示している。ここで、図の●は、複数のラグを考慮してない結果であり、▲は、複数のラグの総合的な研究開発成果を表している。

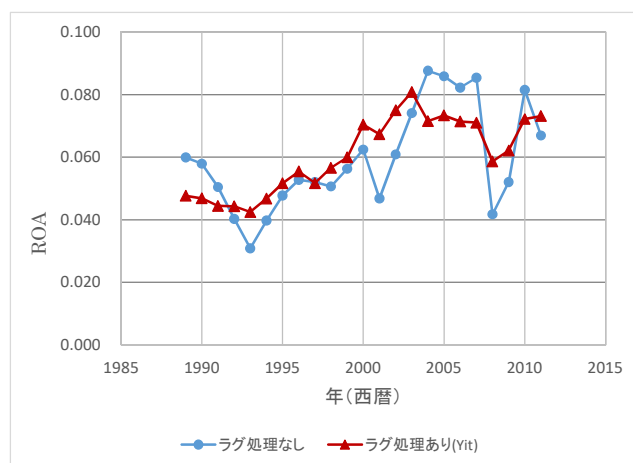


図 3.3 複数のラグの総合的な研究開発成果

前節では、ROA(被説明変数)についてのラグの結果を整理したが、このときの右辺（説明変数）の各要素 x_{itj} が、ROA に対する貢献度を検討する。貢献度の演算式は、(3.8)式であり、これは ROA 推定値に対する各要素の占める割合を表している。

$$\text{貢献度} = \frac{\hat{c}_j \cdot \bar{X}_j}{\hat{c}_0 + \sum_{j=1}^3 \hat{c}_j \cdot \bar{X}_j} \quad (3.8)$$

ただし、 \bar{X}_j は各要素の平均値であり次式で表される。

$$\bar{X}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \sum_{t=t_1}^{t_2} x_{itj} \quad N = n \cdot (t_2 - t_1 + 1) \quad (3.9)$$

前節の(3.1)式から得られる貢献度の結果を表 3.2 に示す。

$$\text{ROA} = C_0 + \sum_{j=1}^3 C_j \cdot X_j + \varepsilon_{it} \quad (3.1)^{24}$$

²⁴ 企業収益(ROA)については、企業ダミーを考慮すると、説明変数の有意性が失われたので、Gu(2005)と同様にプールド回帰で分析を行った(野尻, 2018)。

基本モデルによる貢献度から、当期における設備投資が、研究開発投資よりも高い。しかしながら、研究開発投資は、ラグをもって ROA に影響を与えるため、ラグの経過とともにこの関係は逆転することが確認されている（野尻，2017）。

表 3.2 右辺の偏回帰係数(C_0 と C_j)と貢献度(基本モデル) (重相関係数: 0.3889)

	C_0	C_1	C_2	C_3
係数	0.0217	0.0350	0.0605	8.9060
検定	*	-	***	*
貢献度	36.5%	9.1%	32.7%	21.7%

(***および*は、それぞれ 1%有意、10%有意を表わす。)

ここで、 C_1 : 実質 R&D 投資比率の係数

C_2 : 実質設備投資比率の係数

C_3 : 研究効率の係数

これに対して、ROA のラグを考慮した（移動平均機能がある）前節(3.2)式から得られた貢献度の結果を表 3-2 に示す。R&D 投資は、ラグをもって ROA に影響を与えるため、当該期以降の ROA 情報が反映されている本提案モデルでは、R&D 投資の貢献度が高くなると考えられる。

さらに企業が投下した R&D 投資は、プロダクト（製品）イノベーションやプロセス（工程）イノベーションとなって実現されるが、このときにそのイノベーションが企業の収益として効果を表すには、時間的な遅れ（ラグ）が発生する。つぎに、研究効率の偏回帰係数(C_3)であるが、この指標における分子の特許登録数は、特許を出願してから一般に 1~2 年経過後に特許として登録される件数を表している。したがって、登録された特許が、収益として貢献する時期はその 1~2 年後であると推定される。

一方、設備投資は、生産効率の（旧式設備の更新による）向上や省力化などを目的として投下されることが多い。これらの設備投資から得られる成果は、研究開発に比べて早く経営に貢献する（生産性アップや省人化）ため、収益への効果は比較的早い時期から表れることが予想される。ただし、ここで投下した投資は固定資産となり、当該期以降は減価償却が開始される。減価償却は経費であり、収益を減ずる方向に作用するため、収益(ROA) に対しては上記で述べた生産性アップや省人化などの経営効果と相殺する形になることが示唆される。

これらのことは、表 3.1 と図 3.2 において当該期と 2 年後、4 年後にピークが現れている分析結果と整合的であり、これより本章の提案モデルの妥当性が示唆される。

一方において、本提案モデルの限界も存在する。それは、前節の【手順 3】(3.6)式の重回帰分析において、説明変数（右辺）に定数項を挿入していないので、定数項成分の ROA 各年度ラグへの影響が不明なことである。これを回避するために、定数項を挿入することも

考えられるが、その場合(3.6)式「解の退化」(高根, 1976)で補正する関係から定数項は挿入することはできない。このため、定数項を挿入したモデルの検証はしていない。

また、本提案モデルを適応して、(3.2)式の説明変数の各要素である R&D (設備投資、研究効率) 単独成分での効果推定も行っていない。R&D (設備投資、研究効率) 単独成分のみによる ROA 各年度ラグへの影響を推定する場合、定数項成分も考慮されるので、R&D (設備投資、研究効率) 単独成分での効果推定とはならないと考えられるからである。

3.7 本章のまとめ

企業における研究開発活動は、自社の競争優位を獲得する上で、非常に重要な役割を果たすため、研究開発に関する研究の発展にとって、その成果を定量的に分析するためのモデル構築は重要な課題となる。こうした分析モデルは、これまで基本的に当該年度の成果あるいは単一年度のラグのみを考慮した成果の分析を目的としていた。

しかしながら、研究開発活動は、そのための設備投資を含め、ある特定の年度にのみ成果が表れるのではなく、一般にその成果は複数年度に渡って表れる性格のものである。本章では、このような研究視座に立ち、複数年度のラグを考慮した総合的な成果 (ROA) を被説明変数とする新たな分析モデルを提案した。

さらに、提案モデルの実証分析において、交互最小二乗法によるパラメータ推定を行ったところ、高い重相関係数と、該当期と 2 年後と 4 年後にピークが表れるという現実に即した結果が得られ、提案モデルの妥当性・有効性に関して、一応の成果を得ることができた。

本章では研究開発成果分析モデルにより、重回帰式における被説明変数に複数年度のタイム・ラグを考慮する方法を述べた。これに対して、別のアプローチとして VAR モデルのインパルス応答による方法がある。これは、VAR モデルにおける説明変数の誤差項 (あるいは攪乱項) に、単位当たりのショックを与えたときに被説明変数 (ROA) への影響の様子を記述するものである。これに対して、本章の研究開発成果分析モデルは、各パラメータのウェイトが考慮され総合化された説明変数について、その単位当たりのショックがあった場合を記述している。VAR モデルのインパルス応答では、ある対象のみ (たとえば R&D 投資) にショックがあった場合の ROA への影響が記述されることと比較して、大きな相違と考えられる。

参考文献（第3章）

日本語文献

- 沖本竜義(2010)：『経済・ファイナンスの計量時系列分析』，朝倉書店
- 榊原茂樹，與三野禎倫，鄭義哲，古澄英男(2006)：「企業の研究開発投資と株価形成」，証券アナリストジャーナル，Vol.44，No.7，pp.48-55
- 高根芳雄(1976)：「心理学における非計量データの解析」，東京大学博士学位論文
- 野尻泰民(2017)：「富士フィルムの事業転換と成功の背景」，明治大学大学院商学研究科商学研究論集，Vol.47,pp.187-207
- 野尻泰民(2018)：「企業の研究開発活動とその成果」，明治大学大学院商学研究科修士論文
- 山下洋史，諸上茂登，風間信隆，村田潔ほか著(2011)：『経営品質科学の研究』，明治大学経営品質科学研究所編，中央経済社
- 山下洋史，諸上茂登編著(2017)：『企業のサステナビリティ戦略とビジネス・クォリティ』，同文館出版

英語文献

- Almon, Shirley.(1965)：“The distributed lag between capital appropriations and expenditures” ,*Econometrica*,Vol.33, No.1, pp.178-196
- Gu,F.(2005)：“Innovation, future earning, and market efficiency” , *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, 20(4), 385-418
- Lev,B., Sougiannis.(1996)：“The capitalization, amortization, and Value-relevance of R&D” , *Journal of Accounting and Economics*, Vol.21,pp.107-138

その他

- 文部科学省科学技術・学術政策研所(2015)：「民間企業の研究活動に関する調査報告」

第4章 説明変数と被説明変数に複数年度のタイム・ラグを 考慮した研究開発活動成果分析モデル

4.1 本章の目的

製造企業が自社の競争優位を獲得して持続的に成長していくためには、研究開発活動が、重要な役割を果たす。このような背景から、野尻（2018）は、製造企業における研究開発活動の分析モデルとして、被説明変数を企業価値（トービンの q ）や企業収益（ROA）とし、説明変数を R&D、設備投資および研究効率（特許登録率）とした回帰分析を行い、いずれも有意な結果を得ている。ただし、これらは基本的に当該年度の成果か、単一年度のタイム・ラグを考慮した成果かのいずれかの成果を分析するためのモデルであった。しかしながら、研究開発活動の成果は、当該年度のみには表れるのではなく、複数年に渡って表れるものであろう。

そこで、前章において被説明変数の研究開発活動成果（ROA）に複数年度のタイム・ラグを考慮した定量的分析モデルを提案している。このモデルは、当該年度の総合的な研究開発活動（R&D、設備投資、研究効率）が、当該期以降の複数年に渡って研究開発活動成果（ROA）にどのような影響を及ぼすかを把握するための分析モデルである。

一方、逆に当該期の総合的な研究開発活動成果（ROA）が、当該期以前に遡及して、どのような影響を受けているかということも重要な視点となるものと思われる。そこで、本章では、右辺の説明変数にも複数年度のタイム・ラグを持たせた定量的分析モデルを提案する。これにより、研究開発活動が、ROA に対して、どのような影響を及ぼすかを検討していくことにする。

4.2 使用記号

本章で提案する「説明変数と被説明変数に複数年度のタイム・ラグを考慮した研究開発活動成果分析モデル」では、下記の使用記号を用いることにする。

- i : ファインケミカル企業
- t : 年度（1989～2015年度）
- F_{it} : 実質R&D投資額（フロー値）
- I_{it} : 実質設備投資額（フロー値）
- PS_{it} : 特許登録数（ストック値）
- AS_{it} : 簿価総資産（Assets）
- T : タイム・ラグ
- j : 説明変数の番号

- y_{it} : 被説明変数(ROA)
- $y_{i(t+T)}$: 当該期以降へのタイム・ラグ($T=1,2,\dots$)がある被説明変数(ROA)
- x_{itj} : 説明変数の要素 ($j = 1, 2, 3$)
- $x_{i(t-\tau)j}$: 当該期から遡ってタイム・ラグ($\tau = 1,2,\dots$)がある説明変数の要素 ($j = 1, 2, 3$)
- w_T : 被説明変数におけるタイム・ラグ T に対するウェイト
- C_j : 説明変数における要素の係数 ($j = 1, 2, 3$ 、 C_0 は定数項を表す)
- $C_{\tau j}$: タイム・ラグ($\tau = 1,2,\dots$)がある説明変数の要素 ($j = 1, 2, 3$) の係数

4.3 複数年度のタイム・ラグを考慮したモデルの整理

基本となる研究開発活動成果の定量的分析モデルの多くは、基本的に当該年度の成果、あるいは単一年度のタイム・ラグを考慮した成果のいずれかを分析するためのモデルであった。しかしながら、研究開発活動の成果は、複数年度に渡って表れる性格のものであり、そういった意味で当該年度の分析モデルや単一年度のラグのみを考慮した分析モデルでは、研究開発活動の成果を把握しきれないという視座から、前章にて被説明変数に複数のタイム・ラグを考慮した分析モデルを提案した。前章のモデルを再度、記述すると、(4.1)式で表される。

$$\sum_{T=0}^N w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{j=1}^m C_j \cdot x_{itj} + \varepsilon_{it} \quad (4.1)$$

ただし、 C_j は係数を、また x_j は以下の説明変数を、 i は企業を表す。

- y_{it} : ROA
- x_{it1} : 実質 R&D 投資比率 (F_{it}/AS_{it})
- x_{it2} : 実質設備投資比率 (I_{it}/AS_{it})
- x_{it3} : 研究効率 (PS_{it}/AS_{it})

(4.1)式のモデルにおける最大の特徴は、被説明変数の研究開発活動成果に複数年度のラグを考慮している点にある。これにより、右辺の説明変数のみならず、左辺の被説明変数についても未知のパラメータ (ラグ T に対するウェイト w_T) を持つことになる。

一方、説明変数に複数のタイム・ラグを考慮した分析モデルとして、アーモンラグ・モデルが知られている。これを適用した先行研究として、序論にて研究開発投資の後年度の将来収益への貢献度を分析した Lev and Sougiannis (1996) の研究がある。日本では榊原ら (2006) が、営業利益 (被説明変数) をラグ付きの研究開発投資 (説明変数) によって説明しようとする試みとして、以下のモデル式(4.2)を提案している。

$$OI_i(y_{it}) = \alpha_0 + \beta_{it} \cdot TA_{i,t-1} + \sum_{k=1,2,\dots,8} \gamma_{ik} \cdot RD_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

ただし、

$OI_i(y_{it})$: 期間($t-1, t$)の第 i 企業の R&D 投資支出額控除前の営業利益

$TA_{i,t-1}$: 第 t 年度の期首における第 i 企業の有形固定資産

$RD_{i,t-k}$: 期間($t-k-1, t-k$)の第 i 企業の R&D 投資支出額

(4.2)式の で囲った右辺第 3 項が、R&D 投資のラグを考慮している。すなわち、当該期の営業利益 (ROA) に対して、当該期以前の R&D 投資 (総額) が、どのような影響を与えているかを分析するためのモデルである。

ここで、被説明変数と説明変数に対して、それぞれいずれかのタイム・ラグを考慮したモデルについて述べてきたが、これらの関係を整理すると、表 4.1 のようになる。

表 4.1 タイム・ラグを考慮したモデルの分類

		説明変数	
		単一年度(SL)	複数年度(ML)
被説明変数	ラグ(L)		
	単一年度(SL)	SL-SL 重回帰モデル 1章, 2章	SL-ML (アーモンラグ・モデル) 序論
	複数年度(ML)	ML-SL 3章	ML-ML 4章

本章の基本となる重回帰モデルによる研究開発成果分析モデルについては、第 3 章の第 2 節において述べた。これは、表 4.1 の分類において、被説明変数が単一要素 (ROA) で単一年度 (ラグなし) の条件であり、説明変数は単一年度 (ラグなし) の条件となっていた。その記号表現は、SL-SL モデルとなる。つづく第 3 章の第 3 節で述べたモデルは、被説明変数にラグを考慮しているので ML-SL モデルとなり、序論で述べたアーモンラグ・モデルは、説明変数にラグを考慮しているので SL-ML モデルという表記になる。

このような分類に従えば、被説明変数と説明変数にラグを考慮したモデルは、ML-ML モデルという表記になり、次節において、こうした ML-ML モデルを新たに提案する。説明変数にラグを考慮したモデルであるアーモンラグ・モデルについては、その機能を備えている市販の統計ソフト²⁵も存在するが、統計ソフトに依存しない提案モデルを提案することにする。

²⁵ たとえば、EViews がある。

4.4 本章の提案モデル

前章において、被説明変数にラグを考慮したモデルを提案したが、同じ視座に立って説明変数にもラグを組み込むことにする。被説明変数と説明変数にラグを考慮した本章の提案モデルは、(4.3)式のように定式化される。

$$\sum_{T=0}^4 w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{\tau=0}^4 \sum_{j=1}^3 C_{\tau j} \cdot x_{i(t-\tau)j} + \varepsilon_{it} \quad (4.3)$$

ここで、 y_{it} と C_j および x_j は(4.1)式で述べた通りである。

また、 τ の前のマイナスは、当該期 t から τ 期遡ることを意味している。すなわち、被説明変数（当該期以後の ROA）は、説明変数（当該期以前の R&D と設備投資および研究効率）により影響を受けるとする定式化である。

この提案モデルの最大の特徴は、被説明変数と説明変数のいずれにも複数年度のラグを考慮している点にある。アーモンラグ・モデルとの違いは、被説明変数にもラグを考慮したモデルとなっていること、またラグの係数を低次（通常は、2 から 3 次が多い）の多項式で近似するという制約を設けていないことである。以上の相違点は、本章の提案モデルの利点ともなっている。なお、本章の提案モデルは、被説明変数と説明変数にラグが存在するため、第 3 章で述べたモデルと同様に、交互最小二乗法でパラメータを推定することになる。そのアルゴリズムの詳細は、第 3 章を参照していただきたい。

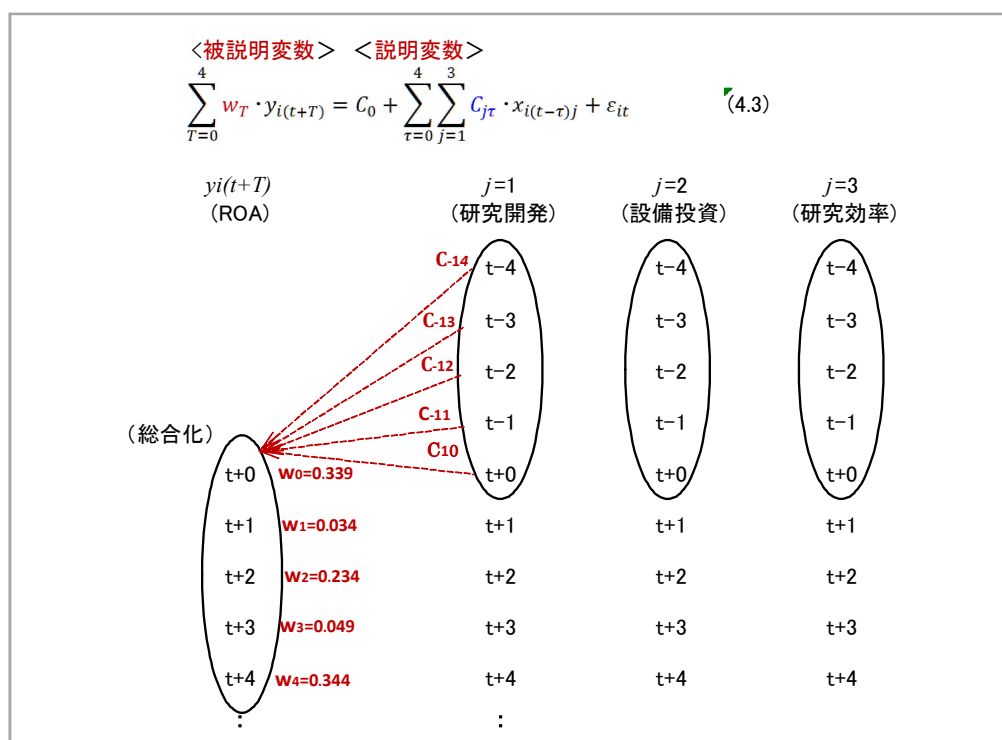


図 4.1 (4.3)式 of 概念図 (交互最小二乗法)

図 4.1 は、交互最小二乗法によるパラメータ C_{jt} の推定手順を概念図で示したものである。当該期 ($t=0$) の総合化された (移動平均された) ROA が、当該期以前の各研究開発活動 x_{itj} (R&D 投資、設備投資、研究効率) から受ける影響を把握することができるのである。なお、ウェイト w_T (偏回帰係数) は、前章で得た収束値を初期値として演算している。

4.5 実証分析結果

第 3 章で述べたモデル (ML-SL モデル) は、総合的な当該期の投資が、以降の企業収益 (ROA) に対して与える影響を分析するモデルであった。一方、本提案モデルは、総合的な企業収益 (ROA) が当該期以前の説明変数から受ける影響を分析するモデルである。すなわち、当該期の被説明変数である企業収益 (ROA) が、当該期を含めた過去の説明変数である R&D 投資 (設備投資、研究効率) から、どのような比率で影響を受けているかを示唆するモデルである。逆に説明変数からの視点に立つならば、説明変数のパラメータの時系列要素が、どのような割合で被説明変数に影響を及ぼすかを示唆するモデルである。

ここでは、(4.3)式における説明変数の $j=1,2,3$ において、R&D (比率) と設備投資 (比率) および研究効率を単独で処理した結果について述べる。

4.5.1 R&D (比率) について

図 4.2 は、(4.3)式における R&D (比率, $j=1$) 単独での結果を表している。横軸はラグを表し、0 は当該期を、-1 は 1 期前をそれぞれ表している。実線は本提案のモデルによる結果であり、点線は榊原ら (2006) の結果である。点線の曲線が平滑であるのは、

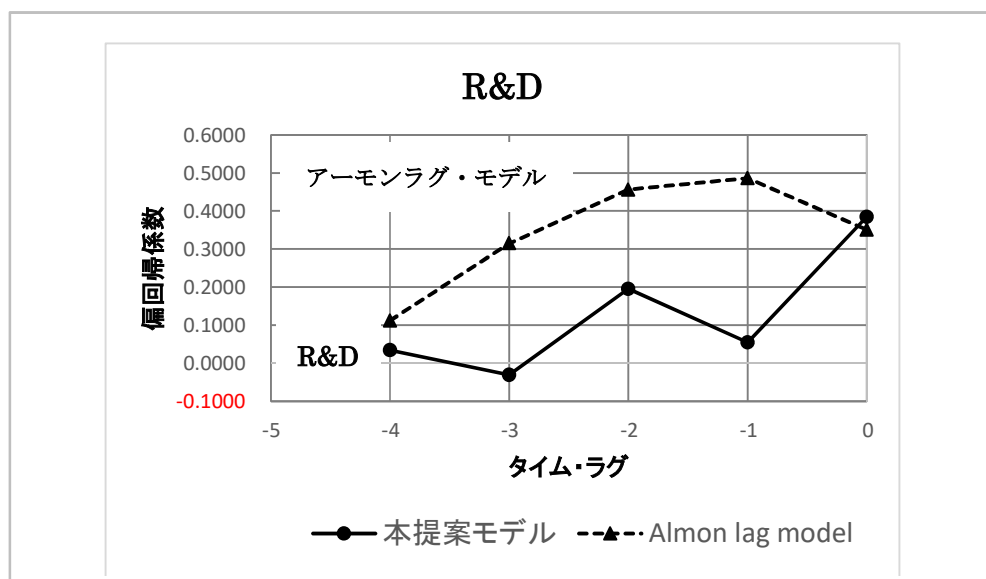


図 4.2 ML-ML モデル (R&D)

アーモンラグ・モデルにおいては、現在値とラグ値の間に多重共線性を回避するために、偏回帰係数を2から3次の多項式で近似している影響が表れているものと思われる。

本提案モデルは、2期前と4期前にピークを持ち、これが第3章のモデル（ML-SLモデル）において、企業収益（ROA）の2期目と4期目にピークが現れることに整合している。

4.5.2 設備投資（比率）と研究効率について

図4.3は、設備投資（比率， $j=2$ ）の結果であり、当該期にピークが表れていることがわかる。これは、第3章のモデル（ML-SLモデル）における当該期（ $T=0$ ）のウェイト w_0 の大きさに対応した結果であることが示唆される。4期前にピークが現れる理由については、今後の課題としたい。

また、研究効率（ $j=3$ ）において、偏回帰係数は当該期にピークが表れ、その後に減少し4期前で若干増加に転じている。この傾向は、設備投資と同様である。研究効率については、特許の登録は特許出願を基準にするとラグをもって登録されるので、当該期以降にピークが表れることを予想していたが、今後の課題としたい。

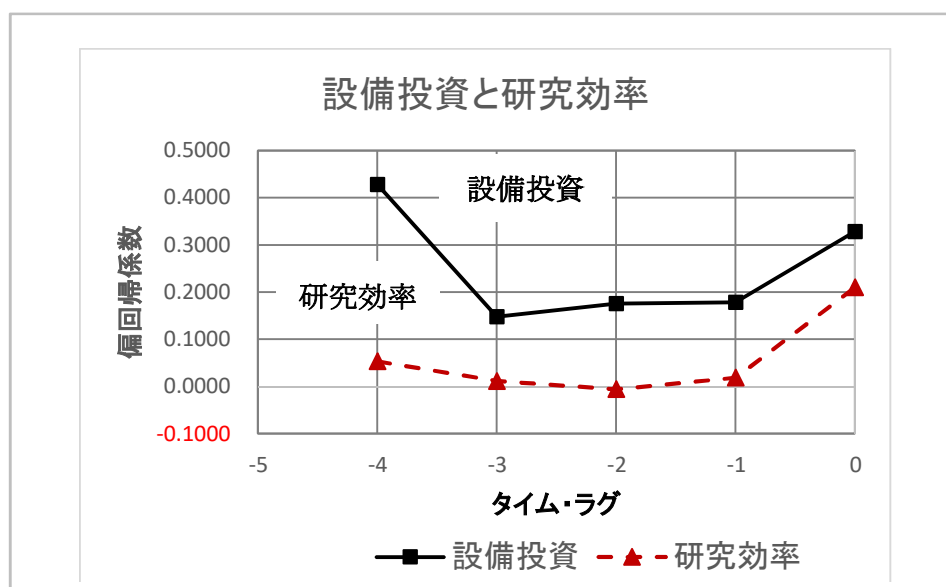


図4.3 ML-MLモデル(設備投資と研究効率)

4.6 本提案モデルの利点と欠点

本提案モデルは、説明変数に比較的長いタイム・ラグを持ったモデルとなっている。これと同じ機能を持つモデルに、アーモンラグ・モデルがある。一般に、ラグを持った変数を独立して説明変数に加えると、過去の値と相関を持っている場合が多くなり多重共線性

の問題が発生する。これを避けるためアーモンラグ・モデルは、説明変数のラグの係数が多項式²⁶になるように制約をかけたモデルである（山澤，2004）。このためアーモンラグ・モデルによる結果は、平滑されて滑らかになる。これに対して本提案モデルは、このような制約を設けていないので、結果はなめらかにはならず、より現実に即した結果になると考えられる。これが本提案モデルの利点であると考えられるが、一方において、多重共線性の発生が懸念される。しかしながら、次章で提案されるように説明変数におけるタイム・ラグを異時点から異空間へ拡張することにより、多重共線性の懸念はなくなる。ここで、異空間とは、第1章の Innovation Map における企業1から4までの各象限の特性値（たとえば、R&D 投資）を意味する。この各象限の特性値は別個のものとして扱うことも考えられるが、やはり同じ R&D 投資であるから、時間的なラグを拡張した異空間の特性と考えるべきであろう。その結果、各象限に属する企業は、独立であるから相関を持っているとは考えにくいので、多重共線性の懸念はなくなる。したがって、本提案モデルの妥当性や有効性は損なわれることなく、ML-ML モデルとしての意味を持つのである。

4.7 本章のまとめ

本章を統計的分析という観点から考えてみると、基本となるモデルは、重回帰分析モデルであり、それは説明変数（R&D と設備投資および研究効率）が、被説明変数（ROA）に及ぼす影響についての分析に主眼が置かれていた。つづいて、これを発展させたモデルが、被説明変数にラグを持たせた第3章のモデル（ML-SL モデル）であった。

さらに、本章の提案モデル（ML-ML モデル）では、被説明変数のみならず説明変数にもラグを導入した。本提案モデルにおいて、R&D については、第3章における被説明変数の企業収益（ROA）の2期目と4期目にピークが現れる結果と整合性の取れた結果が得られた。一方で、設備投資と研究効率については、一部に整合性が取れない結果（これについては、今後の課題としたい）が見られたが、概ね現実に即した結果を確認することができた。

本章の ML-ML モデルにおける説明変数のラグは、タイム・ラグを扱っていたが、このラグの概念をサンプル（企業）の属性に拡張するモデルを次章で提案する。すなわち、時間的なラグから空間的なラグへと拡張し、説明変数のウェイト（偏回帰係数）がサンプルの Innovation Map における象限別（空間的なラグ）によって異なる分析モデルを提案する。これにより、サンプル（企業）の属性によって、研究開発活動による成果の表れ方を分析することができるのである。

²⁶ 2次曲線や3次曲線が使用されることが多い。

参考文献（第4章）

日本語文献

- 榊原茂樹，與三野禎倫，鄭義哲，古澄英男(2006)：「企業の研究開発投資と株価形成」，証券アナリストジャーナル, Vol.44, No.7, pp.48-55
- 野尻泰民(2017)：「企業の特許活動と企業価値や収益との関係—ファインケミカル産業の場合について—」，明治大学大学院商学研究科商学研究論, No48, pp.239-260
- 野尻泰民(2018)：「企業の研究開発活動とその成果—ファインケミカル産業の場合について—」，明治大学大学院商学研究科修士論文
- 山澤成康(2004)：『実戦計量経済学入門』，日本評論社, pp.115-119

英語文献

- Almon, Shirley(1965)： “The distributed lag between capital appropriations and expenditures” , *Econometrica*, Vol.33, No.1, pp.178-196
- Hirshleifer, Hsu and Li(2013)： “Innovative Efficiency and Stock returns. Journal of Financial Economics” , Vol.107, No.3, pp.632-654
- Lev, B., Sougiannis, T.(1996)： “The capitalization, amortization, and Value-relevance of R&D” , *Journal of Accounting and Economics*, Vol.21, pp.107-138

第3部

Innovation Map のカタストロフィー・モデルと複数のタイム・ラグ
を考慮した重回帰分析モデルの統合による研究開発成果分析モデル

第5章 直交4象限の研究開発成果分析モデル

第6章 カスパ曲線を考慮した研究開発成果分析モデル

第5章 直交4象限の研究開発成果分析モデル

5.1 本章の目的

製品を市場に提供する製造企業が、他社との競争に打ち勝って成長するためには、持続的な投資が必要である。とりわけ、製品イノベーションや工程イノベーションに繋がる研究開発活動は重要な役割を果たす。なぜなら、研究開発活動による新たな技術の開発が、新しい製品の創造や画期的な生産効率を生み出し、需要の開拓をもたらすからである。したがって、こうした研究開発投資のプロセスが、企業成長の基本と考えられるのである。

このような考えから、第3章の複数年のラグ・モデル（ML-SLモデル；第4章の図4.1を参照）では、当該年度の研究開発活動（R&D、設備投資と研究効率）が、複数年の被説明変数（ROA）にどのような影響を及ぼすかをモデル化した。また、第4章では、企業収益（ROA）が、当該期以前の研究開発活動からどのような影響を受けるかをモデル化した（ML-MLモデル；図4.1を参照）。その際、すべてのサンプル（企業）に対して、同一の偏回帰係数を与えていたが、サンプル（企業）の属性によって、研究開発による成果の表れ方が異なるのではないかと思われる。つまり、第4章のML-MLモデルにおけるラグは、タイム・ラグを扱っていたが、このラグをサンプル（企業）の属性に拡張するモデルを提案する。すなわち、本章の目的は、説明変数のウェイト（偏回帰係数）がサンプルの属性によって異なる分析モデルを提案することにより、サンプル（企業）の属性によって、研究開発による成果の表れ方を分析することにある。

つぎに、本論文の構成を整理して、本章の位置づけを述べることにする。本論文は、大きく分けて2つのアプローチから構成されている。その一つは、投資累積額（R&D、設備投資と無形固定資産²⁷）とその成長率からなる第1章の2次元のInnovation Mapによるアプローチであり、これにより企業ごとの投資の特徴が示唆されるのである。さらに、カタストロフィー理論（Thom, 1975）を基に、Innovation Mapを3次元のカタストロフィー曲面に展開したカタストロフィー・モデル（野口, 1982）によるアプローチ（第2章）へとつながる。

もう一方は、第3章の被説明変数に複数年のラグを考慮した研究開発活動成果の分析モデルと、第4章の被説明変数と説明変数の両方に複数年のラグを考慮した研究開発活動成果の分析モデルによるアプローチである。第3章および第4章では、最小二乗法に基づいたラグを考慮した研究開発活動成果の分析モデルを提案している。

本章は、上記のような2つのアプローチを統合した「直交4象限の研究開発成果分析モデル」を提案し、提案モデルによる実証分析を試みることにする。すなわち、研究開発活動の成果が、Innovation Mapによって区分された直交4象限のサンプル（企業）の属性によ

²⁷ のれん、特許権・商標権・ソフトウェアなどから構成されている。

って、どのように推移していくかを分析することにある。

5.2 使用記号

本章で提案する「直交 4 象限の研究開発成果分析モデル」では、下記の使用記号を用いることにする。

- i : 企業
- t : 年度番号 (1989~2015年度)
- T : タイム・ラグ
- j : 説明変数の番号
- $y_{i(t+T)}$: 当該期以降へのタイム・ラグ($T=1,2,\dots$)がある被説明変数(ROA)
- x_{itj} : 説明変数の要素 ($j = 1, 2, 3$)
- w_T : 被説明変数におけるタイム・ラグ T に対するウェイト
- d : Innovation Mapの直交4象限における企業群の区分($d = 1, 2, 3, 4$)
- C_{jd} : 説明変数の各要素(j)における企業群の区分(d)ごとの係数(ウェイト)
- D_{itd} : 象限 d を区別するためのダミー変数

5.3 ラグを考慮した研究開発成果分析モデル式の整理

第 2 部では、複数年のラグを考慮した研究開発成果分析モデルを提案した。ここで、基本の(5.1)式に立ち返って、ここまでの提案モデル式を整理してみることにする。(5.1)式は、第 4 章の分類図によれば、SL-SL モデルとなる。

$$y_{it} = C_0 + \sum_{j=1}^3 C_j \cdot x_{itj} + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

つぎに、第 3 章の被説明変数に複数年のラグを組み込んだモデル (ML-SL モデル) は、(5.2)式で表される。当該期の総合化された研究開発活動 x_{itj} (R&D、設備投資、研究効率) が、該期以後の ROA に及ぼす影響を推定するモデルである。

$$\sum_{T=0}^4 w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{j=1}^3 C_j \cdot x_{itj} + \varepsilon_{it} \quad (5.2)$$

ただし、 w_T はラグ T に対するウェイトを表す。

第 4 章の被説明変数と説明変数に複数年のラグを導入したモデル (ML-ML モデル) は、(5.3)式で表される。

$$\sum_{T=0}^4 w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{\tau=0}^4 \sum_{j=1}^3 C_{\tau j} \cdot x_{i(t-\tau)j} + \varepsilon_{it} \quad (5.3)$$

ここで、ラグ τ の前のマイナスは、当該期 t から τ 期遡ることを意味している。すなわち、

被説明変数（当該期以後の ROA の総合値）は、説明変数（当該期以前の R&D と設備投資および研究効率のそれぞれ総合値）により影響を受けるモデルである。

(5.3)式における説明変数の τ はタイム・ラグを表すが、次節ではこのラグをサンプル（企業）の属性に拡張して、サンプル（企業）の属性（Innovation Map における企業群 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ の区分 d ）により、研究開発による成果の表れ方を分析することを試みる。すなわち、第 2 部の ML-ML モデルにおける複数のラグの影響（ w_T と $C_{\tau j}$ ）を総合的に捉えるべく、第 1 部の提案モデルにおける Innovation Map 上で対象企業を $\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ の区分 d へとセグメント化し、この区分 d を、各説明変数 $x_{i(t-\tau)j}$ に対するウェイト（偏回帰係数）の添え字に組み込むのである。

5.4 直交 4 象限の研究開発成果分析モデルの提案

第 4 章では、当該年度の総合化された研究開発活動（説明変数）が、被説明変数（ROA）の複数年にどのような影響を及ぼすかをモデル化した。ここではすべてのサンプル（企業）に対して、同一の偏回帰係数を与えていた。しかしながら、サンプル（企業）の属性によって、研究開発活動等による成果の表れ方が異なることが推定されるため、本章では説明変数のウェイト（偏回帰係数）がサンプルの属性によって異なるようなモデルを考えることにする。(5.3)式のラグ τ を Innovation Map における企業群 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ の区分 d へと置き換えると(5.4)式となる。すなわち、(5.3)式において τ を d に置き換え、また、 d は企業区分でありタイム・ラグではないので、 $x_{i(t-\tau)j}$ は x_{itj} へと置き換えると(5.4)式となる。

$$\sum_{T=0}^4 w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{d=1}^4 \sum_{j=1}^3 C_{jd} \cdot x_{itj} \cdot D_{itd} + \varepsilon_{it} \quad (5.4)$$

ただし、
$$D_{itd} = \begin{cases} 1: \text{企業 } i \text{ の年度 } t \text{ が象限 } d \text{ に属するとき} \\ 0: \text{それ以外} \end{cases}$$

すなわち、企業群 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ ごとに異なるウェイト（ C_{jd} ）を推定しようとする試みである。まず、説明変数のウェイト（ C_{jd} ）を推定する前に、Innovation Map における各企業の時系列データを整理してみる。Innovation Map において、第 1 章の図 1.4 は代表的な企業の時系列データとして提示したが、これをすべての企業へと拡張したものが下記の図 5.1 である。

図 5.1 は、直交 4 象限における企業群の分類結果を示した図である。たとえば、富士フィルムは 1989 年から 2007 年まで企業群 $\boxed{4}$ に属していたが、2008 年以降は企業群 $\boxed{3}$ に推移したことを示している。また、花王は 1989 年から 2004 年まで企業群 $\boxed{4}$ に属していたが、2005 年から 2012 年まで企業群 $\boxed{3}$ に推移し、さらに 2013 年以降は企業群 $\boxed{4}$ に戻ったことを示しているのである。この図 5.1 から、企業の推移には、特定の企業群に留まる例も存在するが、企業群 $\boxed{1}$ から企業群 $\boxed{3}$ に推定するグループと、企業群 $\boxed{4}$ から企業群 $\boxed{3}$ に推定するグループに大きく分けられる。このように企業は、持続的な成長を図るために、企業群 $\boxed{3}$

のポジションを目指すことが示唆される。したがって、企業群1~4ごとに説明変数のウェイト (C_{jd})、すなわち研究開発活動の傾向が相違すると推測されるのである。

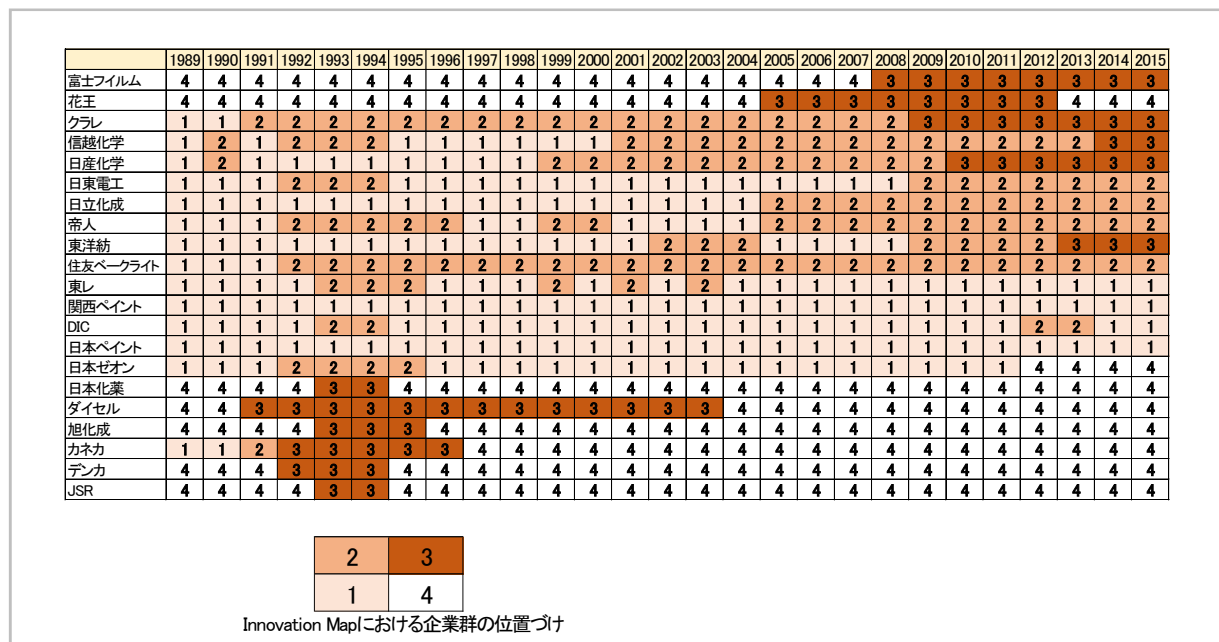


図 5.1 直交 4 象限における企業群分類結果

そこで、(5.4)式を基に交互最小二乗法から、ウェイト (C_{jd}) を求めることにする。まず、第 3 章の表 3.1 で求めた左辺の偏回帰係数を初期値として、すなわち、 $w_0 = 0.339$, $w_1 = 0.034$, $w_2 = 0.234$, $w_3 = 0.049$, $w_4 = 0.344$ ($\sum w_t = 1$) を設定し、つぎに左辺の総合得点を計算し、これを被説明変数として重回帰分析を行った結果を表 5.1 に示す。

表 5.1 4 象限別要因ウェイト (C_{jd})

C_0	R&D投資				設備投資				研究効率 (特許登録率)				重相関係数
	X_1				X_2				X_3				
	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	
0	1.107	0.541	0.345	0.536	0.526	0.783	0.300	0.169	1.024	2.481	17.711	23.352	0.54932
順位	1	2	4	3	2	1	3	4	4	3	2	1	

(C_{j1} : 企業1, C_{j2} : 企業2, C_{j3} : 企業3, C_{j4} : 企業4 の偏回帰係数を示す。)

5.5 提案モデルから示唆される特徴

本論文の第 1 章と第 2 章において、Innovation Map を 4 象限に分類し、企業が行う投資傾向を分析した。さらに第 3 章と第 4 章において、被説明変数にラグを持たせた ROA の経年ウェイトを推定した。この推定した ROA の経年ウェイトを基にして、企業群の 4 象限別要因ウェイトを推定した結果が表 5.1 であり、これをグラフ化したのが図 5.2 である。なお、

研究効率（特許登録率）については、企業⁴の C_{14} 値が極端に高く、多重共線性が懸念されるので削除した。

さて、第3章の(3.2)式のモデルにおいて、複数年のラグを被説明変数に持たせることによって得られるROAの総合化は、移動平均と同様の役割を果たすことを示唆していた。したがって、ROAの総合化は平均処理されているため、ラグのない通常の処理に比べて安定した結果が得られると推測される。図5.2の点線は、ラグのない通常の処理による結果であり、特にR&D（研究開発）に不安定さが認められる。

ところで、第3章の図3.1の「ラグに対するウェイト」の結果から、設備投資はROAに対して当該期に強く影響し、一方R&Dは当該期以降に遅れて影響することが示唆されている。このことから、図5.2から示唆されるもう一つの特徴は、点線の設備投資（ラグ無）の偏回帰係数は、平均処理²⁸していないために当該期の影響が優位に作用する（設備投資は即効性があるために当該期に強く影響を及ぼす）ので、ラグを考慮した結果に比べて偏回帰係数が、高くなると推測されることである。逆に、実線のR&D（ラグ有）の偏回帰係数は、平均処理しているために当該期以降に遅れて影響する効果（R&Dは2期後と4期後に効果が表れる）から、ラグを考慮しない結果に比べて偏回帰係数が、高くなると推測される（なお、企業群³におけるラグ無のR&Dは異常値を示していると思われる）。なお、研究効率に関して、ラグ有とラグ無の効果の差は見られないのは、研究効率として特許登録数を設定しているためと考えられる。つまり、特許出願から特許登録数が確定するまでにはタイム・ラグ（切断バイアス）が存在するため、情報収集するポイントが現在に近づくにした

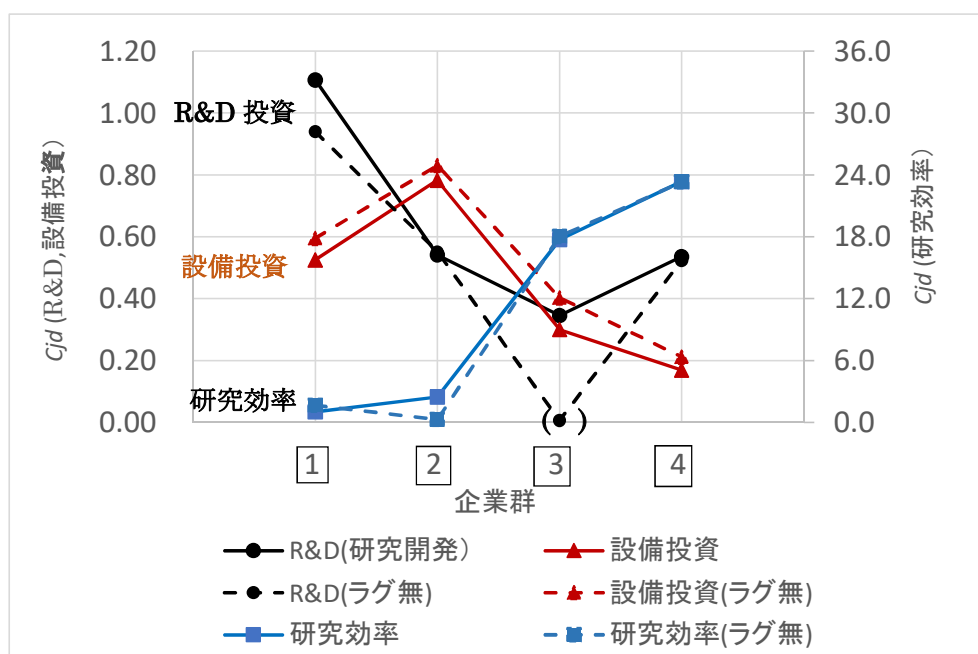


図 5.2 4 象限別要因ウェイト (R&D と設備投資について)

²⁸ 本提案モデルである(5.4)式において、被説明変数の w_T はラグ T 期間におけるウェイトであるから、この T 期間での平均処理としての機能を有している。

がって、特許登録数の確定値からのズレが大きくなる。そこで、本論文ではなるべく確定値に近似させるべく、補正処理²⁹を施している。この補正処理の影響によるものと考えられる。

さて、ここで図 5.2 から得られる直交 4 象限別要因ウェイトの特徴を述べる。

企業群¹は、R&D への投資の要因ウェイト (C_{jd}) が一番高く、これは新製品・新技術創成によって製品イノベーションを画策する段階であることが示唆される。一方、企業群²では設備投資が一番高くなっており、これは生産設備の拡充や生産効率を向上させて、製品の生産量を増大させることを図る狙いがあると推測される。その後、企業群²は R&D、設備投資ともに順次減少傾向を示しているが、企業群⁴の一部³⁰は、新たに R&D³¹への投資を活発化させて事業の再拡大を目指し、企業群³に至るというプロセスを辿るものと思われる。これが、R&D において企業群⁴が企業群³より上回る理由と考えられる。以上のように本提案モデルで提示される特徴は、ボストン・コンサルティング・グループ(BCG)の PPM の 4 象限で提示する事業の特徴と整合的であることから、提案モデルの妥当性・有効性が示唆されるのである。

第 1 章では、Innovation Map によって企業群¹から⁴へと至る投資活動プロセスを提唱したが、本論文の結果から、企業群ごとの投資活動の中身である R&D と設備投資が、どのように推移するかという視点から捉えることができるのである。

5.6 本章のまとめ

本論文では、第 3 章の被説明変数にラグを持たせた ROA の経年ウェイト・モデル(ML-SL モデル) を基にして、説明変数のウェイト (偏回帰係数) がサンプルの属性 d (Innovation Map の各象限) によって異なるようなモデルを提案した。すなわち、第 1 章におけるファインケミカル企業の Innovation Map およびそのカタストロフィー・モデルにおける 4 つの象限をサンプルの属性 d として設定し、これを考慮した新たな分析モデルを提案したのである。これは、Innovation Map を 4 象限に分類した各企業群の投資活動を分析するモデルであり、その結果は、企業群¹は、R&D への投資の要因ウェイト (C_{jd}) が一番高く、これは新製品・新技術創成によって製品イノベーションを画策する段階であることが示唆される。

一方、企業群²では設備投資が一番高くなっており、これは生産設備の拡充や生産効率

²⁹ 切断バイアスの補正処理については、筆者 (野尻, 2018) を参照のこと。

³⁰ ここでいう一部の企業については、カタストロフィー理論の「遅れの規約」に従った変化をする企業を意味し、今後の研究においてこうした企業を識別することを試みる予定である。

³¹ 本論文の提案モデルでは、この一部の企業が、R&D に投資するか、または新規事業への多角化 (M&A) に投資するかを識別することができない点に課題が残る。それは、Innovation Map における横軸の投資累積額は、本章の 1 節「本章の目的」の最後にもあるように R&D、設備投資と無形固定資産 (のれん、商標権など) への投資の総額で表されており、R&D と M&A の区別はしてないからである。そこで、今後の研究では、これら (R&D 投資と多角化投資) を分解することのできるモデルを提案していきたい

を向上させて、製品の生産量を増大させることを図る狙いがあると推測される。その後、企業群²以降は R&D、設備投資ともに順次減少傾向を示しているが、企業群⁴の一部においては、新たに R&D への投資を活発化させて事業の再拡大を目指し、企業群³に至るのだと考えられる。これが、企業群⁴が R&D で企業群³より上回る理由と推測される。

第 1 章では、Innovation Map によって企業群¹から⁴へと至る投資活動プロセスをモデル化した。本論文の提案モデルにより、企業群ごとの投資活動について、R&D と設備投資がどのように推移するかという視点から、より詳細に捉えることを可能にしたのである。

また、今後の課題としては、研究開発投資や設備投資は、競争関係にある同業他社の業績や投資活動の動向からも影響を受けるが、本論文の提案モデルは、これらの企業間の相互作用を記述するまでには至っていないことが挙げられる。そのため、本論文の提案モデルを企業間相互作用へと展開すること、および R&D 投資と多角化投資を分解することが今後の課題である。また、近年 M&A によるスタートアップ企業の買収や他社との業務提携などのオープンイノベーション（浅見，2016）が盛んとなっているが、これらが企業の成長に及ぼす影響についての研究も今後の課題である。

参考文献（第5章）

日本語文献

- 浅見正弘(2016)「企業の事業転換とオープンイノベーション」, *J.Jpn.Intel.Prod.*, Vol.12, No2
- 大野高裕, 尾関守, 森元優(1986):「カタストロフィー理論を用いた企業倒産のモデル化」, *日本経営工学会誌*, Vol.37, No.5, pp.328
- 榊原茂樹, 與三野禎倫, 鄭義哲, 古澄英男(2006):「企業の研究開発投資と株価形成」, *証券アナリストジャーナル*, Vol.44, No.7, pp.48-55
- 高根芳雄(1976):「心理学における非計量データの解析」, 東京大学大学院文学研究科博士学位論文
- 野口広(1982):『経営のカタストロフィー理論』, PHP 研究所
- 野尻泰民(2017):「富士フィルムの事業転換と成功の背景」, *明治大学大学院商学研究論集*, 第47号, pp.187-207
- 野尻泰民(2018a):「企業の特許動と企業価値や収益との関係ーファインケミカル産業の場合についてー」, *明治大学大学院商学研究論集*, 第48号, pp.239-260
- 野尻泰民(2018b):「企業の研究開発活動とその成果ーファインケミカル産業の場合についてー」, 明治大学大学院商学研究科 修士論文

英語文献

- Almon, Shirley(1965): “The Distributed Lag Between Capital Appropriations and Expenditures”, *Econometrica*, Vol. 33, No.1, pp. 178-196
- Lev, B.,and Sougiannis.T.(1996): “The capitalization, amortization, and Value-relevance of R&D”, *Journal of Accounting and Economics*, Vol.21, pp.107-138
- Thom,R. (1972):”Stabilité Structurelle et Morphogénèse”, *InterEdition Paris*
(原書第2版,ルネ・トム著「構造安定性と形態形成」(彌永昌吉,宇敷広重訳(1980), 岩波書店)

その他

- 文部科学省科学技術・学術政策研究所(2015): 民間企業の研究活動に関する調査報告 2015

第6章 カスパ曲線を考慮した研究開発成果分析モデル

6.1 本章の目的

製品を市場に提供する製造企業が、他社との競争に打ち勝って成長するためには、持続的な研究開発投資・設備投資が必要である。とりわけ、製品イノベーションや工程イノベーションに繋がる研究開発投資は重要な役割を果たす。秋池(2012)によれば、Abernathy and Utterback(1978)は、産業の初期には製品イノベーションが多く生じるが、ドミナント・デザイン³²の登場により工程イノベーションへとシフトしていくという「A-U理論」を提示している。本論文は、製品イノベーションと工程イノベーションをひとつのイノベーションと捉えて、このイノベーションと財務的な要素に注目して論述している。

このような背景から、第3章において、被説明変数に複数年度のラグを考慮した総合的な研究開発成果の定量的分析モデルを提案し、さらに第5章では、説明変数のウェイト（偏回帰係数）がサンプルの属性（Innovation Mapの各象限）によって異なるような分析モデルを提案している。その際、ファインケミカル企業のInnovation Map（野尻，2017）および、そのカタストロフィー・モデル（第1章）における4つの象限をサンプルの属性 d として設定し、これを考慮した新たな分析モデルを提案している。

本論文では、上記のような一連の結果をふまえ、第1章のInnovation Mapにおける4つの象限に対して、新たにカスパ曲線を導入したサンプルの属性 d' の変化を分析するモデル（カスパ曲線を考慮した象限別要因ウェイトの複数年ラグ・モデル）を提案する。これにより、企業のサンプルの属性について、カスパ曲線による研究効率の不連続性を考慮したモデルとなっている。このため、これを考慮していない第5章のモデルに比べて、研究開発成果の特徴をよりよく記述するモデルとなることが期待できる。

6.2 使用記号

本章で提案する「直交4象限の研究開発成果分析モデル」では、下記の使用記号を用いることにする。

- i : 企業
- t : 年度番号（1989～2015年度）
- T : タイム・ラグ
- j : 説明変数の番号

³² ドミナント・デザインとは、製品イノベーション後の市場における技術競争および製品競争の結果として、ある特定の design 製品が dominant となる（佐野，2014）。すなわち、製品が成熟してくると、当該製品は、同じようなデザインとなり、この標準化・固定化されたデザインをドミナント・デザイン（dominant design）と呼ぶ。A-U理論の中核をなす考え方である。

- $y_{i(t+T)}$: 当該期以降へのタイム・ラグ($T=1,2,\dots$)がある被説明変数(ROA)
- x_{itj} : 説明変数の要素 ($j = 1, 2, 3$)
- w_T : 被説明変数におけるタイム・ラグ T に対するウェイト
- d' : Innovation Mapにおいてカusp曲線を考慮した企業群の区分($d' = 1, 2, 3, 4$)
- C_{jd} : 説明変数の各要素(j)における企業群の区分(d')ごとの係数
- D'_{itd} : 象限 d' を区別するためのダミー変数
- E : カusp曲線の計算上での定数($E = 0.0019$)

6.3 直交 4 象限の研究開発成果分析モデルの整理

前章では、サンプル（企業）の属性によって、研究開発活動による成果の表れ方が異なると考えて、説明変数のウェイト（偏回帰係数）が、サンプルの属性 d によって異なる(6.1)式のモデルを提案している。

$$\sum_{T=0}^4 w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{d=1}^4 \sum_{j=1}^3 C_{jd} \cdot x_{itj} \cdot D_{itd} + \varepsilon_{it} \quad (6.1)$$

D_{itd} は、象限 d を区別するためのダミー変数であり、企業 i の年度 t が象限 d に属するとき $D_{itd} = 1$ 、それ以外は0である。(6.1)式より、説明変数のウェイト（偏回帰係数）を推定した結果は、 図6.1のような推移になることは前章においてすでに述べた。

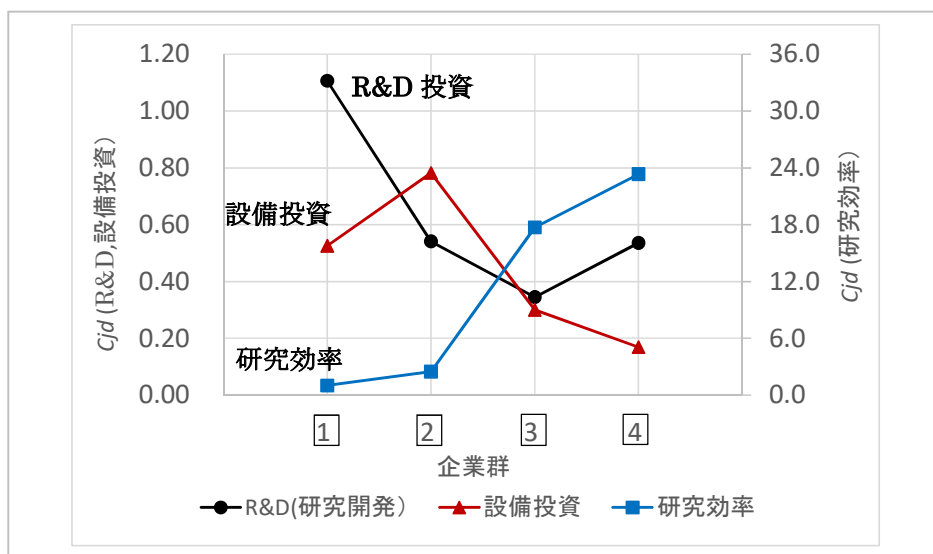


図 6.1 4 象限別要因ウェイト（第 5 章の分析結果）

一方、くさびのカタストロフィー理論では、くさび領域で状態変数（研究効率）が、「遅れの規約」により不連続に変化する。これに伴い直交 4 象限の企業群の区分にも変化が生じ、企業群の区分がこの領域において、直交 4 象限とは違った区分になると考えられるのである。つまり、くさび領域を形成するカusp曲線で新たに企業群の区分を定義すれば、直交 4 象限による企業群の区分とは違った研究開発活動の成果が得られると考えられる。

このような理由で、次節において、カusp曲線を考慮した象限別要因ウェイトの複数年ラグ・モデルを提案する。

6.4 本章の提案モデル

前章では、直交する4象限の要因ウェイト・モデルを概説したが、くさびのカタストロフィー・モデルでは、「遅れの規約」を伴うカusp曲線によって、企業群の特徴が変化すると考えられる。そこで、本章では、カusp曲線を考慮した象限別要因ウェイトの複数年ラグ・モデルを構築していくことにする。

まず、3次元へと拡張したカタストロフィー・モデルのくさび領域を u - y 面で切断した断面は図 6.2 のように表される。 y 軸は、紙面に対して垂直方向になり、くさび領域は奥に向かって次第に縮小していき、尖点で消滅することになる。直交4象限のモデルでは、 y 軸（縦軸）より右側は企業③に左側は企業④に属する（直交4象限の企業属性 d による企業群）。一方、第2章のくさびのカタストロフィー曲面の同定式(2.6)から

$$\frac{\partial f}{\partial u} > 0 \quad (6.2)$$

となり、 u について単調増加関数となるため、点線の領域の数値は取ることができない。したがって、カusp曲線を考慮すると図の②から③へと推移した企業は、カusp曲線Bで企業④へジャンプする。つまり、図の②と③の領域は企業③に属し、同様に図の④と①の領域は企業④に属すると推定できる（カusp曲線を考慮した企業属性 d' による企業群）。直交4象限とは違い、カusp曲線Aやカusp曲線Bが象限を区分する境界となるのである。 u の値によって企業群が重なる領域が存在するが、状態変数 y の値によって識別はできるのである。

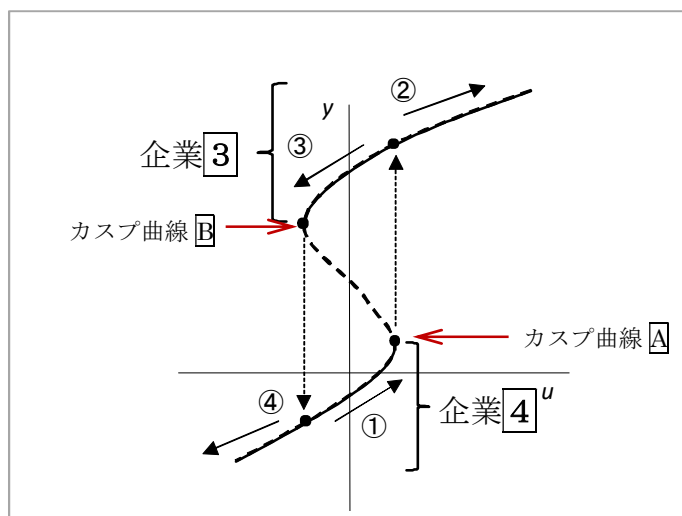


図 6.2 くさび領域での企業群③と④の位置づけ (第2章)

そこで、第5章では直交4象限別要因ウェイトによる研究開発成果分析を述べたが、本提案のカスプ曲線を考慮した象限別要因ウェイト・モデルによって分析することを試みる。その際、(6.1)式における象限*d*に対して、カスプ曲線を考慮した象限を*d'*で表すことにし、本論文では(6.3)式のようにモデル化する。

$$\sum_{T=0}^4 w_T \cdot y_{i(t+T)} = C_0 + \sum_{d'=1}^4 \sum_{j=1}^3 C_{jd'} \cdot x_{itj} \cdot D'_{itd'} + \varepsilon_{it} \quad (6.3)$$

$D'_{itd'}$ は、象限*d'*を区別するためのダミー変数であり、(6.1)式と同様に企業*i*の年度*t*が象限*d*に属するとき $D_{itd} = 1$ 、それ以外は0である。図6.2から示唆されるように、カスプ曲線を考慮すると企業群の区分に相違が現れてくるために、要因ウェイト ($C_{jd'}$) も変化すると考えられる。図6.3は、1989年から2015年間に於いて、各企業が直交4象限別において、どのように企業群を変化させていったかを表した図である。図中の数字は企業群を表している。

四角で囲った部分は、カスプ曲線を考慮したときの企業群の変化を表している。たとえば、企業4から企業3に変化した企業として、「花王」、「ダイセル」、「デンカ」があり、企業3から企業4に変化した企業として、「日本化薬」がある。

6.5 直交4象限モデルと本章の提案モデルとの比較

前章では、カスプ曲線を考慮した象限別要因ウェイト・モデルを提案したが、ここではその分析結果と直交4象限別要因ウェイト・モデル(第5章を参照)との比較を行った結果を図6.4に示す。

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
富士フィルム	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	
花王	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
クラレ	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
信越化学	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
日産化学	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
日東電工	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	
日立化成	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
帝人	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
東洋紡	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
住友ベークライト	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
東レ	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
関西ペイント	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
DIC	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
日本ペイント	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
日本ゼオン	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
日本化薬	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
ダイセル	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
旭化成	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
カネカ	1	1	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
デンカ	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
JSR	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

図 6.3 カスプ曲線補正後の企業群分類結果

花王の実際の時系列データを図6.4に示す。(図6.3の「花王」の行を参照のこと。) 花王の2005年度の投資累積成長率は、次式で計算される。

$$kID(i)_{t_2} = \frac{ID(i,t_2) - ID(i,t_1)}{t_2 - t_1 + 1} \quad (6.4)$$

ここで、 $i = \text{花王}$ 、 $t_2 = 2005$ 、 $t_1 = 1989$ であり、図6.4で(2005)と示された直線の傾きが、

2005年度の投資累積成長率となる。ただし、最小二乗による直線近似の計算によって傾きを算出しているため、**図 6.4**の(2005)の例では、実際の傾きよりも大きく表現されている。以下同様に、(2010)、(2015)が図示されている。

たとえば、花王は $t_2 = 2015$ 時点で企業**3**から投資累積成長率が減少してきているが、そのときの投資累積成長率が、カस्प曲線**B**を超えていれば企業**3**に留まり ((6.5) 式)、下回れば企業**4**にジャンプする。

$$kID(i)_{t_2} > u_{t_2} \quad (6.5)$$

ただし、 u_{t_2} はカस्प曲線**B**の点を表し、 $u_{t_2} = \beta - \sqrt{E \times (v_{t_2} - \alpha)^3}$ である。

$E (=0.0019)$ は、カस्प曲線を計算する上での係数を表す。花王は、このときカस्प曲線**B**を越えて投資累積成長率が減少してないので、企業**3**に留まると判断される。

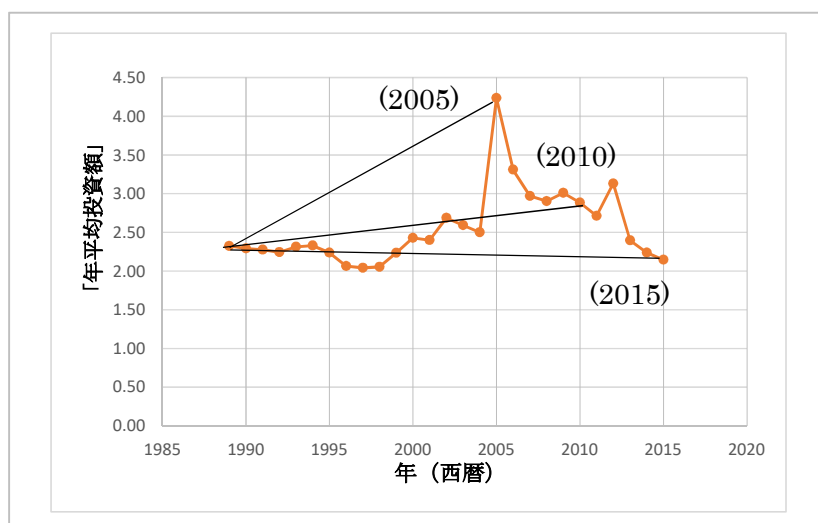


図 6.4 花王の時系列データ

つぎに、企業**3**から企業**4**へ推移する日本化薬の例を見てみる。(**図 6.3** の日本化薬の行を参照のこと。)

日本化薬は $t_2 = 1993$ から1994にかけて、投資累積成長率が増加してきて直交4象限では企業**3**に推移している。しかしながら、そのときの投資累積成長率が、カस्प曲線**A**を超えていないので、企業**4**に留まっていると判断される ((6.6) 式)。上回れば企業**3**にジャンプする。

$$kID(i)_{t_2} < u_{t_2} \quad (6.6)$$

ただし、 $i =$ 日本化薬を指し、 $t_2 = 1993$ である。

u_{t_2} はカस्प曲線**A**の点を表し、 $u_{t_2} = \beta + \sqrt{E \times (v_{t_2} - \alpha)^3}$ である。

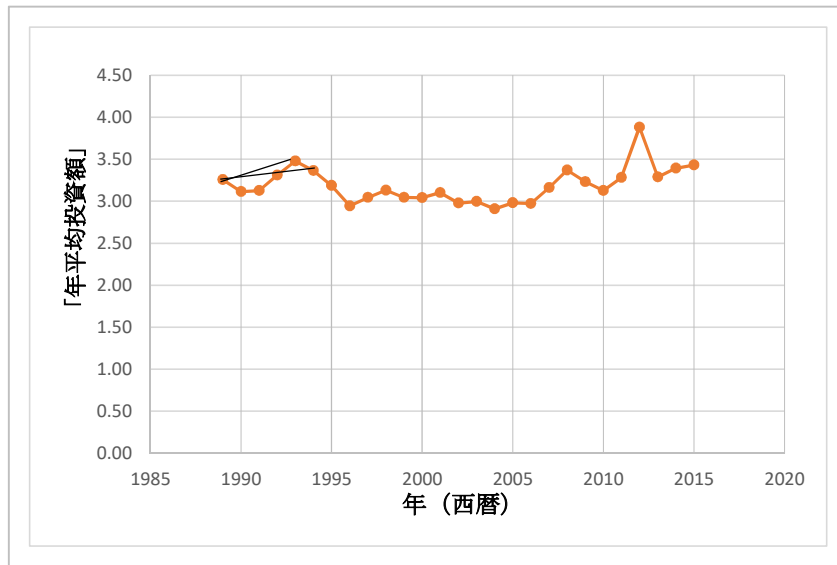


図 6.4 日本化薬の時系列データ

以上のようにカस्प曲線を考慮すると、直交 4 象限による企業区分 d とは違った企業区分 d' に置き換えられることがわかる。直交 4 象限別要因ウェイト・モデル(第 5 章を参照)との比較を行った結果を図 6.5 に示す。図 6.5 において、R&D 投資について見ると、実線が直交 4 象限別要因ウェイト・モデルの結果であり、点線がカस्प曲線を考慮した象限別要因ウェイト・モデルによる結果である。

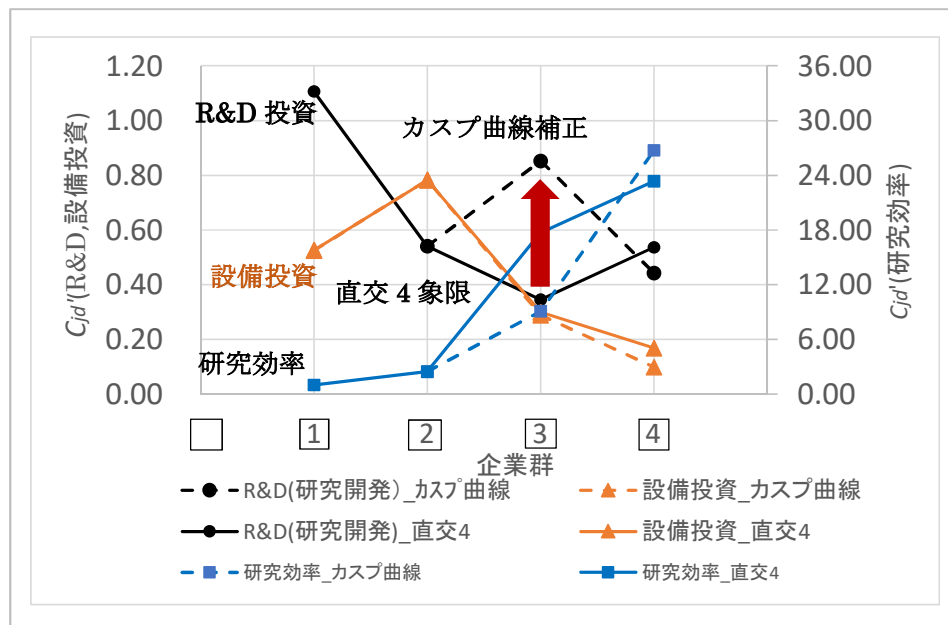


図 6.5 研究開発成果の分析結果

直交 4 象限別の分析結果では、企業群³から企業群⁴に推移する企業の中には、カスプ曲線を考慮すると、図 6.2 に示したくさびの領域における「遅れの規約」により³に留まる企業 (21 社のうち 3 社) が存在する。このカスプ曲線を考慮した象限別の分析結果で、R&D についてみると、事業拡大期にある³の企業は、さらに事業を拡大させるために R&D を増加させる傾向にあることがわかる。

一方、設備投資をみると、企業群²~⁴への推移に従って、扱う製品は成熟の方向に向かうため、設備投資の比重が漸減していくのではないかと思われる。また、直交 4 象限別の結果とカスプ曲線を考慮した結果では、大きな差異は見られない。

同様に、研究効率についても大きな差異は見られない。また、企業群間の推移が R&D の傾向とは正反対を示しているが、概ね全体的には現実に即した結果を確認することができた。

6.6 本章のまとめ

本論文の最後に、カスプ曲線を考慮した象限別要因ウェイト・モデルによる偏回帰係数の結果を改めて整理する。

企業群¹においては、R&D への投資の要因ウェイト (C_{jd}) が最も高く、これは新製品・新技術の創成によって製品イノベーションを生み出す初期段階にあると考えられる。また、R&D への投資については、企業群¹について企業群³で、再度ピークを迎えるが、これは事業拡大を目指して新たな開発投資を実施するからであろう。この時期を過ぎると、企業は安定期を迎え、開発投資や設備投資は減少に向かうことになる。

一方、企業群²では設備投資が最も高く、この段階では生産設備の拡充や生産効率を向上させて、製品の生産量を増大させることを図る狙いがあると考えられる。その後の推移は、設備投資については順次減少傾向を示している。この段階 (企業安定期) に至ると、新規の設備投資は行わなくなり、現状維持を目的とした設備保全のための投資のみになるからである。

以上のように、本論文の提案モデルにより、R&D と設備投資について、各企業群の推移に従って、その特徴が変化していくことを示唆することができた。従来の Innovation Map では、研究開発投資や企業成長のプロセスを記述するのみであったが、本論文の成果は、各象限 (企業群) の R&D と設備投資についてその推移を記述できたことを示している。

参考文献（第6章）

日本語文献

秋池篤（2012）：「A-U モデルの誕生と変遷—経営学輪講 Abernathy and Utterback(1978) 一」，赤門マネジメント・レビュー，11 巻，10 号

佐野正博(2014)：「イノベーションの歴史的展望構造に関するドミナント・デザイン論的理
解」，ver3.6，明治大学 2014 年度講義メモ

野尻泰民(2017)：「富士フイルムの事業転換と成功の背景」，明治大学大学院商学研究科
商学研究論集，No47，pp.187-207

英語文献

Abernathy, W.J., & Utterback, J.M.(1978)：“Patterns of industrial innovation” ,
Technology Review, 80(7), 40-47

【 結論 】

1. 本論文のまとめ
2. 本論文における提案モデルの新規性と学術的な貢献
3. 今後の課題

1. 本論文のまとめ

本論文の目的は、様々な企業活動を通じて持続的な成長を目指す企業が、財務情報に残す成長の軌跡を研究することであった。ここで、本論文を総括するならば、本論文の意義は、商学・経営学における研究開発成果の把握という研究課題に対して、カタストロフィー理論・多変量解析やエントロピー・モデル等、自然科学の理論を導入することにより文理融合型の新たな研究領域（すなわち「研究開発成果の文理融合型時系列」研究）を開拓し、その成果として各種の分析モデルを提案したことにある。以下において、本論文から得られた研究成果を整理し、さらに研究のさらなる発展をめざした今後の研究課題をまとめていくことにする。

本論文では、まず本論の第 1 部において、筆者(2017)が修士論文で提案した 2 次元の Innovation Map を基に、それを 3 次元の「くさびのカタストロフィー・モデル」へと拡張した新たな分析モデルを提示した。まず第 1 章では、企業ごとに布置した 2 次元の Innovation Map の作成方法を述べ、投資蓄積額（横軸）と投資蓄積額成長率（縦軸）におけるそれぞれの平均値を中心として、直交 4 象限に分類するモデルを提案した。この直交 4 象限に分類モデルでは、各象限ごとに企業の特徴が位置づけられていることを示した。すなわち、本論の図 1.4 における企業群①に属する企業は「新製品・新技術創成期」に、企業群②に属する企業は「技術革新期」に、企業群③に属する企業は「事業拡大期」に、企業群④に属する企業は「事業安定期」に、それぞれ特徴づけられるという研究視座を提示した。そして、この直交 4 象限の分類は、企業成長の履歴を研究開発投資の循環によって説明するモデルとなっていることを明らかにした。

さらに、この Innovation Map において、「くさびのカタストロフィー・モデル」の特徴となる「非対称性」が認められるため、3 次元の「くさびのカタストロフィー・モデル」へと拡張した。第 2 章では、「くさびのカタストロフィー・モデル」における尖点の座標を推定する方法（逐次エントロピー・モデル）を新たに提案して、「くさびのカタストロフィー曲面」の同定を試みた。そこで、カタストロフィー曲面の係数パラメータを重回帰式から推定し、尖点座標の推定については、逐次エントロピー・モデルから推定した。さらに、推定した「くさびのカタストロフィー曲面」の方程式から、カスプ曲線を導出した。企業の成長をカタストロフィー・モデルによって定量的に捉える研究は、初めての試みであり、社会科学の分野におけるカタストロフィー・モデルの応用は、これまで定性的なアプローチがほとんどであり、本論文のように定量的な曲面同定と分析を行った例は非常に少ない。

つづく本論の第 2 部では、統計的アプローチ（多変量解析）により、企業収益（ROA）と研究開発活動（研究開発、設備投資、研究効率）との間の基本的な回帰分析モデルに対して新たにタイム・ラグを導入し、被説明変数または説明変数にタイム・ラグを考慮した

研究開発成果分析モデルを提示した。第 3 章では、被説明変数にタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデルを提示したが、このモデルでは重回帰式の両辺に未知のパラメータが存在するため、交互最小二乗法でパラメータを推定する方法を提案した。これは、単位あたりの総合的な研究開発活動（R&D 投資、設備投資、研究効率）が、当該期以降の企業収益(ROA)にどのような影響を与えるかを分析するモデルである。その実証分析において、企業収益（ROA）に対して、設備投資の効果は即時性が強いので当該期（ w_0 ）に表れ、研究開発投資は、2 期と 4 期のタイム・ラグの影響（ w_2 と w_4 ）が大きいことを確認した。こうした結果は、序論における図 10 の調査報告(文部科学省科学技術・学術政策研究所,2015)と整合的であることを確認した。さらに、第 4 章では、被説明変数のみならず、説明変数にもタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデルを提示した。このモデルにおける説明変数のラグを、第 1 部の直交 4 象限あるいは「くさびのカタストロフィー曲面」におけるサンプル（企業）の属性へと置き換えたモデルを第 3 部で提案している。これにより、第 1 部のサンプル(企業)の属性によって、研究開発活動の成果に与える影響の違い（成果の表れ方の違い）を分析することができるのである。

さらに、本論の第 3 部では、第 1 部の Innovation Map において 4 分割されたモデルと、第 2 部のタイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデルを有機的に結合させる新たな分析モデルの構築を試みた。まず、第 5 章では、説明変数にタイム・ラグを考慮した第 2 部のモデル・パラメータ（タイム・ラグ）に対して、第 1 部の直交 4 象限を導入した新たな分析モデルを提案した。さらに、第 6 章では、Innovation Map にカスプ曲線を考慮すると、直交 4 象限によって分割される企業群とは少し異なる企業群へと移動する企業もあるため、これらの企業群による研究開発活動（研究開発、設備投資、研究効率）の推移の差を定量的に分析した。その結果、本論の図 6.5 に提示するように研究開発投資は、「新製品・新技術創成期」の企業群（企業群①）が最も高くつぎに企業群③でさらに増加することが示唆された。つまり、「新製品・新技術創成期」の企業群①は、集中的に研究開発に投資して企業成長の基礎を築き、「事業拡大期」の企業群③では、新たな成長に向けて研究開発投資を増やしていくのである。一方、設備投資は企業群②が最も高く、次第にそれが減少していくことが示唆された。これにより、「技術革新期」の企業群②は、設備投資を活発化して、その結果として生産効率を向上させることで、競争優位を確立させようとすることが示唆される。

2. 本論文における提案モデルの新規性と学術的な貢献

ここでは、本論文で提案したモデルの中で中核となるモデルの新規性と学術的な貢献について述べたい。本論文の中核となるモデルとは、第 1 部の「研究開発成果のカタストロフィー・モデル」、第 2 部の「タイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデル」、第 3 部

の「Innovation Map の象限別研究開発成果分析モデル」である。

まず、第 1 部で提示した「研究開発成果のカタストロフィー・モデル」についてであるが、つぎの点に新たな試みとしての特徴がある。

- ①くさびのカタストロフィー曲面（方程式）の同定
- ②逐次エントロピー・モデルによる尖点座標の推定とカスプ曲線の同定
- ③投資活動の推移モデル（投資活動循環モデル）の提案

これまで、社会科学におけるカタストロフィー理論の応用研究のほとんどが、定性的なアプローチをとっており、定量的なアプローチの研究は少なかった。このような中において、本論文は、①と②による「くさびのカタストロフィー・モデル」の定量的な研究アプローチを新たに提示し、尖点と「くさびのカタストロフィー曲面（方程式）」を同定しており、こうした点で学術的な面での新たな貢献が認められる。その際、本論文ではファインケミカル企業の財務情報を基にモデルを構築しているが、ファインケミカル企業だけに限定されるものではない。後述する提案モデルも同様であるが、他の業界の企業であっても、それらの財務情報を収集し、提案モデルに従ってくさびのカタストロフィーのパラメータを推定すれば、その業界における尖点の同定や「くさびのカタストロフィー・モデル」が同定できるのである。こうして分析対象となる業界における「くさびのカタストロフィー・モデル」を構築すれば、自社の財務情報から自社の置かれている現状を把握することができるため、戦略的な投資活動の立案に貢献する。たとえば、中小企業においても公開されている財務情報から「くさびのカタストロフィー・モデル」を同定し、自社の財務情報を適用して投資活動に活用することが可能になる。一方、本論文では「くさびのカタストロフィー・モデル」における状態変数 y の研究効率として、特許登録数を設定しているが、たとえば、ROI (Return on Investment : 投資収益率) のような研究指標を設定することも可能であろう。

つぎに、第 2 部で提示した「タイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデル」の新たな試みとして、つぎの点が挙げられる。

- ①交互最小二乗法により被説明変数にラグを考慮したモデルの構築
- ②被説明変数と説明変数の両辺にラグを考慮したモデルの提案

上記のモデルは、被説明変数にラグを考慮することが特徴となっており、その特徴はそれぞれの説明変数に単位あたりのショックを与えたとき、被説明変数のラグに与える影響を推定することにある。一方、説明変数にラグを考慮したモデルとしては、アーモンラグ・モデルが知られている。したがって、①の提案モデル（第 3 章の提案モデル）は被説明変数にラグを有しているが、これは交互最小二乗法によりラグの設定を説明変数から被説明変数へと置き換えたモデルで、広く考えればアーモンラグ・モデルの範疇に含まれるとも考えられる。しかしながら、このことが、被説明変数にラグを考慮したモデルという第 3 章の提案モデルの新規性を、損なうとは考えられない。

また、上記のようなラグに関して、本論文と同様の性格を有する分析法として、VAR モ

デルによるインパルス応答がある。本論文の「タイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデル」は、VARモデルでは「4変数VAR(4)モデル」によって表される。そのインパルス応答関数は、ある要素の誤差項に単位当たりのショックを与えたとき、ROA（本論文においては）の変化を測るものである。したがって、本論文の提案モデルは、推定されたウェイトが付加された総合的な説明変数に単位当たりのショックを与えた結果であるのに対して、インパルス応答関数では、3つの要素（研究開発投資、設備投資、研究効率）の誤差項にそれぞれ単位当たりのショックを与えた結果であるため、加算値にせざるを得ない。そういった面で、本論文の提案モデルの方が、現実に即した推定値と考えられるのである。

さらに、第3部で提示した「Innovation Mapの象限別研究開発成果分析モデル」の新たな試みとしては、つぎの点が挙げられる。

①説明変数のウェイト（偏回帰係数）の属性 d によって異なるモデルの構築

②カスプ曲線を考慮した研究開発成果分析モデルの提案

これにより、本論文で提案した2つのアプローチ（すなわち、第1部のカタストロフィー理論的アプローチと、左辺にも未知のパラメータを持つ多変量解析的アプローチ）が統合され、企業の研究開発成果を分析する際の新たな研究アプローチを開拓することができた。また、直交4象限の象限別要因ウェイト・モデル（第5章）に加えて、カスプ曲線を考慮することにより（第6章）、企業の研究開発活動の推移が、より現実に即した形式で記述されることを確認することができた。

この第3部と同様の性格を有するモデルとして、ボストン・コンサルティング・グループ（BCG）のPPMがある。これは、「相対的な市場シェア」と「市場成長率」の2軸から事業を分類し、企業全体として効率の良い資源配分を検討するためのモデルであるが、第3部で提案したモデルは、その対象を事業から企業全体へと拡張したモデルとなっている。PPMの4象限で記述する事業の特徴と第6章のモデルの4象限で記述する企業の特徴は整合的であり、このことから第3部で提案するモデルが理論面のみならず、実用性に関しても高いことが示唆されるのである。

3. 今後の課題

本論文に残された今後の研究課題として、まず第1に「対象企業・業種への展開」が挙げられる。本論文はファインケミカル企業の財務情報を基に、各種のモデルを構築しているため、実証分析の適用範囲はファインケミカル企業に限定されている。そこで、企業のサンプル数を増やして、製造業全般に広げることによって製造業のモデルを構築することが、本論文における今後の課題の一つとなる。また、サンプル数の増加によって、統計的な頑健性も得られる。このように製造業へ拡張することによって、提案モデルがより一般化されることが期待される。それに伴い、カスプ曲線を考慮した象限別企業群ごとに、フ

ファインケミカル企業に限定されない製造業それぞれの特徴を明かにすることも今後の課題になる。また、被説明変数に関しても、ROAのみならず企業価値（たとえばトービンの q ）や各種利益率指標を取り上げて、企業価値と研究開発活動との関係を分析することも今後の課題であろう。

第2に、「研究開発投資と多角化投資(M&A)の分解」が挙げられる。本論文では、研究開発投資と多角化投資の区別はしていない。すなわち、研究開発投資に多角化投資が含まれているため、多角化投資単独による純粋な効果を抽出するまでには至っていないのである。それは、企業が事業の多角化を図る際に、当然のことながら研究開発に投資することが多いため、両者を純粋に分解することは難しいからである。多角化投資についての先行文献を調査しても、多角化の「戦略」についての先行文献は数多く存在するが、多角化の「投資」に着目した先行文献は数少ない。このことから、本論文の提案モデルを応用した多角化投資について、今後、研究することは有意義なことと考えられる。ただし、研究開発投資を除去した純粋な意味での多角化投資を、公開情報から入手することができるかという問題は残る。

第3に、企業間の相互作用、とりわけ同業他社との競争関係を本論文の提案モデルに組み込むことが挙げられる。研究開発投資や設備投資は、競争関係にある同業他社の業績や投資活動からも影響を受けるが、本論文では、これらの企業間の相互作用については考慮されていない。しかしながら、競争他社の業績や投資活動が、企業収益や企業価値に及ぼす影響、とりわけ当該期以降の企業収益や企業価値に及ぼす影響は重要な研究視座であろう。この課題に対して、本論文で提案した「タイム・ラグを考慮した研究開発成果分析モデル」が、一つの有効な研究手段となることが期待される。

以上のように、本論文にはいくつかの重要な課題が残されているが、本論文の各章において提案したモデルは、財務情報に反映される成長の軌跡を研究する際の理論的・方法論的な基盤となりうる。さらに、現時点では本論文の成果はファインケミカル企業に限定されるものの、その成果を基に、上記のような今後の課題に挑戦することにより、企業における研究開発成果の定量的分析に関して、社会科学と自然科学にまたがる新たな学際的研究領域を開拓し体系化していきたい。

参考文献

日本語文献

- 秋池篤 (2012) : 「A-U モデルの誕生と変遷—経営学輪講 Abernathy and Utterback(1978) 一」, 赤門マネジメント・レビュー, 11 巻, 10 号
- 浅見正弘(2016) : 「企業の事業転換とオープンイノベーション」, J.Jpn.Intel.Prod., Vol.12,No2
- 阿部剛久(2011): 「特異性の概念は近代数学へ如何に寄与したか(III)－2-20 世紀後半の主題 (3): 後半からの新しいもの—(新々概念と応用の系列)」, 芝浦工業大学, 数理解析研究所講究録,第1739巻,pp.251-263
- 池内健太, 権 赫旭, 深尾京司(2013) : 「産業別研究開発ストックの推計について」, 文部科学省科学技術政策研究所
- 石崎忠司(1999), 『企業の持続的成長分析』, 同文館出版
- 坂根巖夫(1975) : 「破局の理論の現代的意義」, 理想 , No.506, pp.1-10
- 伊藤善夫(2013) : 「プロダクトイノベーションの諸相」, アジア国際経済戦略学会 (AIBS), 第 6 回報告大会要旨集
- 大飼幸男(1988) : 「感覚計測とデータ処理(2)－多次元データの計測と処理－」, 織消誌, 日本繊維製品消費科学学会誌, Vol.29, No.7
- 今口忠政(2007) : 「組織の衰退とイノベーション: ライフスタイルの視点から」, 三田商学研究, Vol.50, N0.3, pp.45-55
- 大塚哲洋(2009) : 「日本企業の競争力低下要因を探る～研究開発の視点からみた問題と課題～」, みずほ総合研究所, みずほレポート
- 大野高裕, 尾関守, 森元優(1986) : 「カタストロフィー理論を用いた企業倒産のモデル化」, 日本経営工学会誌, Vol.37, No.5, pp.328
- 大野高裕(1990) : 「カタストロフィーによる企業倒産予測モデルの構築」 (日本経営財務研究学会編『資本市場の発展と資産運用』, 第7章, pp.135-149) , 中央経済社
- 岡田健吉(1987) : 「カタストロフィー理論の相転移への応用-1」, 固体物理, Vol.22, No.1, pp.25-32
- 岡田隆子(2008) : 「R&D をめぐる実証研究のサーベイ」, 東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター, Discussion Paper No.201
- 岡田隆子(2011): 「R&D と将来収益との関連性」, 山口経済学雑誌, Vol.59, No.6, pp.641-666
- 沖本竜義 (2010) : 『経済・ファイナンスの計量時系列分析』, 朝倉書店
- 小田切宏之, 羽田尚子, 本庄裕司 (1997) : 「製薬企業における研究開発の効率性と企業価値」, 医療と社会, Vol.7, No.1
- 小野俊夫(1995) : 「経済システムの移動均衡とカタストロフィー— I カタストロフィー理論序説—」, 早稲田社会科学研究所, 第 51 号

- 風間信隆(2002):「21世紀経営学の課題—企業統治改革と共生型経営—」, 明大商學論叢, Vol.85, No.1, pp.7-20
- 加藤久明(2010):「持続可能なイノベーションに関する一考察—「生活起点」の視点から—」, 政策科学, 立命館大学政策科学会, Vol.17 (特別号) ,pp.65-75
- 金子勝一, 藏巍, 鄭年皓, 山下洋史(2009):「「浅草に対する好感度」のカタストロフィー・フレームワーク」, 第43回 日本経営システム学会全国大会講演論文集, pp.108-111
- 国沢清典(1975):『エントロピー・モデル』, 日科技連
- 栗原 剛(2013):「「気象要素の地域差加算モデル」による家庭用エアコンの全国需要分析」, 第5回日本気象予報士会研究成果発表会, 予稿
- 権善喜(2018):「感情喚起に基づく消費者行動分析モデル」, 明治大学大学院情報コミュニケーション研究科博士学位論文
- 榊原茂樹, 與三野禎倫, 鄭義哲, 古澄英男(2006):「企業の研究開発投資と株価形成」, 証券アナリストジャーナル, Vol.44, No.7, pp.48-55
- 佐野正博(2014):「イノベーションの歴史的展望構造に関するドミナント・デザイン論的理
解」, ver3.6, 明治大学 2014 年度講義メモ
- 新宅純二郎(1994):『日本企業の競争戦略』, pp.16, 有斐閣
- 鈴木努(2010):「社会学におけるネットワーク・アプローチの可能性」, 東京都立大学博士
学位論文
- 高根芳雄(1976):「心理学における非計量データ」, 東京大学博士学位論文
- 高橋伸夫(1993):『組織の中の決定理論』, 朝倉書店
- 徳井丞次, 乾 友彦, 金 榮愨(2007):「体化された技術進歩と資本の平均ヴァインテージ」,
独立行政法人 経済産業研究所
- 中邨良樹(2002):「研究開発投資決定のためのテクノ・ダイナミックス・モデルの構築」,
日本経営工学会論文誌, Vol.53, No.1, pp.26-36
- 野口広(1982):『経営のカタストロフィー理論』, PHP研究所
- 野尻泰民(2017):「富士フィルムの事業転換と成功の背景」, 明治大学大学院商学研究科
商学研究論集, Vol.47, pp.187-207
- 野尻泰民(2018a):「企業の特許動と企業価値や収益との関係—ファインケミカル産業の場合に
ついて—」, 第48号, pp. 239-260
- 野尻泰民(2018b):「企業の研究開発活動とその成果—ファインケミカル産業の場合に
ついて—」, 明治大学大学院商学研究科 修士論文
- 藤本隆宏(2002):「製品アーキテクチャの概念・測定・戦略に関するノート」, RIETI
Discussion Paper Series 02-J-008
- 正井純子(2015)「日本の化学系企業の特許出願と収益性との関連について」, 研究・イノベ
ーション学会, 年次学術大会講演要旨集 30 , pp.747-752

- 松丸正延, 山下洋史, 尾関守(1991): 「交互最小二乗法を用いた合併効果の分析モデル」, 日本経営工学会誌, Vol.42, No.4
- 間晋崇(2005): 「企業の研究開発活動と企業価値—化学産業における企業開発初活動についての実証分析—」, 研究年報経済学 (東北大学経済学会編), Vol.66, No.3, pp.581-591
- 村田厚生, 久米靖文, 橋本文雄(1985): 「確率的カタストロフィーモデルのパラメータ推定とモデルの妥当性について」, 日本経営工学会誌, Vol.35, No.6, pp.386-391
- 安村克己(1985): 「組織成長の不連続性—カタストロフィー理論の応用」, 立教大学社会学部応用社会学研究, No.26, pp.65-74
- 山澤成康(2004): 『実戦計量経済学入門』, pp.115-119, 日本評論社
- 山下洋史(1996): 『人的資源管理の理論と実際』, 東京経済情報出版
- 山下洋史(2000): 『人事情報管理のための評定傾向分析モデル』, 明治大学 社会科学研究所叢書, 経林書房
- 山下洋史(2012): 「組織におけるメンバーの活性化と内部エネルギー」, 明大商学論叢, Vol.94, No.2・3 (合併号), pp.13-21
- 山下洋史, 諸上茂登, 風間信隆, 村田潔ほか著(2011): 『経営品質科学の研究』, 明治大学経営品質科学研究所編, 中央経済社
- 山下洋史, 諸上茂登編著(2017): 『企業のサステナビリティ戦略とビジネス・クオリティ』, 同文館出版
- 山田節夫(2008): 「日本における patent stock と citation stock の作成」, 内閣府経済社会総合研究所『経済分析』, No.180, pp.63-81
- 劉慕和(2002): 「研究開発費の資産化効果に関する実証研究—日本の医薬品企業を中心に—」, 研究年報経済学 (東北大学経済学会編), Vol.63, No.3

英語文献

- Abernathy, W.J., & Utterback, J.M.(1978): “Patterns of industrial innovation” *Technology Review*, 80(7), pp.40-47
- Almon, Shirley. (1965): “The distributed lag between capital appropriations and expenditures”, *Econometrica*, Vol.33, No.1, pp.178-196
- Branch, B., (1974): “Research and Development Activity and Profitability: A Distributed Lag Analysis”, *Journal of Political Economy*, Vol. 82, No. 5, pp.999-1011.
- 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*, Vol. 78, No. 2, pp.419-423.
- Cobb,L.(1978): “Stochastic Catastrophe model and Multimodal Distributions” , *Behav. Sci.*, Vol.23, pp.360-374

- Cobb,L. (1981) : “Parameter Estimation for the Cusp Catastrophe Model” , *Behav. Sci.*, Vol.26, pp.75-78
- Griliches, Z.(1981) : “Market Value, R&D, and Patents” , *Economics Letters*, Vol. 7, No. 2
- Gu,F.(2005) : “Innovation, future earning, and market efficiency” , *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, 20(4), pp.385-418
- Hirshleifer,Hsu and Li(2013) : “Innovative Efficiency and Stock returns. Journal of Financial Economics” , Vol.107, No.3, pp.632-654
- Lev, B. and Sougiannis, T.(1996) : “ The capitalization, amortization, and value-relevance of R&D” , *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 21, No. 1, pp. 107-138.
- Schumpeter, J.A. (1926) : “Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung” , 2, Aufl., (塩野谷祐一、中山伊知郎、東畑精一訳(1977),『経済発展の理論 (上)』,岩波書店)
- Takane,Y., Young,F.W. and de Leeuw, J.(1980) : “ An Individual Differences Additive Model : An AlternatingLeast Squares Method with Optical ScalingFeatures” , *Psychometrica*, Vol.45, pp.183-209
- Thom,R. (1972) : “Stabilité Structurale et Morphogénèse” , *InterEdition Paris*
(原書第 2 版,ルネ・トム著「構造安定性と形態形成」 (彌永昌吉,宇敷広重訳(1980), 岩波書店)
- Tobin, J. (1969) : “A General Equilibrium Approach to Monetary Theory” , *Journal of Money, Credit and Banking*1, 15-29
- Ulrich, K. T. (1995). : “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm”. *Research Policy*, 24, pp.419-440.
- Zeeman,E.C. (1977) : “Catastrophe Theory Selected Papers 1972-1977” ,*Addison-Wesley Publishing Company, Inc.*

その他

野村証券 証券用語解説集, <https://nomura.co.jp/terms>

文部科学省科学技術・学術政策研究所(2015) : 民間企業の研究活動に関する調査報告

【 付録 】

本論文の分析に用いた財務データおよび特許データ

注釈：

財務データの収集は、「eol」と「日経バリューサーチ」を使用した。収集上の注意点は以下の通りである。

- ① データの収集にあたっては「連結」データを採用した。
- ② 研究開発投資、設備投資は有価証券報告書の「2. 事業の状況」から収集した。

特許データの収集は、「サイバーパテントデスク」を使用した。収集上の注意点は以下の通りである。

- ①会計年度期間（3月期）で集計した。
- ②切断バイアス（直近にしたがい特許登録数が減る現象）を補正した推定値になっている。

1		富士フイルム		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産	
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)	
1989	0.116	57,828	262,889	51,192	365,814	-	3,007	928,535	1,336,350	
1990	0.116	58,883	269,194	62,202	391,435	1,346	3,199	1,064,919	1,529,442	
1991	0.109	66,409	281,764	71,975	424,266	2,164	3,439	1,117,429	1,632,458	
1992	0.098	72,842	298,253	66,231	448,070	2,094	3,561	1,142,303	1,698,079	
1993	0.085	74,879	313,482	39,990	443,253	2,162	3,372	1,086,774	1,644,220	
1994	0.079	71,750	322,536	22,175	421,104	2,103	3,232	1,066,748	1,714,559	
1995	0.072	70,856	328,884	28,715	407,708	2,019	3,174	1,084,957	1,846,887	
1996	0.083	72,655	335,762	30,320	397,258	2,071	3,082	1,252,117	1,985,496	
1997	0.082	76,818	345,428	41,316	398,848	2,247	3,041	1,378,061	2,131,623	
1998	0.078	81,954	358,296	50,510	409,473	71,968	2,997	1,437,810	2,119,454	
1999	0.066	79,966	366,602	77,608	446,133	48,393	3,131	1,401,791	2,235,876	
2000	0.053	77,063	370,345	102,722	504,242	243,736	3,144	1,440,389	2,830,313	
2001	0.067	120,552	416,828	107,455	561,273	248,717	3,386	1,753,431	2,345,584	
2002	0.065	103,673	437,135	93,125	598,271	277,951	4,122	1,843,210	2,343,254	
2003	0.075	90,759	440,467	122,108	660,552	280,969	4,143	1,933,186	2,394,924	
2004	0.067	97,291	449,665	117,176	711,673	323,130	4,202	1,874,194	2,334,066	
2005	0.029	99,504	459,236	130,684	771,189	314,662	4,520	1,977,328	2,374,762	
2006	0.044	95,753	463,142	109,046	803,116	405,162	4,705	2,080,644	2,637,447	
2007	0.074	106,325	476,838	112,640	835,444	493,136	4,874	1,999,978	2,565,185	
2008	0.009	106,307	487,778	67,824	819,724	475,405	5,811	1,631,508	2,240,955	
2009	▲ 0.013	102,252	492,475	36,649	774,401	423,948	5,940	1,496,118	2,161,746	
2010	0.064	99,901	493,881	69,929	766,890	440,982	6,847	1,512,373	2,075,328	
2011	0.048	108,713	503,818	69,571	759,772	492,149	7,132	1,474,852	2,095,428	
2012	0.047	104,975	508,029	49,779	733,574	561,953	6,948	1,504,924	2,377,637	
2013	0.055	99,406	505,829	41,640	701,856	567,123	6,278	1,673,461	2,535,591	
2014	0.059	94,951	499,614	36,448	668,118	649,412	5,086	1,721,761	2,839,296	
2015	0.070	94,781	494,473	48,172	649,479	657,017	3,917	1,723,434	2,654,890	

(注1)2000年度より営業権(のれん)の記載があり、これを含む

(注2)2001年3月富士ゼロックスを連結子会社化

2		東レ		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産	
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)	
1989	0.068	29,053	131,544	42,227	224,896	440	1,710	844,037	1,057,012	
1990	0.070	29,773	135,008	37,891	240,297	1,463	1,759	917,144	1,149,798	
1991	0.063	31,061	139,067	37,425	253,693	1,606	1,715	976,738	1,219,283	
1992	0.054	31,456	142,710	41,739	270,062	1,598	1,653	970,467	1,248,367	
1993	0.035	30,927	145,095	33,512	276,568	1,831	1,619	884,072	1,185,031	
1994	0.032	29,417	145,493	50,188	299,099	2,141	1,551	900,502	1,239,295	
1995	0.041	32,720	149,115	52,017	321,205	2,617	1,550	941,346	1,311,615	
1996	0.051	32,364	151,656	29,342	318,427	2,477	1,528	1,046,837	1,392,496	
1997	0.050	33,460	154,784	44,550	331,134	2,767	1,479	1,087,713	1,427,291	
1998	0.033	40,039	163,866	37,447	335,468	6,999	1,452	1,001,117	1,437,360	
1999	0.022	40,607	171,700	92,385	394,306	7,942	1,381	990,487	1,470,850	
2000	0.035	39,630	176,990	51,454	406,329	7,078	1,388	1,075,371	1,461,133	
2001	0.014	38,790	180,381	57,567	423,263	7,544	1,437	1,015,713	1,386,507	
2002	0.025	37,980	182,285	48,815	429,752	9,097	1,530	1,032,991	1,300,954	
2003	0.044	38,008	183,836	44,453	431,230	9,645	1,582	1,088,501	1,295,314	
2004	0.058	38,788	185,857	65,070	453,176	10,810	1,511	1,298,606	1,402,264	
2005	0.061	39,268	187,953	96,726	504,585	11,522	1,594	1,427,488	1,537,422	
2006	0.061	41,108	191,471	113,403	567,529	13,490	1,658	1,546,461	1,674,447	
2007	0.061	44,123	197,300	139,962	650,738	14,893	1,832	1,649,670	1,698,226	
2008	0.024	48,031	205,871	86,167	671,831	10,519	2,162	1,471,561	1,523,603	
2009	0.026	46,620	211,316	52,851	657,498	10,361	2,158	1,359,631	1,556,796	
2010	0.064	46,600	215,653	55,400	647,149	9,282	2,193	1,539,693	1,567,470	
2011	0.068	51,244	223,766	95,008	677,441	42,620	2,304	1,588,604	1,581,501	
2012	0.048	53,407	232,420	98,104	707,801	42,620	2,380	1,592,279	1,731,933	
2013	0.050	54,626	240,562	113,779	750,800	100,084	2,157	1,837,778	2,119,683	
2014	0.052	57,525	249,975	125,692	801,412	98,506	1,841	2,010,734	2,357,925	
2015	0.068	55,842	255,821	125,887	847,158	87,159	1,623	2,104,430	2,278,386	

3		旭化成		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.082	40,733	184,805	67,151	523,425	4,701	1,378	1,176,640	1,199,564
1990	0.075	43,521	191,365	61,585	532,667	4,732	1,450	1,301,447	1,287,101
1991	0.058	45,764	198,857	59,476	538,877	4,528	1,417	1,305,888	1,246,738
1992	0.038	50,485	209,571	62,489	547,478	4,529	1,351	1,232,010	1,267,398
1993	0.020	46,829	214,486	53,486	546,216	4,370	1,311	1,151,503	1,217,299
1994	0.031	46,602	218,191	48,485	540,079	5,900	1,198	1,154,903	1,209,696
1995	0.046	47,435	221,987	42,478	528,549	5,704	1,187	1,210,170	1,235,053
1996	0.058	47,847	225,437	45,332	521,026	7,011	1,216	1,291,599	1,250,921
1997	0.052	48,341	228,690	48,556	517,479	7,041	1,248	1,281,675	1,206,871
1998	0.043	54,932	237,885	41,842	507,574	8,316	1,267	1,171,845	1,185,249
1999	0.063	48,938	239,246	53,725	510,541	18,110	1,295	1,194,462	1,180,372
2000	0.077	48,393	239,790	59,831	519,319	21,794	1,315	1,269,414	1,240,007
2001	0.038	49,181	241,013	66,168	533,555	31,547	1,448	1,195,393	1,193,011
2002	0.051	49,809	242,619	85,275	565,474	37,612	1,628	1,193,614	1,212,374
2003	0.049	49,207	243,303	80,004	588,931	39,675	1,630	1,253,534	1,249,206
2004	0.091	51,227	245,869	64,114	594,151	36,411	1,613	1,377,697	1,270,057
2005	0.079	50,907	247,603	62,331	597,068	33,094	1,637	1,498,620	1,376,044
2006	0.088	50,948	249,031	79,507	616,868	28,466	1,753	1,623,791	1,459,922
2007	0.090	54,114	253,338	78,249	633,431	26,226	1,824	1,696,789	1,425,367
2008	0.025	58,452	261,123	119,600	689,687	37,384	2,107	1,553,108	1,379,337
2009	0.042	63,495	272,394	81,899	702,618	34,656	2,361	1,433,595	1,368,892
2010	0.086	62,320	280,235	66,014	698,370	31,101	2,514	1,555,945	1,425,879
2011	0.074	65,939	290,127	85,763	714,296	45,189	2,535	1,573,230	1,410,568
2012	0.051	71,263	303,364	113,906	756,772	255,417	2,564	1,666,640	1,800,170
2013	0.075	69,981	312,673	92,299	773,394	258,419	2,144	1,897,766	1,915,089
2014	0.078	73,033	323,171	87,161	783,215	286,076	1,805	1,986,405	2,014,531
2015	0.075	77,037	335,574	96,462	801,355	494,582	1,482	1,940,914	2,211,729

4		花王		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.068	25,439	114,196	55,049	287,398	30,594	1,038	620,429	574,169
1990	0.066	27,851	119,207	48,577	307,235	28,638	1,132	661,950	635,398
1991	0.067	32,353	127,719	47,831	324,343	45,885	1,295	729,884	663,494
1992	0.074	33,167	135,342	47,838	339,747	43,898	1,414	771,269	696,699
1993	0.077	34,339	142,612	46,170	351,942	42,497	1,469	773,892	714,812
1994	0.078	37,065	151,155	44,270	361,018	44,569	1,463	796,729	709,263
1995	0.079	34,371	155,295	44,094	369,011	36,647	1,626	835,596	756,849
1996	0.080	33,971	158,207	31,823	363,933	35,168	1,742	901,401	807,124
1997	0.086	33,629	160,195	33,089	360,629	34,483	1,781	907,248	778,761
1998	0.122	34,876	163,032	32,541	357,107	49,558	1,816	924,595	751,725
1999	0.132	37,243	167,668	31,925	353,322	46,610	1,943	846,921	750,016
2000	0.137	36,074	170,209	52,527	370,516	57,370	2,001	821,629	783,760
2001	0.145	37,245	173,412	43,805	377,270	53,158	1,997	839,026	772,144
2002	0.159	38,093	176,823	76,709	416,252	104,115	2,027	865,247	720,849
2003	0.165	39,132	180,590	47,993	422,619	98,372	2,128	902,627	723,891
2004	0.176	40,165	184,637	50,855	431,212	86,222	2,288	936,851	688,973
2005	0.098	39,824	187,533	191,379	579,470	466,221	2,410	971,230	1,220,564
2006	0.097	43,137	193,164	66,067	587,590	442,469	2,615	1,231,808	1,247,797
2007	0.094	43,420	197,951	46,287	575,117	401,087	2,763	1,318,513	1,232,601
2008	0.086	44,309	202,670	42,114	559,719	348,445	2,828	1,276,316	1,119,676
2009	0.088	45,319	207,455	43,750	547,497	313,934	2,989	1,184,384	1,065,751
2010	0.102	45,516	211,480	48,862	541,610	272,958	3,048	1,186,831	1,022,799
2011	0.110	47,861	217,045	47,495	534,943	237,462	3,111	1,216,095	991,272
2012	0.099	37,575	211,211	41,747	523,197	215,923	3,060	1,012,595	1,030,347
2013	0.110	48,917	217,886	63,530	534,407	192,618	2,571	1,315,217	1,133,276
2014	0.111	49,984	224,293	66,795	547,761	167,930	2,151	1,401,707	1,198,233
2015	0.128	49,384	228,818	81,245	574,230	143,722	1,828	1,471,791	1,281,869

年 (西暦)	信越化学		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
	ROA (ROA)	実質R&D (フロー値) (Fit)	R&Dストック (Rit)	実質設備投資 (フロー値) (Fit)	資本ストック (Kit)	無形固定資産 (フロー値) (INTit)	特許登録数 (ストック値) (PSit)	売上高 (SALit)	簿価総資産 (ASit)
1989	0.089	10,489	39,671	14,097	60,783	1,118	1,080	425,090	545,957
1990	0.085	10,584	42,320	19,614	74,319	992	1,084	466,993	587,692
1991	0.074	10,516	44,372	18,230	85,117	869	1,090	478,351	614,490
1992	0.053	13,398	48,896	20,947	97,553	848	1,152	460,929	602,482
1993	0.050	10,634	49,751	7,768	95,566	680	1,212	464,448	600,754
1994	0.074	10,583	50,383	10,795	96,804	558	1,200	522,917	643,936
1995	0.096	10,842	51,149	16,364	103,487	462	1,174	575,176	708,637
1996	0.080	11,005	51,924	15,353	108,492	423	1,048	624,405	931,159
1997	0.076	10,616	52,155	26,782	124,425	518	912	693,275	1,083,781
1998	0.081	10,058	51,782	22,138	134,120	489	846	642,796	1,060,973
1999	0.075	26,386	67,811	50,237	170,946	5,752	880	678,859	1,168,729
2000	0.089	25,257	79,506	94,971	248,822	3,416	898	807,485	1,265,799
2001	0.089	27,983	91,588	72,108	296,048	3,510	953	775,097	1,288,432
2002	0.093	27,555	100,825	59,493	325,936	4,292	958	797,523	1,310,874
2003	0.091	26,757	107,417	94,334	387,677	24,378	937	832,804	1,386,216
2004	0.103	28,206	114,140	99,450	448,359	28,637	922	967,486	1,476,248
2005	0.111	31,655	122,967	112,620	516,143	25,347	918	1,127,915	1,671,280
2006	0.130	40,561	138,934	198,373	662,901	25,964	972	1,304,695	1,859,995
2007	0.150	46,189	157,336	253,384	849,995	25,859	924	1,376,364	1,918,544
2008	0.138	35,993	161,862	150,443	915,439	18,253	993	1,200,813	1,684,944
2009	0.066	33,879	163,369	118,217	942,112	17,055	1,091	916,837	1,769,139
2010	0.084	37,321	168,016	113,890	961,791	14,020	1,170	1,058,257	1,784,166
2011	0.083	35,547	169,960	87,819	953,430	13,587	1,355	1,047,731	1,809,841
2012	0.082	37,746	173,714	83,106	941,194	14,637	1,505	1,025,409	1,920,903
2013	0.079	42,860	181,832	70,480	917,554	19,408	1,490	1,165,819	2,198,912
2014	0.076	45,600	191,065	107,501	933,300	18,012	1,272	1,255,543	2,452,306
2015	0.083	44,792	197,644	131,298	971,268	13,152	1,081	1,279,807	2,510,085

年 (西暦)	コニカミノルタ		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
	ROA (ROA)	実質R&D (フロー値) (Fit)	R&Dストック (Rit)	実質設備投資 (フロー値) (Fit)	資本ストック (Kit)	無形固定資産 (フロー値) (INTit)	特許登録数 (ストック値) (PSit)	売上高 (SALit)	簿価総資産 (ASit)
1989	0.055	22,039	91,315	13,544	73,880	5,422	2,609	509,108	549,784
1990	0.049	22,308	95,360	13,888	80,380	6,049	2,766	538,073	559,302
1991	0.030	22,608	98,896	15,783	88,125	6,794	2,654	533,999	560,512
1992	0.028	22,717	101,834	12,308	91,620	6,367	2,402	502,624	560,219
1993	0.019	21,282	102,749	10,059	92,517	5,883	2,109	492,947	531,568
1994	0.031	21,081	103,280	10,134	93,399	5,585	1,867	517,601	544,739
1995	0.032	21,290	103,914	8,545	92,604	6,239	1,726	505,349	552,009
1996	0.040	22,827	105,958	7,889	91,233	5,748	1,718	578,081	592,997
1997	0.037	25,140	109,907	14,993	97,102	5,717	1,768	584,402	629,063
1998	0.025	26,885	114,810	12,953	100,345	5,890	1,815	584,342	589,202
1999	0.060	25,176	117,024	19,516	109,826	7,784	1,926	560,900	549,703
2000	0.059	25,971	119,590	26,310	125,153	8,881	2,125	543,719	518,181
2001	0.056	28,939	124,612	40,317	152,955	10,884	2,323	539,571	527,360
2002	0.083	30,614	130,304	19,621	157,281	10,646	2,496	559,041	515,956
2003	0.059	49,901	154,144	32,698	174,251	120,204	2,682	860,420	969,589
2004	0.071	66,661	189,976	52,850	209,676	109,625	2,824	1,067,447	955,542
2005	0.088	66,447	218,428	63,516	252,224	103,483	3,144	1,068,390	944,054
2006	0.109	70,109	244,851	60,281	287,282	97,971	3,399	1,027,630	951,052
2007	0.123	78,391	274,272	71,062	329,615	93,848	3,796	1,071,568	970,538
2008	0.061	78,678	298,096	57,725	354,379	111,623	4,538	947,843	918,058
2009	0.051	69,021	307,498	36,014	354,954	99,074	4,936	804,465	865,797
2010	0.047	72,600	318,598	42,982	362,441	88,371	5,339	777,953	845,453
2011	0.045	72,139	327,018	34,288	360,485	87,341	5,752	767,879	902,052
2012	0.043	71,643	333,258	38,485	362,922	110,937	5,607	813,073	940,553
2013	0.040	69,980	336,586	47,333	373,962	119,563	4,743	935,214	991,700
2014	0.066	71,738	341,007	45,093	381,659	126,132	3,774	1,002,758	1,001,800
2015	0.062	72,366	345,171	51,256	394,749	178,390	3,006	1,031,740	976,370

(注)2003年度の合併によりコニカミノルタとなる

7		DIC		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.046	20,430	97,095	20,713	98,651	115,347	458	802,715	868,084
1990	0.052	21,827	99,503	22,592	111,378	114,154	506	925,203	959,501
1991	0.035	23,438	103,041	23,943	124,183	111,061	519	916,872	1,021,508
1992	0.029	24,899	107,332	29,888	141,653	108,250	548	889,057	1,053,893
1993	0.015	25,541	111,407	26,860	154,348	103,592	548	848,174	1,069,797
1994	0.025	26,014	115,139	16,784	155,697	104,507	543	849,661	1,063,310
1995	0.042	26,402	118,513	13,220	153,347	77,295	599	868,336	1,036,548
1996	0.043	26,045	120,855	15,087	153,100	89,239	587	945,968	1,085,518
1997	0.041	25,641	122,325	15,777	153,567	109,560	545	1,021,759	1,158,240
1998	0.040	33,700	131,560	14,740	152,950	103,208	504	984,005	1,126,327
1999	0.037	29,725	134,973	78,862	216,517	102,209	528	939,216	1,157,360
2000	0.042	30,879	138,858	47,192	242,057	113,771	533	981,842	1,139,242
2001	0.028	32,586	143,673	44,616	262,467	97,867	594	979,779	1,113,056
2002	0.039	32,661	147,599	39,142	275,362	87,553	650	961,998	1,042,247
2003	0.043	35,262	153,341	42,352	290,178	82,766	704	974,763	1,016,834
2004	0.048	33,813	156,486	40,403	301,563	67,187	713	1,002,883	998,807
2005	0.051	32,098	157,287	36,543	307,949	69,063	735	1,004,840	969,469
2006	0.052	32,818	158,648	41,005	318,159	82,678	757	1,015,664	991,780
2007	0.049	32,228	159,146	36,740	323,084	83,413	715	1,077,897	978,299
2008	0.034	30,904	158,221	41,490	332,266	14,341	757	932,334	738,460
2009	0.037	27,297	153,874	22,985	322,024	13,881	848	757,849	749,866
2010	0.053	26,295	149,394	20,803	310,625	12,317	980	778,964	703,760
2011	0.052	23,597	143,112	27,276	306,838	11,803	1,041	734,276	675,067
2012	0.056	23,076	137,566	26,633	302,788	14,799	1,158	703,781	692,991
2013	0.053	19,485	129,538	27,073	299,582	15,561	1,116	705,647	761,690
2014	0.051	24,487	128,117	32,852	302,476	13,311	1,134	830,078	803,703
2015	0.066	25,493	127,987	31,265	303,494	11,256	1,004	819,999	778,857

8		日東電工		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.044	7,556	31,038	8,274	38,750	6,389	381	214,978	266,765
1990	0.047	8,071	32,902	15,785	50,660	5,927	417	249,691	283,462
1991	0.044	8,423	34,744	12,161	57,755	5,798	445	259,965	302,680
1992	0.034	8,229	36,024	10,988	62,968	5,166	441	253,782	278,247
1993	0.033	8,063	36,883	7,913	64,584	4,821	412	249,844	275,743
1994	0.047	8,162	37,668	5,261	63,386	4,474	356	257,509	287,102
1995	0.056	8,949	39,083	10,786	67,834	4,709	366	271,462	294,546
1996	0.061	9,833	41,099	12,630	73,680	4,141	408	299,829	310,542
1997	0.071	9,874	42,753	8,025	74,338	4,494	415	319,318	319,592
1998	0.058	11,449	45,651	11,744	78,648	4,009	459	297,104	317,135
1999	0.080	10,417	46,938	21,674	92,458	2,652	548	325,398	334,500
2000	0.097	12,096	49,647	23,103	106,315	3,367	605	365,697	357,653
2001	0.055	12,949	52,667	30,671	126,354	5,688	693	338,930	350,340
2002	0.089	13,991	56,124	25,683	139,402	5,705	761	378,705	379,811
2003	0.144	16,079	60,979	29,386	154,848	6,753	883	452,726	389,525
2004	0.158	16,908	65,691	37,545	176,908	6,619	983	514,867	443,264
2005	0.160	20,266	72,819	57,236	216,453	7,326	1,074	626,316	556,934
2006	0.114	21,121	79,376	70,946	265,754	6,768	1,117	679,822	604,208
2007	0.131	21,287	84,788	56,066	295,244	6,610	1,193	745,259	595,972
2008	0.025	20,861	88,691	52,782	318,502	8,579	1,375	577,922	558,258
2009	0.090	21,066	92,018	36,222	322,874	7,273	1,503	601,859	624,992
2010	0.130	21,949	95,564	26,882	317,468	8,100	1,644	638,556	653,961
2011	0.087	24,879	101,329	34,011	319,733	8,955	1,803	607,639	651,908
2012	0.092	27,628	108,692	49,860	337,619	13,963	1,787	671,253	740,949
2013	0.093	28,123	115,077	75,733	379,591	19,544	1,572	749,504	783,583
2014	0.125	27,303	119,364	55,482	397,113	15,804	1,307	825,243	855,433
2015	0.124	30,504	125,995	58,871	416,273	13,298	1,075	793,054	825,905

9		帝人								注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)	
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産		
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)		
1989	0.053	19,145	88,204	18,248	106,702	1,221	818	570,025	898,287		
1990	0.048	20,870	91,434	26,745	122,776	1,385	815	612,622	944,469		
1991	0.039	21,747	94,894	35,202	145,700	1,459	856	631,894	1,006,711		
1992	0.031	22,670	98,585	34,699	165,829	1,467	902	618,391	998,409		
1993	0.014	22,537	101,405	21,973	171,219	1,485	976	562,717	898,334		
1994	0.018	21,367	102,491	10,516	164,613	2,083	974	566,734	899,395		
1995	0.037	21,007	102,999	12,840	160,992	2,826	983	618,650	866,140		
1996	0.038	20,574	102,974	11,231	156,124	3,851	976	639,208	871,056		
1997	0.032	21,327	103,706	16,622	157,134	3,413	884	608,131	850,215		
1998	0.036	26,692	109,657	15,306	156,726	3,557	844	574,175	838,677		
1999	0.026	27,789	115,514	36,716	177,770	20,668	837	604,173	1,015,857		
2000	0.041	29,406	121,818	42,546	202,539	58,114	849	761,410	1,058,514		
2001	0.027	31,647	129,101	49,432	231,717	60,799	859	923,446	1,104,633		
2002	0.034	30,202	133,483	63,695	272,240	56,141	882	890,434	1,036,518		
2003	0.042	33,333	140,120	49,084	294,100	50,236	839	874,569	914,502		
2004	0.061	30,303	142,399	50,651	315,342	46,468	797	908,389	852,029		
2005	0.081	30,861	144,779	62,792	346,599	44,858	819	938,082	943,991		
2006	0.075	34,111	149,934	71,301	383,240	53,754	808	1,009,586	999,917		
2007	0.064	34,971	154,919	79,843	424,759	74,699	791	1,036,623	1,015,990		
2008	0.021	36,119	160,054	71,538	453,822	81,966	875	943,409	874,157		
2009	0.016	33,703	161,747	35,396	443,836	77,434	1,000	765,840	823,071		
2010	0.064	31,500	160,897	29,200	428,652	67,615	1,089	815,655	761,534		
2011	0.045	31,642	160,360	32,542	418,329	62,690	1,090	854,370	762,118		
2012	0.016	33,267	161,554	36,339	412,835	33,676	1,039	745,712	762,399		
2013	0.024	31,693	160,936	30,168	401,719	29,457	876	784,424	768,411		
2014	0.047	31,325	160,074	27,486	389,033	20,627	701	786,171	823,694		
2015	0.082	31,625	159,684	37,318	387,448	16,653	582	790,748	823,429		

10		カネカ								注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)	
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産		
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)		
1989	0.077	10,682	47,045	13,868	89,438	145	439	246,784	287,560		
1990	0.069	11,361	48,997	20,475	100,969	140	453	274,050	308,401		
1991	0.053	12,171	51,369	24,899	115,771	135	473	276,185	312,028		
1992	0.029	12,718	53,813	19,251	123,445	227	475	258,431	301,234		
1993	0.016	13,131	56,182	15,326	126,427	333	472	261,123	306,986		
1994	0.034	12,621	57,567	14,690	128,474	556	451	273,186	305,502		
1995	0.035	12,197	58,251	14,375	130,001	352	423	283,563	319,318		
1996	0.042	12,176	58,777	16,358	133,360	1,782	447	307,577	336,764		
1997	0.056	11,659	58,680	12,937	132,961	2,177	497	327,888	353,328		
1998	0.068	11,992	58,936	13,310	132,975	2,810	544	342,943	359,105		
1999	0.070	11,974	59,123	20,795	140,472	3,717	671	353,792	380,226		
2000	0.059	12,783	60,081	21,157	147,582	3,254	634	367,339	405,208		
2001	0.054	13,747	61,812	21,382	154,206	3,178	647	355,581	379,945		
2002	0.073	14,114	63,564	16,160	154,945	3,319	689	372,269	370,050		
2003	0.082	14,692	65,543	21,274	160,724	2,752	667	400,256	392,512		
2004	0.109	15,903	68,337	21,674	166,326	2,611	641	438,001	397,124		
2005	0.105	16,678	71,347	32,633	182,327	2,977	749	464,310	453,158		
2006	0.078	16,395	73,473	33,500	197,594	3,030	776	473,170	467,109		
2007	0.079	16,002	74,780	29,793	207,628	2,822	814	502,968	452,620		
2008	0.018	16,524	76,348	32,069	218,933	2,186	962	449,585	418,489		
2009	0.040	16,470	77,549	23,715	220,755	1,859	1,002	412,490	432,879		
2010	0.047	18,261	80,300	29,250	227,930	7,199	1,050	453,826	455,140		
2011	0.028	19,859	84,099	33,356	238,493	6,970	1,113	469,289	467,082		
2012	0.033	21,427	88,706	29,955	244,599	8,603	1,058	476,462	484,456		
2013	0.048	20,763	91,728	41,926	262,065	12,112	873	524,785	520,123		
2014	0.044	22,545	95,927	44,582	280,441	11,714	712	552,189	557,962		
2015	0.066	25,420	102,162	39,417	291,814	12,197	571	555,227	577,251		

11		日立化成		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
年 (西暦)	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産	
	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)	
1989	0.059	12,598	55,926	13,706	84,958	1,149	367	466,175	331,805	
1990	0.062	13,493	58,233	17,380	93,843	1,071	417	524,683	372,414	
1991	0.059	14,743	61,329	13,971	98,430	907	455	534,495	386,613	
1992	0.055	12,284	61,348	6,676	95,263	1,247	452	492,603	374,041	
1993	0.046	11,841	60,919	7,272	93,009	1,221	432	466,228	355,981	
1994	0.055	12,424	61,160	6,181	89,889	1,303	494	487,359	393,390	
1995	0.054	12,961	61,889	9,206	90,106	854	494	507,543	414,195	
1996	0.058	14,161	63,672	10,743	91,838	744	524	535,236	438,802	
1997	0.057	14,425	65,362	9,253	91,907	705	674	565,110	445,669	
1998	0.059	20,467	72,757	8,069	90,785	1,823	773	524,219	418,304	
1999	0.079	20,843	79,049	13,854	95,560	642	809	544,837	444,178	
2000	0.100	21,811	85,050	19,111	105,116	1,695	807	586,314	457,117	
2001	0.031	22,718	90,758	24,141	118,745	7,847	765	480,777	418,408	
2002	0.061	23,131	95,738	21,413	128,284	7,493	788	494,226	407,148	
2003	0.086	25,305	101,895	24,357	139,812	6,610	779	521,358	393,835	
2004	0.114	25,354	106,870	31,084	156,915	5,097	829	555,568	411,485	
2005	0.121	26,607	112,103	36,378	177,601	6,176	818	602,703	444,185	
2006	0.118	27,017	116,699	35,509	195,350	7,278	821	628,805	470,864	
2007	0.132	27,168	120,527	35,297	211,112	7,515	964	626,929	458,741	
2008	0.051	26,513	122,934	33,976	223,977	6,556	1,205	488,638	391,350	
2009	0.090	25,631	123,978	20,477	222,056	5,737	1,232	455,287	426,586	
2010	0.101	26,400	125,583	30,400	230,251	6,559	1,292	497,452	432,184	
2011	0.056	25,572	126,038	37,580	244,806	29,705	1,446	473,069	440,981	
2012	0.049	25,551	126,382	46,750	267,075	30,478	1,357	464,655	477,880	
2013	0.074	25,787	126,893	33,464	273,832	7,335	1,098	488,725	494,724	
2014	0.054	26,007	127,522	26,019	272,467	12,301	889	526,687	542,535	
2015	0.099	26,401	128,418	31,180	276,400	13,463	730	546,468	535,155	

12		日本ペイント		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
年 (西暦)	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産	
	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)	
1989	0.038	5,870	24,019	7,556	36,181	155	190	185,725	261,105	
1990	0.034	6,262	25,477	10,708	43,271	145	189	215,856	303,090	
1991	0.037	6,553	26,935	6,118	45,061	127	171	227,778	277,525	
1992	0.032	6,738	28,286	6,420	46,976	114	160	222,874	264,091	
1993	0.030	6,701	29,330	4,255	46,533	112	152	206,483	221,413	
1994	0.035	6,390	29,854	2,789	44,670	120	173	202,512	222,044	
1995	0.016	5,754	29,638	4,846	45,049	387	162	204,586	228,626	
1996	0.022	5,713	29,423	2,409	42,953	143	158	217,067	232,457	
1997	0.016	5,915	29,453	2,798	41,456	370	154	215,046	233,283	
1998	0.014	5,658	29,220	2,921	40,231	517	155	197,873	222,355	
1999	0.041	6,512	29,888	3,867	40,075	1,532	162	198,179	222,655	
2000	0.048	6,730	30,641	3,964	40,032	1,448	159	199,673	227,342	
2001	0.034	6,749	31,261	5,205	41,234	1,247	170	192,467	224,260	
2002	0.041	6,844	31,854	4,785	41,896	1,620	175	197,834	218,880	
2003	0.038	7,534	33,016	5,130	42,836	2,506	189	198,671	220,331	
2004	0.042	7,099	33,512	6,554	45,106	3,176	172	202,850	229,997	
2005	0.041	6,751	33,560	6,956	47,551	3,619	152	207,999	243,685	
2006	0.036	6,857	33,705	8,665	51,462	24,781	136	225,813	299,382	
2007	0.034	7,725	34,690	10,221	56,536	23,031	143	259,209	288,810	
2008	0.012	8,069	35,821	12,373	63,256	20,517	137	239,616	248,765	
2009	0.037	7,781	36,438	6,572	63,502	18,858	130	216,547	269,888	
2010	0.060	7,032	36,182	5,550	62,702	16,897	119	227,378	265,905	
2011	0.060	6,540	35,486	3,577	60,009	15,111	111	222,256	274,105	
2012	0.090	6,030	34,419	5,105	59,113	14,756	108	233,380	287,992	
2013	0.103	5,822	33,357	5,974	59,175	14,684	96	260,578	324,028	
2014	0.042	5,788	32,474	5,018	58,276	318,073	99	260,590	810,727	
2015	0.090	14,413	40,393	18,542	70,990	283,231	84	535,746	791,459	

(注)2014年10月1日、持ち株会社へ移行

13		クラレ		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産	
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)	
1989	0.063	8,958	39,767	11,883	54,248	409	855	308,908	364,110	
1990	0.065	10,444	42,258	13,570	62,393	366	898	338,797	397,507	
1991	0.056	12,297	46,103	16,731	72,885	333	889	355,717	428,545	
1992	0.042	14,005	50,887	11,188	76,785	298	885	353,187	437,754	
1993	0.037	12,409	53,119	11,315	80,421	256	874	326,781	477,690	
1994	0.040	11,671	54,166	7,870	80,249	220	773	327,270	477,874	
1995	0.044	11,648	54,980	10,573	82,798	232	718	330,869	535,173	
1996	0.046	12,409	56,393	10,211	84,729	198	695	340,112	514,166	
1997	0.056	12,342	57,456	15,734	91,990	211	664	347,643	478,861	
1998	0.056	12,986	58,952	17,011	99,802	467	605	336,465	487,990	
1999	0.040	11,836	58,997	16,797	106,618	804	596	316,444	503,766	
2000	0.039	11,928	59,125	13,675	109,631	763	636	313,650	512,479	
2001	0.039	12,034	59,334	44,847	143,515	31,173	615	305,861	487,431	
2002	0.059	12,648	60,116	17,322	146,485	30,664	640	322,523	426,876	
2003	0.068	13,905	61,998	29,787	161,624	30,234	610	332,149	413,227	
2004	0.073	14,013	63,612	42,801	188,262	37,933	536	354,874	454,940	
2005	0.080	13,915	64,804	31,839	201,275	34,638	504	375,072	481,357	
2006	0.079	12,654	64,497	35,509	216,656	35,238	458	385,284	508,694	
2007	0.098	14,692	66,290	40,318	235,309	34,008	468	417,601	490,365	
2008	0.062	15,714	68,745	36,736	248,514	23,520	556	376,777	471,874	
2009	0.061	15,431	70,427	19,384	243,047	21,790	643	332,880	502,815	
2010	0.105	15,771	72,113	20,558	239,300	15,568	722	363,191	507,328	
2011	0.105	16,094	73,784	39,299	254,669	14,004	786	368,975	523,247	
2012	0.084	16,463	75,490	45,567	274,770	51,324	815	369,431	587,254	
2013	0.078	16,834	77,226	59,677	306,969	57,198	805	413,485	634,252	
2014	0.058	13,704	75,484	38,601	314,873	88,840	705	411,408	691,538	
2015	0.094	18,169	78,557	43,860	327,245	83,976	647	521,721	701,770	

14		ダイセル		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産	
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)	
1989	0.060	8,147	37,075	18,248	91,272	2,130	618	211,779	388,594	
1990	0.056	8,737	38,397	19,206	101,350	2,513	597	239,257	396,746	
1991	0.040	10,029	40,747	26,616	117,831	2,303	558	243,244	420,614	
1992	0.021	10,583	43,180	29,187	135,235	2,362	508	232,260	442,251	
1993	0.009	9,601	44,145	31,200	152,912	2,588	490	216,279	409,209	
1994	0.026	8,412	43,727	16,938	154,558	4,011	511	235,583	445,541	
1995	0.040	8,156	43,138	12,759	151,862	4,708	459	248,514	432,585	
1996	0.031	7,941	42,451	17,254	153,929	4,524	406	260,884	462,308	
1997	0.017	8,110	42,071	17,850	156,387	4,961	366	257,177	414,087	
1998	0.033	10,382	44,039	12,894	153,642	4,857	339	249,111	401,062	
1999	0.033	10,168	45,399	31,199	169,477	10,172	341	238,240	439,108	
2000	0.033	11,530	47,849	16,081	168,610	9,778	348	261,520	442,055	
2001	0.038	11,394	49,673	16,290	168,040	8,287	364	261,358	412,008	
2002	0.053	11,865	51,603	13,893	165,129	6,444	366	271,342	381,518	
2003	0.056	11,265	52,548	20,250	168,866	8,380	357	281,739	381,484	
2004	0.069	11,331	53,369	23,239	175,218	7,480	365	306,335	413,492	
2005	0.069	11,099	53,795	56,889	214,585	7,558	378	335,520	483,468	
2006	0.066	11,387	54,422	48,332	241,459	7,096	353	381,422	547,431	
2007	0.062	11,565	55,102	46,932	264,245	5,369	361	416,989	515,617	
2008	0.024	11,572	55,654	22,132	259,953	3,899	353	377,979	445,911	
2009	0.049	11,419	55,942	15,489	249,446	3,771	375	320,243	428,376	
2010	0.080	11,970	56,723	9,534	234,036	2,799	336	353,684	411,071	
2011	0.051	12,667	58,045	18,261	228,893	2,393	259	341,942	398,196	
2012	0.057	12,901	59,337	26,038	232,041	13,605	207	358,513	461,512	
2013	0.074	13,150	60,619	24,666	233,503	13,623	155	413,786	509,834	
2014	0.091	13,565	62,061	29,396	239,549	13,234	130	443,775	565,332	
2015	0.115	14,536	64,184	38,097	253,692	11,346	99	449,878	560,190	

15		JSR		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.038	9,767	39,583	18,613	100,714	685	328	197,552	281,650
1990	0.031	6,788	38,455	12,423	103,066	789	320	210,455	294,857
1991	0.031	7,122	37,885	16,189	108,948	926	335	216,166	274,646
1992	0.027	6,847	37,155	15,110	113,163	1,172	338	204,605	280,357
1993	0.007	6,397	36,121	6,172	108,019	1,113	365	180,169	243,247
1994	0.020	4,790	33,687	4,637	101,854	996	378	191,739	251,756
1995	0.043	4,360	31,310	8,855	100,523	1,101	411	209,670	258,991
1996	0.057	3,529	28,577	12,056	102,527	2,004	438	228,536	274,351
1997	0.042	4,303	27,165	15,130	107,405	1,767	460	232,007	264,718
1998	0.029	5,387	27,119	14,350	111,015	1,751	442	214,849	269,167
1999	0.023	5,879	27,574	10,468	110,381	6,993	489	219,492	293,477
2000	0.033	5,055	27,114	9,456	108,799	5,545	512	231,822	283,859
2001	0.033	13,159	34,850	11,729	109,649	4,141	520	220,057	270,053
2002	0.074	14,162	42,041	14,561	113,245	3,522	573	247,139	281,874
2003	0.106	15,337	48,970	15,887	117,808	2,772	598	275,071	308,581
2004	0.139	16,736	55,913	16,978	123,005	3,264	618	305,368	325,031
2005	0.140	16,277	61,007	21,959	132,664	6,130	693	338,159	381,096
2006	0.135	17,289	66,094	20,809	140,206	5,712	714	365,831	408,949
2007	0.144	18,894	71,769	27,441	153,627	6,466	800	406,967	416,950
2008	0.089	20,511	77,927	18,008	156,273	6,723	1,089	352,502	339,497
2009	0.054	18,441	80,782	17,266	157,911	5,883	1,182	310,183	373,565
2010	0.100	17,151	81,777	11,800	153,920	5,293	1,259	340,665	390,590
2011	0.084	17,470	82,891	19,875	158,403	5,166	1,325	349,946	430,692
2012	0.073	19,706	86,019	14,169	156,732	6,309	1,218	371,487	482,935
2013	0.072	20,704	89,519	10,788	151,846	7,250	985	394,309	501,319
2014	0.071	21,751	93,367	34,389	171,050	14,298	833	404,073	534,592
2015	0.067	20,423	95,116	23,654	177,599	16,663	704	386,709	516,359

16		デンカ		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.049	10,399	51,084	20,194	124,465	536	377	266,705	435,215
1990	0.044	10,101	50,968	16,110	128,129	549	363	284,042	460,879
1991	0.034	10,029	50,804	11,083	126,400	543	352	268,606	453,449
1992	0.016	9,709	50,352	7,607	121,367	448	351	247,283	440,633
1993	0.010	8,780	49,062	6,959	116,190	474	360	210,180	367,684
1994	0.024	7,820	47,070	6,252	110,823	1,028	389	229,927	384,230
1995	0.035	7,325	44,981	11,283	111,024	912	404	230,718	387,964
1996	0.037	6,966	42,950	10,797	110,718	754	399	247,590	367,780
1997	0.053	6,733	41,093	18,502	118,148	617	443	246,624	367,031
1998	0.042	7,157	40,031	18,609	124,942	510	477	221,546	345,083
1999	0.069	7,418	39,443	12,625	125,073	551	559	256,273	379,293
2000	0.074	7,894	39,448	23,382	135,948	412	647	272,275	369,029
2001	0.052	8,149	39,707	10,528	132,881	268	722	240,678	322,808
2002	0.057	8,779	40,545	21,723	141,316	474	735	243,825	313,561
2003	0.068	8,616	41,052	12,350	139,534	381	742	251,116	315,743
2004	0.078	8,527	41,368	15,442	141,022	2,428	695	280,033	328,248
2005	0.075	8,712	41,807	22,236	149,156	3,170	687	307,923	349,689
2006	0.082	8,103	41,549	20,816	155,056	2,901	686	329,262	365,301
2007	0.080	9,298	42,537	19,966	159,516	2,240	662	363,996	375,364
2008	0.027	9,880	43,909	33,027	176,591	4,956	647	334,130	377,912
2009	0.054	9,702	44,830	26,258	185,190	3,476	693	323,875	400,407
2010	0.061	9,819	45,683	21,325	187,996	2,749	722	357,893	402,046
2011	0.051	10,586	47,132	23,050	192,246	1,770	699	364,712	402,552
2012	0.045	10,626	48,332	26,993	200,014	1,243	729	341,645	415,356
2013	0.049	10,657	49,323	25,708	205,720	1,299	582	376,809	431,347
2014	0.054	10,758	50,216	20,835	205,983	1,509	477	383,978	445,569
2015	0.069	11,194	51,367	20,653	206,037	11,131	398	369,853	443,864

17		関西ペイント		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.034	3,962	19,152	10,406	59,687	152	169	151,760	177,403
1990	0.029	4,063	19,385	6,789	60,507	157	167	166,521	215,955
1991	0.031	4,563	20,070	7,182	61,639	198	148	174,756	206,054
1992	0.034	4,861	20,918	10,615	66,090	257	156	190,006	192,404
1993	0.026	5,052	21,786	3,104	62,585	259	145	176,838	182,433
1994	0.035	5,125	22,554	2,896	59,223	263	150	179,750	182,622
1995	0.030	5,106	23,150	2,138	55,439	257	148	179,628	188,401
1996	0.048	5,018	23,538	2,407	52,302	251	163	187,208	179,586
1997	0.041	5,282	24,112	2,731	49,802	246	197	179,592	177,797
1998	0.042	5,458	24,748	5,757	50,579	246	218	168,891	176,378
1999	0.045	5,948	25,746	4,824	50,346	1,727	223	179,478	187,689
2000	0.040	6,308	26,905	4,155	49,466	2,090	238	185,279	214,057
2001	0.035	5,991	27,515	3,841	48,361	2,325	234	175,670	199,974
2002	0.063	5,857	27,869	4,007	47,532	1,956	230	180,133	189,879
2003	0.059	6,051	28,346	3,616	46,394	1,501	207	185,777	208,733
2004	0.080	5,589	28,265	5,980	47,734	1,178	219	196,785	219,739
2005	0.071	5,217	27,829	5,516	48,477	953	200	210,964	266,886
2006	0.074	5,122	27,386	10,631	54,260	1,631	214	231,213	299,298
2007	0.084	5,540	27,449	11,802	60,636	1,601	248	256,586	282,884
2008	0.056	5,334	27,293	8,692	63,265	1,745	246	229,988	240,665
2009	0.076	5,566	27,401	5,046	61,984	2,379	261	222,401	270,373
2010	0.078	5,582	27,503	6,277	62,063	2,590	282	236,984	271,244
2011	0.060	5,158	27,160	13,661	69,517	22,080	281	256,590	319,409
2012	0.067	5,151	26,880	18,887	81,453	29,873	259	294,053	362,625
2013	0.074	5,185	26,689	15,493	88,800	25,071	212	320,453	400,092
2014	0.070	5,146	26,497	12,749	92,669	24,185	180	349,333	448,085
2015	0.081	4,792	25,990	11,150	94,552	19,454	140	328,118	430,198

18		東洋紡		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.047	9,776	47,885	16,626	128,668	2,951	484	521,787	561,556
1990	0.041	9,594	47,902	14,761	130,563	2,671	521	547,613	569,931
1991	0.040	10,516	48,838	14,128	131,634	2,771	532	568,880	582,634
1992	0.032	10,971	50,041	16,069	134,539	2,679	592	548,863	564,474
1993	0.016	10,927	50,960	9,931	131,016	2,646	735	497,062	558,618
1994	0.021	10,583	51,350	9,553	127,467	2,555	749	505,494	543,750
1995	0.011	10,261	51,342	10,175	124,896	2,644	725	461,148	575,500
1996	0.021	10,048	51,121	8,871	121,277	2,809	697	475,145	565,576
1997	0.025	8,720	49,617	13,019	122,169	2,983	649	480,211	572,087
1998	0.012	8,801	48,495	12,228	122,180	2,962	623	422,860	559,240
1999	0.029	10,470	49,265	14,193	124,155	3,413	695	414,862	556,322
2000	0.037	8,958	48,370	16,517	128,257	3,590	719	402,876	540,114
2001	0.028	8,929	47,625	19,808	135,239	3,448	778	383,078	589,408
2002	0.037	8,889	46,989	14,427	136,142	3,248	875	376,377	537,314
2003	0.052	9,146	46,737	12,317	134,845	3,222	964	373,066	495,969
2004	0.056	9,293	46,683	15,355	136,715	3,362	921	393,686	511,813
2005	0.058	9,990	47,336	17,014	140,058	1,526	886	401,948	514,791
2006	0.059	10,107	47,976	14,882	140,934	2,870	817	426,666	513,191
2007	0.055	10,405	48,785	30,673	157,513	2,656	848	431,417	494,496
2008	0.025	10,183	49,211	18,876	160,637	2,014	900	367,271	443,816
2009	0.026	10,293	49,661	14,822	159,395	1,603	1,004	318,773	438,439
2010	0.047	10,600	50,329	13,900	157,356	1,872	993	340,573	443,516
2011	0.042	10,746	51,010	16,624	158,244	1,606	924	349,505	437,841
2012	0.038	10,020	50,828	18,019	160,439	1,242	879	339,009	447,445
2013	0.046	10,335	50,997	20,079	164,473	3,029	801	351,577	456,256
2014	0.044	10,442	51,239	17,118	165,144	3,311	693	351,279	465,809
2015	0.052	10,636	51,628	16,856	165,486	3,860	570	347,763	444,587

19		日本ゼオン		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産	
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)	
1989	0.060	5,802	25,377	8,830	43,758	582	310	142,017	191,007	
1990	0.051	5,898	26,200	10,619	50,001	548	307	168,280	219,612	
1991	0.041	6,283	27,243	10,638	55,639	702	311	162,420	213,852	
1992	0.023	6,400	28,195	6,330	56,404	705	334	153,712	213,290	
1993	0.002	6,401	28,957	5,186	55,950	675	349	139,675	206,686	
1994	0.027	5,741	28,906	4,153	54,507	633	338	144,876	204,891	
1995	0.060	5,211	28,336	6,784	55,840	599	310	158,501	197,705	
1996	0.057	5,008	27,676	5,249	55,506	690	302	179,005	212,037	
1997	0.053	4,974	27,115	8,369	58,324	1,137	288	180,497	218,354	
1998	0.056	5,657	27,349	10,486	62,977	1,625	277	170,453	227,889	
1999	0.042	6,371	28,250	7,690	64,370	6,084	258	173,262	222,701	
2000	0.039	6,132	28,732	6,762	64,695	5,960	267	194,201	235,058	
2001	0.044	6,326	29,312	8,970	67,196	8,235	269	191,168	232,728	
2002	0.060	7,195	30,645	6,372	66,848	7,456	318	210,889	216,000	
2003	0.081	8,629	33,145	11,682	71,846	6,542	310	213,297	222,254	
2004	0.081	9,053	35,568	17,347	82,008	6,227	336	231,364	236,861	
2005	0.098	9,048	37,503	20,172	93,979	6,370	337	263,074	272,674	
2006	0.096	11,414	41,417	15,359	99,941	5,782	329	281,613	315,448	
2007	0.075	11,827	44,960	33,504	123,451	5,898	334	302,925	335,730	
2008	0.010	10,874	46,842	27,838	138,943	4,874	436	268,857	292,027	
2009	0.033	9,035	46,509	11,044	136,093	4,127	513	225,878	281,053	
2010	0.121	9,532	46,739	10,329	132,813	3,996	524	270,383	290,596	
2011	0.103	11,051	48,442	23,168	142,699	4,017	595	262,842	311,925	
2012	0.068	11,919	50,673	23,514	151,943	6,577	583	250,763	350,508	
2013	0.081	12,462	53,000	27,082	163,831	5,943	574	296,427	370,872	
2014	0.071	13,175	55,574	27,893	175,341	5,262	555	307,524	399,512	
2015	0.078	13,436	57,896	26,941	184,748	4,187	502	295,647	384,753	

20		住友ベークライト		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)						
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産	
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)	
1989	0.027	4,957	22,197	1,743	9,361	320	348	175,488	193,761	
1990	0.030	5,566	23,324	3,335	11,760	357	392	199,642	222,678	
1991	0.021	5,644	24,303	2,623	13,206	349	434	197,396	213,501	
1992	0.014	5,799	25,241	2,922	14,808	316	464	181,436	206,271	
1993	0.024	5,614	25,807	2,995	16,322	213	442	172,676	195,585	
1994	0.039	6,192	26,837	3,279	17,969	200	459	176,763	212,455	
1995	0.052	6,250	27,720	4,730	20,902	185	491	187,831	227,604	
1996	0.053	6,022	28,198	4,090	22,902	159	482	190,457	228,147	
1997	0.048	6,211	28,770	3,894	24,506	139	454	200,272	240,243	
1998	0.038	7,428	30,444	3,885	25,940	160	432	185,162	217,593	
1999	0.074	7,113	31,468	5,624	28,970	426	478	192,707	226,289	
2000	0.089	7,913	33,088	6,912	32,985	2,820	503	187,169	211,398	
2001	0.025	9,697	36,167	10,579	40,265	3,442	566	154,771	209,512	
2002	0.032	10,337	39,271	7,312	43,551	3,860	568	160,379	198,320	
2003	0.061	10,303	41,720	6,125	45,321	5,055	596	170,248	244,712	
2004	0.077	11,155	44,531	9,198	49,987	3,683	656	223,474	253,821	
2005	0.090	11,285	46,909	11,449	56,437	11,363	690	241,085	302,275	
2006	0.059	12,393	49,920	9,104	59,898	10,862	676	255,374	301,754	
2007	0.034	12,437	52,373	9,925	63,833	10,288	643	225,252	267,421	
2008	▲0.008	12,564	54,463	12,805	70,255	7,921	616	212,409	215,852	
2009	0.036	12,682	56,252	9,030	72,260	7,361	678	170,843	207,258	
2010	0.055	12,440	57,442	10,656	75,690	6,387	809	190,971	205,090	
2011	0.023	12,982	58,936	14,674	82,795	6,343	821	185,237	201,315	
2012	0.037	12,350	59,498	17,607	92,122	6,080	795	183,362	213,826	
2013	0.045	11,694	59,292	13,249	96,159	5,953	678	206,047	236,825	
2014	0.038	9,913	57,347	11,554	98,097	30,489	603	209,659	285,927	
2015	0.039	9,922	55,800	9,448	97,736	26,446	515	206,956	260,122	

21		日産化学		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.061	5,499	23,711	3,262	18,243	667	180	111,300	120,805
1990	0.066	5,242	24,211	5,978	22,397	298	168	118,185	135,856
1991	0.077	5,463	24,831	3,989	24,146	297	153	133,830	139,419
1992	0.057	5,631	25,496	4,236	25,968	684	138	131,333	137,268
1993	0.049	5,317	25,714	3,352	26,723	650	133	124,360	133,791
1994	0.052	5,728	26,299	2,859	26,909	706	137	133,473	145,106
1995	0.049	5,615	26,654	4,828	29,047	701	137	129,483	156,520
1996	0.063	5,994	27,318	4,606	30,748	695	129	137,524	154,717
1997	0.061	6,125	27,979	6,268	33,941	691	120	135,068	158,306
1998	0.051	6,431	28,815	5,979	36,525	695	124	129,962	145,370
1999	0.057	6,556	29,608	7,642	40,514	1,154	123	129,772	141,820
2000	0.073	6,056	29,742	7,427	43,890	846	120	136,070	150,916
2001	0.056	6,669	30,463	11,521	51,022	2,171	121	138,185	170,070
2002	0.057	7,669	32,039	17,099	63,019	11,802	141	151,872	171,283
2003	0.091	8,821	34,452	6,144	62,861	9,197	163	155,910	172,614
2004	0.102	8,719	36,281	6,210	62,785	6,425	173	161,394	169,395
2005	0.118	9,032	38,056	8,676	65,182	3,517	183	169,149	183,202
2006	0.118	9,621	40,066	11,369	70,033	730	214	174,351	177,336
2007	0.143	12,010	44,063	10,298	73,328	713	253	169,172	172,660
2008	0.101	13,196	48,446	13,156	79,151	812	301	160,162	172,344
2009	0.106	13,191	51,948	9,809	81,045	4,139	373	149,036	181,388
2010	0.108	12,636	54,194	9,588	82,528	3,383	417	154,209	183,399
2011	0.081	13,580	56,935	8,313	82,588	2,751	516	148,578	190,113
2012	0.098	13,736	59,285	7,905	82,235	1,971	510	153,806	199,243
2013	0.107	14,008	61,436	8,777	82,788	1,251	438	163,658	207,999
2014	0.113	14,467	63,616	9,582	84,091	674	390	171,206	223,854
2015	0.125	14,984	65,877	9,982	85,664	903	330	176,894	228,169

22		日本化薬		注)ROAと特許登録数以外は単位(百万円)					
年	ROA	実質R&D (フロー値)	R&Dストック	実質設備投資 (フロー値)	資本ストック	無形固定資産 (フロー値)	特許登録数 (ストック値)	売上高	簿価総資産
(西暦)	(ROA)	(Fit)	(Rit)	(Iit)	(Kit)	(INTit)	(PSit)	(SALit)	(ASit)
1989	0.081	11,635	56,574	9,083	50,782	373	260	110,313	135,679
1990	0.077	12,265	57,524	6,904	52,608	512	252	118,463	139,526
1991	0.050	12,853	58,873	6,634	53,982	510	284	120,889	151,498
1992	0.052	12,233	59,331	5,427	54,011	508	300	114,699	145,336
1993	0.048	11,693	59,158	6,353	54,963	420	285	109,840	143,890
1994	0.043	11,553	58,879	4,621	54,087	583	268	112,533	144,433
1995	0.065	10,358	57,462	4,366	53,045	577	254	116,172	142,422
1996	0.075	9,665	55,634	4,094	51,835	558	241	122,406	156,276
1997	0.077	10,047	54,555	13,403	60,055	847	244	126,446	166,600
1998	0.071	10,348	53,992	4,804	58,853	1,154	201	121,484	170,678
1999	0.081	8,611	51,804	4,590	57,557	1,436	202	121,302	174,614
2000	0.074	8,082	49,525	6,313	58,114	2,711	193	121,003	179,883
2001	0.053	8,631	48,251	7,163	59,466	3,390	227	119,435	176,837
2002	0.054	8,586	47,187	5,716	59,235	3,844	229	123,431	179,117
2003	0.056	8,638	46,388	6,575	59,887	8,743	224	128,016	179,823
2004	0.056	9,495	46,605	8,801	62,699	7,790	238	134,205	181,365
2005	0.064	10,287	47,571	13,536	69,965	7,609	261	140,026	205,309
2006	0.065	10,496	48,552	14,693	77,662	5,757	275	148,124	207,081
2007	0.060	10,308	49,150	12,080	81,976	6,230	275	144,901	207,269
2008	0.046	9,990	49,311	7,739	81,518	5,018	288	134,353	203,998
2009	0.079	12,311	51,759	7,313	80,679	4,277	325	141,032	202,641
2010	0.102	11,000	52,407	10,900	83,511	3,671	350	148,879	205,110
2011	0.095	13,035	54,961	10,176	85,336	4,474	355	147,109	204,674
2012	0.076	10,721	54,690	13,715	90,517	3,901	356	128,104	224,705
2013	0.097	12,992	56,744	16,682	98,147	2,987	317	160,080	247,592
2014	0.084	12,472	57,867	15,846	104,179	2,650	285	161,861	265,126
2015	0.080	12,346	58,640	13,056	106,817	2,164	277	162,922	272,679