

平成 27 年度 博士論文

電子部品の価格モデルの構築と
その応用に関する研究

平成 27 年 6 月

群馬大学 理工学府 理工学専攻 電子情報・数理領域

金井 康弘

PRICE MODELS FOR ELECTRONIC COMPONENTS WITH APPLICATIONS

YASUHIRO KANAI

A dissertation submitted in partial fulfillment of the
requirements for the degree of Doctor of Science and Technology



Domain of Electronics and Informatics
Graduate School of Science and Technology
Gunma University
June 2015

要旨

汎用電子部品は、2つの特性を持つ。1つは、個々の顧客に対する品番ごとの価格が不可逆的に下落し、またそれらを集計した製品カテゴリーで見た場合でも、その平均価格が趨勢的に下落することである。これは、価格での差別化が困難であることを意味する。2つ目は、汎用電子部品は標準化されているため製品の同質性が高く、競合他社に対して製品の特長での競争優位の構築が極めて難しいことである。本研究では、このように競争優位構築の自由度の極めて小さい汎用電子部品の価格、製品・品揃え、事業等の戦略、政策の創出のための数理モデルの開発とその応用を研究する。従来、汎用電子部品のビジネス戦略に関する研究には、数少ない事例研究しかなかった。これに対して本研究は、数理モデルを構築し、そのモデルから得られる知見を戦略、政策の創出に活用するところに特徴がある。

2章では、汎用電子部品の価格分布形成とパーコレーション現象の類似性に着目し、価格形成過程の数理モデルを構築した。このモデルは、各価格帯に販売数量を分配するメカニズムがパーコレーションにおけるクラスター発生メカニズムと同等であることを仮定して構築した。本論文では、これを Price percolation model と呼ぶ。この Price percolation model は、総潜在需要額と潜在需要の顕在化確率を指定することより、顕在化した需要について、価格帯ごとの販売数量を与えるものである。

3章では、景気循環や市場拡大等のビジネス環境の変化に伴う価格分布の挙動を、提案モデルのシミュレーションにより再現し、ビジネス環境変化に伴う価格分布の挙動を把握するとともに、実データとの比較から検証した。これらの結果をもとに、ビジネス環境変化に対して企業業績の安定性を高める、あるいはビジネス環境変化を活用して、企業業績を向上させるための製品品揃え・価格戦略を提案した。これらの結果から、高価格帯特化戦略を採用すると、景気循環の好況時には大きく売上を伸ばすが、不況時には売上げの落ち込みが大きくなり、乱高下の激しい不安定な企業業績になることが示唆された。一方、低価格特化戦略は、景気循環の好況期の恩恵はあまり享受できないものの、不況期の落ち込みは小さく、安定した企業業績になることが示唆され、市場拡大に関しては高価格帯特化戦略より大きな恩恵を享受できる可能性があることが分かった。

4章では、2章で構築したモデルに基づき、製品カテゴリーの長期的・趨勢的な平均価格下落、および、価格変動の景気循環がもたらす短期的・循環的な価格変動メカニズムについて検討した。前者に関しては、電子部品の所得弾力性が1未満であることと、世界の1人当たり国民総所得の指数関数的な増加の下での市場の拡大に伴い、潜在需要の顕在化確率が下降し、これによる価格分布の変化により、製品カテゴリーの平均価格の長期的・

趨勢的な下落と販売数量の増加が、因果的ではなく同時に発生することを見出した。一方、景気循環がもたらす変動に関しては、景気拡大／後退に伴う潜在需要の顕在化確率の上昇／下降により価格分布が変化し、これが価格変動をもたらすことを示した。本モデルには、伝統的なマイクロ経済学で用いられる需要と供給のバランスや企業間競争に関わる要素を利用していない。この点で **Price percolation model** は、価格変動のメカニズムの説明に新しい視点を提供している。

5章では、2章から4章で論じた **Price percolation model** を要約し、さらに本研究の課題を提示した。

製品の販売量の分析・予測では、一般的に **Bass** モデル等の時間を変数とした新製品普及モデルが用いられる。6章においては、この従来方法に対して、価格を変数とする価格 - 販売量推移曲線を数理モデル化し、その実データへの適合性を示した。さらに、価格 - 販売金額推移曲線が価格 - 販売数量推移曲線に先行してピーク・アウトするという性質を示した。

7章では、この性質を利用したいくつかの活用法を提案した。例えば、価格戦略や商品戦略の実行のタイミングを見出すために、製品カテゴリーのライフ・サイクルのステージを客観的・定量的に同定する方法や、価格 - 販売金額推移曲線の形式から、金額がピークに達した時点で、最大販売数量となる価格とその最大販売数量を推定する方法を提案した。新製品が漸進的にリリースされる汎用電子部品の多くが、最大販売数量の時点がその製品の衰退期の始まりになるため、このモデルは重要な情報を企業にもたらすツールとなる。また、価格下落率の大きさが製品ライフ・サイクルの推移に強く影響していることから価格コントロールを積極的に活用した価格戦略も提案した。

8章では、6章と7章で論じた価格 - 販売量推移曲線モデルを総括し、本研究の課題を提示した。

9章では、異なる前提条件から構築した **Price Percolation Model** と価格 - 販売量推移曲線モデルとの間に密接な関係があることを示し、本研究が対象とする領域を総括した。

10章では、本研究を総括し、本研究の課題を提示した。

ABSTRACT

This is a study on general-purpose electronic components, focusing on those used in industrial goods. These general-purpose electronic components have two main characteristics. First, for an individual product having one part number, the price for an individual customer declines irreversibly. Consequently, the adoption of a price discrimination strategy is difficult. Second, general-purpose electronic components have high homogeneity. Therefore, it is extremely difficult to create a competitive advantage. In this study, we develop two mathematical models and study their application to create a pricing strategy, an assortment strategy, and a business strategy for the general-purpose electronic components having the aforementioned characteristics. Conventional studies on business strategies for general-purpose electronic components are limited to a few case studies. In contrast, in our study, we built mathematical models and developed strategies by utilizing the information obtained from the models. The use of mathematical models for strategy development is a unique characteristic of this study.

In Chapter 2, we built a mathematical model of a price formation process by focusing on the similarities between the price distribution formation for general-purpose electronic components and a percolation phenomenon. This model is built by assuming that the mechanism to distribute the sales quantity to each price range is equivalent to the mechanism of cluster generation in percolation. Therefore, in this paper, we call this model the “price percolation model.” By assigning a total amount and a realization probability for potential demand, the price percolation model provides the sales quantity in each price range from a realized demand.

In Chapter 3, using simulations from our model, we reproduced the changes of a price distribution caused by changes in the business environment (e.g., business cycle and market expansion). By comparing our results against real data, we ascertained the behavior of the price distribution when faced with changes in the business environment and, at the same time, verified our model. Based on these results, we suggested a product assortment strategy and a pricing strategy to improve the stability of corporate earnings against business environment changes and/or to improve corporate earnings by effectively utilizing business environment changes. For example, a high price range product strategy can greatly increase sales during

prosperous conditions in a business cycle. However, in a recession, adversely, sales can drop greatly. Therefore, it was suggested that the possibility that corporate earnings become unstable under this strategy is extremely high. On the other hand, by utilizing a low-end assortment strategy, companies cannot considerably enjoy the benefits in boom periods of the business cycle. However, there is an advantage to this strategy. Corporate earnings stabilize because the drop in sales during a recession period is small. Furthermore, regarding market expansion, it was suggested that the low price range assortment strategy could enjoy greater benefits than the high price range assortment strategy.

In Chapter 4, we examined the price fluctuation mechanism by using the model we built in Chapter 2. We obtained the following information. As the income elasticity of the electronic component category is less than 1, the realization probability of potential demand drops with market expansion (market expansion was estimated from world gross national income per capita data using an exponential growth model). The price distribution also changes due to the decline in this realization probability. Therefore, we can conclude that the change of the price distribution generates the declining long-term trend in average prices while simultaneously increasing sales quantity. On the other hand, regarding a short-term, cyclical fluctuation of price, we found the following results. An increase of the realization probability of potential demand with an economic expansion and a decrease of the realization probability of potential demand with an economic recession cause changes in the price distribution. The change of the price distribution causes a short-term, cyclical fluctuation of the average price. The mechanisms of demand-supply balance and competition between companies, which are used in traditional microeconomics, are not incorporated in this model. In this respect, we consider that the price percolation model provides a new viewpoint to explain the price fluctuation mechanism.

In Chapter 5, we summarized the price percolation model discussed in Chapter 2, 3 and 4.

Generally, we use a type of diffusion model with a time variable, such as the Bass model, when we predict sales volume. Against these conventional methods, in Chapter 6, we showed the usefulness of the price-sales amount transition curve, with price as the variable, and formalized this as a mathematical model. We showed that the

price-sales amount transition curve model displays a remarkable characteristic in which a change in the price-sales amount of money transition curve precedes a change in the price-sales quantity transition curve.

In Chapter 7, we suggested a method for analysis and utilization using the property discussed in Chapter 6. First, we presented a method for the objective and quantitative identification of the life cycle stages of a product category to find the probability of the use of a pricing strategy and product strategy. Second, we suggested a maximum sales quantity prediction method and a price prediction method of the maximum sales quantity from the price-sales amount of money transition curve. In the case of general-purpose electronic components, the decline stage of the product life cycle starts when the sales quantity reaches its maximum. Therefore, this model provides extremely important information for companies. In addition, since the price decline rate strongly influences the transition pattern of the product life cycle, we suggested a pricing strategy that utilized effective price reduction controls.

In Chapter 8, we summarized the price-sales amount transition curve model discussed in Chapter 6 and 7.

In Chapter 9, we showed that the price percolation model is closely related to the price-sales amount transition curve model but built under different assumptions. Furthermore, we summarized a field of study that researches in this paper.

目次

1 序論	1
1.1 研究の目的	1
1.2 研究の背景	4
1.2.1 汎用電子部品	4
1.2.2 汎用電子部品の競争環境	5
1.2.3 汎用電子部品の同質性とその影響	6
1.2.4 汎用電子部品の価格	8
1.2.5 完全競争的市場である汎用電子部品の市場	11
1.3 汎用電子部品のビジネス戦略に関する従来研究	13
1.3.1 ビジネス戦略に関する従来研究のレビュー	13
1.3.2 従来の価格戦略論のレビュー	14
1.3.2.1 インターナショナル・プライシング	14
1.3.2.2 非線形プライシング	16
1.3.2.3 製品ラインのプライシング	16
1.3.2.4 プライス・バンドリング	18
1.3.2.5 短期的時間軸を考慮したプライシング	18
1.3.2.6 長期的時間軸を考慮したプライシング	18
1.3.2.7 そのほかの価格戦略	20
1.4 本章のまとめ	20
1.5 本論文の構成	21
2 Price Percolation Model	23
2.1 本章における目的と概要	23
2.1.1 本章の目的	23
2.1.2 Price Percolation model の概要	23
2.2 Price Percolation Model のモデル化	24

2.2.1	パーコレーション・モデル	24
2.2.2	Price Percolation Model	26
2.2.3	モデルに関する考察	28
2.2.3.1	実現難易度 v_i の多様性	28
2.2.3.2	最大実現難易度 P の変動	29
2.3	実市場と PP モデルの市場の対応	29
2.3.1	実市場の構造	29
2.3.2	モデルの市場構造	30
2.4	クラスター	32
2.4.1	汎用電子部品のバリュー・ドライバー	32
2.4.2	バリュー・ドライバーの抽出	34
2.4.3	特性の量子化とクラスターの定義	36
2.4.4	本節のまとめ	37
2.5	価格 - 販売量分布によるモデルの評価	37
2.6	本章のまとめ	39
3	Price Percolation Model による戦略創出	40
3.1	本章の目的	40
3.2	景気循環を考慮した品揃え戦略の創出	40
3.2.1	景気循環を反映したシミュレーション	40
3.2.2	景気変動による価格 - 販売量分布の挙動	41
3.2.3	結果と考察	42
3.3	市場拡大を考慮した品揃え戦略の創出	43
3.3.1	市場拡大を反映したパラメータ設定法	43
3.3.1.1	市場拡大における顕在市場と総潜在市場の変化	44
3.3.1.2	総潜在市場および顕在市場の関係	47

3.3.1.3	市場拡大における顕在化確率の操作法	49
3.3.2	モデルのパラメータと諸変数の設定	50
3.3.3	シミュレーションと実データの分布による挙動比較	53
3.3.3.1	シミュレーションによるクラスター・サイズ度数分布の挙動	53
3.3.3.2	市場拡大に伴う実データにおける価格 - 販売量分布の挙動	54
3.3.4	結果と考察	55
3.4	本章のまとめと今後の課題	57
3.4.1	本章のまとめ	57
3.4.2	今後の課題	58
4	Price Percolation Model による価格変動メカニズム分析	59
4.1	本章における目的と概要	59
4.1.1	本章の目的	59
4.1.2	本章の概要	59
4.2	景気循環の価格変動への影響	59
4.2.1	パラメータ	61
4.2.2	シミュレーション	62
4.2.3	結果と考察	62
4.3	市場拡大の価格変動への影響	65
4.3.1	パラメータ	65
4.3.2	電子部品の市場形成過程と Price Percolation Model の対比	66
4.3.2.1	1979 年における市場拡大の構造変化の発生	67
4.3.2.2	電子部品の市場の相転移	68
4.3.3	シミュレーション	71
4.3.4	結果と考察	75
4.3.4.1	長期的価格下落と需要・供給の法則	78
4.3.4.2	長期的価格下落のメカニズム	78

4.4 結論.....	79
5 Price Percolation model のまとめと課題.....	81
5.1 Price Percolation Model のまとめ.....	81
5.2 今後の課題.....	82
6 価格 - 販売量推移曲線モデル.....	83
6.1 本章における目的と概要.....	83
6.1.1 本章の目的.....	83
6.1.2 価格 - 販売量推移曲線モデルの概要.....	84
6.2 価格 - 販売量推移曲線の導入.....	86
6.2.1 生産・出荷・販売統計の従来への分析・予測法.....	86
6.2.2 販売統計分析への価格 - 販売量推移曲線の導入.....	86
6.2.3 価格 - 販売量推移曲線の性質.....	87
6.2.4 価格 - 販売量推移曲線から視覚的に得られる情報.....	88
6.2.4.1 バブルの視認を可能にする視覚化.....	89
6.2.4.2 産業(業種・製品)の構造変化発生の視認が可能な視覚化.....	91
6.3 価格 - 販売量推移曲線の数理モデル.....	94
6.3.1 価格変動モデル.....	94
6.3.2 実験式としての Bass モデル.....	95
6.3.3 価格 - 販売量推移曲線モデル.....	96
6.3.4 各パラメータによる価格 - 販売量推移曲線の挙動.....	97
6.3.5 最大販売数量と最大販売金額に達する価格.....	99
6.3.6 最大販売数量.....	99
6.3.7 θ 値の性質.....	100
6.4 価格 - 販売量推移曲線の in-sample による評価.....	101
6.5 θ 値の評価.....	105

6.6	パラメータ $p+q$ と g_0 の関係.....	107
7	価格 - 販売量推移曲線モデルの活用法の提案.....	110
7.1	価格 - 販売量推移曲線モデルによる製品ライフ・サイクルのステージの識別	110
7.1.1	従来の製品ライフ・サイクル.....	110
7.1.2	利益を考慮したライフ・サイクルのステージの客観的識別法.....	111
7.1.3	数量ピークを考慮したライフ・サイクルの客観的識別法.....	114
7.2	販売金額ピークから販売数量ピークまでの長さ と 最大販売数量の予測.....	115
7.2.1	DSC による out-of-sample 予測のパフォーマンス評価と考察.....	115
7.2.2	国内磁気テープによる out-of-sample 予測のパフォーマンス評価と考察.....	117
7.2.3	価格 - 販売量推移曲線モデルと Bass モデルによる最大販売数量予測と考察	119
7.3	パラメータ $p+q$ と g_0 の関係を活用した価格戦略.....	122
8	価格 - 販売量推移曲線モデルのまとめと課題.....	128
8.1	価格 - 販売量推移曲線モデルのまとめ.....	128
8.2	今後の課題.....	128
9	Pricing Percolation Model と 価格 - 販売量推移曲線モデルの関係.....	130
10	本論文の結論と今後の課題.....	133
10.1	結論.....	133
10.2	今後の課題.....	134
	参考文献.....	137
	補遺 1: 成熟期の時間表現.....	144
	補遺 2: 価格弾力性を用いた販売量予測.....	146
	業績リスト.....	150
	謝辞.....	152

図目次

図 1 部品デバイスの構成.....	4
図 2 セラミックコンデンサーの長期の趨勢的価格下落.....	9
図 3 抵抗器の長期の趨勢的価格下落.....	9
図 4 セラミックコンデンサーの生産数量推移.....	10
図 5 某社の価格実験の結果.....	12
図 6 円 - US ドルと韓国ウォン - HS ドルの推移.....	15
図 7 本論文の構成.....	22
図 8 2次元正方格子サイト・パーコレーションの出力図.....	25
図 9 PP モデルの市場構造.....	31
図 10 実市場とモデルの対応.....	31
図 11 電気特性と価格の関係.....	35
図 12 価格と基本特性及び単位特性の関係.....	37
図 13 某社のセラミックコンデンサーの価格分布.....	38
図 14 顕在化確率によるベキ分布の変化.....	41
図 15 分析した期間の景気動向.....	42
図 16 世界 1 人当たりの国民総所得とセラミックコンデンサー国内生産金額.....	45
図 17 総潜在市場と顕在市場、潜在市場の関係.....	47
図 18 国内セラミックコンデンサーと世界 1 人当たりの国民総所得の関係.....	48
図 19 市場拡大に伴う顕在化確率の変化.....	49
図 20 実データとシミュレーションによる価格 - 販売数量分布の比較.....	51
図 21 調査対象企業における価格 - 販売量分布のベキ指数と世界 1 人当たりの国民 総所得の関係.....	54
図 22 市場拡大に伴う価格 - 販売量分布の変化の模式図.....	56
図 23 セラミックコンデンサーの平均価格の推移.....	60
図 24 シミュレーションと実データの推移比較 (a) セラミックコンデンサー (b) 水 晶デバイス.....	63
図 25 セラミックコンデンサーの生産金額と世界 1 人当たりの国民総所得の推移.....	67
図 26 1979 年以前と以降の電子部品市場の状態.....	69
図 27 日米セラミックコンデンサーの平均価格推移比較.....	70
図 28 市場の状態とパーコレーション・グラフの対比.....	70
図 29 セラミックコンデンサーの平均価格.....	76

図 30 セラミックコンデンサーの販売数量	76
図 31 タンタルコンデンサーの平均価格	77
図 32 タンタルコンデンサーの販売数量	77
図 33 価格 - 販売金額推移曲線 $A(z)$ と価格 - 販売数量推移曲線 $Q(z)$ の関係	88
図 34 水晶デバイス製品の販売数量と金額推移	90
図 35 水晶デバイス製品の価格 - 販売量散布図	90
図 36 半導体メモリーの販売数量・金額推移	92
図 37 1997年1月から2003年12月までの価格 - 販売量推移曲線	92
図 38 2004年1月から2008年9月までの価格 - 販売量推移曲線	93
図 39 6種の民生エレクトロニクス関連製品の価格推移	94
図 40 p の変化による曲線の変化	97
図 41 q の変化による曲線の変化	98
図 42 g_0 の変化による曲線の変化	98
図 43 各パラメータに対する θ 値の等高線図	100
図 44 チップ抵抗の価格 - 販売量推移曲線	103
図 45 金属化有機フィルムコンデンサーの価格 - 販売量推移曲線	103
図 46 録画再生磁気ヘッドの価格 - 販売量推移曲線	104
図 47 フロッピー・ディスクの価格 - 販売量推移曲線	104
図 48 θ 値と g_0 の関係	106
図 49 g_0 と $p+q$ の関係図	107
図 50 g_0 と q の関係	108
図 51 チップ抵抗の価格 - 販売量散布図	112
図 52 利益を考慮したライフ・サイクルのステージの同定基準	113
図 53 数量のピークを考慮したライフ・サイクルのステージの分類	114
図 54 DSC の価格 - 販売金額および価格 - 販売数量推移曲線	116
図 55 国内磁気テープの価格 - 販売金額および価格 - 販売数量推移曲線	118
図 56 g_0 の変化に伴う価格 - 販売金額推移曲線の挙動	124
図 57 g_0 の変化に伴う生涯販売金額の変化	124
図 58 g_0 の変化に伴う価格 - 販売数量推移曲線の挙動	125
図 59 g_0 の変化に伴う生涯販売数量の変化	125
図 60 g_0 の変化に伴う時間 - 販売金額推移曲線の挙動	126
図 61 g_0 の変化に伴う時間 - 販売数量推移曲線の挙動	126

図 62 価格 - 販売反応曲線、価格 - 販売量分布、価格 - 販売量推移曲線の関係....	131
図 63 成熟期の長さ と 1 期当りの価格下落率の関係.....	145
図 64 DSC の価格弾力性の計算値と実績値の比較(平均価格 1000 円)	147
図 65 g_0 の価格弾力性 η への影響	148

表目次

表 1 2013 年電子部品の世界生産規模と日系メーカーのシェア	5
表 2 説明変数一覧	34
表 3 ヘドニック関数の推定結果	35
表 4 景気変動による価格 - 販売量分布の変化	42
表 5 市場拡大を想定したシミュレーション結果から推定したベキ指数と切片	53
表 6 年間データで作成した価格 - 販売量分布から推定したベキ指数	54
表 7 シミュレーションによる高価格帯と低価格対の販売量変化	57
表 8 実データにおける高価格帯と低価格帯の販売量変化	57
表 9 各部品カテゴリーの η	66
表 10 セラミックコンデンサー	73
表 11 タンタルコンデンサー	74
表 12 各部品カテゴリーの α と V	74
表 13 6 種類のエレクトロニクス関連製品の価格変動モデルの推定結果とその精度	95
表 14 価格 - 販売量推移モデルの推定結果とその精度	102
表 15 z_{\max_q} の予測値と実績値の比較および θ 値	102
表 16 民生エレクトロニクス関連製品における θ 値の重回帰分析結果	106
表 17 回帰分析結果	108
表 18 分散分析表	108
表 19 DSC のパラメータ推定結果	116
表 20 θ 値および最大販売数量と最大販売数量・金額における価格	117
表 21 国内磁気テープのパラメータ推定結果	118
表 22 θ 値と最大販売数量および最大販売数量・金額における価格	119
表 23 各製品カテゴリーの最大販売数量と P_{\max_q} の予測結果の比較	121
表 24 各モデルの比較	131
表 25 各パラメータの値	146

1 序論

1.1 研究の目的

汎用電子部品 [1]は、個別製品の小型化・高特性化等のスピードが速く製品ライフ・サイクルが短いため、強い価格下落圧力にさらされている。さらに顧客である電子機器メーカーを含めたエレクトロニクス業界では、技術革新が早く機器や市場の変化も大きい。このように変化の激しい汎用電子部品業界では、ビジネス環境において追い風が吹いているときには大勝し、向かい風の際は大きく負けないビジネス・モデルの構築が求められている。つまりビジネス環境の変化をうまく活用して効率良く企業業績を向上させるビジネス・モデル構築が期待されている [2]。

その汎用電子部品は、2つの特性を持つ。

その1つは、汎用電子部品の個別製品は個別の顧客に対して、価格が不可逆的に下落していることである。つまり個別顧客向けの個別製品は決して価格が上昇することはない¹。また製品カテゴリーとして見た場合でも、その平均価格は趨勢的に下落している[図 2、3 参照]。

2つめは、汎用電子部品は製品の同質性が高く、競合他社に対して製品で競争優位の構築が極めて難しい。ある汎用電子部品に複数のサプライヤーがあった場合、顧客にとってその汎用電子部品は、一番安く安定して提供してくれるサプライヤーから買う。なぜなら、汎用電子部品は標準化されており、電気的特性、形状・寸法、信頼性等の製品特性がまったく同じだからである。形状・寸法は、電子機器に組み込まれている回路基板への電子部品の実装がすべて機械化されているため、その自動実装機(マウンター)に掛けやすいように規格・標準化されている。さらに電子機器メーカーでの回路設計や購買活動の効率化を図るために、電気的特性も規格・標準化されている。信頼性についても規格・標準化されているため、信頼性が高いことを売り物にして販売することもできない。汎用電子部品はこのように同質性が極めて高いため製品自体に特徴を付けることがほとんどできない。

競争優位構築に関する戦略論には2つの視点がある。1つは Porter [3] に代表される「ポジショニング・アプローチ」であり、もう1つは、Barney [4]に代表される「資源ベース・アプローチ」である。前者は、企業を取り巻く環境要因によって競争優位が決定されると考えるアプローチであり、後者は、競争優位の源泉を企業それぞれのもつ資源におくアプローチといえる。

¹ ただしこれら個別製品が集まって製品群を形成すると、その製品群の平均価格は、プロダクト・ミックスの変化で、上昇する場合がある。しかしこれは見掛け上のことであり、それを構成する個別製品の価格は常に下落している。

Barney の「資源ベース・アプローチ」では、競争優位性に結びつく経営資源として

- ① 経済価値 (value)
- ② 希少性 (rarity)
- ③ 模倣困難性 (imitability)
- ④ 代替の困難さ (not substitutable)

の4つの特性を示している。汎用電子部品のもつ特性を念頭において上記4項目を吟味すると、汎用電子部品の製品特性は、①を除いたほかの3項目に対してはマイナスに作用していると考えられる。汎用電子部品の希少性は低く、模倣困難性はほとんど無い²。また代替の困難さは、競合する各企業に平等に付与されていると考えられる。つまり Barney の4つの経営資源のうち3つに関して競争優位を構築することは極めて難しい。残る「経済価値」は、突き詰めると人材や資金力に行き着くものである。これらは、「希少性を確保する」、「模倣困難性を構築する」、「代替の困難さを確立する」・・・というようにいわゆる「いかに・・・するか」というような技術的な側面に課題があるというより、「人材育成する」、「社外から人材を入れる」、「資金を調達する」というように経営者の意思決定と行動という側面が強い。つまり「いかに・・・するか」というようなことより、するのかもしれない(もちろんその企業の置かれた状況によって難度はことなるが)問題なのである。またこの「経済価値」は、一般的には企業規模に比例していると想定される。もちろんその時の経営状態や経済環境にもよるが、大きな企業ほど従業員数が多いから人材の多様性も富んでいるはずだし、小さな企業より大きい資金調達がしやすいだろう。つまり大きい企業ほど経済価値は恵まれており、小さい企業は不利といえる。しかし小さい企業もいかに戦うかを考えなくてはいけない。

そこで、汎用電子部品において何らかの競争優位戦略³を検討する場合、議論をシンプルに進められるように、前提条件として競合する企業間の経営資源を同等と仮定することにする。そのため本論文では、一貫して競合する企業間の経営資源が同等であり、人材に伴う技術力や、資金力などに差が無いとして議論を進める。

この前提に立ち、本論文では、製品や市場を価格の視点でとらえるアプローチを採用した。つまり価格戦略的な視点である。その価格戦略論に関する文献に、H. Simon と R. Doan

² もちろんこれは既存の競合環境にいる同業者間での議論である。汎用電子部品は、素材技術でありノウハウの集積したものである。したがって新規参入者にとって模倣困難性はかなり高い

³ 戦略という言葉には色々な解釈がある。本論文では、『戦略とは競争優位を構築する方策』という意味で使用していく。したがって「戦略論」とは「競争優位を構築するためにどうしたらよいかを追究し論じたもの」と定義する。ゆえに「価格戦略論」とは、競合との競争において商品のプライシングによって、どのように競争優位を構築するかを論じることを意味する。

の『POWER PRICING』⁴ [5]がある。この著書は、事例分析において論拠となる重要なコンセプトを明快に説明している。ここで述べられている6つの戦略的なプライシング手法に対して、汎用電子部品の商品性、市場性等の視点から検討を加えた[詳細は 1.3.2]。その結果

- 1) 製品ラインのプライシング
- 2) 長期的時間軸を考慮したプライシング

の2つのアプローチに競争優位戦略の構築の自由度が残されている可能性をつかんだ。もちろん、H. Simon 等の著書にある手法はそのままでは電子部品に適用できない。あくまで戦略的な視点として上記の2つに可能性があるということである。本論文では、この2つの視点に立って、新しいアプローチを創出することを目的としている。

1番目の「製品ラインのプライシング」に関しては、その具体的な方法の1つとして、電子部品カテゴリーの業界における価格-販売量分布を推計し、景気循環や市場拡大等のビジネス環境の変化に伴うその分布の挙動を知り、それをもとにした商品品揃え等の戦略をベースとしたビジネス・モデル構築が提案できる。この提案を実現するために汎用電子部品の価格形成過程モデルを提案する。このモデルは、汎用電子部品の価格分布形成とパーコレーション現象の類似性を利用した確率場のモデルである。我々はこのモデルを Price percolation model と呼ぶ。またこの Price percolation model を用いると、価格分布の挙動をマクロ経済環境の変化との関わりの中で調べることができるため、価格変動のメカニズムについても新しい知見を示すことが可能である。そのため価格変動メカニズム分析も本論文の目的としている。

2番目の「長期的時間軸を考慮したプライシング」に関しては、価格を変数とする価格-販売量推移曲線モデルを提案しその活用法を示す。価格-販売量推移曲線モデルは、汎用電子部品のさまざまな水準の商品群における平均価格の推移に伴う販売量の推移がベル型曲線を生成する性質を利用したものである。その意味で価格-販売量推移曲線モデルは、汎用電子部品の価格成立過程を分析する別の視点を提供するものである。

本論文では、上記2つのアプローチにより、諸価格戦略創出の基礎となる2つの数理モデルの構築とその活用法や諸ツールの提案を行い、さらにこれらを活用していくつかの品揃え戦略や価格戦略を創出・提案した。また製品ラインのプライシングアプローチで構築したモデルを用いて、価格戦略創出の基礎となる価格変動メカニズムについても分析し、従来から一般的に知られている価格変動メカニズムと比較した。

⁴ 訳書：価格戦略論/ ヘルマン・サイモン、ロバート・ドーラン著 吉川尚宏監訳 エコノミクス・コンサルティング研究会訳 ダイヤモンド社 2002年10月

上記2つのモデルは、まったく異なる前提から構築しているため、一見無関係のように感じられる。しかし、両者には密接な関係があることを9章で示す。

1.2 研究の背景

本節では、本論文における研究対象である汎用電子部品の商品性・競争環境・価格特性等を明らかにする。特に汎用電子部品では、特徴的な価格変動の形態があり、既存の経済学理論では十分説明できていないことを示す。さらに、先行研究をレビューし汎用電子部品の生産者に残されている価格戦略や品揃え戦略について検討を加える。

1.2.1 汎用電子部品

本論文の対象としているのはエレクトロニクス関連製品の中の汎用電子部品である。汎用電子部品は、IC、LSIなどの電子デバイスとともに電子部品デバイスを構成している。本論文で対象としている「汎用電子部品」は、**図1**の電子部品に当たる製品(受動部品、接続部品、変換部品、その他部品)を対象としている。ここで特殊仕様あるいは特定用途、カ

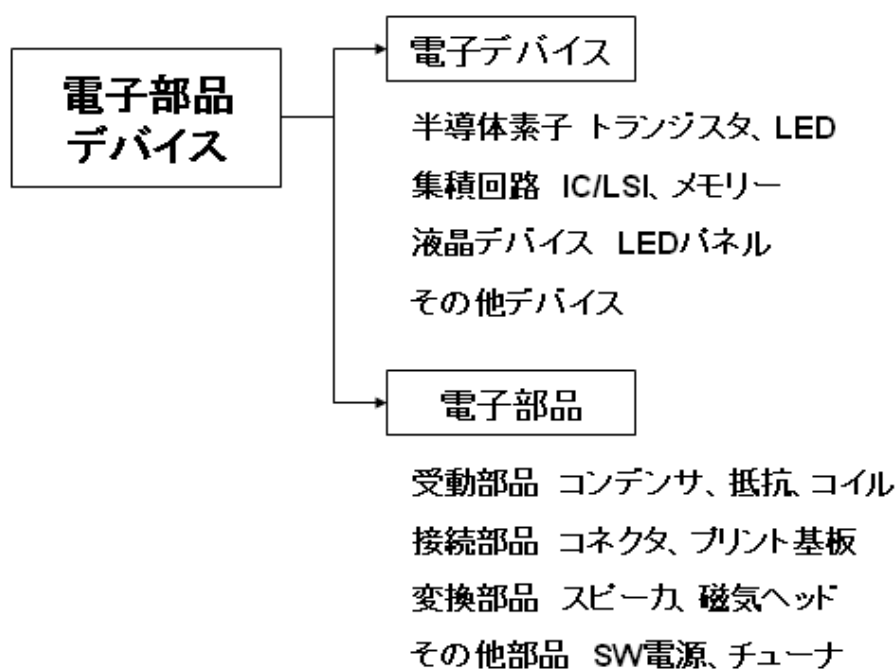


図1 部品デバイスの構成
JEITA⁵(日本電子情報技術産業協会)による電子部品デバイスの定義

⁵ JEITA <http://www.jeita.or.jp/japanese/index.cgi>

表 1 2013 年電子部品の世界生産規模と日系メーカーのシェア

	世界(億円)	日系(億円)	日系比率(%)
電子部品	197、691	75、367	38%

スタムオーダーメイドのものと区別するためにあえて「汎用-」を頭に付けている。つまり同質性が高く供給者と需要者の数もともに多く、常に熾烈な価格競争にさらされている汎用性の高い電子部品を対象にしている。なお本論文で対象としているのは、個別の品番で示される製品で構成されるカテゴリーレベルの汎用電子部品である。

これらの電子部品の W/W における 2013 年度市場規模は、約 20 兆円と推定される。その中で日系メーカーの生産額は 7.5 兆円(シェア 38%)に上る[表 1 参照 [6]]。汎用電子部品は生産財⁶であり、電子部品メーカーは電子部品を中間財として電子機器メーカーに納入している。

汎用電子部品は、それぞれの製品カテゴリーが、形状・寸法や特性・信頼性等の異なる多数の個別製品で構成されているのが特徴である。例えば、セラミックコンデンサーの場合、数千種類⁷の個別製品で構成されている。

本論文は、「部品デバイス」の中でも日本のシェアの高い「電子部品」のビジネス戦略の策定と、そこに至るアプローチの構築を目的としている。

1.2.2 汎用電子部品の競争環境

汎用電子部品の競争環境を、その典型的なサプライ・チェーンの中で買手の視点と競合する売手における同業者の視点で分析してみよう。

●買手(ユーザー)

汎用電子部品メーカーにとっての買手は、例えば、パンソニック、ソニー、シャープなどの日系電子機器メーカーを含めた世界の電子機器メーカーである。これらの中で規模の大きな電子機器メーカーは部品の購入規模も大きいため、取引交渉において有利な立場にある。つまり価格交渉における、これらの顧客からの値下げプレッシャーも、おのずと強いものになる。

⁶ 生産財は最終消費財を生産するために購買される中間財と定義され、原材料・部品、資本財、備品・サービス等に分類される [49]。

⁷ 太陽誘電株式会社の場合、2015 年 4 月 5 日現在 3248 種類 (<http://ds.yuden.co.jp/TYCOMPAS/ap/specificationSearcher.do?cid=C&u=M>)

また汎用電子部品の標準化により、売手と買手間の製品に関する情報格差が極めて小さくなっている。このような状況は、売手が買手を操作することを困難にするため、取引交渉において売手が有利な立場たつことができない。そのため価格交渉での電子機器メーカーからの値下げのプレッシャーはより一層強いものになる。

●競合する同業者

近年汎用電子部品のコモディティ化が著しい。ここでのコモディティ化とは、ある商品カテゴリーにおいて、競合する他社の製品に関して機能、品質、ブランド力など差別化特性が失われ、おもに価格あるいは量を判断基準に売買が行われるようになることを意味する。その結果価格が著しく下落する⁸。

一般に汎用電子部品は、①商品技術・生産技術の発展、②製品や技術の標準化の進展、③生産自体の装置産業化の進展等により、特性や品質が向上すると同時に、どの供給者の製品でもほとんど顧客要求を満たすようになり、さまざまな側面で(同業者間における)参入障壁が低下してきた。さらに安定した売上拡大が期待できる電子機器市場を有しており、これらの条件がそろふことによりコモディティ化がもたらされていると考えられる。

また汎用電子部品の標準化の進展、さらにその生産の装置産業化の進展が、アジア新興国の汎用電子部品メーカーの参入を容易にしている。汎用電子部品に分類される製品の中には、近年、韓国勢ばかりでなく中国のローカルメーカーの参入も活発化している。これらの参入も価格下落を加速させる原因になっている。

1.2.3 汎用電子部品の同質性とその影響

汎用電子部品は『同質性』の強い商品である。同質性とは、具体的に表現すると、汎用電子部品メーカーA社、B社、C社・・・の生産・販売しているある製品αに対して、顧客a社、b社、c社・・・がどのメーカーの製品も同じ品質と見ていることである。この同質性は、部品メーカーの競合に対する競争優位性構築を極めて困難なものにしている。

顧客である電子機器メーカーは、設計・組み立ての効率向上や、できるだけ安く安定した供給体制のもとで調達することを意図し、電子部品の標準化を推進してきた。しかし標準化されることにより、部品メーカーにとっては商品に独自性を持たせることが困難になり、価格決定力の低下をもたらすことになった。

⁸ 本来、コモディティとは、販売を目的として生産された財のこと [49]。商品取引市場において売買されるような商品を指す場合もある。具体的には、小麦やトウモロコシなどの農産物、石油・石炭・金・銀などの鉱物資源、繊維・ゴムなどの原材料等。

部品メーカーにとっての顧客である電子機器メーカーは、部品メーカー複数社に同じスペックの製品の価格提示を求め、その中から提示価格の安い 2、3 社を選定し、安い価格を提示した順に発注量に変化をつけて購入をスタートするのが一般的である。最安値での購買実現と、(複数社購買による)安定調達実現の両立を図ることを目的に、この方法は顧客に広く導入されている。

その同質性がゆえに、汎用電子部品は、

- ① 商品の差別化が困難⁹
- ② 製品ブランド形成が困難¹⁰

な商品といえる。さらに、

- ③ 製品へのサービス付加が困難

な商品であるともいえる。もっとも新製品のファーストソースとしての参入時点では、客先もその部品を使いこなす上での技術データや、場合によっては回路に組み込む際に、回路のノイズ対策等に関して、立会い試験などの技術的支援が必要な場合もあり、新製品における最初の参入ではサービスの付加が可能である。そのため、2nd ソースが現れるまでの期間は比較的価格プレッシャーが小さいのは事実である。ただしこれを享受し続けることはできない。それを継続するためには、新製品のリリースを常に業界で最初に行う必要がある。しかし、常に 2nd ソースの出現で再び価格プレッシャーは増大し、最初に提供したサービスの効果は急速に減衰し消滅する。また、新製品において 1 番手の参入が済んだ後に、顧客から 2 番手以下の部品メーカーには、部品メーカー間の価格競争を促すようにできるだけ『安い価格』を提示すること、さらに安定した供給を実現することのみが期待される。

かつては日本の電子部品業界では、高信頼性を要求される機器、例えば、航空宇宙、軍事、自動車等の故障が即人命に関わる場合や、大規模な損失を伴う機器への参入に慎重であった時期があった。そのような状況では、技術力が参入障壁となっていた。しかし部品メーカーの技術力向上に伴い近年では、これらの障壁が極めて低くなっている。そのため

- ④ サプライヤーを限定する顧客は無い

⁹ 汎用電子部品は、取引対象となる製品自体に特徴を付けて差別化することができない等が挙げられ。

¹⁰ ブランドには次の 3 つの階層がある。①企業名がそのままブランドになる「コーポレート・ブランド」、②幾つかの製品カテゴリーをまとめた「ファミリー・ブランド」、③個々の製品を示す「製品ブランド」。汎用電子部品の場合困難なのは、製品ブランドである。上部階層のコーポレート・ブランドは、技術力や製品ラインナップ等の優位性をもとに企業イメージの向上が可能でありブランド形成が可能である [93]。

状況になっており、これらの高信頼性製品を要求する顧客に対し高い価格で販売すること自体が難しい時代になっている。

大口の顧客は、つねにできるだけ安価で安定した供給体制のもとに調達したいと意図している。これを実現するため、複数社購買で安定調達を確保し、さらに価格競争させて一番安い価格を提示したサプライヤーに対して、より多くの注文を出す方法をとっているため、サプライヤーにとって

⑤ 顧客の囲い込みが困難¹¹

な状況に置かれている。つまり価格しだいで採否や受注量が即変化する熾烈な競争環境に置かれている。

上記の①から⑤までの項目の共通点は、競合他社に対して「競争優位性の構築」を困難にする条件である。このように汎用電子部品業界は、競合する同業者に対して「競争優位性」の構築が極めて難しい状況に置かれているのである。

1.2.4 汎用電子部品の価格

汎用電子部品は、品番の付けられた個別商品の価格(例えば顧客 A 社に対する品番 a 製品の価格)は不可逆的・指数関数的に下落し、上昇することは無い¹²。これを本論文では「価格の不可逆的下落」と呼ぶことにする。個別製品では、つねに複数のサプライヤーがシェア争いしており、その価格競争が原因で、この不可逆的の下落が発生する。

もう 1 つ、汎用電子部品の特徴的な価格特性として挙げられるのが平均価格の「趨勢的価格下落」である。図 2 は日本のセラミックコンデンサーの年次の平均価格(=生産金額÷生産数量)、図 3 は同様の抵抗器の月次の平均価格の推移でありともに経済産業省[METI]生産動態統計のデータである。両図を一見して分かるのは、短期的には、プロダクト・ミックスの変化で平均価格が上昇する¹³ことはあっても、長期的に下落トレンドにあることである。

セラミックコンデンサーも抵抗器も、図 2(1980 年～2007 年)、図 3(1986 年～2009 年)の時間軸の中で、その商品形態が大きく変化している。例えばセラミックコンデンサーの場合は、円板型リード付き→円筒型リード付き→円筒型面実装タイプ→積層型面実装タイプ

¹¹ ここでの「顧客囲い込み」とは、部品メーカーが固定顧客の比率を拡大し、リピート購買、連続購買を促し継続的で安定した売上拡大を図ることを目的に、現在の顧客を永続的な顧客として固定客化・ファン化させること [96]。

¹² 価格が下落しすぎ需要の増大も期待できない状況で撤退を決定した製品の場合、政策的な値上げはある。

¹³ 新製品や高特性の製品等の価格の高い商品群の比率が高まって全体の平均価格が上昇するケース。好景気で高機能・高価格の電子機器の販売量が増加すると平均価格の上昇が発生する。

と変遷してきた。抵抗器も、リード付から面実装タイプへと形態が変化してきた。このような形態の変化があったにも関わらず、平均価格は長期的に一本調子で下落を続けており、価格の推移からはどこから商品形態が変化したかを読み取ることができない。

ここで我々はひとつの疑問を持つ。なぜ汎用電子部品の平均価格は趨勢的に下落するのであろうか。ミクロ経済学では、需給バランスの崩れ(供給過多)が価格下落をもたらすとされている。確かに、近いところでは IT バブル(インターネットバブルともいわれる場

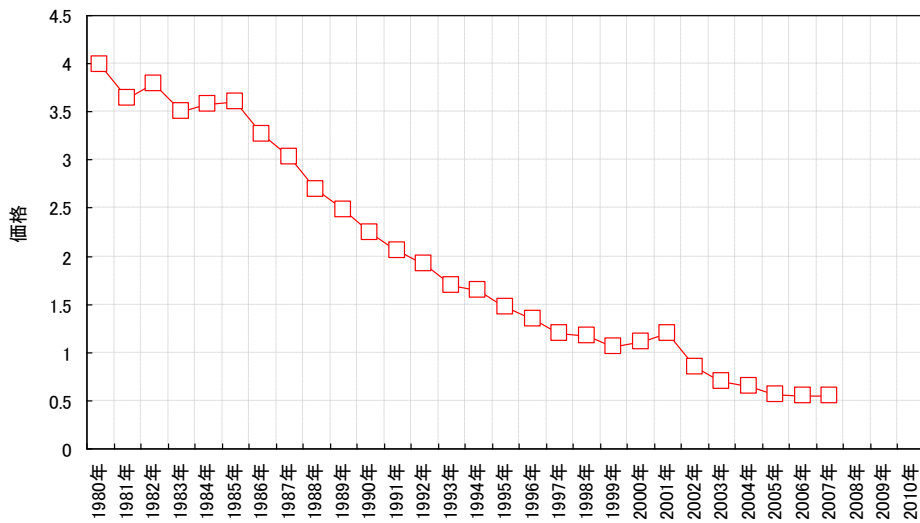


図 2 セラミックコンデンサーの長期の趨勢的価格下落

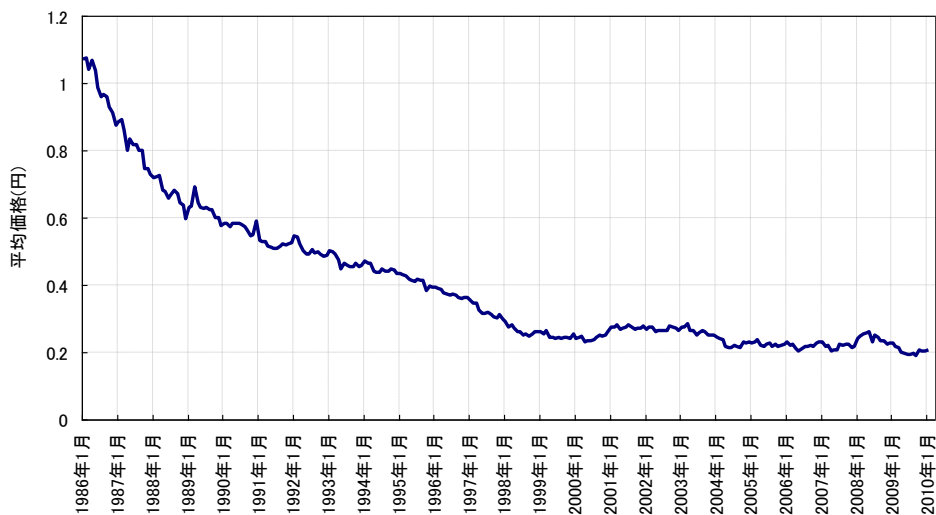


図 3 抵抗器の長期の趨勢的価格下落

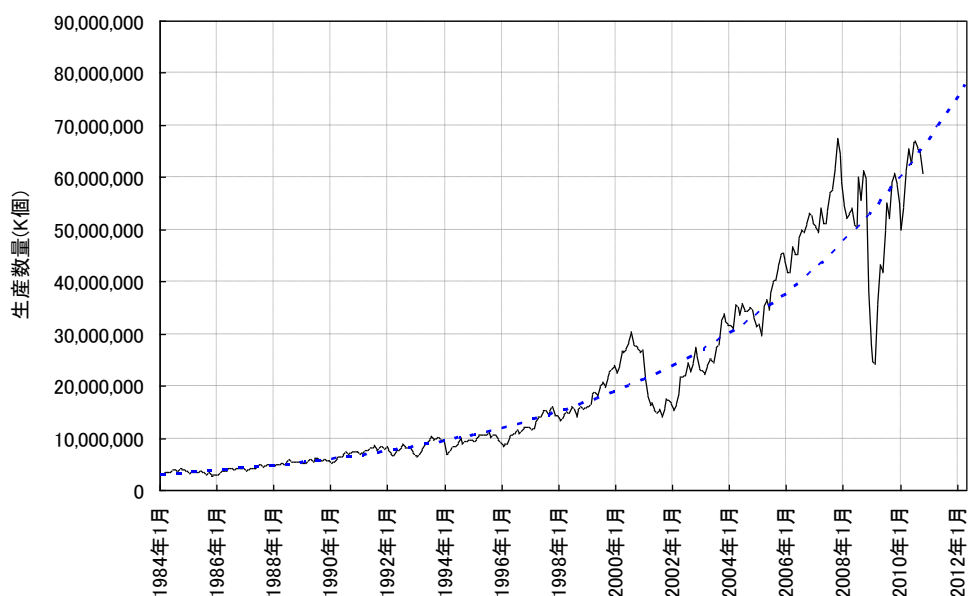


図 4 セラミックコンデンサーの生産数量推移
月次データ 図中の破線は最小 2 乗法で推定した指数関数

合がある)の際は品薄感が広がり、図 2、3 とともに 2001 年頃に若干平均価格が上昇している。しかしこの時も、個別商品においては、需給バランスの崩れが価格上昇をもたらすことはなかった。図 4 の METI セラミックコンデンサーでは、IT 不況以降再び価格下落に転じ、その後訪れた好況時も下落を続けている。つまり平均価格の趨勢的下落の原因が、需給バランスの崩れ(供給過剰)あるとにいけるほどの証拠を、これらのデータから見出すことができない。

なお日本の汎用電子部品を代表するセラミックコンデンサーは、1980 年以降 IT 不況(2001 年)や世界金融不況(2008~9 年)の影響を受けたにも関わらず、その生産量推移におけるトレンドは指数関数的に増加してきた[図 6]。つまり需要としては指数関数的に拡大してきたといえる。これは市場が指数関数的に拡大しているのとらえることができる。

セラミックコンデンサーや抵抗器の価格と生産数量の推移を比較し、両者の推移の関係性から現象論的にとらえると、「市場が拡大するとともに価格が下落している」といえる。市場が拡大しているため、メーカーは価格を安くしても多売が可能となり企業としての成長が見込めるため価格を下げていると解釈できる。また逆に、価格が下落することにより、逆に需要が拡大しているという見方もできる。

市場の拡大と価格の下落のどちらが原因でどちらが結果なのか、その因果関係はどうなっているのか。市場がこれ以上拡大しなくなったら価格下落が止まるのだろうか。市場拡

大が停止した場合、そのまま価格下落が続くと売上金額が減少し利益が出なくなり、事業の継続が不可能になるため、力の弱い部品メーカーから市場を去る。そのため、ラグをもって価格下落は停止することが予想される。そうだとすると、市場拡大が価格下落をもたらしている可能性が高く、平均価格の趨勢的下落の原因を、競合するサプライヤー間のシェア争いや、価格競争だけに求めるのは適切ではないと考えられる。本論文では、この疑問に対しても検討を加え、1つの知見を示す。

1.2.5 完全競争的市場である汎用電子部品の市場

それでは、汎用電子部品の市場に参加しているプレーヤー¹⁴の行動は価格下落に何らかの影響を加えることができるのであろうか。これはゲーム理論の視点である。

経済学では、寡占状態にある2企業がベルトラン競争¹⁵すると変動費レベルまで価格が下落するといわれている。同質な製品の場合ベルトラン競争では、常に「競争相手よりも少しだけ価格を低くして需要を奪う」ことが最適解となるため、どちらか一方が価格の低下をストップさせたのならば、同時にもう一方の企業もストップさせることが最適となり、価格競争は穏やかなものとなる。

それでは3企業以上であったらどうであろうか。実際の市場においてプレーヤーである部品メーカーのうちの1社が価格下落を阻止する活動をしたら、市場価格の下落に何らかの影響を与えることができるのであろうか。某社で、この市場実験を2003年7月から12月までの半年間実行した。

図5は、2003年1月から2005年末までの日系企業(当時大手3社を含む6社)で構成される業界全体の平均価格指数(濃実線)と、価格実験を行った某企業の平均価格指数(淡実線)の推移を比較したものである。実験企業(当時シェアは日本企業全体の約4分の1であった)は2003年7月から12月までの半年間であったが、価格下落を食い止めるために、利益の出ない商品の値下げを制御した。その効果が2004年に入ってから平均価格指数として現れ始めた¹⁶[図7参照]。平均価格の上昇は、2004年1月頃から同年7~8月まで続いている¹⁷。

¹⁴ ここでは部品メーカーを想定する。

¹⁵ 市場が寡占状態にある状況下で、純粹戦略が連続的に存在する場合の戦略として、クルノー競争とベルトラン競争がある [95]。生産量ではなく、価格で各プレーヤーが競争するのがベルトラン競争である。ベルトラン競争では、最も安い価格を提示した生産者が、シェアを独占することができることになる。

¹⁶ 汎用電子部品の価格交渉による価格改定の期間は、顧客により異なる。四半期ごと、半年ごと、一年ごと、不定期などがある。四半期などの短期の場合は、その期間における商品ごとの価格を取り決めることが多いが、半年や1年の長い期間での価格の交渉では、価格のある短い期間ごとに $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \dots$ とトレンドで取り決める場合もある。そのため実際の販売データにその価格交渉結果が現れるまでに約半年程度のラグが発生する。

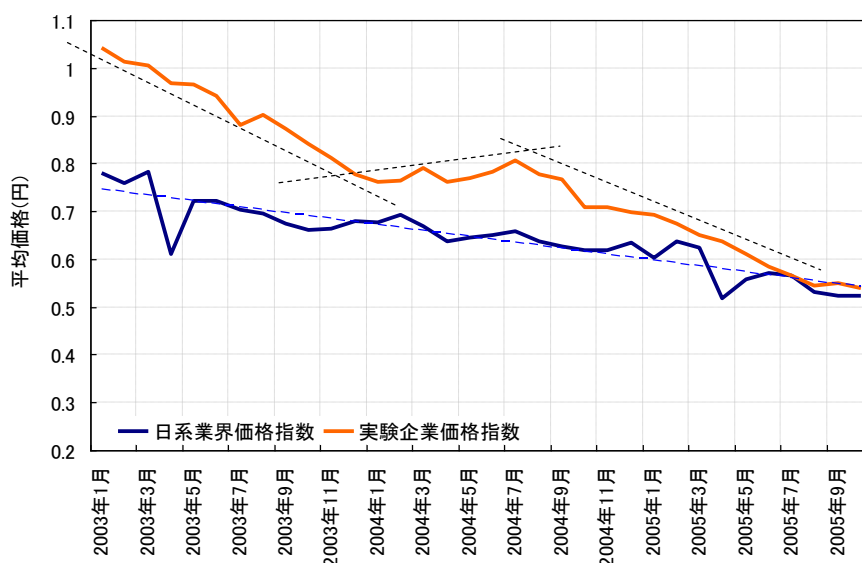


図 5 某社の価格実験の結果

しかし日系業界全体での平均価格指数は、何もなかったかのように線形のトレンドに乗って下落していた。約四分の一シェアを持つ実験企業が値下げしなかったにもかかわらず業界全体では、それまでとほとんど変わらないスピードで下落していたということは、見掛け上、一社が値下げしなくても他方の複数の企業は、今まで通り値下げしているということになる。この結果は、汎用電子部品がベルトラン競争をしており、市場が合理的に機能していれば、汎用電子部品の市場で3社以上の企業による競争では、ほかの2社間でベルトラン競争しているかぎり、1社のみが価格下落を阻止しようとする意図しても、価格は下がり続けると考えることで説明が付く。

この実験結果は、プレーヤーが多数存在すると、プレーヤーが価格に影響を及ぼすことができないことを示している。つまりプレーヤーの意図にかかわらず価格が下落し続けると考えるのが自然である。さらにこれは、プレーヤーがブライステイカーであることを示しており、汎用電子部品が、完全競争的な市場を形成していることを示唆している。なお経済学的には、完全競争市場では、

- (1) 市場に多数の生産者や消費者がいること
- (2) 商品の質が同じであること
- (3) 価格や特性など商品に関する情報を参加者がもっていること
- (4) 市場への新規参入や撤退が自由であること

¹⁷ なおその後、実験企業はシェアを減らしたため政策を変更し、積極的に値下げする動きに転換したようすが図から分かる。

という4つの条件を満たすと仮定する。

本論文では4章において、この趨勢的な価格下落をもたらしているメカニズムについて検討する。

1.3 汎用電子部品のビジネス戦略に関する従来研究

マーケティング理論の中には、価格決定法を研究する分野がある。ここでは、価格・プライシングを科学的に解明し、各種の価格決定法をコスト志向、需要志向、価値志向などの視点で議論している [7]。本論文は、このような価格決定法を追究するものではない。価格に注目して競争優位に立つための戦略論の構築を最終の目的の1つとしている。本節では、従来研究をレビューする。

1.3.1 ビジネス戦略に関する従来研究のレビュー

これまでのマーケティング理論は、一般消費者を対象とする消費財に関するものが多く、B2B取引を扱う生産財のマーケティングに関する研究は少ない。この原因として、個別の生産財取引の持つ取引体系やフロー等の取引環境が固有であり、生産財取引を一般論や共通項でくくっての議論できないことが挙げられる。つまり個別の生産財により取引環境が大きく異なるということは、商品戦略や価格戦略等についてもそれぞれの生産財の商品特性に応じた個別の戦略構築が要求されるのである [8] [9] [10]。

このため電子部品のビジネス戦略に関する研究も極めて少ない。この種の研究の盛んな欧・米においては、電子部品産業がそれほどメジャーな産業ではなく、研究成果の汎用性の観点から研究対象としての価値が乏しいことも原因として挙げられる。いっぽう、比較的これらの産業が強い日本においては、企業間取引、生産財・中間財であり、研究対象の特殊性や業界自体の閉鎖性が外部研究者の立ち入った研究を困難にしていると思われる。したがってその数は極めて少ない。

これまでの研究は、比較的情報提供を受けやすい立場にいる電子部品メーカーを専門とする証券アナリストや電子部品メーカーにおける実務経験がある大学教員によるものであった。例えば林 [11] [12]は、世界的に見ても好業績を維持する日本の電子部品企業の成功事例の研究から、電子部品企業として成功するためのビジネス・モデルをポジショニング・アプローチの視点で整理している。また松尾 [8]では、標準化が進む電子機器産業において部品デバイスメーカーがいかなる競争戦略を取るべきかを論じている。さらに松尾 [9]では、売手・買手の関係性の複雑化と多品種少量取引の増加しつつある電子部品取引において、これらの変化に対応するための新たな販売チャンネル構築の必要性を提示している。

また中川 [13][14]は、歴史分析により、日系のセラミックコンデンサーメーカーの競争力構築に、完成品企業との技術的協業が重要な役割を果たしてきたことを報告している。

以上のように、汎用電子部品のビジネス戦略に関する従来研究は、社会科学的分析手法によるアプローチであり、数理的なアプローチの研究はほとんど無く、特に価格に関する従来研究は無いと言って良い。

1.3.2 従来の価格戦略論のレビュー

一般に広く知られている Hermann Simon 等による著書 POWER PRICING に従い、ここで提唱されている各価格戦略を汎用電子部品に当てはめて、その適用可能性を吟味する。

「POWER PRICING」では、さまざまな状況のプライシングにおいて「プライス・カスタマイズ」することを提唱している。つまり多様な顧客価値に対して価格をカスタマイズすべきであると主張している。その具体的手法として次の6項目を挙げ、事例を用いて詳細に議論している。

- | | | |
|---|--------------------------|------------|
| ① | インターナショナル・プライシング | [参考文献 6章] |
| ② | 非線形プライシング | [参考文献 7章] |
| ③ | 製品ラインのプライシング | [参考文献 8章] |
| ④ | プライス・バンドリング | [参考文献 9章] |
| ⑤ | 短期的時間軸を考慮したプライシング | [参考文献 10章] |
| ⑥ | 長期的時間軸を考慮したプライシング | [参考文献 11章] |

なお太字で示している③と⑥は、本研究で注目する手法である。

1.3.2.1 インターナショナル・プライシング

参考文献の6章では、地理的に価格をカスタマイズして、プライス・カスタマイゼーションの機会とプライス・ハーモナイゼーションの脅威を最も良くバランスさせる価格水準を見つけ出すことの重要性を説いている。

しかし汎用電子部品にこの手法を適用しても、価格は急速に最低価格に収束していく。これには次の3つの原因がある。

1つは EMS¹⁸の存在である。近年有力な電子機器メーカーが自社ブランド製品を EMS に委託生産させるケースが多い。EMS は電子部品の大量購入を武器に、部品メーカーに値下げを要求し、その結果比較的安い価格で購買している。この価格情報は、EMS と委託元

¹⁸ 他メーカーから受注した電子機器の受託生産を専門に行なう企業のことを EMS と呼ぶ。OEM と似た形態を取っているが、EMS では製品の設計も受注先に代わって行なっている [97]。

である電子機器メーカーの委託生産品についての価格交渉の際に、部品の価格情報が委託元の電子機器メーカーにも伝わる場合があり、そのメーカーとの独自の価格交渉の場でその情報を活用する。このような連鎖で低水準の価格に収束して行く。

もう1つは海外新興国部品メーカーの存在である。新興国部品メーカーはその製造原価の安さを武器として市場参入を目的に、特定顧客の特定製品に対して最安値を出す傾向にある。これを部品使用量の多い主要の大手メーカーに対して展開することで、当該製品の市場価格が急激に最低価格の水準に収束することになる。

最後の1つは、新興国部品メーカーの為替の逆相関性を利用した安値提示である。一般的に、近年(2010/06/02 現在)新興国の通貨の対ドルレートは、円ドルレートと逆に動く。

図6は円-USドルと韓国ウォン-USドルの推移を比較したものである。両者ともに2年前同月比をグラフ化したものである。図は上にプロットされるほど通貨高に変化していることを意味している。1995年頃から2005年頃までの間は、両者の推移に正の相関があった

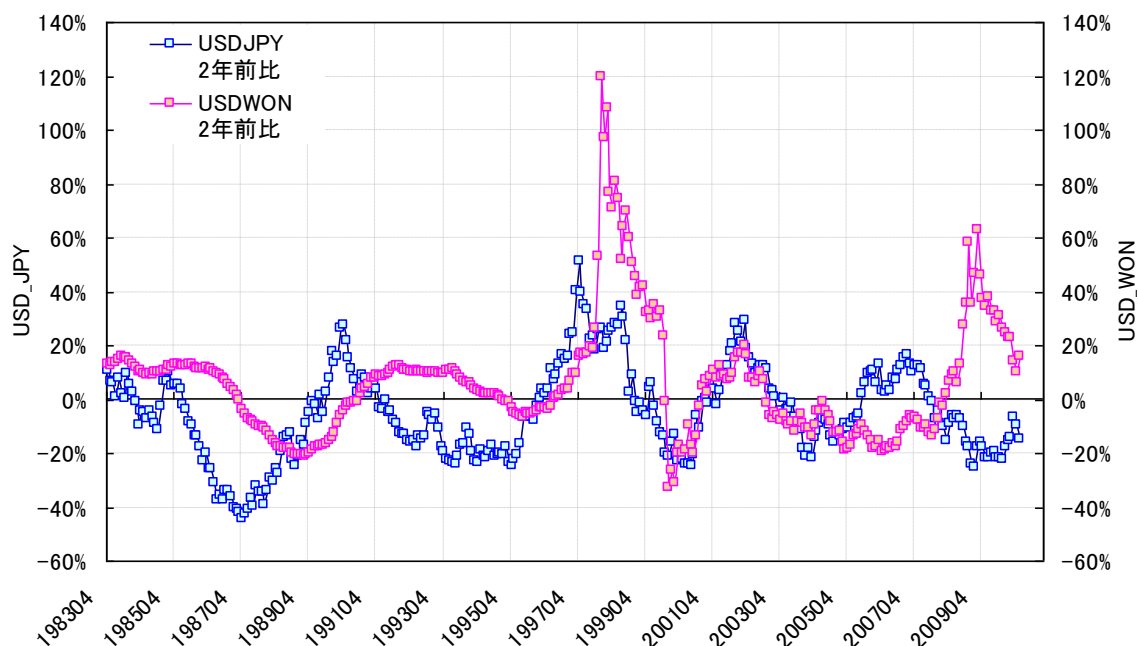


図 6 円 - US ドルと韓国ウォン - HS ドルの推移
両者ともに 2 年前同月比[出所:Yahoo、FRB]¹⁹

¹⁹ 円-ドルレートにトレンドが見られるため、そのトレンドを除去し、両者の推移の相関関係を見やすくするために 2 年前同月比をとり比較した。2 年前同月比の処理により、2 年以下の波長の変動も除去されている。

が、それ以外では、逆相関を持って推移していた。特に 2005 年以降は逆相関性が顕著である。例えば、日本が円高(対ドル)に推移している時期は、新興国通貨の対ドルレートは新興国通貨安で推移する傾向にある。円高では日系メーカーは利益を犠牲にした価格で販売しなければならず、新興国部品メーカーにとっては安値での参入がしやすい環境にあるといえる。これにより円ベースで価格が下がり最安値に収束することになる。

以上の 3 つの原因により、Simon 等が展開したインターナショナル・プライシングは、汎用電子部品ではあまりうまく行かないといえる。

1.3.2.2 非線形プライシング

この手法のポイントは、顧客の購買量に応じた「数量割引」による価格のカスタマイズにある。

汎用電子部品の場合、ある顧客に対してある商品の価格を一度提示し売買が開始すると、その後価格を上げることができない。もし値上げすれば競合他社にその受注を取られシェアを減らしてしまう。そして定期的な顧客との価格交渉と競合他社の存在で、購買量の多い顧客ほど、汎用電子部品の価格は急速に最低価格に収束していく。そのため、この手法を適用してもうまく行かない。これには汎用電子部品の価格の持つ特有の性質「不可逆的価格下落」の存在が強く影響している。そもそも購買量による価格のカスタマイズが実現するためには「価格の可逆性」が前提である。つまり大量購入の際に値下げしても、購入量が減少したとき価格を戻せなければこの手法は成立しない。

ただしこの考え方は、顧客別であれば可能である。つまり小口の顧客には高く、大口顧客には小口顧客に対して相対的に安く売るという方法である。しかしこの方法は、本来の非線形プライシングとは異なるものである。

1.3.2.3 製品ラインのプライシング

複数の製品を生産・販売している企業は、製品間の相互関係を考慮してプライシングすべきであるというのがこの手法のポイントである。しかし、Simon 等はその著書「POWER PRICING」の中で、この手法導入の難しさを訴えている。そして「…パワー・プライサーは時間を掛けて徐々にこの複雑な関係を理解し、製品ラインの価格をうまく調整する方法を身につけていこう…」と楽観的な見通しも述べている。

現実の汎用電子部品においても極めて難しい問題が潜んでいる。例えば、ある製品群を構成している 1 つの個別製品が好調な販売を継続していたとしよう。そこに電気特性がまったく同等でひとまわりサイズが小さい新製品が開発されたとする。その際、その新製品

の価格設定は企業の価格決定者にとって極めて難しい判断を迫られる。一般的に、開発コストや量産初期の歩留まりの問題等の観点から、新製品のコストは高い。しかしいっぽうで数量が確保できれば、小型製品は材料費が少なく生産性も高いので、早く市場での販売を拡大したい欲望に駆られる。しかし注意しなければならないのは、これによって好調な販売を続けているひとまわり大きなサイズの旧製品の販売に極めて多大な影響を及ぼすことである。それはカリバリズム(共食い)である。これを考慮して新製品を高い値段に設定すると、なかなか新製品の販売数量が増えない。その結果、その新製品は利益が出ない状況が継続する。そうこうしている内に競合他社が参入してきてその新製品の価格も下落してしまい、自社にとって思惑通りのシェアも確保できないまま、その製品の成熟期を迎えてしまうということもありうる。

さらに問題なのは汎用電子部品の場合、このような新製品が頻繁にリリースされ、品種も 3000 以上(年間集計)にのぼり、その新製品が複数の旧製品の価格に影響を及ぼすこともあり、企業の価格決定者の判断能力の範囲を超えた状況にあるのが実情である。

このように Simon 等の提案する製品ラインのプライシングを、そのまま汎用電子部品に適用することは多くの困難を伴い、ほとんど不可能といえる。しかし我々は、このような複雑な状況に置かれている汎用電子部品にも極めてシンプルな2つの性質があることを見出している。

- ① 価格 - 販売量分布を形成
- ② 価格の高い製品ほど電気特性が高い

上記②は、多くの商品特性(電気特性、形状・寸法、各種信頼性、その他)を有す汎用電子部品の価格レベルは、ほぼ電気特性のみで決定される(汎用電子部品に関しては、電気特性がバリュー・ドライバー²⁰となっている)ことを意味している。さらに価格 - 販売量分布を形成することから、その価格分布がバリュー・ドライバーである電気特性を変数とした製品ライン分布になることを意味している [2]。

これは、商品価値を決める電気特性によって識別した製品の品揃えを分布としてとらえることができることを示している。この性質を用いることにより、販売量に注目しながら、特性によって品揃えされた製品ラインの分布のどのような制御が業績の安定的向上をもたらしてくれるかを検討することができる。この検討結果から創出した「製品ライン品揃え

²⁰ バリュー・ドライバーとは、企業会計の分野で、企業価値を増加させる要因(売上高成長率、営業利益率、運転資本、設備投資、資本コスト、その他、など)を意味する [98]。本研究では、より広義に解釈し、商品の価値の源泉という意味で用いている。

戦略」をうまく運用することでビジネス環境の変化を活用し効率良く企業業績向上の達成が期待できる [2] [15]。

なお本論文では、これを 2 章から 5 章で取り上げ掘り下げる。

1.3.2.4 プライス・バンドリング

この方法は、一言でいうと「抱き合わせ販売」であり電子部品業界では 1990 年代までは、「キット販売」と呼ばれて実行されていた手法に相当する。しかし近年は、部品メーカーと個別の顧客の間で一品ごとに価格交渉が行われており、キット販売の実施が事実上不可能になっている。ただし小口顧客であるデザインハウス(設計専門企業)²¹等では、電子機器の試作の際に部品調達の迅速性・簡便性を優先し行われる場合がある。しかしこれは、従来のような部品メーカーと顧客間での直接取引ではなく、中間に商社やインターネット商社が介在しそこでキット化して販売しているのが現実である [9]。したがって部品メーカーにとっては、この手法の有効性は極めて低いといえる。

1.3.2.5 短期的時間軸を考慮したプライシング

この手法は、需要の発掘や形成、販売促進等を目的としたものである。例えば、新製品の市場投入の際に需要を発掘するために「お試し価格」として安く価格を設定し市場に投入し市場の反応を見るのに使われることがある。

この手法も、汎用電子部品の場合「不可逆的価格下落」が、その適用を不能にしている。汎用電子部品は、多数のサプライヤーが完全競争的な市場を形成している。このため一度価格を下げた顧客に対して再び値上げを要求することができない。

1.3.2.6 長期的時間軸を考慮したプライシング

Simon 等は、価格に関する現在の意思決定が現在の利益ばかりでなく、その波及効果でその企業の長期的収益性にまで影響するため、これらの効果を考慮した長期的価格戦略を構築すべきだと提起している。これは平均価格が趨勢的に下落する汎用電子部品にとっても極めて重要な示唆である。

ここで Simon 等は、企業で構成される顧客全体の価格に対する反応と、顧客一人ひとりの価格に対する反応には類似性があり、この類似性から価格と販売量の関係を示す市場全

²¹ デザインハウスとは、電子機器を生産・販売している電子機器メーカーが設計している機器の、回路全体、あるいは一部分の設計だけを委託される外部企業。

体の反応曲線を導くことができるとして、横軸(X軸)に価格、縦軸(Y軸)に販売量をとった「価格 - 販売量反応曲線」をツールとして提案している [16]。

Simon 等の「価格 - 販売量反応曲線」の場合、汎用電子部品のように新製品が頻繁にリリースされる製品においては、今現在の価格と販売量の関係でなくては、今の価格決定には使えない。つまり顧客のその商品に対する現在の価値観を表現するものでなくてはならない。時間差のあるデータを用いて作成した「価格 - 販売量反応曲線」を以て決定した価格には、ほかの要因、例えば、その製品の属する業界のライフ・サイクルのステージの変化(ライフ・サイクルには顧客のその商品に対する価値観の変化、例えば陳腐化等が反映されている)の影響が加わるため精度は自ずと悪くなる。つまり「価格 - 販売量反応曲線」は販売量が価格の関数ではあるが、販売量および価格は時間の関数ではないことを前提としている。また汎用電子部品の個別製品の価格には「不可逆的価格下落」という性質があり、当該顧客に対して一度下げた同一商品の価格は戻すことができない。

このような条件にある汎用電子部品でも、価格 - 販売量反応曲線に代わるツールが開発できれば、この視点のプライシングも可能になる。本論文では、汎用電子部品において価格と販売量の間「価格 - 販売量推移曲線」と呼ぶグラフが描けることを示す。これは、Simon 等の提案する「価格 - 販売量反応曲線」とは使用目的や対象データが異なるばかりでなく、次の点でまったく異なっている。それは、「価格 - 販売量推移曲線が時系列データから生成されていることである。逆に時系列データであることが重要な意味を持つ。つまり価格 - 販売量推移曲線は、時間経過とともにプロットが延長されていく動的なものにとらえられることができる。本論文で提案する将来の「価格 - 販売数量推移曲線」が推定できれば、その価格 - 販売数量推移曲線を用いて「需要の価格弾力性」を推定できるため、(ビジネス環境に構造変化が発生せず、シェアの変動も無いことを前提として)価格が現在 $x\%$ 減少したら、需要が何%増加するかを推定することが可能である。

Simon 等は、企業が構成する顧客全体の価格に対する反応と顧客一人ひとりの価格に対する反応には類似性があるから、この類似性から価格と販売量の関係を示す市場全体の反応曲線を導きこれを活用することを提案している。これに対して本論文では、「不可逆的価格下落」を続ける汎用電子部品の将来を含めた全体の価格 - 販売数量推移曲線を、ある時点で、それまでの実績データを用いて、推定し活用することを提案している。なお本論文では、これを6章、7章、8章で取り上げている。

1.3.2.7 そのほかの価格戦略

以上で述べた 6 種類の価格戦略は、Simon 等の著書「POWER PRICING」によるものである。これら以外にも価格戦略として、高価格戦略、中価格戦略、低価格戦略、上澄み吸収価格戦略、市場浸透価格戦略等が挙げられる [17]。

汎用電子部品は、短期的には、新製品の導入を急ぐと、カリバニズム(共食い)の発生する可能性がある。この場合、普及を遅らせるために高価格(妥当性のある価格帯という意味では、中価格戦略)戦略を採用する場合がある。一般的には(あるいは長期的視点では)、より広い普及を期待して低価格戦略が採られていると考えられる。

上澄み吸収価格戦略と市場浸透価格戦略のどちらが汎用電子部品に適した価格戦略であるかの判断は、状況によって異なってくる。すでに先行して市場に投入した商品がありカリバニズムによる被害が大きいと判断される場合は、前者が適切な戦略となるであろう。しかし、そのような配慮を必要としない場合は、いち早く価格を下げて需要を喚起したほうが得策であろう。6～8章では、価格 - 販売数量推移曲線モデルを基にした汎用電子部品における市場浸透価格戦略の効果を確認し、その実行を助けるツールを提案する。

しかしここで取り上げている戦略はすべて、直面する課題に対してなぜその戦略を選択すべきなのかの示唆を与えてくれない。これらの戦略は、採用した戦略の形態を分類するには役立つが、直面する競争において優位に立つために役に立つようなものではない。したがってこれらに関してはこれ以上の言及はしない。

1.4 本章のまとめ

本章では、ビジネス戦略に関する従来研究や Simon 等が提案している 6 項目の価格戦略 [5]が、汎用電子部品の競争優位戦略創出を目的とした応用に対して可能性があるか吟味した。その結果、戦略創出ためのアプローチとして 2 つの可能性を示した。

1 つは「製品ラインのプライシング」の視点から、汎用電子部品にとってビジネス環境変化に強い製品ラインの構成とはいかなるものか。さらにいかなる製品ライン構成が、企業業績向上・安定化にとって有利なのか等を追求していく第 1 のアプローチである。これを製品ラインアプローチと呼ぶことにする。このアプローチでは、景気循環や市場拡大を考慮した品揃え戦略の創出を行い、さらに価格戦略創出の基礎となる価格変動メカニズムを分析し、その理解を深める。

もう 1 つは長期的時間軸を考慮したプライシングの視点から、金額がピークに達して 1～2 期経た時点で「価格 - 販売金額推移曲線」を推定し、そこで得られたパラメータを用いて、その価格 - 販売数量推移曲線を推定することにより、販売数量が最大となる価格や

その最大販売数量を予測したり、需要の価格弾力性を推定し価格下落による需要増を予測したりすることにより、事業運営に活用する第2のアプローチである。これを長期的時間軸考慮アプローチと呼ぶことにする。このアプローチでは、諸戦略創出のための手法として、確度の高い製品ライフ・サイクルのステージの新しい識別法の提案、本論文で定義した成熟期の長さを推定する指標の提案、最大販売数量の予測法等の提案を行う。

本論文では、この2つのアプローチで議論を進めて行く。

1.5 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。

1章の序論では、本論文の目的を概観し、さらに研究の背景と従来研究をレビューすることにより本論文全体の導入としている。ここでは、2、3章の汎用電子部品の製品ラインアプローチ価格戦略創出とそこで用いる価格形成過程モデル構築、4章の価格形成過程モデルを活用した価格変動メカニズムの分析、さらに6、7章の長期的時間軸考慮アプローチによる価格戦略創出とそこで用いる価格 - 販売量推移曲線モデル構築等の意義と根拠を与えている。

2章から5章は、製品ラインアプローチによる検討結果について述べている。2章では、汎用電子部品の価格形成過程の数理モデルとして、Price percolation model を構築し、その構造を明らかにした。さらに3章で、ビジネス環境の変化である景気循環と市場拡大を想定したシミュレーションを行い、有利な品揃え戦略を検討し、実証的検討と合わせ、最終的に、ビジネス環境変化に強い製品ラインのあるべき姿を提案した。

4章では、シミュレーションと実証研究の両面からビジネス環境の変化の価格変動に与える影響を調べ、価格変動のメカニズムについて論じた。

6章から8章は、長期的時間軸考慮アプローチによる検討結果を展開している。6章では、新製品普及モデルと価格変動モデルの結合により価格 - 販売量推移曲線モデルを構築し、実データを用いてモデルの評価を行った。さら7章で、その活用法を提案している。例えば、価格 - 販売金額推移曲線が価格 - 販売数量推移曲線に対して先行して推移する性質を利用し、金額が最大となる価格から、数量が最大となる価格と最大販売数量を予測する方法や、製品のライフ・サイクルのステージの客観的同定法について提案している。

9章では、Price percolation model と価格 - 販売量推移曲線モデルの関係を示し、3つの階層で価格 - 販売量を決定するメカニズムが働いていることを論じた。

最後に10章で本論文の結論と今後の課題を議論している。

本論文の構成を図7に示す。

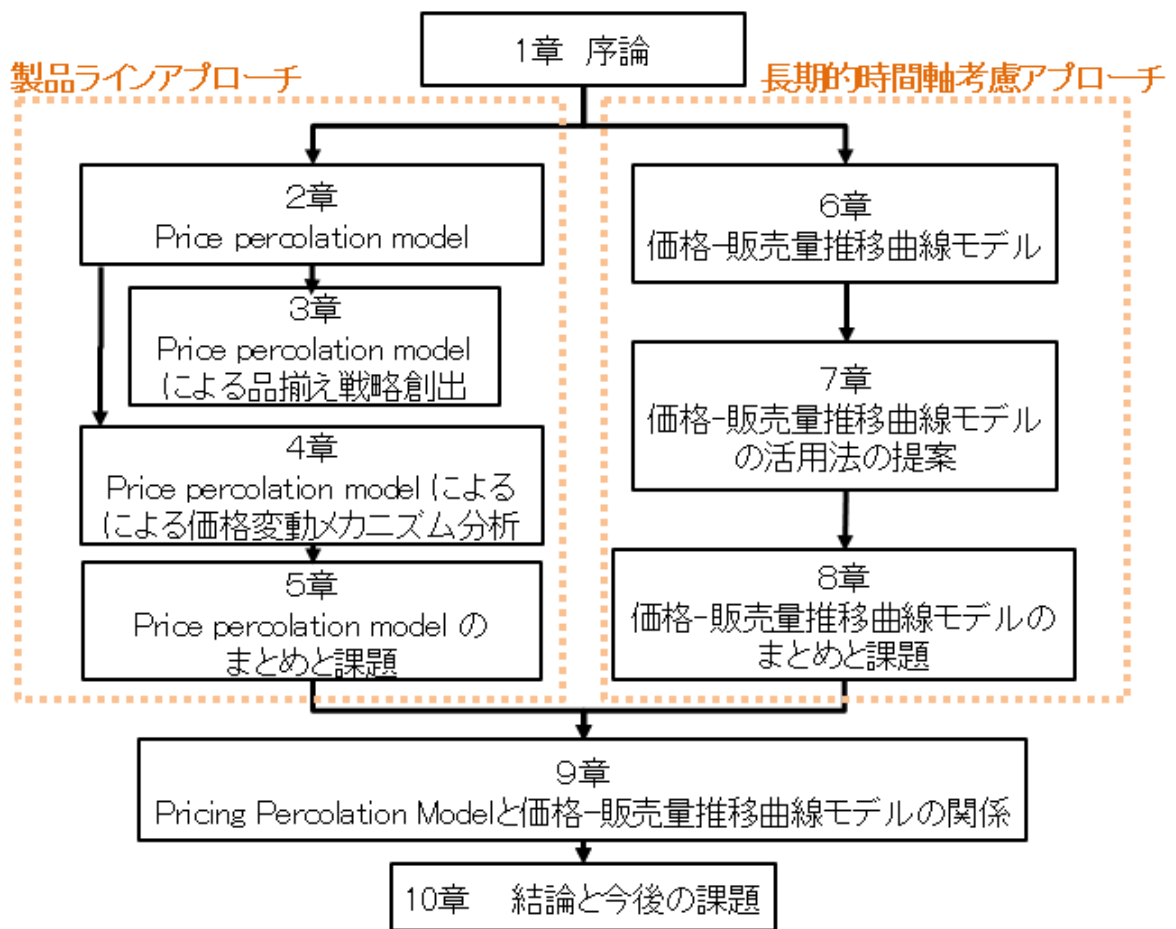


図 7 本論文の構成

2 Price Percolation Model

2.1 本章における目的と概要

2.1.1 本章の目的

1章において、製品ラインアプローチによる汎用電子部品の戦略創出の可能性を示した。本研究では、製品ラインを評価するツールとして価格 - 販売量分布を用いる。本章では、その汎用電子部品の価格 - 販売量分布を生成する価格形成過程の数理モデルを構築し評価する。本論文で取り扱う価格 - 販売量分布は、ある時点で販売されている製品カテゴリーを構成する品番で区別される製品ごとの平均価格と販売数量を用い、価格を任意の階級に分割し、その階級の価格帯で販売されたすべての製品の品番の合計売上数量を散布図としてプロットしてグラフ化した分布である。

2.2 で構築するモデルは、確率場モデルである 2次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルをベースとしているため、Price Percolation Model と命名し、以降省略して PP モデルと呼ぶことにする。2.5 では、PP モデルにより生成されるクラスター・サイズ度数分布と実データの価格 - 販売量分布を比較し評価する。

2.1.2 Price Percolation model の概要

PP モデルは、パーコレーション・モデルをベースとして構築したものである。パーコレーション・モデルとしては、色々なモデルが考案されている [18]。本研究では、シミュレーション・モデルとしての構築のしやすさや、解釈の加えやすさを考慮して、2次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルを採用した。そこで次節の最初に、パーコレーション・モデルについてその概要を説明する。

PP モデル [19]では、格子全体を特定の汎用電子部品の金額で捉えた総潜在需要と考え、その総潜在需要を均等に離散化したものを単位潜在需要と定義し、これを1つの格子点に対応させる。またパーコレーション・モデルにおける占有確率 P は、PP モデルでは最大の実現難易度(あるいは顕在化確率)と考える。発生したクラスターは、サイズ s のみが重要な意味を持ち、クラスター・サイズ s に比例した価格 z を持つ1単位の販売数量の製品と考える。このように定義すると、実市場の販売データから作成した価格 - 販売量分布に極めて類似性の高いクラスター・サイズ - 度数分布が、パーコレーション・シミュレーションにより生成できる。

さらにこの性質を利用して、実際のビジネス環境変化を反映した PP モデルを設定しシミュレーションすることにより、ビジネス環境変化に伴う価格分布の挙動を知ることがで

きる。これを用いて、3章において電子部品の品揃え戦略を創出し、4章において価格変動メカニズムについて分析する。

ここで導入した総潜在需要や単位潜在需要は、数学的なモデルとしてはイメージできるが、経験的には実体の無い観念的な概念である。我々は、経験的実体の無い観念的な概念にもパーコレーション・モデルが適用できること、さらにこれにより有用な情報が得られる可能性を示すことも、本論文の目的の1つである。

価格分布には、いくつかの種類がある。誤解をさけるため PP モデルの議論を始める前に、我々が分析対象とする価格 - 販売量分布の作成手順を説明する。例えばセラミックコンデンサーの場合は、数千種類の品番²²で構成されている。最初に、ある時点で販売された品番ごとに、平均価格と販売数量を算出する。この処理により、顧客のロットサイズによる価格の差異は平均化される。次に、価格を任意の間隔の階級に分割し、各階級に入るすべての品番の販売数量を合計した総販売数量を算出する。これにより、ある1つの階級に入るすべての品番は、1つの階級に分類される。最後に、X 軸にその階級値、Y 軸にその階級で販売されたすべての品番の総販売数量として散布図を作成す。このように作成した図を、価格 - 販売量分布と呼び、これを分析する。なおこの価格 - 販売量分布は、1つの製品の価格と販売数量の関係を表す、価格反応曲線(需要曲線) [20] [21] [22] [23] [24]とは違うものであることに注意されたい。

2.2 Price Percolation Model のモデル化

本節では最初に、一般的に知られているパーコレーション・モデルについて概説し、その後で、PP モデルをモデル化するとともに詳説する。

2.2.1 パーコレーション・モデル

パーコレーション理論は Broadbent 等 [25]が提案した。最初この理論は、多孔質物質の中を浸透する液体のモデルとして研究された。近年では、(1)森林火災の延焼 [26] [27] (2)感染症の拡大 (3)人間関係 (4)コンピュータ間の接続 [18] [28] (5)経済現象 [29] [30] [31] (6)技術革新のシフトと普及 [32] [33]等の研究が報告されている。

2次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルは、確率場として2次元正方格子を想定する。1つの格子点をサイトとよび、各サイトは、占有確率 P で占有され、 $(1-P)$ で非占有となる [18]。この占有確率 P はパーコレーションの場合、密度あるいは濃度に相当

²² 商品の種類・形式などを区別し、整理・管理するためにつける番号。

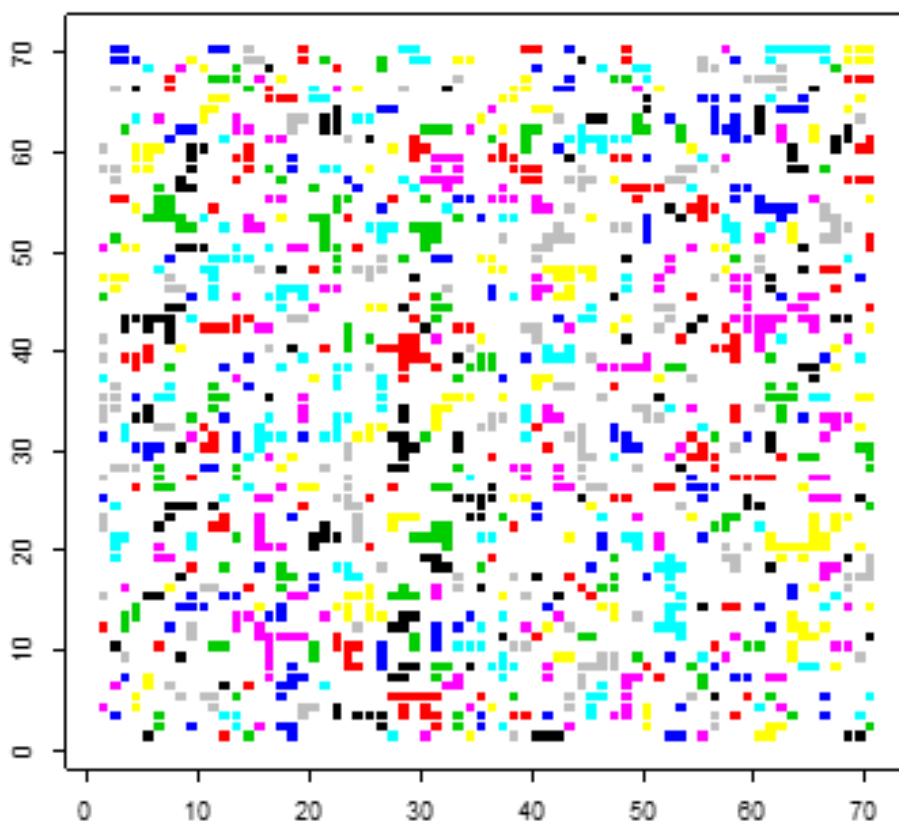


図 8 2次元正方格子サイト・パーコレーションの出力図
($L \times L = 70 \times 70$, $P = 0.29$)

し、物理学における磁気系では、温度に相当するものである [34]。

占有されたサイトどうしが格子方向で隣接し結びついてクラスターを形成する。 P が大きくなると大きなクラスターを生成する。 P がある値以上になると、無限大の格子では、無限大のクラスターが形成される。この無限大のクラスターが発生する占有確率は P_c と表記し臨界確率と呼ばれる [18]。図 8 は、有限の 2 次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルにおいて、クラスターが生成された状態の例である。

精確なクラスター・サイズ - 度数分布は分かっていない [18] [27]。しかし占有確率 P で生成されたクラスター・サイズ s の度数を q_s とすると、 q_s は、次式で表すことができると予想されている。

$$q_s \propto \begin{cases} s^{-\theta} & (s < s_0) \\ s^{-\tau} \exp(-cs) & (s \rightarrow \infty) \quad (s > s_0) \end{cases}$$

s_0 は crossover level と呼ばれ、この値を超えるサイズのクラスターの度数は急速に小さくなることを示す量である [18]。上式の θ 、 τ 、 c は定数である。 s_0 近傍の分布の振る舞い

も分かっていない。しかし s_0 は、相関距離を ξ 、クラスターのフラクタル次元を d_f とすると、次式の関係が知られている [35]。

$$s_0 = \xi^{d_f}$$

なお $\xi \cong (P_c - P)^{-\nu}$ であり、2次元の場合、 $\nu \cong 1.33$ 、 $d_f \cong 1.9$ 。また $P \rightarrow P_c$ では、

$$q_s \propto s^{-\theta} \quad s > 1$$

となることが知られている [18] [35]。

これまでパーコレーション・モデルは、その対象として、物質系 [25] [18] [28]、生態系 [18] [28] [26] [27]、人間社会 [29] [31] [32]等に適用されて来た。これらの先行研究では、それぞれ物質粒子、生物個体、個人をパーコレーション・モデルの格子点と見なしていた。ほかの例として、Silverberg and Verspagen(2005) [33]の、格子を technology-performance lattice と定義した研究がある。彼らは、技術革新の大きさを特許の引用数で査定している。したがって、彼らの technology-performance lattice という概念は、パテントマップ [36]の一種と考えることが可能である。これらの適用対象である、物質粒子、生物個体、個人、特許等は、本来離散的であり、それらの対象と格子点との対応関係を、容易に類推・理解することができる。

2.2.2 Price Percolation Model

買手と売手を特定しないとすると、汎用電子部品の市場における価格の決定は、1つの確率過程と考えることができる。そのため、市場における価格形成過程は、次のような性質を持つ。

- ある製品の売買は、確率的に決まる。
- 売買されたある製品の仕様と価格は、確率的に決まる。

そのような汎用電子部品の確率的価格形成過程を、次のようにモデル化する。

1. 電子機器メーカーは、一般消費者のニーズを予測することにより、より優れた機能を持つ電子機器を開発する努力をしている。まず、世界中の電子機器メーカーが、ある時点で生産を企画している電子機器の機能をすべて特定する。そして、その電子機器に関して、我々が注目する汎用電子部品を使用することによってのみ発揮するすべての機能を抽出する。その抽出した機能は、全世界の電子機器の企画台数分を生産するのに必要な量の汎用電子部品の潜在需要をもたらす。本モデルでは、金額で捉えた総潜在需要を N とする。

2. 我々は、この総潜在需要 N を等量 αV に離散化する。なお α を単位価格、 V を市場における 1 単位の販売数量とする。我々はこの離散化した要素を単位潜在需要と呼ぶ。もしある電子機器のある機能が実現したとすると、その機能に関する汎用電子部品が電子機器メーカーにより購買されたことになり、その機能の単位潜在需要は、実需となる。我々は、すべての単位潜在需要が $L \times L$ の格子の格子点上に配置されていると考える。
3. それぞれの機能は、異なる実現難易度を有しており、難度の高すぎる機能は実現しない場合があると考え。機能によっては技術的な難度が高いものもあるし、技術的には実現可能であっても、企画している機器の販売価格では、コスト的に実現できない場合もある。そのため、それぞれの単位潜在需要 i は、実現難易度 v_i を有していると考え。2.2.2.1 に示すように、それぞれの単位潜在需要は異なる状況におかれていると考えられるため、実現難易度は、さまざまな値になっている。そこで PP モデルでは、各格子点の実現難易度 v_i を [0.1] の一様乱数と考える。
4. ここで最大の実現難易度を P とする。 $v_i < P$ である単位潜在需要に対応する機能は、電子機器に搭載される。そしてその電子機器は生産・販売され、そこで使用される汎用電子部品の需要が顕在化する。一方、 $v_i > P$ である単位潜在需要は顕在化しないため、その機能は電子機器には搭載されない。つまり $v_i < P$ の場合、その機能で使われる汎用電子部品の売買が実現したとみなし、 $v_i > P$ の場合、その売買が成立しなかったとみなす。
5. $L \times L$ の格子において、実現した単位潜在需要が隣接していると、それらは結びついて 1 つのクラスターを形成しているものとする。我々は、これを価格の確定と考える。クラスター・サイズ s のクラスターの価格 z は、(1)式により与えられる。

$$z = \alpha s \tag{1}$$

クラスターのサイズは、部品の種類を表していると考えられる。例えば、大きなサイズのクラスターの場合は、電子機器メーカーが、新しく生産・販売する電子機器のために、高価なハイスペックの電子部品を採用したことを意味する。小さいクラスターの場合は、電子機器メーカーが、安価な一般的な仕様の電子部品を採用したことを意味する。なお、この件については 2.4 で詳しく議論する。

6. その部品カテゴリーの総販売金額 n は、単位価格 α と顕在化した単位潜在需要の総数の積で表せる。格子点上に生成されたサイズ s のクラスターに対応する製品の販売数量 y_s は、市場における 1 単位の販売数量 V を用いて(2)式

$$y_s = V q_s \tag{2}$$

で与えられる。なお q_s は、サイズ s のクラスターの発生度数である。この時、クラスターの総数は、その部品カテゴリーの総販売数量 Y に比例する。我々は V を、次式を用いて推定する。

$$Y = \sum_z y_z = \sum_s Vq_s \quad (3)$$

また、単価 α は、次式により推定する。

$$n = \sum_z zy_z = \sum_s \alpha Vsq_s \quad (4)$$

ここで上記の記述をまとめる。総潜在需要を αV という等量で離散化すると、単位潜在需要が得られ、我々はこれを1つのサイト(格子点)とみなす。さらに、生成したサイズ s のクラスターを、売買された1単位の販売金額のある電子部品と考える。この1単位の販売金額の電子部品は、価格 αs 、販売数量 V を持つ。1つのクラスターの近隣関係は、これらのサイトが、ある完成品の機能を実現するために使われる部品の価格の一部を形成することを示している。なおクラスターはサイズのみを見て、形状やサイトの配置には意味が与えられていない。このように本モデルは、各価格帯に販売数量を分配するメカニズムが、パーコレーションにおけるクラスターの発生メカニズムと同値であると仮定して構築したものである。

以上で、確率的性質を満足する価格モデルを構築した。このモデルは、占有確率を最大実現難易度²³とした、古典的な有限の2次元格子サイト・パーコレーション・モデルである。このようにして、我々は、確率場においてクラスターが形成される確率モデルと価格形成過程を関係付けることができた。

2.2.3 モデルに関する考察

2.2.3.1 実現難易度 v_i の多様性

企画段階において、電子機器メーカーは、新企画の機器に対して様々な新しい機能付加の可能性を検討している。機能の実現難易度 v_i は、要求される技術レベルばかりでなく、電子機器メーカーの経営資源にも依存する。経営資源の乏しいメーカーが企画した企画は、豊かな経営資源を持つメーカーが企画した機能より高い実現難易度を持つ。つまり、実現しない確率が高い。その新企画の機能の実現難易度が電子機器メーカーにとって極めて高い

²³ ここで定義した最大実現難易度は、2.3にて「顕在化確率」と捉えなおせることを示し、それ以降、 P を顕在化確率と呼ぶ。

ときは、実現難易度 v_i は、1 に近い値である。逆に、その電子機器の基本機能に関しては、0 の近い値となる。

2.2.3.2 最大実現難易度 P の変動

最大実現難易度 P は、例えば、マクロ経済環境の景気変動や電子機器の市場拡大のような市場動向等のビジネス環境の変化とともに変動する。景気拡大期には、電子機器メーカーは、多くの消費者が高機能・高価格の完成品を購入すると期待する。そして研究・開発に、より多くの投資をする。そのため景気拡大期には、 P が高まる。逆に景気後退期には、電子機器メーカーは、販売の不振を予想し、完成品の機能の改良よりも、コスト・価格の削減を優先する。そのため、 P は小さくなる。陳腐化した電子機器は、通常安価である。そのため電子機器メーカーは、機能の追求より価格を抑えることに重点を置き、過剰な機能を取り除こうとする。その結果、 P は小さくなる。 $P=1$ は、電子機器メーカーが、電子機器の機能に関するすべての顧客の要求を満足することができたことにより、潜在需要のすべてが顕在化したことを意味する。

2.3 実市場と PP モデルの市場の対応

需要という用語は、その財の需要関数を前提とした概念である。つまり価格が常にセットで考えられるものである。この需要を金額として捉えた場合、その財の市場で取引された、あるいは取引される可能性のある市場規模と考えることが可能である。本節では、当該製品カテゴリーの総潜在需要や顕在化した需要を市場規模の視点でとらえ直すため、当該製品カテゴリーの需要と市場規模を同義として用いる。さらにこの市場規模を、「市場」と呼ぶことにする。このように定義した市場に関し、その実市場と PP モデルの市場の対応関係を明らかにし、最大実現難易度が潜在需要の「顕在化確率」として捉えなおせることを示す。

2.3.1 実市場の構造

汎用電子部品はさまざまな電子機器に搭載され、それらの電子機器が耐久消費財として、おもに個人によって購入される [1]。つまり部品メーカーにとっては、直接の顧客は電子機器メーカーであるが、最終消費は個人によってなされるため、ビジネス環境の変化は、それらの機器に対する世界の個人消費の動向によってもたらされる。

電子部品の市場は、消費サイドからの視点で「既存市場」と「新市場」という見方ができる。既存市場は、現時点でそれらの機器が消費可能な所得水準にあり、今後も当該機器

が浸透して行く余地のある市場である。新市場は、その時点での製品価格水準では消費可能な所得水準にはない、あるいはインフラの整備がなされておらずそれらの機器が使用できないが、将来は製品の価格ダウンや所得の向上、インフラ整備が達成され消費の可能性のある市場である。

さらに既存市場は、すでに需要の現れている「顕在市場」と、顕在化する見込みのある「潜在市場」に分けることができる。また、すべての新製品がそうであるように、普及の飽和には時間がかかるため、既存市場には、飽和するまで顕在市場と潜在市場が並存している。

一方機器の供給サイドからの視点では、「既存機器」と「新機器」の見方ができる。既存機器は現在生産、販売されている機器であり、新機器とは、例えば1980年当時における携帯電話のような現時点ではまったく形になっておらず、将来生まれる機器のことである。

上記の分類において、既存機器の新市場と新機器は現時点では存在しない市場であるから、「見えない市場」ととらえることができる。一方、既存機器の既存市場は「見える市場」と捉えられる。以上で定義した市場構成要素から汎用電子部品の全市場をとらえると、全市場は見える市場と見えない市場の和で与えられるため

$$\text{全市場} = \text{顕在市場} + \text{潜在市場} + \text{見えない市場} \quad (5)$$

と表すことができる。[図9参照]

2.3.2 モデルの市場構造

PPモデルでは、次の2つのパラメータ、格子サイズ $L \times L$ と最大実現難易度 P を導入した。この2つのパラメータから出発し、簡単な操作でいくつかの変数を導出する。また同時に、それらの変数に意味付けを行う。

PPモデルは、サイズ $L \times L$ の正方格子である。この定義から

$$L \times L \propto N \quad (6)$$

なる N は正方格子の総格子点数であり、2.2で導入した金額で捉えた総潜在需要 N である。市場の視点では、「総潜在市場」と呼べる。

次に、最大実現難易度 P に(6)式で与えられた N を乗じて得られる値を n とする。

$$P \cdot N = n \quad (7)$$

最大実現難易度 P の定義から、 n は顕在化した需要で、市場の視点では、売買が成立した市場であり顕在化した市場ととらえることができるので「顕在市場」と呼べる。

次式で与えられる m は、総潜在需要から顕在化した需要を引いた残りの潜在需要で、いつでも顕在化する可能性がある「潜在市場」と考えられる。

$$N - n = m \tag{8}$$

以上で導出した変数を用いると、最大実現難易度: P は(9)式で与えられる。

$$P = \frac{n}{N} \tag{9}$$

(9)式は、顕在市場と総潜在市場の比であるから潜在需要の顕在化率と考えることができる。そこで以降、最大実現難易度 P を「顕在化確率」と呼ぶことにする。

以上で変数 n 、 m 、 N を定義した。さらにここで、総潜在市場 N の量的変化を把握できるように、 N の外に未知なる市場として「見えない市場」 UN を定義する。ここで導入した見えない市場とは、ある時点では存在しないため、だれにも見えない市場のことである。ここでは、 N が拡大し $N + \Delta N$ となると、見えない市場 UN が $UN - \Delta N$ と変化するととらえることにする。またここで見えない市場を導入したことで、総潜在市場 N は「見える市

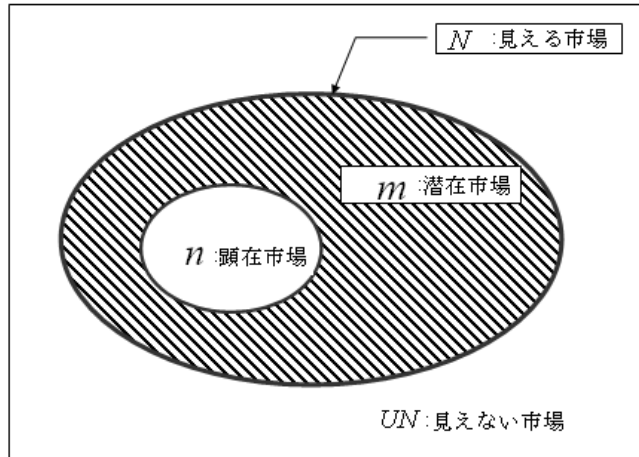


図 9 PP モデルの市場構造

		全市場		
		総潜在市場 N (既存市場)		新市場
		顕在市場	潜在市場	
機 器	既存機器	n	m	UN
	新機器			

図 10 実市場とモデルの対応

場」と位置付けることが可能になる。そしてこれら諸変数の関係を集合論的に表すと図9になる。

本節で定義した記号 n 、 m 、 N 、 UN を用いると、電子部品の全市場を与える(5)式は、

$$\text{全市場} = n + m + UN$$

となる²⁴。以上により、現実の市場構造と PP モデルのパラメータから導出された変数が構成する市場構造を、1 対 1 対応させることができた。これにより、顕在市場、潜在市場、見える市場等の実際の市場構成要素の挙動を、本モデルにおいて操作するパラメータ n 、 m 、 N の操作に変換することができるようになった。2.3.1 の議論を整理し、本項で導入した n 、 m 、 UN とを対応したものが図 10 である。

2.4 クラスタ

2.2.1 で、サイズ s のクラスタの価格 z を $z = \alpha s$ と定義し、サイズ s のクラスタに対応する製品の販売数量 y_s は $y_s = Vq_s$ と定義した。またモデル化の手順(E)で、クラスタがもう 1 つの側面を持ち、そのクラスタ・サイズが、部品の種類を表していると述べた。本節では、セラミックコンデンサーの場合、電子部品の電気特性 U が、単位特性を u とすると $U = u(s-1)$ と表すことができることから、クラスタ・サイズが、電子部品の電気特性の違いも表していることを示す。つまり、セラミックコンデンサーの場合、クラスタ・サイズの大きなクラスタほど電気特性が高く、価格も高いと考えることができる。

2.4.1 汎用電子部品のバリュー・ドライバー

ある部品カテゴリーを構成する個々の製品 C_j は、形名(Ordering code あるいは品番)ごとに、(10)式に示すように価格や諸特性等の属性を要素とする集合としてとらえることができる。具体的には、製品 C_j は、

x_0 : 価格

x_1 : 基本特性(その電子部品の電子回路形成上必要最低限の特性)

さらに商品に付加価値を与える特性として、

x_2 : 電気特性 (基本特性の電気特性より高い)

x_3 : 製品サイズ(基本特性の製品サイズより小)

x_4 : 製品の厚み(基本特性の製品厚みより薄い)

x_5 : 定格電圧(基本特性の定格電圧より高い)

²⁴ 全市場(= $N + UN$) は、本稿ではモデルを単純にするために一定とする。

等で構成されていると考えられ、次のように表せる²⁵。

$$C_j = \{x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\} \quad (10)$$

現実の市場では、電子部品の基本特性よりもこれらの付加価値を与える諸特性の方へ高い価格を与えている。

上記のすべての属性をモデルに組み込もうとするとモデルが複雑になるので、汎用電子部品における少数のバリュー・ドライバーとして位置づけられる特性を抽出し、そのバリュー・ドライバーに属性を代表させることにより、属性数の削減を図ることとする。

バリュー・ドライバーはその商品に価値を与え、価格レベルを決定づけるものである。そのバリュー・ドライバーの抽出にはヘドニック・アプローチ [37] [38] [39] [40] [41]を適用する。

このヘドニック・アプローチは、製品の品質がこれを構成する複数の特性・機能に分解できると考え、これらの諸特性・諸機能と製品価格との関係を重回帰モデルとして推定する方法である。この手法は各方面で応用がなされているが、消費者物価指数の品質調整に使われていることで広く知られている [42] [43] [44]。そして、財・サービスの全体の品質をその機能・性能をもたらす諸特性の合成と考えるヘドニック仮説 [37] [38] [39]が、ヘドニック・アプローチに経済学的な意味を与えている。

数学的には、ある製品 j の機能・性能を表す諸特性をベクトル \mathbf{D}^j とすると、これを金額換算した品質(=価格) z^j に変換する関数を H (:ヘドニック関数)として、下式で表せる。

$$z^j = H(\mathbf{D}^j)$$

ヘドニック関数は、財・サービスの有する諸特性の需要と供給が一致する市場均衡価格曲線として定義されるため、関数形についての先験的な制約は存在しないため、関数形は推計パフォーマンスをもとに選択される。ここで我々は下の2つのモデルを想定し、推定結果から総合的に選定する。

$$z = x_1 + \sum_{i=2}^{\mu} \beta_i x_i + \varepsilon \quad (11)$$

$$\ln z = x_1 + \sum_{i=2}^{\mu} \beta_i x_i + \varepsilon \quad (12)$$

なお商品価格 z 、偏回帰係数 β_i 、諸特性 x_i 、誤差項 ε 、そして電子回路を形成する上で必要最低限の特性である基本特性 x_1 は定数項と考えるので、基本特性 x_1 を除く説明変数としての特性数を μ とする。

²⁵ そのほかの属性は、価格への影響が小さいと考え無視する。

ここで(11)式を線形型、(12)式を片側対数型と呼ぶことにする。(11)式では、偏回帰係数 β_i がこの商品の価格に占めるそれらの品質・特性のウェイトを示していると解釈できる。すなわち標準偏回帰係数の値が大きい品質・特性ほど、購買者にとってその商品に占める価値が高いといえることができる。

バリュー・ドライバーは、各変数の有意性検定における F 値や P 値の値で統計的な判定基準の下に抽出することができる。

2.4.2 バリュー・ドライバーの抽出

汎用電子部品のバリュー・ドライバーを抽出するにあたり、(11)、(12)式の各説明変数を表 2 に示す。

表 2 の変数に関して、電気特性は数値を、それ以外の製品サイズ、製品厚み、定格電圧の 3 変数は各変数を複数のカテゴリで表示し、各形名の該当するカテゴリを 1、該当しないカテゴリを 0 とするダミー変数を用いる。

推定結果を表 3 に示す。線形型、片側対数型ともに電気特性が 1%水準で有意ではあるものの、ほかの変数は 5%水準でも有意性が認められない。したがって、この結果から汎用電子部品のバリュー・ドライバーは電気特性であることが分かる。

一方ヘドニック関数の選定であるが、決定係数と自由度修正済み決定係数及び F 統計量は線形型が片側対数型より大きいのが、赤池情報量基準(AIC)は、逆に片側対数型が小さく当てはまりの良さを示唆している。最終的に、電気特性全域での当てはまりの良さを重視して選択するものとし[図 11]、最終的にヘドニック関数を(13)式とした。

$$z = x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (13)$$

表 2 説明変数一覧

変数	変数名	変数の設定内容
X ₂	電気特性	1pF~100μ F 単位:100pF
X ₃	製品サイズ	1.6×0.8以下, 2.0×1.25以上 (単位:mm) 1.6×0.8以下をベース
X ₄	製品厚み	0.45(0.2以上~0.6未満), 0.8(0.6以上~1未満), 1.25(1以上) (単位:mm) 0.45をベース
X ₅	定格電圧	6.3V以上, 10V以上 10V以上をベース

表 3 ヘドニック関数の推定結果

変数		線形型	片側対数型
x ₁ 定数項	Coefficient	0.712	-0.079
	Prob.	<u>0.323</u>	<u>0.768</u>
x ₂ 電気特性	Coefficient	3.88E-05	7.19E-06
	Prob.	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>
x ₃ 製品サイズ	Coefficient	-0.221	0.361
	Prob.	<u>0.789</u>	<u>0.249</u>
x ₄ 製品厚み	0.8mm	Coefficient	-0.449
		Prob.	<u>0.498</u>
	1.25mm	Coefficient	-0.420
		Prob.	<u>0.586</u>
x ₅ 定格電圧	Coefficient	-0.138	0.238
	Prob.	<u>0.779</u>	<u>0.201</u>
決定係数		0.83	0.67
自由度修正済み決定係数		0.81	0.63
AIC		3.85	1.89
F統計量		37.52	15.90
サンプル数		45	45

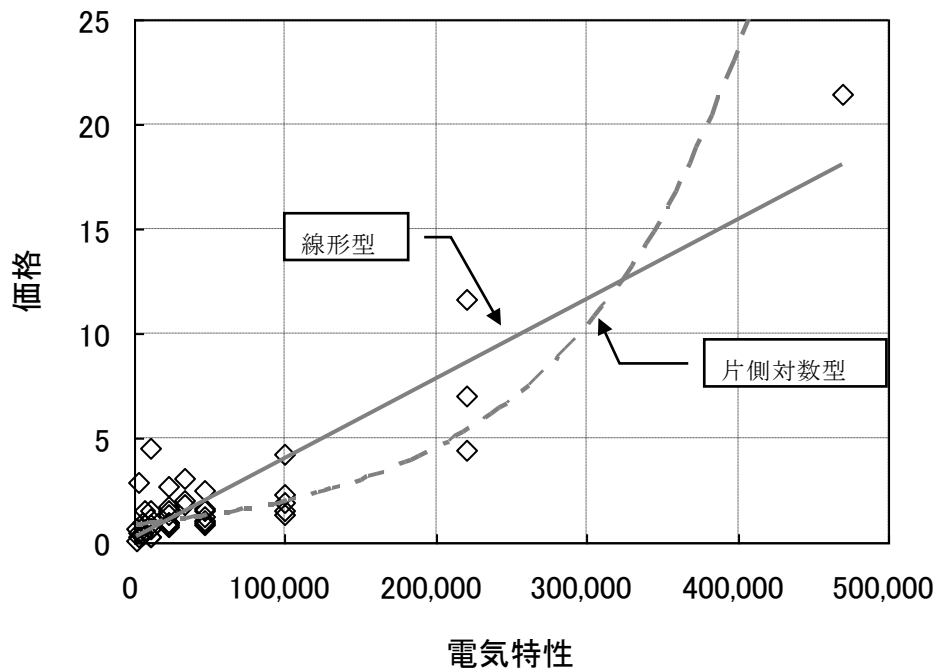


図 11 電気特性と価格の関係

2.4.3 特性の量子化とクラスターの定義

2.4.2 で価格と電気特性の間の線形関係が確認された。本項では特性(基本特性と電気特性)の量子化を行い、この量子化した特性とクラスターの関係を明らかにする。

最初に、ここで用いている量子と量子化の意味について定義しておく。ある量が最小単位量の整数倍で表されるとき、その最小単位量を量子と呼ぶ。またある範囲内のデータを最小単位量に対応する代表値へ変換することを量子化と呼ぶ。

まず電子部品としての基本特性に対して市場から与えられる価格は、2.4.2 で推定したモデルの基本特性にあたる定数項 x_1 に等しい。そこでここから、この定数項 x_1 を単位価格 α とする。なお表 3 における x_1 の推定値より、 $\alpha = 0.712$ である。この α と同値の価格を市場から与えられる電気特性を、量子化した単位特性 u と呼ぶことにする。その単位特性 u は(14)式で与えられる²⁶。

$$u = \frac{\alpha}{\beta_2} \quad (14)$$

(14)式は、基本特性の価格 α と単位特性の価格 $\beta_2 u$ が等しいことを示している。

さて、こうして定義した量子化された単位特性を用いると、すべての商品が、市場で取引される汎用電子部品としての最低限の製品特性を有す基本特性としての単位特性 1 個と電気特性としての単位特性が、0 個～複数個が結合して形成される特性クラスターで表現できる。なお形成された特性クラスターは、電子部品の機能を満足させるために、(モデルの中では識別できないが)必ず 1 個の基本特性としての単位特性を有することを条件としておく。

図 12 は、価格と電気特性の線形関係における、量子化した基本特性と単位特性の捉え方を模式的に示したものである。なお図中の価格と電気特性の関係式は、誤差項 ε の期待値を 0 として表現している。任意の製品に対応する特性クラスターのクラスター・サイズを s とすると、1 個は基本特性であるから、その商品の電気特性の値 U は

$$U = (s-1) \cdot u = (s-1) \cdot \frac{\alpha}{\beta_2} \quad (15)$$

と表すことができる。(15)式は、クラスター・サイズ s が、その形名の製品の特性を規定し、ほかの形名の商品の特性との識別を可能にしている唯一の変数であることを示している。以上の議論から、クラスターのサイズは、価格ばかりでなく、製品の種類も表して

²⁶ (13)式において $x_1 = \alpha$ 、 $x_2 = u$ とすると、その価格 z は 2α と等しいため、 $2\alpha = \alpha + \beta_2 u$ が成立し、この式から(14)式が得られる。

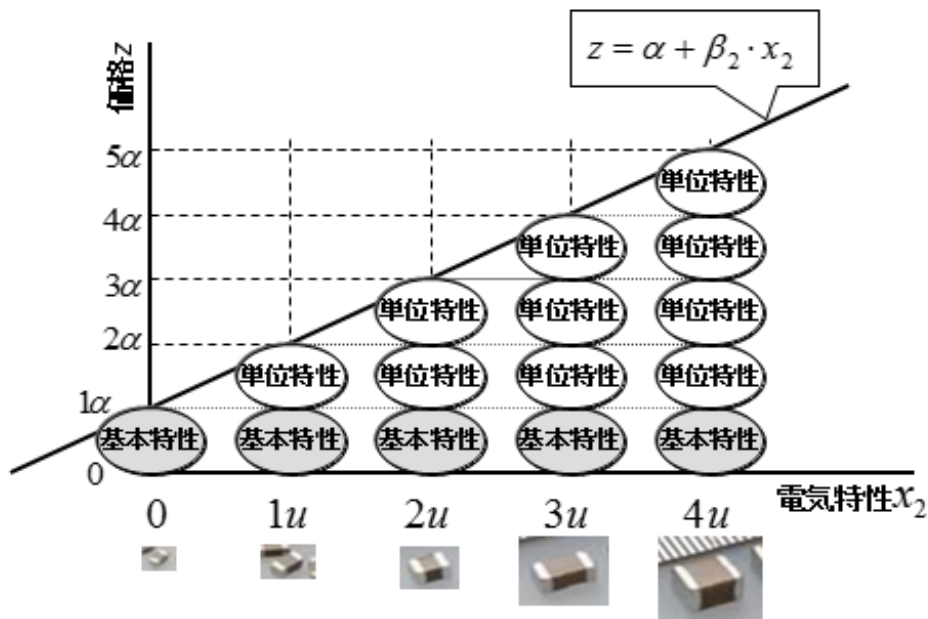


図 12 価格と基本特性及び単位特性の関係

いるといえる。大きなサイズのクラスターの場合は、高価な高特性の電子部品に対応し、小さいクラスターは、安価な低い特性の電子部品に対応すると考えることができる。

2.4.4 本節のまとめ

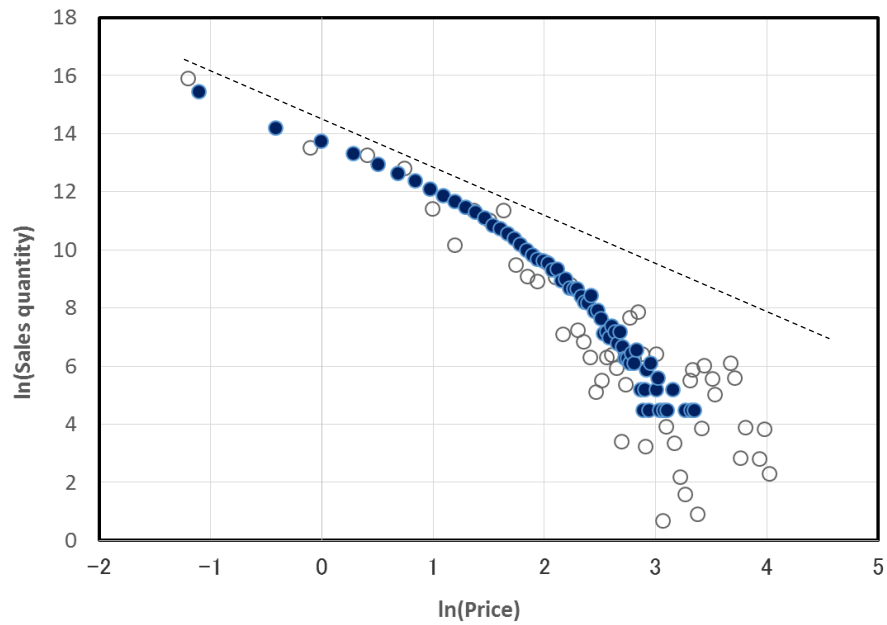
本節では、サイズ s のクラスターの価格 z_s 、特性 U_s 、販売数量 Y_s が、下式で表現できることを示した。

1. 価格 $z_s = \alpha s$
2. 特性 $U_s = (s-1)u$
3. 販売数量 $Y_s = Vq_s$

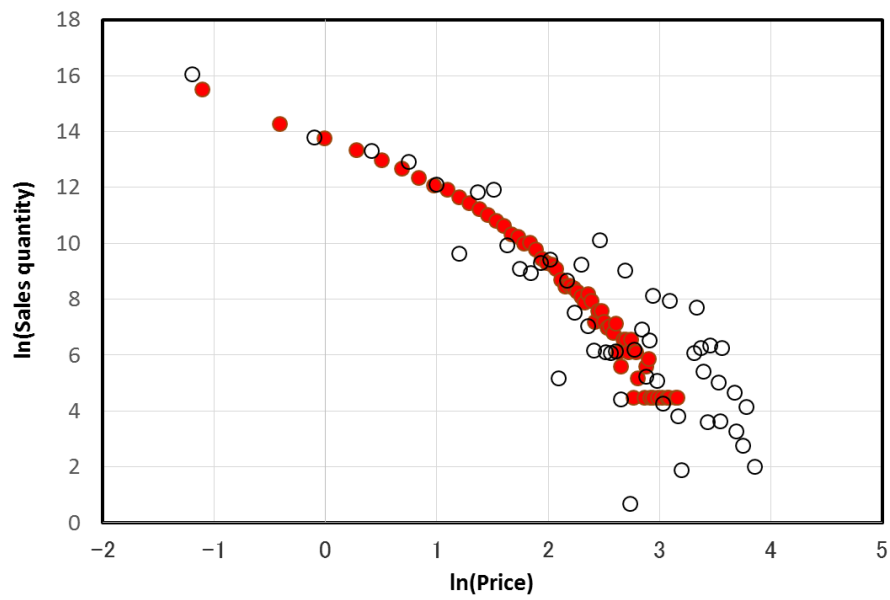
これらはまさに、売買される製品の属性である。PP モデルのクラスターは、製品を最小限の属性でモデル化したものと考えることができる。

2.5 価格 - 販売量分布によるモデルの評価

本モデルで生成された分布を検証するために、某セラミックコンデンサーメーカーの 2006 年 2 月と 2007 年の 2 月の販売データとコンピュータシミュレーションの結果を比較した。図 13 が、両対数グラフを用いて作成したセラミックコンデンサーの価格分布であ



(A) 2006年2月



(B) 2007年2月

図 13 某社のセラミックコンデンサーの価格分布

シミュレーション条件: $L = 1000$ 、 $\alpha = 0.33$ 、 $V = 90K$ 共通 (A) $P = 0.375$ 、(B) $P = 0.363$

る。シミュレーションの結果は、(1)式に $\alpha=0.33\text{yen}$ を代入し、クラスター・サイズを価格に変換し、(2)式に $V=90\text{K}$ 代入して、クラスターの度数を販売数量に変換して作図した。

図中の○は販売データ、●はシミュレーションにより作成したクラスター・サイズ度数の散布図である。図 13(A)に破線で示したように、両対数グラフでは、べき分布が、直線で表せる。パーコレーション・モデルの場合、 P が臨界確率 P_c の時に、分布が限りなく直線に近づくことが知られている [18]。

価格分布は、価格の低い領域で直線である。しかし、価格が高くなるにしたがって、直線から下の領域への乖離が増大する。シミュレーションの結果は、これらの挙動を的確に再現しているといえる。

2.6 本章のまとめ

2章では、2次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルのパラメータ $L \times L$ と P それぞれに、汎用電子部品の総潜在需要と潜在需要の顕在化確率という定義を与えた。そこからさらに、本モデルにより生成されるクラスターの価格、販売量、特性等を定義することにより、電子部品の価格 - 販売量分布を生成する価格形成過程の数理モデルとして PP モデルを構築した。さらに最終的に、本モデルのシミュレーションにより生成されるクラスター - 度数分布から変換して作成した価格 - 販売量分布が実販売データの価格 - 販売量分布と極めて良く類似することも示した。

3章では、本章で構築した PP モデルを活用して汎用電子部品の戦略創出を試みる。

3 Price Percolation Model による戦略創出

3.1 本章の目的

本章では、2章で構築した PP モデルを用いて、ビジネス環境の変化である景気循環と市場拡大を想定したシミュレーションを行い、実データによる統計分析と合わせて価格 - 販売量分布の挙動を調べる。またそれらの結果を用いて、特に、景気変動に強い製品品揃えのあるべき姿、さらに市場拡大を有効に活用して事業業績を向上するために有利な品揃え戦略を提案する。

3.2 景気循環を考慮した品揃え戦略の創出

本節では、景気循環における景気拡大期には、その恩恵を最大限活用し企業業績を向上させ、逆に景気減速・後退期には、その影響による企業業績の悪化を最小限に抑えられるような製品ラインのあるべき姿を、PP モデルを用いて分析し、品揃え戦略を提案する。

3.2.1 景気循環を反映したシミュレーション

ビジネス環境変化の1つである短期景気循環 [45] [46] [47]は、周期が2～3年の景気変動であり、在庫循環によるものと考えられている。そのため総潜在需要、つまり見える市場 N の変動ではなく、顕在市場 n の規模の変動と考えられる。つまり、総潜在需要 N が一定の下、顕在市場 n が、景気拡大期には増大し、逆に景気減速・後退期には減少する変動

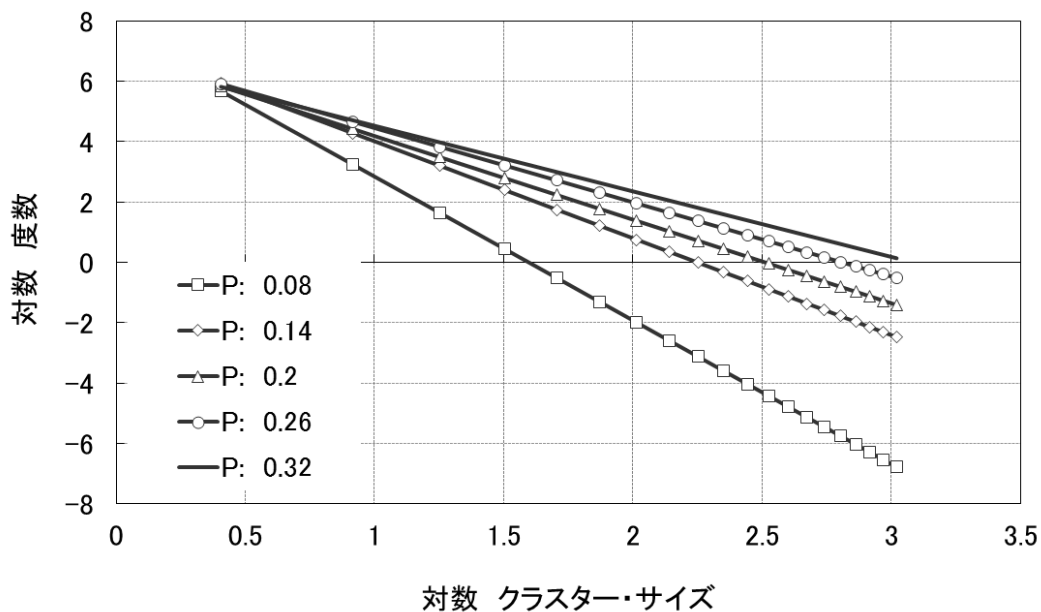


図 14 顕在化確率によるベキ分布の変化

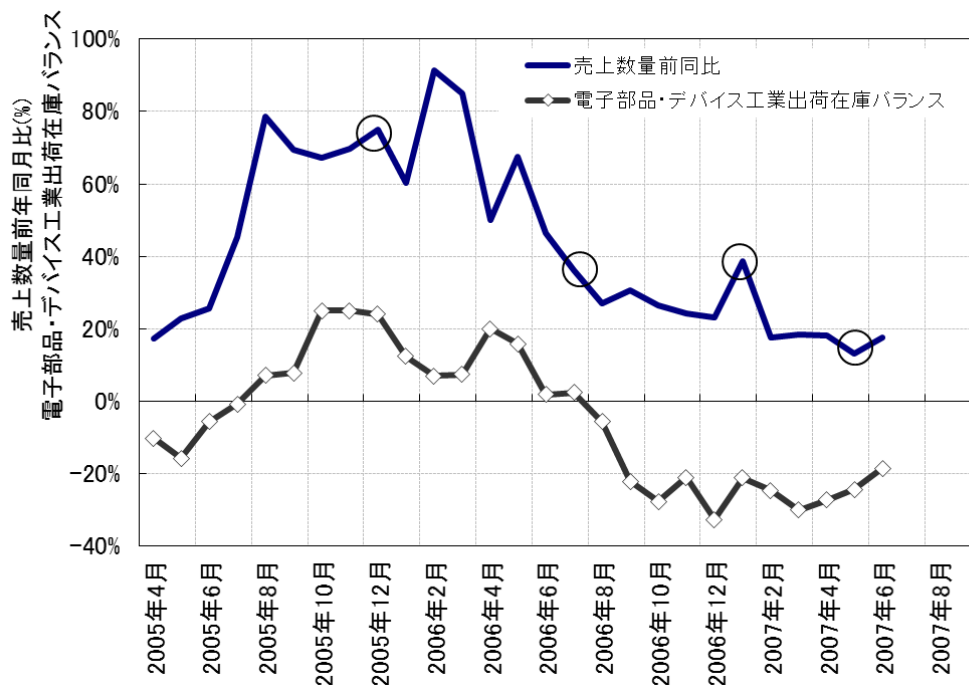
と考えられる。そのためこの変動は、(9)式より潜在需要の顕在化確率 P が、景気拡大期には増大し、逆に景気減速・後退期には減少するものと考えられる。

図 14 は景気変動を想定し、格子サイズ L を 70 に固定し、顕在化確率 P を 0.08、0.14、0.20、0.26、0.32 と変化させてシミュレーションを実行し、その結果から得られたクラスター・サイズ度数分布から推定したベキ分布をグラフ化したものである²⁷。

シミュレーションでは、クラスター・サイズ - 度数分布のベキ指数の絶対値が、景気拡大を想定した P の増大により小さくなり(負の傾きが減少)、逆に、景気減速・後退期を想定した P の減少により大きく(負の傾きが増大)なった。この結果は、現実の市場において、景気加速・拡大により価格 - 販売量分布のベキ指数の絶対値が小さくなり、逆に、景気減速・後退により大きくなることを示唆している。

3.2.2 景気変動による価格 - 販売量分布の挙動

実際の景気変動による価格 - 販売量分布の挙動を調べるに当たり、調査対象メーカーの販売データから、シェア変動のほとんど無かった期間における景気減速局面の期間を選定した。選定した期間は 2005 年 12 月から 2007 年 5 月の間で、その期間から景気の山(2005



²⁷ このベキ分布は、得られたクラスター・サイズ - 度数分布にベキ分布を当てはめて得られたベキ分布をプロットしてグラフ化した。

図 15 分析した期間の景気動向

表 4 景気変動による価格 - 販売量分布の変化

期間	傾き	定数項	決定係数	サンプル数
2005年12月 景気の山	-2.575	1.386	0.667	1363
2006年7月 景気後退序盤	-2.638	1.418	0.708	1461
2007年1月 景気後退終盤	-2.749	1.571	0.624	1446
2007年5月 景気の谷	-2.843	1.957	0.667	1471

年 12 月)、景気減速局面の序盤(2006 年 7 月)、景気減速局面の終盤(2007 年 1 月)、そして最後に景気の谷(2007 年 5 月)[図 15、上記の 4 期はグラフに○で図示]を選定し、価格 - 販売量分布を作成した。なお図 15 には、日本国内の電子部品の景気変動を的確に表す経済産業省鉱工業生産動態統計から電子部品・デバイス工業部門の出荷 - 在庫バランス(=出荷金額前年同月比 - 在庫金額前年同月比) [48]のグラフも載せた。このデータからも、上記期間において日本の電子部品が景気循環的に減速局面にあったことがわかる。

表 4 は、上記の景気減速局面における 4 期の月次データで作成した価格 - 販売量分布から推定したベキ分布の推定結果である。表中には回帰モデルにより推定した回帰式の傾き・定数項及び決定係数を載せている。景気が減速の度を高めるに従ってベキ指数の絶対値が、2.58⇒2.64⇒2.75⇒2.84 と大きくなっている。このベキ指数の変化のしかたは、シミュレーションの結果と定性的に一致しており、本モデルの有効性を支持するものである。

3.2.3 結果と考察

3.2.2 にて得られた景気循環に伴う価格分布の変化から、景気循環をうまく活用し効率良く企業業績を向上させることのできる商品品揃え等の戦略を考察してみよう。

景気拡大局面では、低価格帯の製品の販売量比率と比較して高価格帯製品の販売量比率が大きく増加する。逆に景気の後退局面では、高価格帯製品の販売量比率が大きく減少する。この結果は、品揃えにおいて高特性・高価格帯の商品比率を高める特化戦略が、景気の影響を受けやすく企業業績の不安定化を増し、企業にとって得策ではないことを示唆している。

一方低価格帯特化戦略は、景気循環の影響が小さいといえる。実際、高価格帯特化戦略を採用していた日系の電子部品メーカーが、景気後退局面で、企業業績を大きく悪化させていた時、低価格帯特化戦略の台湾・韓国系メーカーの業績が、あまり悪化していないことがしばしばあった。

3.2 では、景気循環をうまく活用し効率良く企業業績を向上させることのできる商品品揃え戦略を検討するために、高価格帯特化戦略と低価格帯特化戦略の二項対立の視点で分析した。一般的に特化戦略は、企業がその市場へ参入する際に、経営資源に制限がありフルラインナップ戦略が不可能な場合に採用する戦略である。もし経営資源的に全価格帯戦略が採用できるのであれば、景気拡大局面のより大きな売上増と景気後退期の業績悪化の緩和の両面からの恩恵を期待できるため、全価格帯戦略(フルラインナップ戦略)が最も効率的な戦略と考えられる。

3.3 市場拡大を考慮した品揃え戦略の創出

本節では、市場拡大を最大限に活用して効率良く売上規模を拡大させるために、どのような品揃え戦略が望ましいか、PP モデルと実データの統計分析を用いて検討する。市場拡大を PP モデルに組み込む際に、需要の所得弾力性の概念 [49]²⁸を用いる。長期的に安定した需要の所得弾力性を、電子部品の需要と世界の 1 人当たりの国民総所得(GNI per capita)を用いて推定し、これを利用して、市場拡大を反映したモデルのパラメータを設定する。さらにこのモデルによるシミュレーションと実データの統計分析を併用し、市場拡大を効率よく活用して売上規模を拡大させるための品揃え戦略を創出・提案する。

なお 3.2 で議論した景気循環は無視して議論を進める。

3.3.1 市場拡大を反映したパラメータ設定法

本節では、「市場拡大」における顕在市場 n と総潜在市場 N の変化と、そこから導かれる顕在化確率 P の操作法について述べる。ここでは、4 つのモデルを導入する。各モデル相互の位置づけを判りやすくすることを目的として、本章の構成を示す。3.3.1.1 では、代理変数を用いて顕在市場 n を時間の関数としてモデル化する。さらにここで、総潜在市場 N を時間の関数としてモデル化する。3.3.1.2 において、ここまでに構築した顕在市場モデルと総潜在市場モデルを用いて、両者の関係をモデル化する。さらに顕在市場モデルと

²⁸ 所得の水準の変化割合($\Delta M / M$)と、それに依存しておこる需要量の変化割合($\Delta X / X$)の相対的大きさを記述するのが、所得弾力性(η)という概念である。数式として表現すれば $\eta = \frac{\partial \ln X}{\partial \ln M} = \frac{\Delta X / X}{\Delta M / M}$ となる [51]。

総潜在市場モデルの指数関数における指数係数の比である η を推定することにより、その値がほぼ一定であったことを、1983年から2010年までのデータを用いて示す。この η は、需要の所得弾力性であり、経済学の分野では基本的な概念である。この需要の所得弾力性の概念を用いることにより、顕在市場の規模が総潜在市場の関数として表せることを示す。3.3.1.3では、需要の所得弾力性の概念を用いて市場拡大における顕在化確率 P をモデル化する。さらに市場拡大を想定したシミュレーションでは、総潜在市場 N の代理変数(：世界1人当たりの国民総所得)を増大させることにより得られる P をパラメータとして用いることを示す。

3.3.1.1 市場拡大における顕在市場と総潜在市場の変化

市場拡大は、現時点にて見えない市場が、新興国における個人所得の増加等により、徐々に需要を生む可能性のある市場、つまり総潜在市場に遷移する変動、あるいは、新しく生まれた機器が需要を見込める総潜在市場を獲得する変動である。したがって市場拡大を図9で捉えなおすと、見えない市場 UN の一部が、顕在市場 n と潜在市場 m の和である見える市場(総潜在需要) N に遷移する変化として捉えられる。本節では、顕在市場と総潜在市場の変化を定式化することによって市場拡大における各変数の変化のしかたを明らかにする。なおここでは、景気循環の影響を無視して議論を進める。

3.3.1.1.1 顕在市場の変化

ここでは顕在市場の推移を、代理変数を用いることにより指数関数でモデル化できることを示す。顕在市場は、注目する製品カテゴリーの世界における売上金額として観測できる。したがって、その製品における世界の売上金額(あるいは近似的に出荷金額、生産金額等)の統計データに注目すれば良い。

本論文の実証分析で取り上げるセラミックコンデンサーは、新製品が次々とリリースされ、その製品カテゴリーの中では世代交代するものの品種が増加し、さらに個別製品の販売量も増加するような成長性の高い製品カテゴリーである。このセラミックコンデンサーの統計データは、経済産業省生産動態統計 [48]から得られるものであり、比較的古くから長期にわたるデータが存在する。また、その間日本のシェアは高く、ほぼ一定で安定して推移してきた。そのためこのデータは、世界のセラミックコンデンサーの推移に対してほぼ比例して成長してきたと考えられる。つまりセラミックコンデンサーの国内生産金額と顕在市場の規模の推移は、比例関係にあると考えることができる。セラミックコンデンサーの日系メーカーにおける生産金額は図16(図中■METI C.C.:経済産業省生産動態統計セ

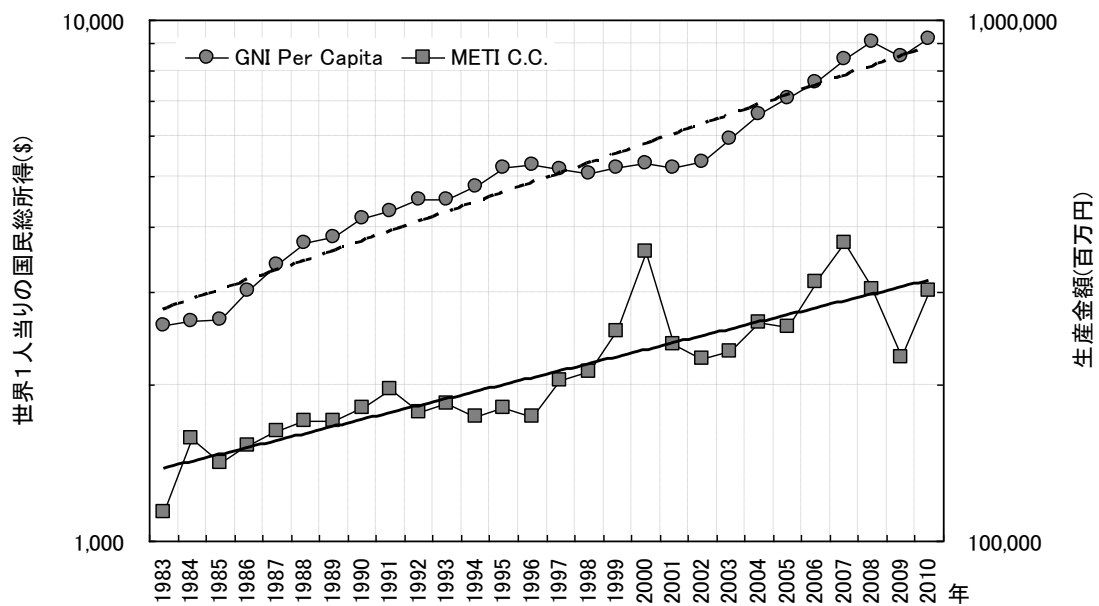


図 16 世界 1 人当たりの国民総所得とセラミックコンデンサー国内生産金額
 期間:1983 年から 2010 年 ●GNI 左メモリ ■METI 右メモリ

ラミックコンデンサー)に示すように指数関数の当てはまりが良い。図中の実線はそのトレンド成分で、これを v とすると $v = 133579 \cdot e^{0.031t}$ (t は年で捉えた時間、 $R^2 = 0.768$ 、 $AIC = -0.996$)²⁹ で与えられる。顕在市場 n がこの v と比例関係にあると考えられるため、顕在市場 n は、下式で表すことができる。

$$n = n_0 \exp(at) \quad (16)$$

なお n_0 、 a は定数である。

本論文では、実証分析においてセラミックコンデンサーを取り上げているため、ここでもセラミックコンデンサーに注目して議論している。しかしこれ以外に、WSTS(World Semiconductor Trade Statistics)の世界半導体出荷統計 [50]等において指数関数への当てはまりが良いことを確認している³⁰。

3.3.1.1.2 総潜在市場の変化

ここでは総潜在市場の推移を、代理変数を用いて指数関数でモデル化できることを示す。

²⁹ 単調に増加する諸関数を当てはめた結果、ベキ乗近似 $R^2:0.71$ 、指数近似 $R^2:0.77$ 、直線近似 $R^2:0.69$ 、対数近似 $R^2:0.58$ となり、指数関数が最大となった。なおサンプル数:28

³⁰ 単調に増加する諸関数を当てはめた結果、ベキ乗近似 $R^2:0.82$ 、指数近似 $R^2:0.90$ 、直線近似 $R^2:0.89$ 、対数近似 $R^2:0.63$ となり、指数関数が最大となった。なおサンプル数:335

我々が定義している総潜在市場 N は顕在市場 n と潜在市場 m の和である。そのため、顕在市場のように直接その推移を表す統計データは存在しない。そこで代理変数 [51]を導入する。

一般的に、電子部品の搭載される電子機器は、ある程度の所得がないと消費されない。また電子機器は所得の増加に伴い消費も増加する耐久消費財である。世界的な視点で電子機器等の耐久消費財の市場規模を推定する際、その市場規模 N が世界の 1 人当たり平均所得に比例して成長していると考えるのは自然である。その世界の 1 人当たり平均所得の代替変数として「世界 1 人当たりの国民総所得(GNI per capita) [52]」³¹を利用することを考えた。その世界 1 人当たり国民総所得の推移を図 16 [図中●GNI per capita]に示す。なお図 16 の破線はそのトレンド線であり、このトレンド線 GI は $GI = 2669 \cdot e^{0.043t}$ 、 $R^2 = 0.946$ 、 $AIC = -1.991$ ³²で与えられる指数関数である。

例えば参考文献 [53]では、2005 年当時の 1 人当たりの GNI が約 35000 ドルの先進国から 500 ドルの新興国まで含むアジア諸国のパソコン普及率に対して、1 人当たりの GNI が高い説明力を有することを報告している。このように 1 期当りの市場規模の累積値(連続値とみなすと積分値)として与えられる普及量が、指数関数で与えられる世界 1 人当たりの GNI と線形関係にある場合、普及量の 1 期当りの差分値(連続値とみなすと微分値)である 1 期当りの市場規模は、世界 1 人当たりの GNI と比例関係にある³³。そこで市場規模 N と世界 1 人当たりの国民総所得 GI との間に、 γ を比例定数として

$$N = \gamma \cdot GI$$

の関係が成り立つと考える。そうすると市場 N の推移は一般的に下式で表すことができる。なお γ が一定であれば $N_0 (= 2669\Omega)$ 、 b とともに定数である。

$$N = N_0 \cdot \exp(bt) \quad (17)$$

³¹ 国民総所得(GNI)とは、GDP(国内総生産)と海外からの所得の純受取の合計であり、これを 1 人当りに直したものが「1 人当たりの国民総所得」である。GDPよりGNIの方が、人の寿命や教育水準等の国民生活や福祉に関する指標の説明性が高いといわれている [99]。

³² 単調に増加する諸関数を当てはめた結果、ベキ乗近似 R^2 :0.86、指数近似 R^2 :0.95、直線近似 R^2 :0.91、対数近似 R^2 :0.72となり、指数関数が最大となった。なおサンプル数:28

³³ 普及量を D 、世界 1 人当たりのGNIを GI (なお3.3.1.1.2の議論から $GI = c_1 \exp(c_2 \cdot t)$ と表せるとする)として、両者に線形回帰モデル $D = c_3 + c_4 \cdot GI + \varepsilon$ が成り立つとする。1 期当りの市場規模 N は dD/dt で与えられるため、上式の両辺を時間で微分することによって 1 期当りの市場規模を求めると、 $N = c_4 \cdot c_2 \cdot GI$ が得られる。なお c_1 、 c_2 は定数、 c_3 は定数項、 c_4 は偏回帰係数、 ε は誤差項。

3.3.1.2 総潜在市場および顕在市場の関係

次に総潜在市場 N と顕在市場 n の関係について考察してみよう。

N の推移を与える(17)式と n の推移を与える(16)式を用いて、時間 t を消去すると、 $\kappa = n_0 / (N_0)^{a/b}$ 、 $\eta = a/b$ とすることにより(18)式が得られる。

$$n = \kappa \cdot N^\eta \quad (18)$$

(18)式は、 κ と η を一定とすれば、顕在市場の規模が総潜在市場によって決まることを示している。

(17)式が与える総潜在市場 N と、(16)式が与える顕在市場 n の間には、いかなる状況においても顕在市場は市場より小さいため $N > n$ の関係がある。これは、総潜在市場 N には常に潜在市場 m が存在することを含意している。さらに実際の総潜在市場 N と顕在市場 n は、(16)式や(17)式が描く曲線をトレンド線として、その周辺を景気変動、季節変動、不規則変動等[12]の影響で上下にゆらぎながら推移していると考えられる[図 16]。この揺らぎは、時系列過程における誤差分散の不均一性により時間とともに増大する傾向にある。このような状況において、顕在市場が市場を超えないためには、 N と n の間にかなりのマージンが存在していると考えられるべきである。

いかなる状況においても $N > n$ の関係が成り立つためには、 N と n が指数関数的に推移することを考慮すると $b > a$ であり、また $b > 0$ 、 $a > 0$ であることから $0 < \eta < 1$ となる

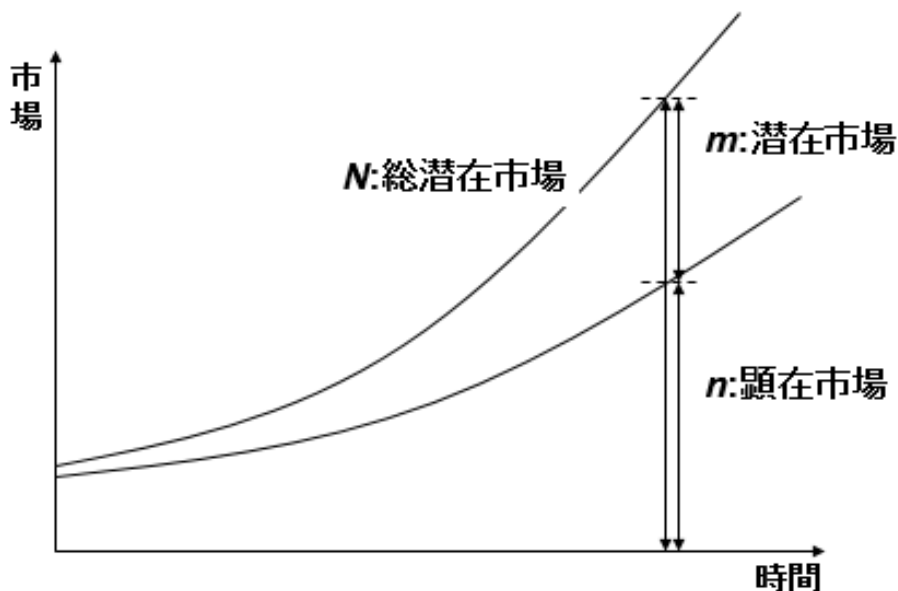


図 17 総潜在市場と顕在市場、潜在市場の関係

[図 17]。ここで実際に η を推定してみよう。(18)式 $n = \kappa \cdot N^\eta$ を回帰方程式と考えると、 n と N の間に η を弾力性とする弾力性モデル

$$\ln n = c(1) + \eta \ln N + \varepsilon$$

(なお $c(1)$:定数項、 η :偏回帰係数、 ε :誤差項)が成り立つ。したがって η は、市場 N と顕在市場 n に対応する観測データに弾力性モデルを適用して推定される。本論文の場合、 n に国内セラミックコンデンサー生産金額、 N に世界 1 人当りの国民総所得を用いて両対数グラフ化した散布図は図 18(期間:1983 年から 2010 年の 28 年間)のようになる。こ弾力性モデルは、世界のセラミックコンデンサーの需要の変化率と世界 1 人当りの国民総所得の変化率と比として定義され、経済学でしばしば使われる「需要の所得弾力性」である。つまり、市場拡大を想定した PP モデルは、需要の所得弾力性を基礎として構築されている。

このモデルから η を推定すると $\eta=0.6773$ 、 $R^2=0.726$ 、 $AIC=-0.832$ となった。この結果は、 η がほぼ一定とみなして良いことを示唆している。この期間のデータでは、顕在市場 n を与える(16)式の指数係数 a はセラミックコンデンサーの推移[図 16]から、また市場 N を与える(17)式の指数係数 b については、世界の 1 人当りの国民総所得の推移[図 16]から、それぞれ定数として推定できる。したがってこの視点からも a と b の比である $\eta(=a/b)$ は

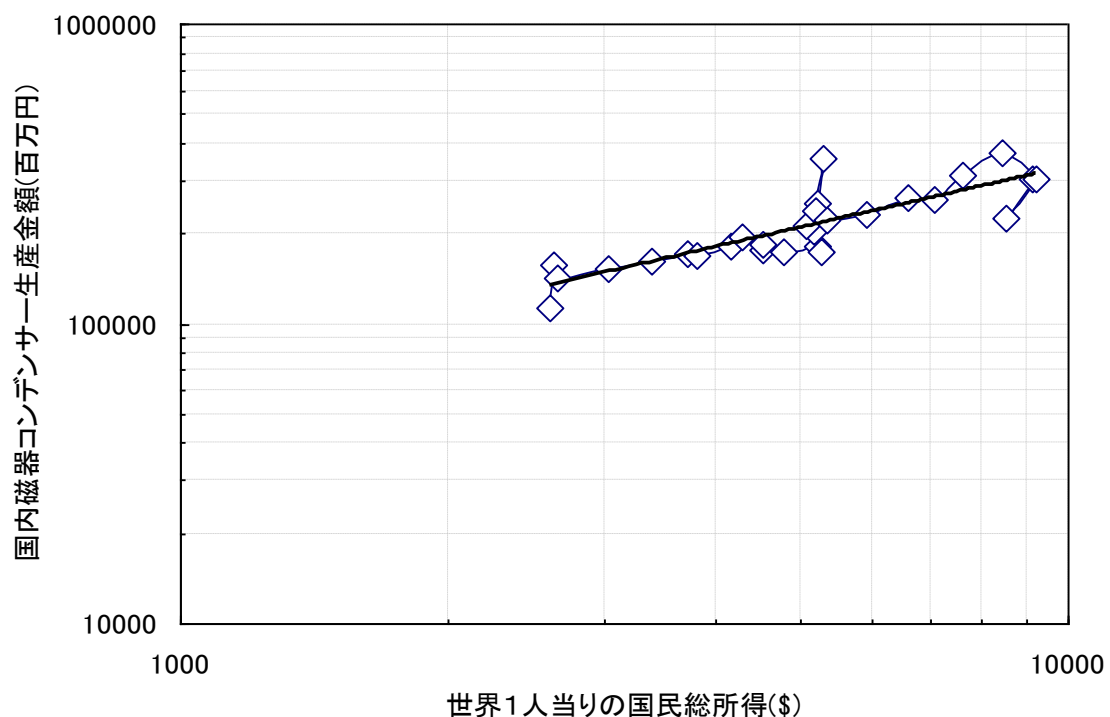


図 18 国内セラミックコンデンサーと世界 1 人当たりの国民総所得の関係

一定ととらえることができる³⁴。そこで本論文 3.3 のシミュレーションでは、 $\eta=0.6773$ を用いる。

経済学では、一般的に、奢侈品の需要の所得弾力性は 1 より大きく、必需品の場合は 1 より小さいといわれている。セラミックコンデンサーと世界 1 人当たりの国民総所得の間の弾力性 η は 0.6773 で、1 より小さい。この評価基準に一般性があるとする、電子部品は、少なくとも 1983 年以降、消費者にとって必需品になっていたといえる。

3.3.1.3 市場拡大における顕在化確率の操作法

市場拡大における顕在化確率は、(18)式から、 $\kappa=n_0/(N_0)^{a/b}$ 、 $\eta=a/b$ とすることにより得られる。

$$P = \kappa \cdot N^{\eta-1} \quad (19)$$

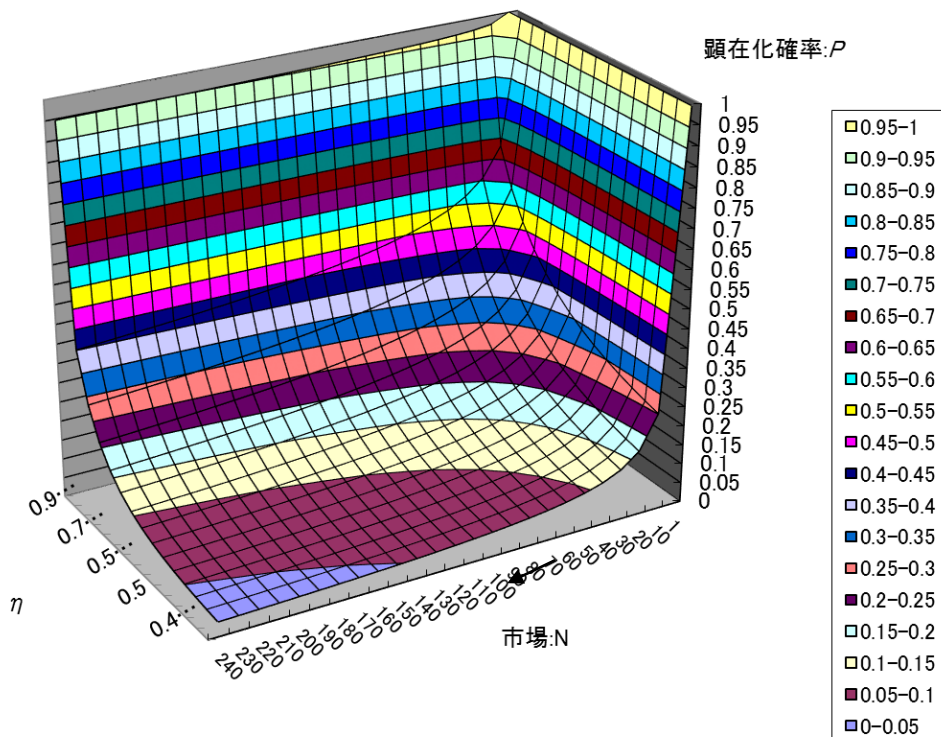


図 19 市場拡大に伴う顕在化確率の変化

³⁴ 市場 N と顕在市場 n の推移は、ともに過去のデータから一定の指数係数を持つ指数関数として捉えられる。しかし同じ指数係数や関数形が今後も永遠に続くということは、地球の資源や人口も有限であることを考慮すると考えにくい。しかしこれまでの推移と同じ指数係数を使って近未来まで外挿して予測することは許されると考える。つまり適用の限界が存在することを前提に注意深く本モデルを適用することとする。

3.3.1.2の議論から $0 < \eta < 1$ である。以上により、市場拡大の場合には、シミュレーション実行の際、(19)式において変数 N を増大させることによってパラメータ P (:顕在化確率)の操作を行う。なお図19 ((19)式において $\kappa=1$ として作成した等高線グラフ)に示すように、(19)式は η が $0 < \eta < 1$ の範囲において、座標軸を漸近線とする双曲線型の曲線を描き、市場 N の拡大に伴い P は小さくなる。

3.3.2 モデルのパラメータと諸変数の設定

PPモデルを用いたシミュレーションを実行する場合、操作するパラメータは顕在化確率 P と格子サイズ $L \times L$ の2つである。

PPモデルは、2次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルであるために P は0から0.593(:臨界確率)の範囲で設定する必要がある³⁵。さらに P が0に近づきすぎると出力されるクラスター・サイズのバリエーションが少なくなるため、実データから作成される価格・販売量分布との差異が大きくなり好ましくない。一方、 P が臨界確率0.593に近づきすぎると、巨大なサイズのクラスターが発生し、これもまた実データから作成される価格・販売量分布との差異が大きくなり好ましくない³⁶。このような制約のもとで P の設定は、市場 N 、顕在市場 n の設定値や変化させる値の範囲によって変わるため、最終的に $0.1 < P < 0.5$ の範囲に入るように諸変数を調整する必要がある。

格子サイズ $L \times L$ は、(6)式で与えられることから想定する市場 N の大きさ($N/\alpha V$)に相当する。 $L \times L$ は小さすぎると発生するクラスター数が少なすぎ、クラスター・サイズ度数分布を作成することが困難になる。一方、大きい方に関しては(P の値との兼ね合いの中で)格子サイズを適切に設定することによりクラスター・サイズ度数分布のベキ指数を実データの価格・販売量分布のベキ指数に近づけることができるため、これが格子サイズ設定の条件の1つとなりうる。

以上の制約条件のもとに、何段階かの市場拡大($i=1,2,3,\dots$)を想定したシミュレーションを実行するためのパラメータ P_i 、 $(L \times L)_i$ の設定では、市場 N_i の設定からスタートする。例えば市場が $N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_3$ と拡大したと想定すると、この想定値 N_i から(6)式によって格子サイズ $(L \times L)_i$ が決まる。また P を決定する(19)式の η は、3.3.1.2で述べた方法等により推定する。次に、0.1から0.5の範囲でそれぞれの N_i に対応する顕在化確率を暫定値 P_i' と

³⁵ 分布の性質は、 $0 < P < P_c$ と $P_c < P < 1$ でおおはばに変化する。さらに現在では、大きなクラスターに対応する高価格製品も無いと考えられるので、 $0 < P < P_c$ の領域でシミュレーションすることを計画した。

³⁶ 経験的には、 $0.1 < P < 0.5$ の範囲で設定するのが良い。

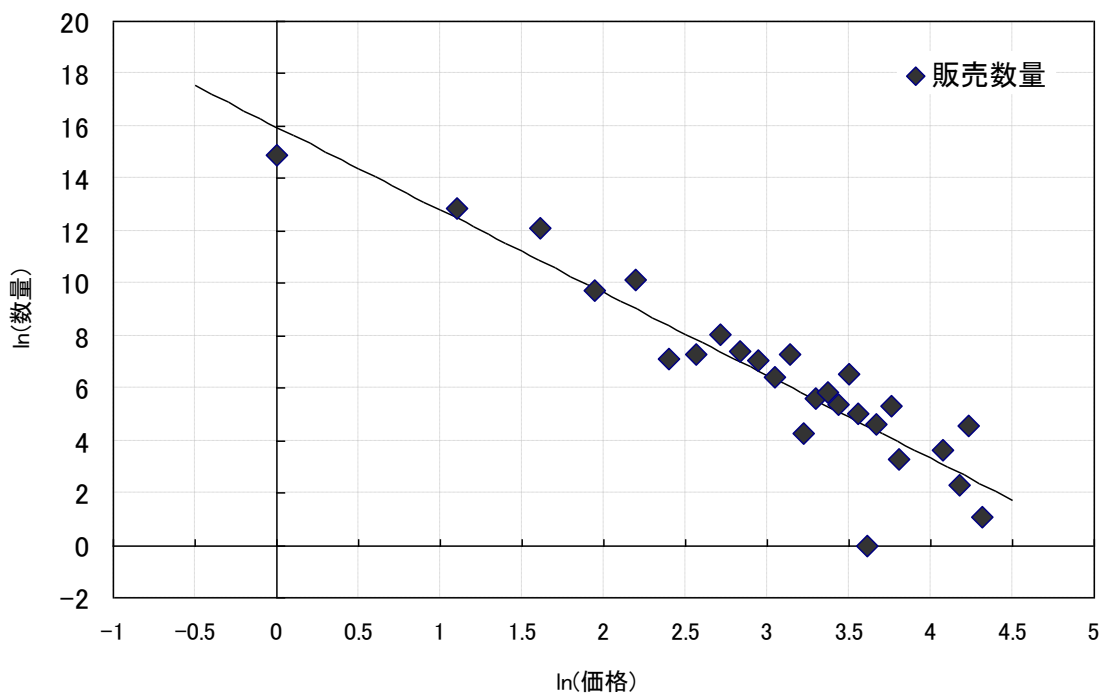
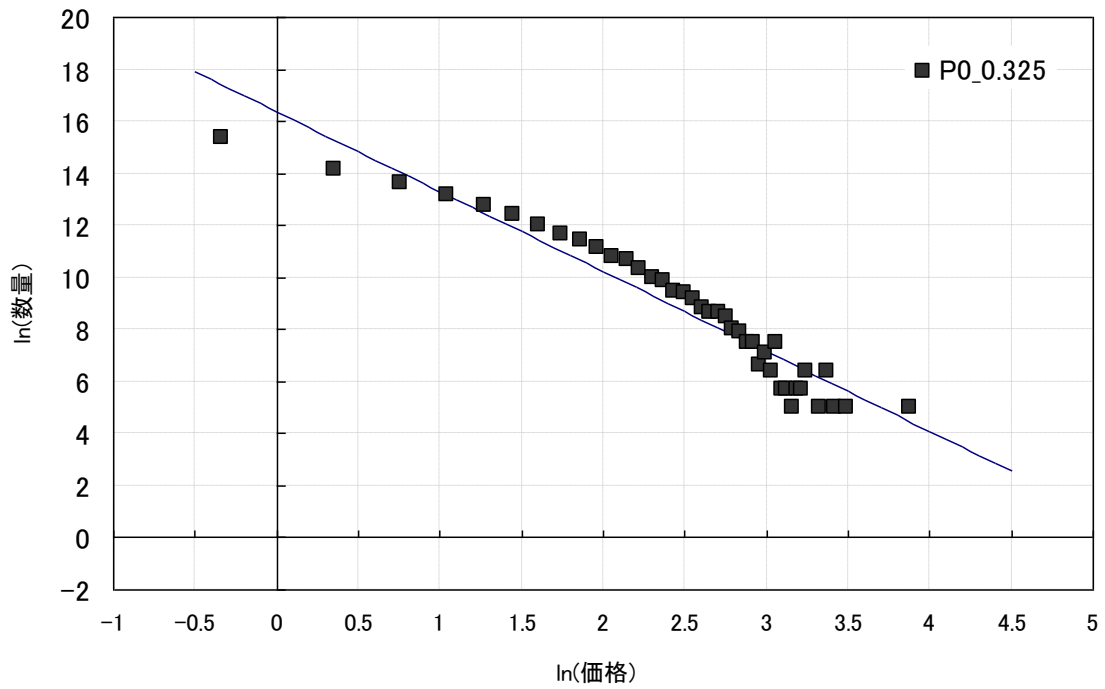


図 20 実データとシミュレーションによる価格 - 販売数量分布の比較
 上:シミュレーション 下:実データ

して決めておく。一方で、 N_i と η を確定値として(19)式に代入し計算値 \hat{P}_i を求める。最適化手法(ソルバー³⁷)を用いて、顕在化確率の計算値と暫定値の差の2乗値 $(\hat{P}_i - P_i)^2$ の総和が最小になるように κ を定める。それを用いて更新された \hat{P}_i を、各市場規模の顕在化確率 P_i として用いる。こうすることで0.1から0.5の範囲で所望の値に近い顕在化確率 P_i と、これを与える κ を得ることができる。

PPモデルにおいて、クラスター・サイズ s と実データにおける製品価格 z を対応させる(1)式の単位価格 α は、本論文で注目する電子部品の場合、 $\alpha=0.712$ ³⁸である[2]。(1)式にしたがって、 s に α を掛けることによってシミュレーションによって得られたクラスター・サイズを製品価格へ変換することができる。

シミュレーションによるクラスター発生度数 q_s と、実市場での販売数量 y_s を結びつける(2)式の実市場における1単位の販売量 V は、 P と $L \times L$ 、さらにシミュレーションの回数等に変化する。そのため V は、上記の諸条件を考慮し P や $L \times L$ 等を適切に設定し実行したシミュレーションから作成したクラスター・サイズ度数分布と、実データによる価格・販売量分布の比較から、(3)式を用いて事後的に推定される。

図20の上の散布図は、 $P=0.325$ 、 $L \times L=70 \times 70$ の条件でシミュレーションを100回実行した結果から、単位価格 $\alpha=0.712$ を用いてクラスター・サイズを製品価格に変換し、さらに実市場における1単位の販売量 $V=150$ 千個を用いてクラスター発生度数を販売数量に変換して作成した価格・販売数量分布である。一方下図は、調査対象メーカーの電子部品における月次販売データから作成した価格・販売数量分布である。両図にはベキ分布を当てはめた直線をプロットしている。実データのベキ指数は -3.16 ($R^2=0.84$)、一方シミュレーションのベキ指数は -3.07 ($R^2=0.93$)であり近い値となっている³⁹。しかしシミュレーシ

³⁷ ソルバーとは、Microsoft Excel等の表計算ソフトの機能の1つ。複数の変数を含む数式において、目的とする値を得るための、最適な変数やパラメータの値を求めることができる機能。

³⁸ ここでは、2.4.2においてヘドニック・アプローチで推定した α の値を用いた。

³⁹ 2次元正方格子サイト・パーコレーションでは、 $P=0.593$ (臨界確率)の場合、分布がベキ分布に完全に一致することが知られている。このベキ分布は、ベキ指数だけでその分布の挙動を表現できる極めて便利な分布関数なため、本稿では、シミュレーションと実データにおけるサイズ(価格)と度数(販売量)の散布図の挙動を比較分析するツールとしてベキ分布のベキ指数を用いている。 P の値が小さくなるに従い、図20に見られるような「山なり」の傾向が強くなり、ベキ分布を当てはめた場合系列相関が発生する。しかしながら $0.1 < P < 0.5$ の領域では、ベキ分布の推定はサンプル数的に十分に可能であり、さらに P が小さくなるにしたがって大きなクラスター・サイズの領域のクラスター数が減少し、同時に小さいサイズ領域のクラスター数が増大するというサイズ・度数散布図の挙動を、ベキ指数が矛盾無く表現していることを確認している。ただし P が0.1より小さくなると、系列相関の増大にサイズのバリエーション(サンプル数)が少なくなることによる推定精度の悪化が加わるため、この領域の P 値をシミュレーション条件として選定することは望ましくないといえる。

ョンでは販売数量が 150 千個(図における縦軸の数值が $5(\cong \log_e 150)$)未満の領域でプロットが無い。これは、実データの販売数量の最小単位が 1 千個(図中縦軸数值: $0=\log_e 1$)であるのに対して、シミュレーションでは販売数量の最小単位が 150 千個になっていることが原因である。これを除けばモデルと実データの分布はほぼ整合しているといえる。

3.3.3 シミュレーションと実データの分布による挙動比較

3.3.3.1 シミュレーションによるクラスター・サイズ度数分布の挙動

本論文では、2001 年、2005 年、2008 年の世界 1 人当りの国民総所得の値(それぞれ順に 5293US\$, 7057US\$, 9119US\$)と同じ比率で市場 N が拡大したと想定した。市場 N と世界 1 人当りの国民総所得 GI の関係式 $N = \gamma \cdot GI$ において、 $\gamma = 0.5373^{40}$ とすることによって、市場 N をそれぞれ 2844、3792、4900 とした。さらにこれらに対応した格子サイズ $L \times L$ を 53×53 、 62×62 、 70×70 としてシミュレーションを行った[表 5 上段]。なお η は、3.3.1.2 で推定した 0.6773 を用い、顕在化確率の暫定値をそれぞれ 0.2、0.25、0.3 と設定した。さらに上記の市場 N と η を確定値として(19)式に代入することにより算出した P の計算値と、それに対応する暫定値との差の 2 乗値の総和が最小になるように、ソルバーを使って P と κ を最適化した。その結果 $P=(0.292, 0.266, 0.245)$ 、 $\kappa=3.8$ を得た。以上のシミュレーションの条件は、表 5 の上段に示した。

表 5 市場拡大を想定したシミュレーション結果から推定したベキ指数と切片

年	2001	2005	2008
世界 GNI per capita (US\$)	5,293	7,057	9,119
市場 N	2844	3792	4900
顕在市場 n	830	1009	1201
潜在市場 m	2014	2783	3700
格子サイズ $L \times L$	53×53	62×62	70×70
顕在化確率 P	0.292	0.266	0.245
ベキ指数	-3.194	-3.363	-3.545
切片	11.749	12.049	12.317
R^2	0.923	0.923	0.933
AIC	2.464	2.664	2.577

⁴⁰ ここでのシミュレーションでは、2008 年の GNI per capita の値 9,119USD を L の最大値 70 としたことにより $\gamma = 0.5373$ と設定した。

これらの条件のもと、それぞれシミュレーションを 100 回実行しその結果をもとに作成したクラスター・サイズ度数分布からベキ分布を推定した。その結果であるベキ指数と y 切片、さらにベキ分布を推定した際の R^2 値と AIC を表 5 下段に示す。市場拡大を想定したシミュレーションでは、市場の拡大とともにベキ指数が順に -3.194 、 -3.346 、 -3.545 とその絶対値が増大している。

以上の結果から、実市場における価格 - 販売量分布の場合も市場拡大によってベキ指数の絶対値が増大しているものと予想される。

3.3.3.2 市場拡大に伴う実データにおける価格 - 販売量分布の挙動

ここでは、3.3.2.1 でのシミュレーションから得られた市場の拡大に伴い価格 - 販売量分布におけるベキ指数の絶対値が増大するという示唆を実データにより確認する。

表 6 年間データで作成した価格 - 販売量分布から推定したベキ指数

	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
ベキ指数	-3.137	-3.011	-3.000	-3.297	-3.274	-3.494	-3.794	-3.723	-3.980
R^2	0.701	0.755	0.697	0.692	0.772	0.820	0.835	0.836	0.814
AIC	4.870	4.447	4.567	4.665	4.268	4.057	4.078	4.117	4.343
サンプル数	2121	1999	2036	2180	2289	2743	3087	3366	3495

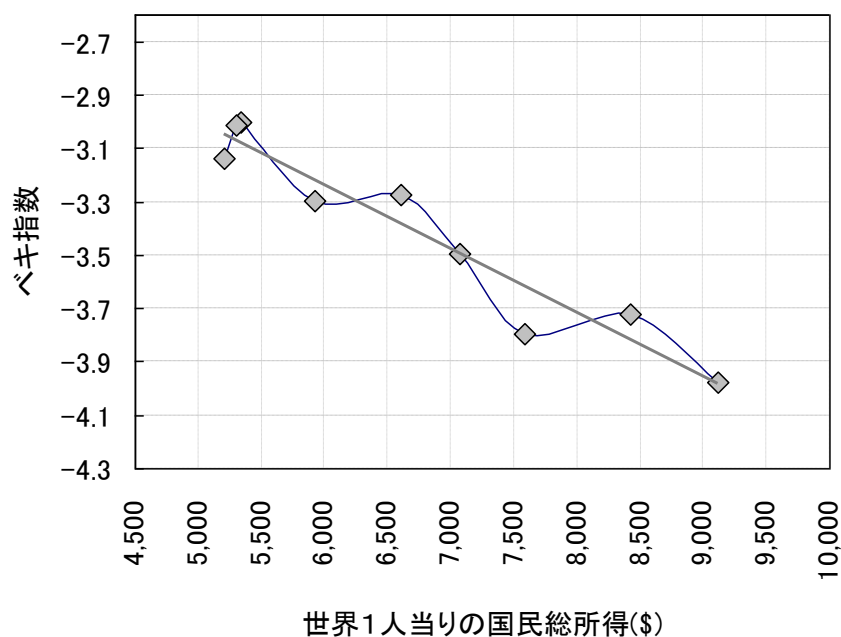


図 21 調査対象企業における価格 - 販売量分布のベキ指数と世界 1 人当たりの国民総所得の関係

実データにより価格 - 販売量分布を作成するにあたり、顕在市場の推移を表していると考えられ、3.3.1.1.1 の図 16 でグラフ化したセラミックコンデンサーを生産・販売している調査対象メーカーの販売データにおいて、分布の作成が可能な期間の年間集計データに注目することにした⁴¹。

表 6 は、2000 年から 2008 年までの各年の年間集計データにより作成した、価格 - 販売量分布から推定したベキ分布のベキ指数と R^2 値および AIC の数値である。2000 年から 2008 年の間には、2000 年の IT バブルの好景気、2001 年には IT バブル崩壊に伴う不況、2008 年は米国住宅バブル崩壊に始まるリーマン・ショックに伴う不況等があった。しかしこの間、ベキ指数の絶対値はおおむね経年的に増大している。

図 21 は、図 16 を作成した世界 1 人当りの国民総所得と、表 6 において対応する年次のベキ指数によって作成した散布図である。世界 1 人当りの国民総所得と調査対象メーカーの価格 - 販売量分布のベキ指数の間には負の相関があり、その R^2 値は 0.925 であった。市場の拡大に伴いベキ指数の絶対値は、明らかに増大している。この挙動は、3.3.3.1 のシミュレーションの結果と一致している。

調査対象メーカーの販売データ(マイクロなデータ)から得られた分布の挙動は、マクロな視点で構築した PP モデルのシミュレーションから得られた分布の挙動と一致していることから、業界全体の価格 - 販売量分布も同様の挙動をしているものと考えられる。

3.3.4 結果と考察

市場拡大を反映した PP モデルのシミュレーションにより得られた分布の挙動は、実データから統計的に抽出した分布の挙動と定性的に一致しており、本モデルが景気循環ばかりでなく市場拡大にも適用可能であることが示された。

ここで市場拡大を活用して売上規模を拡大させるために、品揃え戦略の視点で、本結果を考察してみよう。図 22 は、シミュレーションの結果と実データの価格 - 販売量分布から推定したベキ分布をもとに、市場拡大に伴う価格分布の挙動を模式化した図である。この図に示すように、シミュレーションで得られたクラスター・サイズ度数分布と実データから得られた価格 - 販売量分布を高価格帯と低価格帯とに二分して、その販売数量(シミュレーションの場合は発生クラスターの総数)の変化を比較してみた。

⁴¹ 近年の景気循環[13]の周期は約2年である。そのため実データで検証する場合は月次データを用いる必要がある。実際、3.2では月次データを用いた。一方本論文3.3における市場拡大の検証では、景気循環を無視するために、短期景気循環の影響が抑えられている年次あるいは年間集計のデータを用いる。

表7は、表6を作成したデータを用いて、クラスター・サイズの自然対数変換した値が2以上を高価格帯、2未満を低価格帯とし、それぞれの価格帯で発生したクラスターの総数を販売量とみなして、 $N=2844$ を基準に、市場拡大に伴いどのように変化するか比較したものである。市場拡大に伴い低価格帯では販売量が増加しているが、高価格帯では逆に減少している。

一方表8は、2001年、2005年、2008年の実データから推定した価格 - 販売量分布において、価格を自然対数変換した値が2以上を高価格帯、2未満を低価格帯としてそれぞれの価格帯での販売数量を、2001年を基準に市場拡大に伴いどのように変化したかを比較したものである。シミュレーションと同様に、市場拡大に伴い低価格帯では販売量がおおはばに増加している。しかし高価格帯では逆に減少傾向にある。

なお低価格帯におけるシミュレーションと実データの販売量の変化のしかたに差異が見られる。その原因として次の2点が考えられる。1つは、本論文で用いているシミュレーションプログラムの制約から、シミュレーション条件の最適化に関して格子サイズ的大型化等に検討の余地が残されていることである。もう1つは、この期間の調査対象メーカーの商品戦略において、高価格帯商品から低価格帯商品の拡大に向けた注力がなされてきたことである。しかしこのように販売量の変化のしかたに差異があるものの、シミュレーションの結果は市場拡大に伴う価格 - 販売量分布の挙動を、定性的に的確に捉えていると考えられる。

以上の結果から、市場拡大によって、低価格帯製品の販売数量のウェイトが急速に上昇

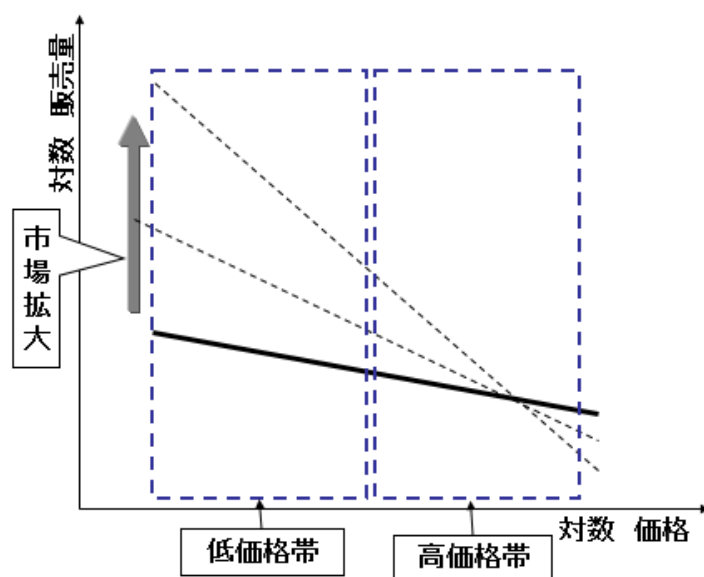


図 22 市場拡大に伴う価格 - 販売量分布の変化の模式図

表 7 シミュレーションによる高価格帯と低価格帯の販売量変化

ln_クラスター・サイズ	市場N		
	2844	3792	4900
2未満	1	1.4	1.7
2以上	1	0.7	0.3

表 8 実データにおける高価格帯と低価格帯の販売量変化

ln_価格	2001年	2005年	2008年
2未満	1	3.3	4.6
2以上	1	0.3	0.4

するため、低価格帯特化戦略は販売規模を拡大しやすい品揃え戦略であることがわかった。

一方高価格帯製品では、そのウエイトがゆっくりと上昇する価格帯と、逆にウエイトが低下する価格帯があることから、高価格帯製品重視の特化戦略が、市場拡大を活用して売上規模を拡大するという視点からは適切な戦略ではないことがわかった。電子部品では、リソースの制約がある場合等は、市場参入時から成長期における市場が急速に拡大する段階では低価格帯特化戦略を採用すべき商品といえる。

3.4 本章のまとめと今後の課題

3.4.1 本章のまとめ

本章では、PPモデルを用いて電子部品の品揃え戦略の創出を行い、次のような知見を得た。

ある部品カテゴリーの生産・販売に新規参入をしようとする企業が、経営資源の制約でフルラインナップができず価格帯特化戦略を採らざるを得ないような場合、低価格帯特化戦略を選択した方が市場拡大の恩恵を享受でき、その波に乗って売上規模拡大ができる可能性が高い。一方、高特性・高価格帯の商品比率を高める特化戦略が、景気拡大時には売上数量が、低価格帯に比べおおはばにアップするものの、逆に景気の後退時には、低価格帯に比べ大きくダウンするため業績の不安定化が増大し企業にとって得策ではない。これらの結果を総合すると、経営資源の制約でフルラインナップができない企業が新規参入をする場合、低価格帯特化戦略は、高価格帯特化戦略に比べ市場拡大の恩恵を受け、同時に景気変動の影響を受けにくく業績の安定化が図れるため極めて有利な戦略といえる。

実際韓国のセラミックコンデンサーメーカーは、後発でもあり、参入当初リソースの関係で低価格特化戦略を採っていた。しかし、市場拡大の波に乗りつつ徐々に高価格帯へ品揃えを拡大して行き、それに成功した。リーマン・ショック以降の為替相場の円安・ウォ

ン高から円高・ウォン安への転換を機に一気に市場シェアを拡大し、瞬く間に業界 2 位に躍り出た。これは、本章の結果の妥当性を裏付ける 1 つの事例といえる。

3.4.2 今後の課題

本章では、景気循環と市場拡大を分離してPPモデルを構築し戦略創出を行った。実際には、市場拡大の過程で景気の拡大や景気の後退が発生している。このような状況における望ましい品揃え戦略を検討することは極めて興味深いテーマである。そのために市場拡大と景気循環を同時に盛り込んだより現実に近いPPモデルを構築し、そのモデルによる分布の挙動解析は、今後の課題である。

さらに、市場が縮小する製品ライフ・サイクルの衰退期にある部品カテゴリーの価格分布の挙動解析へのPPモデル適用も興味深いテーマである。これも今後の課題である。

4 Price Percolation Model による価格変動メカニズム分析

4.1 本章における目的と概要

4.1.1 本章の目的

3章において我々は、ビジネス環境の変化には、長期的・傾向的な市場拡大と、短期的・循環的な景気循環あり、これらを反映した PP モデルを構築できることを示した。本章では、景気循環と市場拡大を反映した PP モデルを用いて、価格変動の発生メカニズムについて分析する。

電子部品の価格変動には、大きく2つのパターンに分類される。1つは、短期的、循環的な価格変動である。もう1つは、長期的な価格変動である、傾向的な価格下落である[図2、3参照]。本章では、短期的、循環的な価格変動の場合は、景気循環を反映した PP モデルで、長期的・傾向的な価格下落の場合は、市場拡大を反映した PP モデルで、ともに再現できることを示す。さらに、実データの統計分析と合わせ、これらの価格変動の発生メカニズムを考察し新しい視点を提案する。

一般的にミクロ経済学では、価格変動のメカニズムは、1企業が単独では価格を決定できないと考える完全競争下における需要曲線と供給曲線の均衡点のシフトで説明される[54]。例えば、景気が良くなると買手は所得が増え、少々高くても多く買うようになることで需要曲線が右上にシフトし、供給曲線との交点である均衡点(均衡価格)が高価格方向にシフトする。これによって価格が上昇すると説明される。しかしながら PP モデルによる検討によれば、電子部品カテゴリーの平均価格の変動は、このような需要曲線と供給曲線の均衡点のシフトを考慮しなくても発生メカニズムを説明できる可能性を示唆している。

4.1.2 本章の概要

本章の構成は、以下の通りである。PP モデルと実データを用いて、4.2 では景気循環の価格への影響を分析し、循環的な価格変動の発生メカニズムを考察する。4.3 では、市場拡大の価格変動への影響を分析し、傾向的な価格下落の発生メカニズムについて考察する。最後に、4.4 で、価格変動メカニズムについて新しい視点を提案する。

4.2 景気循環の価格変動への影響

本節では、汎用電子部品の2～3年の周期の短期景気循環に伴う短期的な価格変動のメカニズムを、PP モデルと実データの統計分析を用いて分析し考察する。

汎用電子部品のようなカテゴリー製品は、さまざまな異なる特性、性能、機能を持つ個別の品番を持つ製品で構成されている。一般的に新製品は、高い機能・性能・特性を持つ

ため開発が難しい。そのため、初期の短い期間では、参入者が少なく競争が穏やかであり、新製品は高い価格にある。しかししばらくするとその価格は傾向的に下落する。そのため新旧たくさんの製品で構成される汎用電子部品は、幅広い価格を持っている。

セラミックコンデンサーや水晶デバイス⁴² [55]のような電子部品の場合、1つの顧客向けの1つの新製品の価格は、最初は高い。しかしその後は常に値下がりし、決して上昇することが無い。この業界特有の競争環境においては、新製品が逐次市場に投入されるため、値上げ交渉は不可能な状況にある⁴³。しかし、汎用電子部品の平均価格は、常に下落している訳では無い。図 23 は、日本のセラミックコンデンサーの「平均価格」の推移を示したものである。この統計データは、日本の経済産業省(METI) [48]のものである。この図から 2006 年央から 2007 年初頃までの平均価格上昇が確認できる。

3章で述べたように、ビジネス環境の変化は、汎用電子部品の価格分布に影響を及ぼす [2] [15]。そのため我々は、景気循環が価格分布に影響を及ぼして、それが平均価格の変化

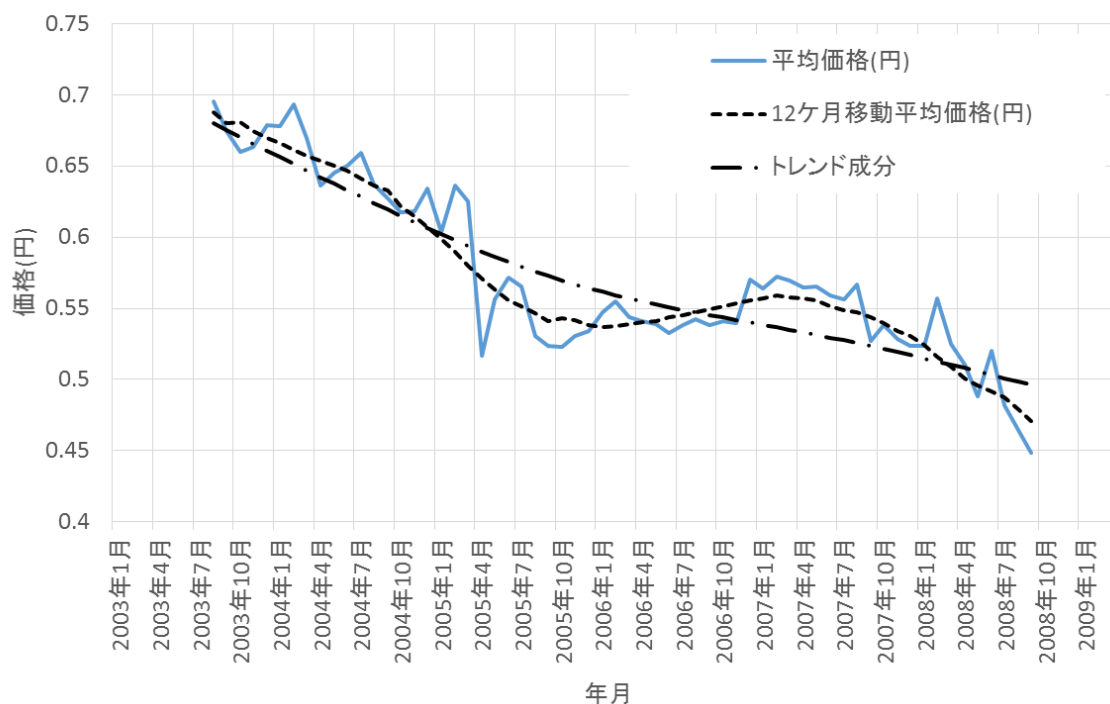


図 23 セラミックコンデンサーの平均価格の推移

⁴² 水晶の電気的特性を利用し、人工水晶を加工して作った電子部品。水晶振動子・水晶発振器・水晶フィルター・SAW デバイス・光デバイスなどがあり、多くの電子機器に使われている。

⁴³ 当該製品の成熟期末期や衰退期において、撤退も視野に入れた値上げはある。

をもたらしていると考えた。この仮説を検証するために、我々は、キッチン・サイクル [45] [47] [46]とも呼ばれる在庫循環の景気変動を反映したパラメータ P と L を用いてシミュレーションを行い、景気循環が平均価格に及ぼす影響を調べた。

図 23 において、実線は、月次の平均価格 z_t の推移を示している。なお添え字の t は期を表している。破線は、季節調整済み(12ヶ月移動平均)平均価格 \tilde{z}_t の推移である。1点破線は、Hodrick–Prescott フィルター [56]を用いて抽出した平均価格のトレンド成分 \hat{z}_t である。

本節で我々は、PP モデルを用いて、(20)式で与えられる価格の循環的変化を再現する。

$$\Delta z_t = \tilde{z}_t - \hat{z}_t \quad (20)$$

4.2.1 パラメータ

まず、ビジネス環境の変化を反映したシミュレーションを実行するためのパラメータを決める式を示す。

t 期の単位潜在需要の顕在化確率 P_t は次式で表せる。

$$P_t = \frac{n_t}{N_t} \quad (21)$$

なお n_t は部品カテゴリーの総販売金額、 N_t は総潜在需要である。

一方、 t 期の L_t は $L_t = \sqrt{N_t / \alpha V}$ で与えられたため、 N_t の拡大に伴って L_t が増加する。

期が $t \rightarrow t+1$ と進むごとに、ビジネス環境の変化を反映したパラメータ P_t と L_t を設定し、それらのパラメータを用いてシミュレーションを実行し、その結果を用いて価格分布の変化を分析した。

n_t の変化に関しては、当該部品カテゴリーの季節調整した世界の生産・出荷統計を用いた。なおこの n_t は季節成分と不規則変動が除去されている。そのため n_t はトレンド成分 \hat{n}_t と循環変動 $\Delta\theta_t$ に分解することにより、次式で表すことができる。

$$n_t = \hat{n}_t + \Delta\theta_t \quad (22)$$

ここで我々は、 \hat{n}_t が N_t の拡大とともに増加すると考えることができるため、短期的には近似的に \hat{n}_t が N_t 比例すると仮定する。そうすると P_0 を比例定数とすることにより $\hat{n}_t = P_0 N_t$ と表せる。これを(21)式に代入すると、(23)式が得られる。

$$P_t = \frac{n_t}{\hat{n}_t} P_0 \quad (23)$$

ここで短期的には、 N_t の変化が極めて小さいと考えることができるため N_t と L_t を一定と仮定する。

本論文では、(23)式から得られる P_t と、定数として L_t をシミュレーションに用いる。

4.2.2 シミュレーション

我々は、2種類の電子部品、具体的には、セラミックコンデンサーと水晶デバイスでシミュレーションを行い調べた。これらの製品の世界における日系電子部品メーカーのシェアは極めて高いため、日本におけるこれらの生産統計が世界の生産動向を反映していると考え、2003年8月から2008年8月までのMETI [48]と日本水晶デバイス工業会 [55]から得られる月次の生産統計を用いることにした。

それぞれの部品カテゴリーの \hat{n}_t は、季節調整した生産統計 n_t から推定した。また、 n_t 、 \hat{n}_t 、 P_0 を(23)式に代入し、さらにセラミックコンデンサーの場合は $P_0=0.16$ 、水晶デバイスの場合は、 $P_0=0.135^{44}$ を用いて、各月の P_t を設定した。また両者ともに、 $L=70$ とした。このようにして設定した各条件で100回ずつシミュレーションを実行し、各月の平均クワスター・サイズを求め、それらの値に単位価格 α (セラミックコンデンサーの場合 $\alpha=0.42$ 円、水晶デバイスの場合 $\alpha=24.2$ 円⁴⁵)を掛けて価格に変換した。

4.2.3 結果と考察

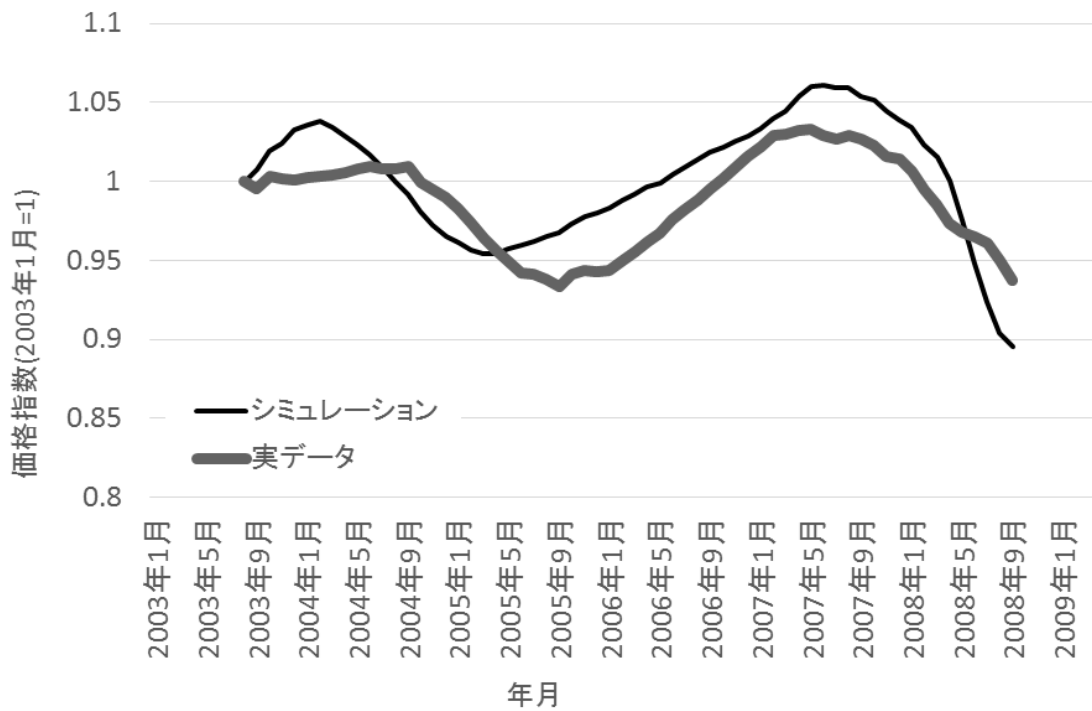
図 24(a)、(b)は、それぞれセラミックコンデンサーと水晶デバイスのシミュレーションの結果である。なお2003年8月の価格を1として指数化して作図した。両図の太線が、各部品カテゴリーの Δz_t の推移を示している。一方細線は、シミュレーションの結果である。シミュレーションの結果と Δz_t の推移は、若干のタイムラグがあるものの、両者の推移は極めて似ている。

我々は、シミュレーションの結果と実データの交差相関を調べてみた、セラミックコンデンサーの場合、シミュレーションの結果は、実データに対して2か月先行して推移していることが分かった。これは、価格交渉の対象となる期間が、四半期、半年、1年と、色々あるため、価格交渉時点の景気の影響が実データの価格の変化として観測データに表れるのに時間がかかることによるものである。

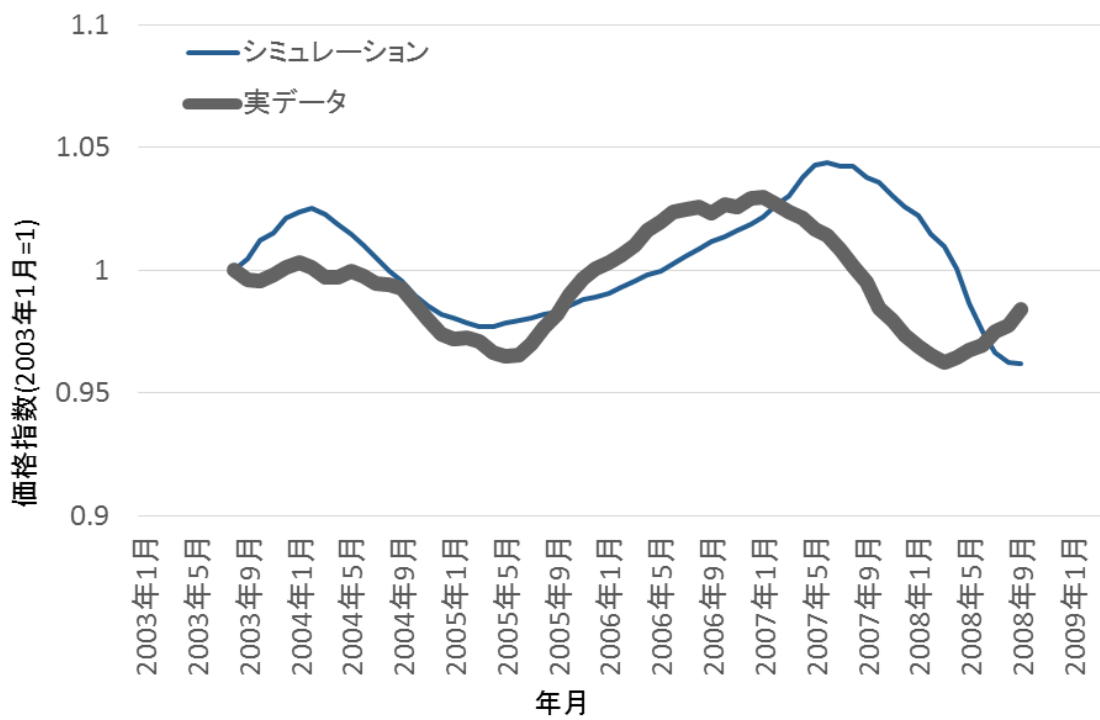
これに対して水晶デバイスの場合、実データがシミュレーションの結果に対して6か月先行している。水晶デバイスは、一般的に受注生産的な傾向がある。そのような

⁴⁴ この P_0 は、限られた時間内での試行錯誤により、実データの推移に最も近い結果を得られる値を選択した。そのため、今回設定した値より最適な値がある可能性がある。

⁴⁵ α は、本シミュレーションの結果から(3)と(4)式を用いて算出した。



(a)



(b)

図 24 シミュレーションと実データの推移比較 (a)セラミックコンデンサー (b)水晶デバイス

傾向を持つ水晶デバイスメーカーは、およそ 2006 年頃まで、アメリカ合衆国における住宅バブルによる世界的な好況期の下で、需要拡大を期待して生産能力をおおはばに増やした。2007 年になると、その生産能力過剰問題を解消することを目的に、販売量の拡大を目論み、それまでほぼ一定の価格で推移していたクロック用水晶発振子、民生用水晶発振子、音叉型水晶発振子等の値下げを開始した。これが景気後退よりも先行して平均価格が下落した原因の 1 つとして考えられる。

シミュレーションと実データの統計分析の結果から、景気循環が価格変動に対して、次のように影響していると考えられる。

景気拡大期において電子機器メーカーは、多くの顧客が高機能で高価な電子機器を買うと期待する。そのため彼等は、機能向上のための研究開発により多くの投資をする。したがって、景気拡大では、最大の実現難易度、つまり顕在化確率 P が上昇する。そのため電子機器メーカーが購入する電子部品の価格分布は、高価格帯の販売量比率が増加するように変化する。その結果、電子部品の平均価格は上昇する。

逆に景気後退期では、電子機器メーカーは、機器の機能の改良よりもコスト削減と価格のダウンを優先する。そのため、 P は小さくなる。これに伴い電子部品の価格分布は、高価格帯の販売量比率が減少するように変化する。その結果、平均価格は下落する。

成熟し陳腐化した電子機器は、通常安価である。このような電子機器の場合、電子機器メーカーは機能の向上よりコストと価格のダウンを優先し、過剰な機能を取り除くことに努める。その結果、 P は小さくなる。

以上議論をベースとして、我々は、景気変動が価格分布の変化をもたらし、それが平均価格の変化となって表れていると結論付ける。

一般的に経済学では、価格の変動は、需要・供給モデルを用いて説明される。例えば、景気循環に伴う 1 つの財の価格の上昇は、需要曲線が右上方向へシフトし、その結果、需要曲線と供給曲線の均衡点が高価格方向にシフトすることにより価格が上昇すると説明される。この均衡点のシフトにより価格変動を説明する場合、観測データを用いて需要・供給曲線を推定する必要がある。しかしそのためには、需要と供給に影響すると想定される外生変数が必要なため、観測された販売データだけでは、需要・供給曲線を推定することができない [57]。さらにこの推定の際、しばしば識別問題 [57]と呼ばれる問題に遭遇し、推定不能に陥る場合がある。これに対して我々のモデルは、部品カテゴリーの総販売金額のような景気の状態を内包している販売データを用いて、景気変動に伴う価格分布の変動を直接シミュレートするため、シンプルで頑健であるといえる。

4.3 市場拡大の価格変動への影響

本節では、汎用電子部品の1980年以降約30年にわたる長期的な価格変動のメカニズムについて、PPモデルによるシミュレーションと実データの統計分析を用いて検討する。

我々は、3.3.1.2において、1980年以降、顕在市場 n と総潜在市場 N の間に、次式が成立することを示した。

$$n = \kappa \cdot N^\eta$$

なお $\kappa = n_0 / (N_0)^{a/b}$ 、 $\eta = a/b$ である。この式は、 κ と η を一定とすれば、顕在市場の規模が総潜在市場によって決まることを示している。またいかなる状況においても $N > n$ の関係が成り立つためには、 N と n が指数関数的に推移することを考慮すると $b > a$ であり、また $b > 0$ 、 $a > 0$ であることから $0 < \eta < 1$ となることを指摘した[図 17]。(18)式は、1983年以降の市場の推移を示しており、この式を用いて各年のパラメータ P と L を設定できれば、1980年以降の約30年にわたる長期的な価格変動を、PPモデルを用いて再現することが可能であることを示唆している。

本節では、2つの部品カテゴリー、セラミックコンデンサーとタンタルコンデンサーに注目し、PPモデルの適用可能範囲と考えられる完全競争市場⁴⁶の成立した1979年以降の期間に適用する。このシミュレーションでは、当該部品カテゴリーの年次の販売金額と世界1人当たり国民総所得の推移を用い、平均価格の長期的推移を再現する。なおこの手法を用いると、販売数量の長期推移も再現できる。これは、PPモデルが、電子部品の長期の平均価格の下落のメカニズムばかりでなく、市場成長メカニズムについても説明できる可能性を示唆するものである。

4.3.1 パラメータ

最初に、パラメータ P の設定法を示す。潜在需要の顕在化確率 P_t は4.2.1の(21)式で表現できる。なお添え字 t は、時間展開を表すために付けたものである。(21)式の N_t は、次式により、世界の1人当たり国民総所得(GI_t)から推定する。なお γ は定数である。

$$N_t = \gamma GI_t \quad (24)$$

n_t は当該部品カテゴリーの顕在化した t 期の需要金額である。この n_t は、不規則変動が大きく、何らかの方法で平滑化する必要がある。

$n_t = \kappa \cdot N_t^\eta$ を(24)式を用いて整理すると ρ (: $\kappa\gamma^\eta$)を定数として $n_t = \rho GI_t^\eta$ を得る。この式に

⁴⁶ プライス・メーカーの存在する不完全競争市場では、意思が働くため自然現象として価格分布が生成されない。市場参加者がすべてプライス・テイカーである完全競争市場でのみ、自然現象として生成される価格分布が存在すると考えられる。

表 9 各部品カテゴリーの η

製品カテゴリー	期間	η	adjusted R2	AIC	P値
セラミックコンデンサー	1980-2010	0.6774	0.7156	-21.2918	0.0000
タンタルコンデンサー	1980-2001	0.5496	0.4548	-13.5260	0.0013

GI_t を代入して得られる n_t は、原系列の n_t より平滑化されている。そこで n_t を平滑化した系列を \tilde{n}_t とすると、

$$\tilde{n}_t = \rho GI_t^\eta \quad (25)$$

と表すことかできる。

式(24)と(25)を式(21)に代入し $P_0 = \tilde{n}_0 / N_0 (= \rho GI_0^{\eta-1} / \gamma)$ とすると、

$$P_t = P_0 \left(\frac{GI_t}{GI_0} \right)^{(\eta-1)} \quad (26)$$

を得る。式(26)における P_0 は $t=0$ の P であり、 $t=0$ の時期とその時点の P を、別途決める必要がある。そのため、 P_0 の決定は4.3.2で説明する。この(26)式により設定される P_t を用いてシミュレーションを実行する。なお表9に各部品カテゴリーの η の値を示す。表には、パラメータの推定期間や推定精度の評価結果を示した。

次に L_t の設定法を示す。 L_t は正の整数であり、 N_t との間に $L_t = \sqrt{N_t / \alpha V}$ の関係がある。この式に(24)式を代入すると次式がえられる。

$$L_t = \rho \sqrt{GI_t} \quad (27)$$

なお $\rho (: \sqrt{\gamma / \alpha V})$ は定数である。 L が大きいと、シミュレーションの実行時間が長くなるため、シミュレーションの設定条件数と、シミュレーションの繰り返し回数等を考慮して L の規模を決定する。本シミュレーションの場合、 L_t が最大となる2010年を基準として、 $L_t=71$ 、 $GI_t=9208\text{USD}$ を(25)式に代入して比例定数を求め $\rho=0.7399$ を得た。ここで得られた比例定数 ρ と各期の GI_t を(27)式に代入して、各期の L_t を設定した。なお設定した各部品カテゴリーのパラメータは、4.3.3に示す。

4.3.2 電子部品の市場形成過程と Price Percolation Model の対比

本項では、1960年以降の市場拡大過程における市場の形態の構造変化—レジームの転換—の観点から $t=0$ の時期を推定し、さらに歴史分析による市場の状態の変遷の視点から、その時点の P の値を決定する。

4.3.2.1 1979 年における市場拡大の構造変化の発生

図 25 は、PP モデルにおいて、総潜在市場(需要) N の代理変数である世界 1 人当たりの国民総所得 GI と、顕在市場(顕在化需要) n の代理変数として用いているセラミックコンデンサーの生産金額の推移を示したものである。この図から、1979 年以前と以降において

1. GI と n の成長曲線のトレンドが転換
2. 所得弾力性が転換

していたことが確認できる。これは両者の推移において、1979 年頃に構造変化⁴⁷ [51] が発生していたことを示すものである。世界 1 人当たりの国民総所得 GI の場合、1979 年以前は、世界レベルで高度成長期にあったが、1979 年以降は安定成長期に入ったと考えることができる。セラミックコンデンサー生産金額の場合、構造の変化点は、GNI per capita に比較して明瞭ではない。1974 年から 1982 年の間は、1974 年に始まった第一次オイルショックとそれに伴う不況、1979 年に始まった第二次オイルショックに始まるアメリカのインフ

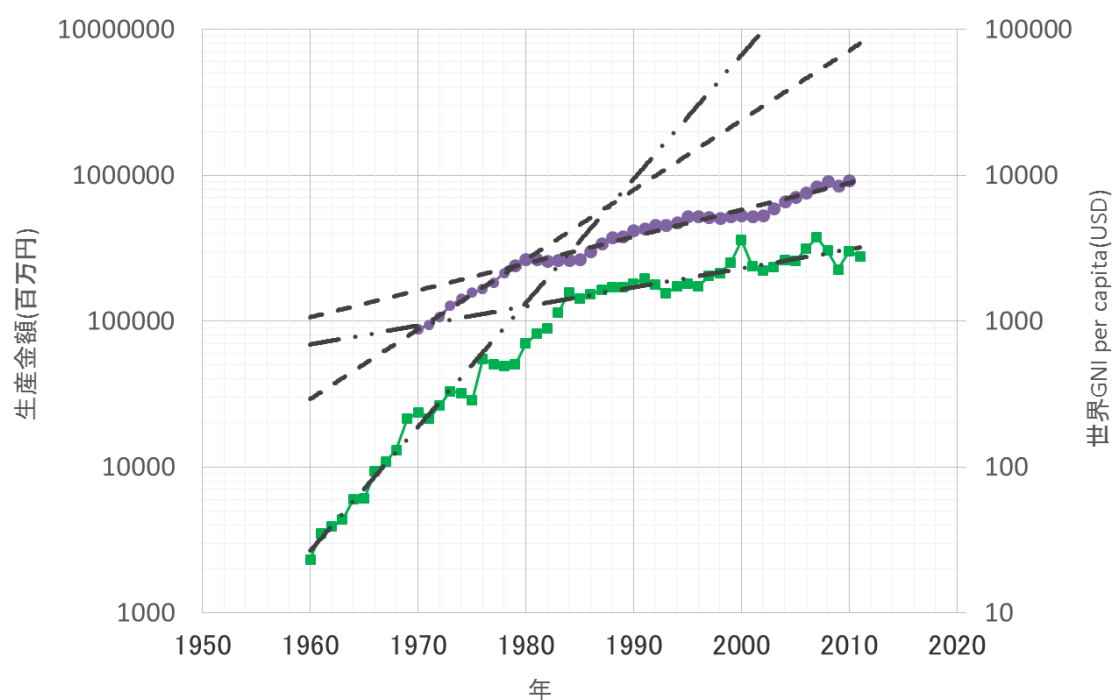


図 25 セラミックコンデンサーの生産金額と世界 1 人当たりの国民総所得の推移
(●: 世界 1 人当たりの国民総所得、■セラコン生産金額)

⁴⁷ ここでいう構造変化とは、計量経済学のモデルにおける構造変化のこと。推定期間内において構造変化が発生した場合、その前後でモデル方程式のパラメータの相等性が棄却されるとき、そのパラメータの変化を持ってこう呼ぶ。構造変化検定には、Chow test、CUSUM test、CUSUMSQ test 等がある。 [51]

レ不況と、世界不況が 1982 年頃まで続いた。そのためこの間、セラミックコンデンサーの生産金額の伸びが、1973 年以前と比べて減速した。これが、変化点を不明瞭にした原因と考えられる。しかし、1973 年以前と 1983 年以降のデータでそれぞれ推定した指数関数の交点は、1979 年頃にあり、ほぼ GNI per capita の変化点と一致する。

需要の所得弾力性の視点でみると、1983 年以前と以後では明確な変化が見いだせる。1983 年以前では、所得弾力性 η が $1 < \eta (\eta = 1.78)$ であり、1983 年以後では $1 > \eta (\eta = 0.68)$ となっている。1983 年以前では、セラミックコンデンサーが電子・電気機器を通して、消費者にとって奢侈品(贅沢品)であったが、1983 年以降には、生活必需品となったものと考えられる。

以上より、PP モデルにおいて、その基礎を成す総潜在市場(総潜在需要) N と、顕在市場(顕在化需要) n が、1979 年に現在の構造を形成したと考えることが可能である。そこで、 $t = 0$ の年を 1979 年とする。

4.3.2.2 電子部品の市場の相転移

1970 年以降の電子部品の歴史 [13] [14] を分析し、図にしたものが、**図 26** である。

1979 年以前においては、米国の部品メーカーは軍事用・産業機器用をメインに開発・生産・販売し、日本の部品メーカーは、民生機器用をメインに開発・生産・販売していた。軍事用・産業機器用は価格が高く安定しており、これがインセンティブとなり、米国部品メーカーは、軍事用・産業機器向けのビジネスに注力した。一方当時の日本では、TV、テープレコーダー、カーステレオ等の民生用機器の電子機器メーカーが急成長しており、日本の部品メーカーは、これらの電子機器メーカーと共同開発することにより、小型・高特性・自動実装対応の電子部品を精力的に開発・生産・販売していた。このような状況の下電子部品は、この時期に、部品の多様性、さらには部品価格の多様性が形成された。この時代の部品の価格は、米国の場合は軍事用・産業用がメインであったため、寡占的で競争が無く、価格は高く安定していた。一方日本においては、電子機器メーカーが小型・高性能な電子機器を開発するために、そこで使用する電子部品の小型化・高性能化・自動実装化の開発を、部品メーカーと電子機器メーカーとが共同で行っていた。そのため電子部品メーカー間の価格競争はほとんど無く、価格は電子機器メーカーと部品メーカーの合議で決められていたといえる。

図 27 [13] は、日米のセラミックコンデンサーの平均価格の推移である。実際に米国の場合、1947 年から 1980 年頃まで 15~20 円の範囲で、ほぼ横ばいで推移していた。また日本

電子部品市場の状態の遷移

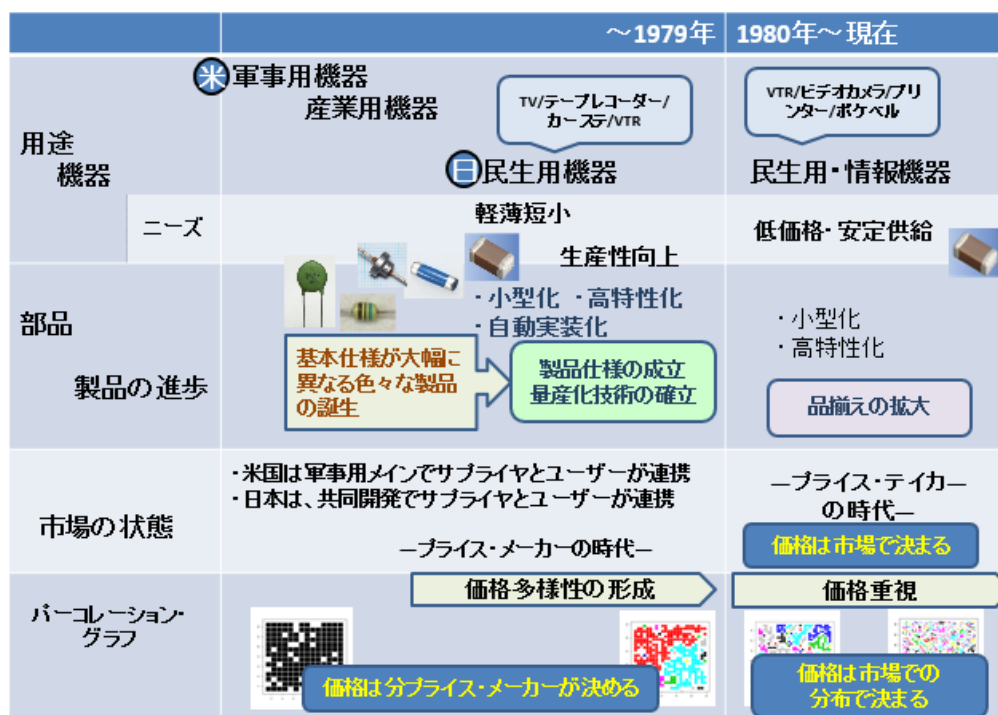


図 26 1979 年以前と以降の電子部品市場の状態

も 1960 年から 1980 年頃まで 3.2 円から 5.4 円の範囲で、ほぼ横ばい推移していた。この期間は、価格が硬直的⁴⁸であったといえる。

一方 1980 年以降の電子部品市場においては、VTR、ビデオカメラ、プリンター、ポケベル等の日系の電子機器メーカーの成長とともに、部品メーカーは、世界的にシェアを拡大し、多くの米国企業との競争に勝ち成長して行った。これらの電子機器は、価格の急激な下落とともに、急速に普及した。これに伴い、部品メーカーに対する電子機器メーカーの値下げ圧力も急速に高まった。同時に電子部品の売手・買手ともに増加⁴⁹したため、競争が熾烈になり、価格は市場で決まるようになった。実際図 26 を見ると、1980 年以降、日本の平均価格は、傾向的に下落している。

以上のように、1960 年から現在までの電子部品の歴史は、1979 年までの、寡占的市場における製品とその価格の多様性形成の時代と、1980 年以降の、完全競争的市場⁵⁰におい

⁴⁸ 硬直的な価格とは、需要・供給の変動あるいは両者のギャップが存在するにもかかわらず変化しない価格。それが生ずる原因として、法的規制や独占などが挙げられる [49]。

⁴⁹ 当時、参入は日系メーカーばかりでなく、台湾や韓国等のメーカーも参入し始めた。

⁵⁰ 完全競争市場とは、ある財について、①供給者と需要者の数が極めて多く、②個々の市場参加者は市場価格を与件として受け入れ、③彼らは完全な市場情報・商品知識を持ち、④売買さ

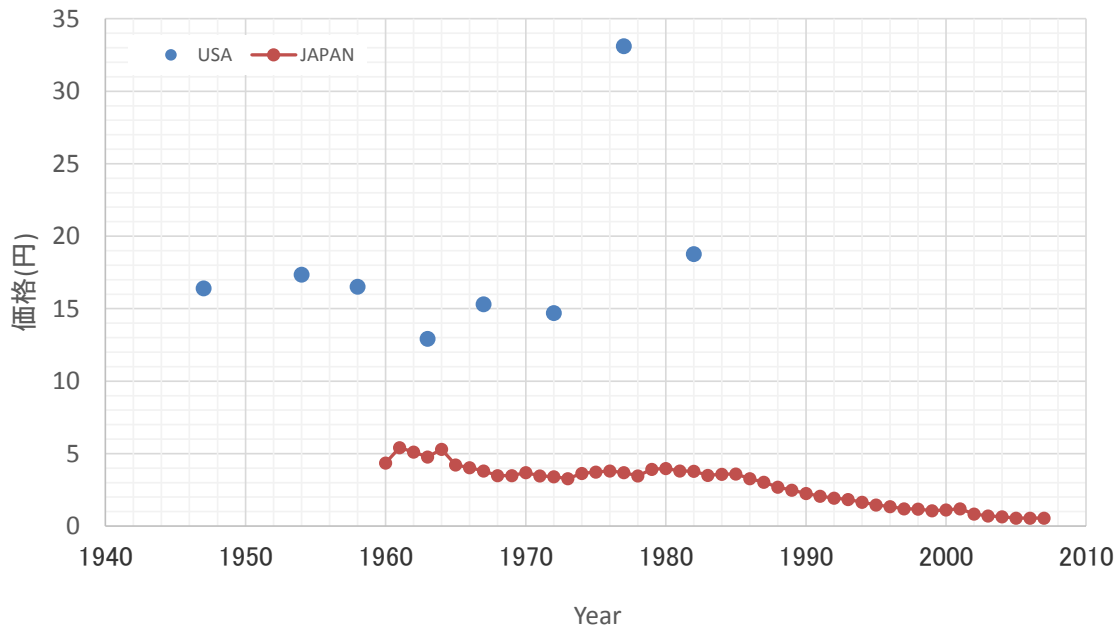


図 27 日米セラミックコンデンサーの平均価格推移比較

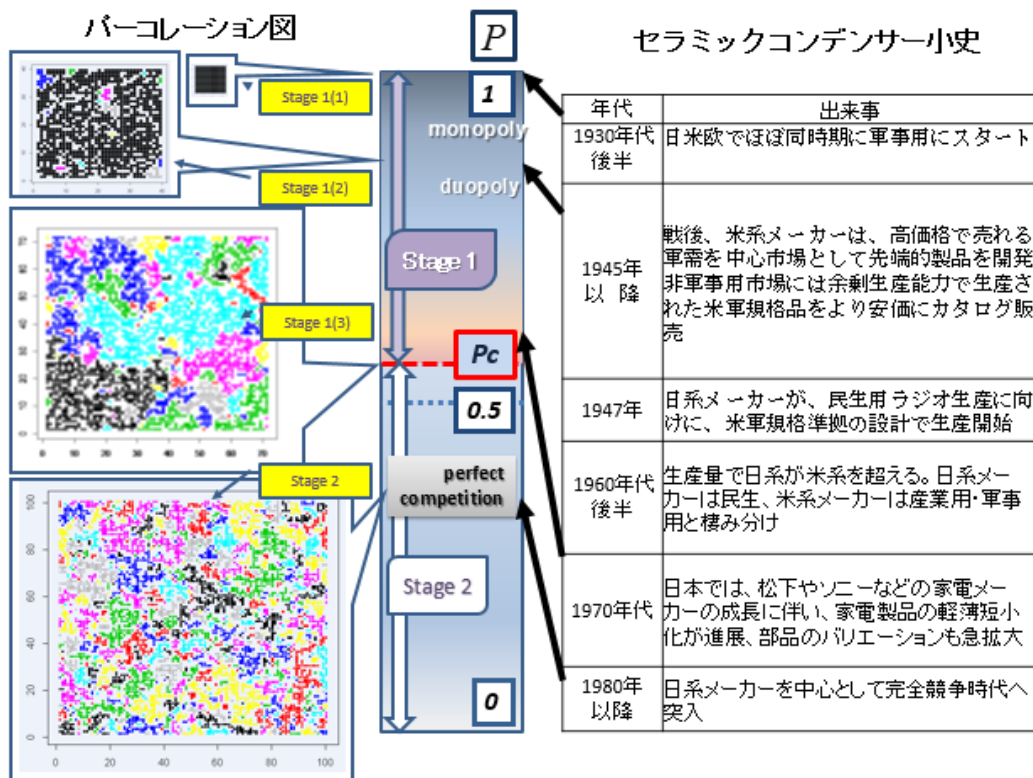


図 28 市場の状態とパーコレーション・グラフの対比

れる財はまったく同質で、⑤市場参入は自由等の特徴を有す市場 [49]。完全競争的市場とは、この完全競争市場に近い状態の市場のことをこう呼ぶことにする。

て、すべての機器で価値工学的コスト意識が浸透し、電子部品に機能向上とともに価格ダウンが要求された時代の2つに大別できる。つまり1979年までに、現在と同レベルの製品と価格の多様性が形成され、1979年以降は市場が完全競争的市場に転換したと考えられる。そこで我々は、1979年を第0期とした。その P_0 の値は、時代の状態・相の変化—プライス・メーカーの時代からプライス・テイカーの時代への相転移—の視点から、パーコレーション臨界確率 $P_c(=0.593)$ に設定した。

図28は、1930年代後半以降の電子部品の市場の状態とパーコレーション・グラフを対比したものである。図の中央に顕在化確率 $P(0 \leq P \leq 1)$ の帯グラフを示している。1979年を $P_0 = P_c$ とし、それ以前は $P > P_c$ (ステージ1)、1979年以降は $P < P_c$ (ステージ2)として表現している。

1979年以降は、完全競争的な市場となり高価格の製品の比率が少なくなり、低価格の製品の比率が増加する傾向にあり、その様子をパーコレーション・グラフは的確に表しているといえる。

$P > P_c$ の状態にあったと考えられる1979年以前は、軍事用の価格の高い製品と非軍事用の安い製品が混在した状態にあったと考えられる。

1930年代後半に、電子部品ビジネスが日米欧でほぼ同時期に軍事用にスタートした時の製品価格は、その製品の必要量を出荷するために投入された総コストで決められた単一価格だったと考えられるため、その状態に対応するパーコレーション・グラフは、 $P=1$ の1つの大きなクラスターが発生した状態と考えられる。

また1945年当時の、米国部品メーカーのビジネスの様子[図28の右表]

「戦後、米系メーカーは、高価格で売れる軍需を中心市場として先端的製品を開発。非軍事市場には余剰生産能力で生産された米軍規格品をより安価にカタログ販売」

に関しては、高価格で販売された軍事用の製品が、1つの大きなクラスターに対応し、余剰生産能力で生産され安価にカタログ販売された製品は、1つの大きなクラスターの周辺に発生した小さなクラスター群に対応すると考えられ、これも当時の市場の状態を的確に表現していると考えられる。

4.3.3 シミュレーション

まず4.3.1と4.3.2で述べた方法で設定したパラメータを示す。表10は、セラミックコンデンサー、表11は、タンタルコンデンサーである。各表には、番号、年、世界の1人当たりの国民総所得(単位:米国ドル)、 N_t 、 L_t 、 P_t を示している。 P_t は、1979年を $t=0$ として P_0 を $P_c(=0.593)$ とし、(26)式に P_c と各期の GI_t を代入して設定した。 η については表9の値を用いている。なお備考は、その年

の市場が拡大していたか、縮小していたかを示している。また N_t は、(24)式の γ を 0.543、 L_t は (27)式の ρ を 0.7399 として設定した。

我々は、各表に示した年次ごとにパラメータを用いてシミュレーションを 10 回実行し、各期のクラスター・サイズ - 度数分布 $\{q_{st} | s=1,2,\dots\}$ を得た。この度数分布から総クラスター数 $\sum q_{st}$ と平均クラスター・サイズ \bar{s}_t が得られる。これらの値は、 α と V を次式に代入して平均価格と販売数量へ変換し、実データと比較評価する。

$$\bar{z}_t = \alpha \bar{s}_t$$

$$Y_t = V \sum q_{st}$$

なお α と V は 1980 年の実データとシミュレーションの結果が等しくなるように決定した。その各部品カテゴリーの α と V は表 12 に示す。

表 10 セラミックコンデンサー

No.	Year	GNI per capita	<i>Nt</i>	<i>Lt</i>	<i>Pt</i>	Note
1	1970	878	477	22		market expansion
2	1971	946	513	23		market expansion
3	1972	1069	581	24		market expansion
4	1973	1280	695	26		market expansion
5	1974	1422	772	28		market expansion
6	1975	1561	847	29		market expansion
7	1976	1654	898	30		market expansion
8	1977	1830	994	32		market expansion
9	1978	2132	1158	34		market expansion
10	1979	2408	1307	36	0.593	market expansion
11	1980	2651	1440	38	0.575	market expansion
12	1981	2658	1443	38	0.574	market expansion
13	1982	2593	1408	38	0.579	market expansion
14	1983	2601	1412	38	0.578	market expansion
15	1984	2637	1432	38	0.576	market expansion
16	1985	2663	1446	38	0.574	market expansion
17	1986	3029	1644	41	0.551	market expansion
18	1987	3390	1841	43	0.531	market expansion
19	1988	3734	2027	45	0.515	market expansion
20	1989	3825	2077	46	0.511	market expansion
21	1990	4173	2266	48	0.497	market expansion
22	1991	4294	2332	48	0.492	market expansion
23	1992	4525	2457	50	0.484	market expansion
24	1993	4534	2462	50	0.483	market expansion
25	1994	4779	2595	51	0.475	market expansion
26	1995	5223	2836	53	0.462	market expansion
27	1996	5262	2857	53	0.461	market expansion
28	1997	5180	2813	53	0.463	market expansion
29	1998	5081	2759	53	0.466	market expansion
30	1999	5208	2828	53	0.462	market expansion
31	2000	5302	2879	54	0.460	market expansion
32	2001	5204	2826	53	0.462	market expansion
33	2002	5336	2897	54	0.459	market expansion
34	2003	5921	3215	57	0.444	market expansion
35	2004	6602	3585	60	0.428	market expansion
36	2005	7071	3839	62	0.419	market expansion
37	2006	7589	4121	64	0.409	market expansion
38	2007	8424	4574	68	0.396	market expansion
39	2008	9110	4947	70	0.386	market expansion
40	2009	8512	4622	68	0.395	market expansion
41	2010	9208	5000	71	0.385	market expansion

表 11 タンタルコンデンサー

No.	Year	GNI per capita	Nt	Lt	Pt	Note
1	1970	878	477	22		market expansion
2	1971	946	513	23		market expansion
3	1972	1069	581	24		market expansion
4	1973	1280	695	26		market expansion
5	1974	1422	772	28		market expansion
6	1975	1561	847	29		market expansion
7	1976	1654	898	30		market expansion
8	1977	1830	994	32		market expansion
9	1978	2132	1158	34		market expansion
10	1979	2408	1307	36	0.593	market expansion
11	1980	2651	1440	38	0.568	market expansion
12	1981	2658	1443	38	0.567	market expansion
13	1982	2593	1408	38	0.574	market expansion
14	1983	2601	1412	38	0.573	market expansion
15	1984	2637	1432	38	0.569	market expansion
16	1985	2663	1446	38	0.567	market expansion
17	1986	3029	1644	41	0.535	market expansion
18	1987	3390	1841	43	0.508	market expansion
19	1988	3734	2027	45	0.487	market expansion
20	1989	3825	2077	46	0.481	market expansion
21	1990	4173	2266	48	0.463	market expansion
22	1991	4294	2332	48	0.457	market expansion
23	1992	4525	2457	50	0.446	market expansion
24	1993	4534	2462	50	0.446	market expansion
25	1994	4779	2595	51	0.435	market expansion
26	1995	5223	2836	53	0.418	market expansion
27	1996	5262	2857	53	0.417	market expansion
28	1997	5180	2813	53	0.420	market expansion
29	1998	5081	2759	53	0.424	market expansion
30	1999	5208	2828	53	0.419	market expansion
31	2000	5302	2879	54	0.416	market expansion
32	2001	5204	2826	53	0.419	shrinkage
33	2002	5336	2897	54	0.414	shrinkage
34	2003	5921	3215	57	0.395	shrinkage
35	2004	6602	3585	60	0.376	shrinkage
36	2005	7071	3839	62	0.365	shrinkage
37	2006	7589	4121	64	0.354	shrinkage
38	2007	8424	4574	68	0.337	shrinkage
39	2008	9110	4947	70	0.326	shrinkage
40	2009	8512	4622	68	0.336	shrinkage
41	2010	9208	5000	71	0.324	shrinkage

表 12 各部品カテゴリーの α と V

項目	推定期間	α	V
セラミックコンデンサー	1980-2010	0.305	27,500
タンタルコンデンサー	1980-2001	2.389	1,916

4.3.4 結果と考察

シミュレーション結果をグラフ化し、対応する部品カテゴリーの実データと比較したものが図 29、30、31、32 である。シミュレーション結果と実データの推移に関し、セラミックコンデンサーに見られる経時的な乖離には検討の余地が残るものの、シミュレーション結果は、平均価格の下落と販売数量の増加に関し、その傾向を再現しているといえる。例えば、実データにおける価格下落の停滞期(1995年～2001年)と進展期(1985年～1995年)をシミュレーションは、比較的良く再現している。価格下落の減速期は、GNI per capita の伸びが停滞しており、そのため需要の伸びも停滞していたと考えられる。一方、価格下落の加速期は、GNI per capita の伸びも進展しており、需要の伸びも進展していたと考えられる。

ここで各製品カテゴリーの結果について考察する。

(1) セラミックコンデンサー

セラミックコンデンサーの場合、その製品構造が、1990年代前半に、それまで主流であった円筒タイプ・円板タイプ型から積層タイプに大きく置き換わった。これに伴い、セラミックコンデンサーは、小型化・高静電容量化がおおはばに進展した。小型化はコスト削減をもたらし、販売価格の低下を促した。これが、単位価格 α を一定として実行したシミュレーション結果と実データの平均価格推移の差異発生要因の1つと考えられる。一方高静電容量化は、フィルムコンデンサーやタンタルコンデンサー等、比較的静電容量の高いゾーンを占めていたほかのカテゴリーのコンデンサーの市場を侵食するようになり、電子機器1台当たりの搭載数の増加をもたらした。これが市場における1単位の販売数量 V を一定として実行したシミュレーション結果と実データの販売数量推移との乖離発生の要因と考えられる。

(2) タンタルコンデンサー

タンタルコンデンサーの場合、1980年から2000年頃までは、平均価格、販売数量ともに、シミュレーション結果と実データの推移は、極めて類似した推移をしている。2000年以降は、セラミックコンデンサーによるシェアの浸食を受け、そのシェアの縮小とともに販売数量の低下が進んだ。これが原因となって、実データの平均価格の上昇が発生したと考えられる。

なおタンタルコンデンサーのシミュレーションは、電子機器の総潜在市場の拡大と、市場における1単位の販売数量 V 一定を前提としてモデルを組んでいるため、セラミックコンデンサーによるシェア侵食を受けているタンタルコンデンサーの2000年以降の推移を再現できない。そのため、平均価格、販売数量ともに2003～4年以降のシミュレーション結果を、グラフから削除した。

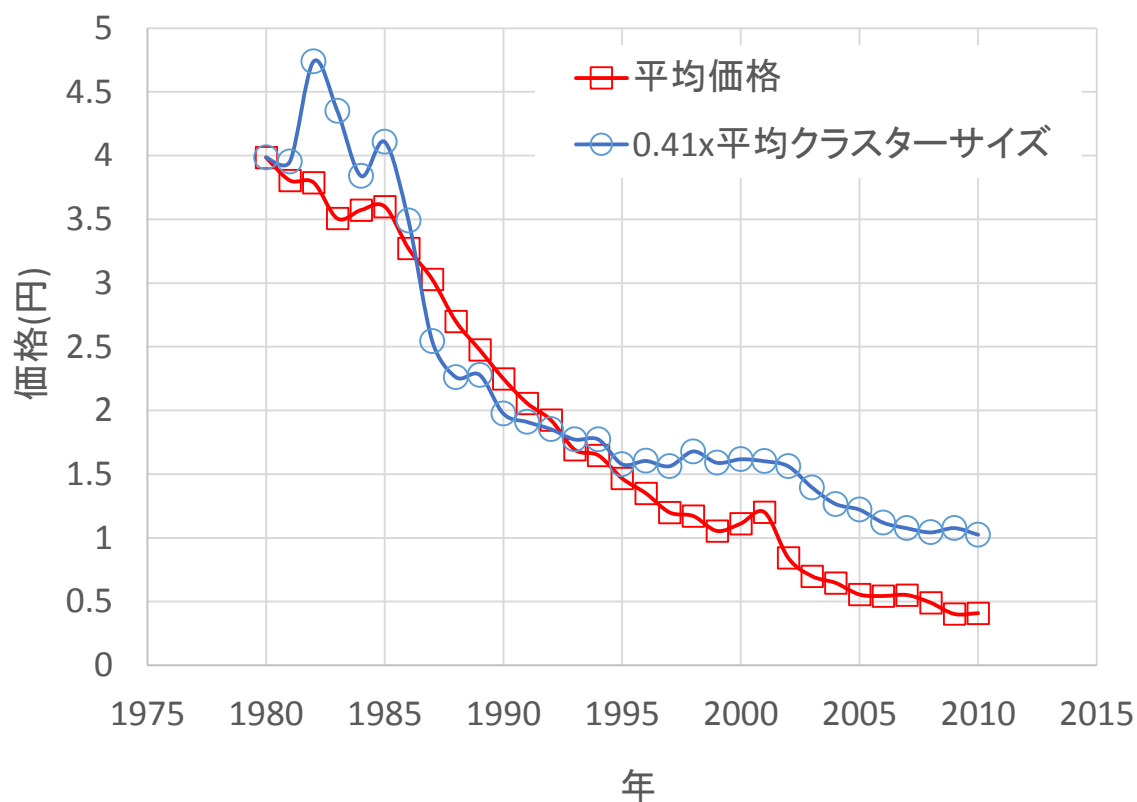


図 29 セラミックコンデンサーの平均価格

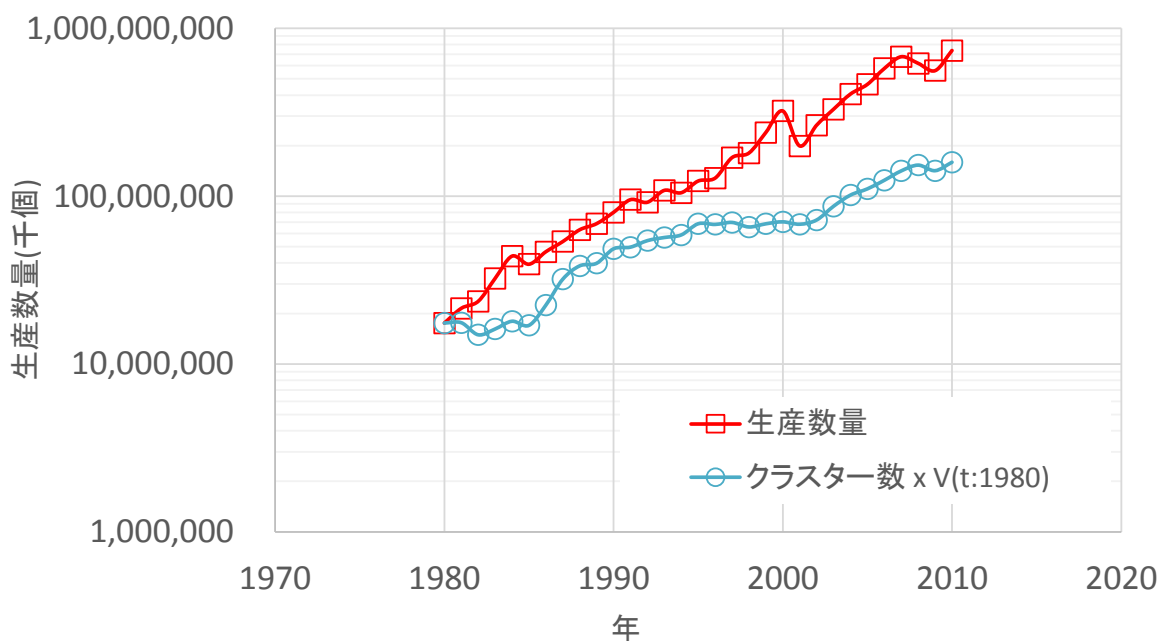


図 30 セラミックコンデンサーの販売数量

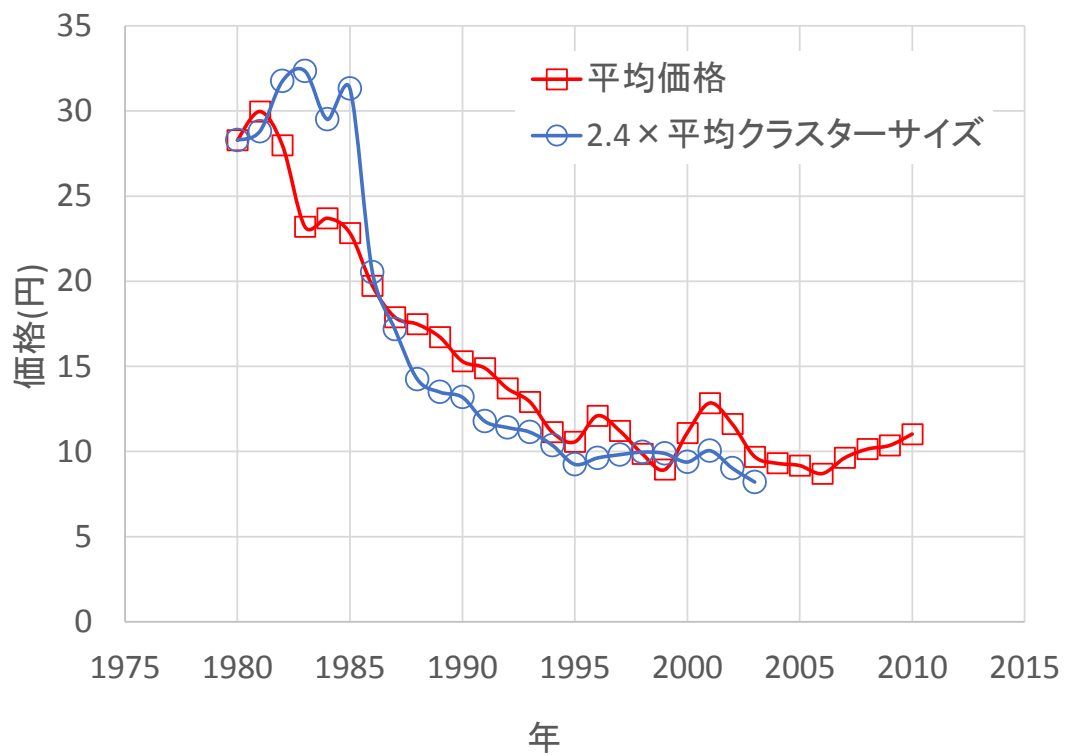


図 31 タンタルコンデンサの平均価格

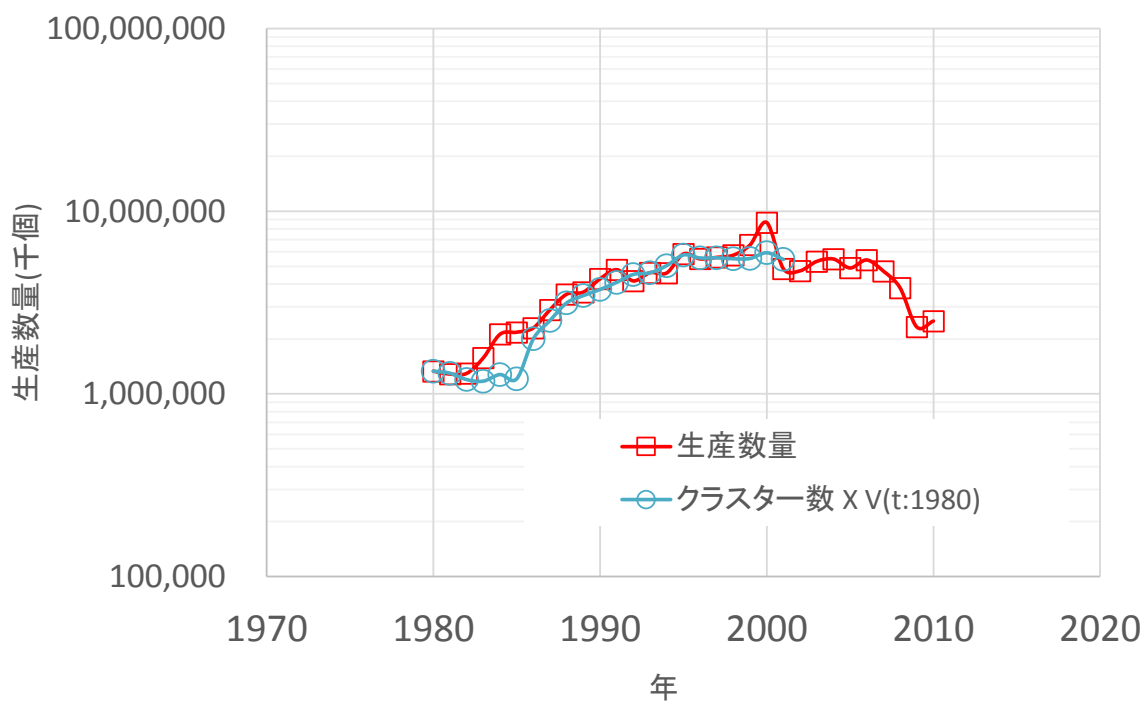


図 32 タンタルコンデンサの販売数量

4.3.4.1 長期的価格下落と需要・供給の法則

セラミックコンデンサーとタンタルコンデンサーの長期的な価格下落をシミュレーションと実データの統計分析を用いて検討した結果、市場拡大(世界1人当たりの国民総所得)の進展期(1986年～1995年の間と2002年～2008年の間)に価格下落が加速し、市場拡大(世界1人当たりの国民総所得)の停滞期(1980年～1985年の間と1996年～2002年の間)には価格下落が減速することを示した。このことから、総潜在需要の増加、つまり総潜在市場の拡大が、長期的な大きな価格下落をもたらしていると解釈できる。一般的に、需要・供給の法則⁵¹により価格の変動をもたらすと考えられている。一方景気変動は、超過需要と過剰在庫の変化を伴う。したがって、景気変動が価格の変動に影響することは明白である。しかしながら市場拡大は、需要・供給の法則の概念を含まない。したがって需給バランスの変化は、長期的、傾向的な大きな価格下落をもたらす要因ではないといえる。

4.3.4.2 長期的価格下落のメカニズム

一般的にミクロ経済学では、価格変動のメカニズムは、需要曲線と供給曲線の均衡点のシフトで説明される。例えば、売手の生産技術の技術革新により、より安くより多くの生産が可能になると、供給曲線が右下にシフトし、需要曲線(不変)との均衡点が安価方向へシフトし価格が下がると解釈される [58]。しかしながら PP モデルには、まったく需要・供給曲線の均衡点のシフトのメカニズムが組み込まれていない。ただマクロな市場動向のみが組み込まれているだけである。このような PP モデルは、電子部品の需要の所得弾力性が1より小さいことにより、市場拡大とともに価格-販売量分布が変化し⁵²、その分布の変化が平均価格の下落をもたらしていることを示唆している。これは、所得弾力性が非弾力的である生活必需品は常により安いものが選好されるということを含意している。

PP モデルによれば、その価格下落に潜むメカニズムは、次のように説明できる。もし電気機器メーカーが、消費者の総潜在需要拡大(市場拡大)がその後も継続すると確信できれば、それは、電子機器製品の価格をより下げて販売量を増大することに対しての強い動機となる。さらにその潜在需要の確実な顕在化(顕在市場の増大)は、電子機器メーカーに、製品のコストダウンと増産のための継続的な投資を促すと同時に、部品コスト削減意欲も高めることになる。これを背景として電子機器メーカーは、より安価な(3.3.1.2 で述べた

⁵¹ 需要・供給の法則とは、財に対する需要量と供給量の差、すなわち超過需要が正ならばその価格が上昇し、負の時は価格が降下するという古典的な競争市場のメカニズム。この法則のため、経済均衡では、各財の超過需要は非正でなくてはならない [49]とされている。

⁵² 価格-販売量分布にベキ分布を当てはめた場合、そのベキ指数の絶対値が大きくなるように分布が変化し平均価格が下落する [15]。

ように、所得弾力性が非弾力的で必需品である)電子部品を大量に使用して期待する電子機器の販売量を達成しようと努める。これが、電子部品の長期的・傾向的な販売数量の増加と価格下落をもたらしていると考えられる。

需給モデルを用いる計量経済学的方法で現実の製品の価格下落を推定する場合、価格と販売量の観測データだけでは推定できない。必ず外生変数が必要である。またしばしば識別問題と呼ばれる問題に遭遇し、市場の実データから価格下落を推定できない場合が発生する [51]。またゲーム理論の Bertrand 競争モデルを用いて現実の製品の価格下落を推定しようとしても、モデル自体がヒストリカル・データを用いて推定したりするものではないため、マクロ経済環境の変化に伴う価格変動を説明することができない。一方 PP モデルは、当該製品の販売量や国民総所得のような入手の容易なマクロ経済統計のヒストリカル・データを用いて、現実の製品の価格下落を推定することができるため頑健である。これは、PP モデルの持つ強みの1つである。

4.4 結論

本章では、景気循環と市場拡大を反映した PP モデルを用いて、価格変動の発生メカニズムについて解析した。その結果、以下の知見を得た。

電子部品の価格変動のパターンの1つである、短期的、循環的な価格変動は、景気循環によりもたらされていると考えられる。そのメカニズムは次のように説明できる。景気拡大期には、市場拡大に伴い拡大する総潜在市場(:需要)に比べ顕在市場が大きく拡大することにより、市場における需要の顕在化確率が高まり、高価格帯製品の販売量比率が低価格帯製品の販売量比率に比べ大きく増加するように価格分布が変化する。その結果平均価格が上昇する。一方、景気後退期には、総潜在市場に比べ顕在市場が大きく縮小することにより、市場における顕在化確率が低まり、高価格帯製品の販売量比率が低価格帯製品の販売量比率に比べ大きく減少するように価格分布が変化し、その結果平均価格が下落する。

もう1つの長期的な価格変動である傾向的な価格下落は、市場拡大によりもたらされていると考えられる。電子部品需要の所得弾力性が1より小さく非弾力的であるため、市場拡大に伴い拡大する総潜在市場(:需要)の拡大スピードに比べ顕在市場の拡大スピードが小さい。そのため、市場における需要の顕在化確率が低まり、高価格帯製品の販売量比率に比べ、低価格帯製品の販売量比率が大きく増加するように価格分布が変化し、その結果平均価格が低下すると説明できる。所得弾力性が非弾力的な財は生活必需品といわれるが、上記の結果は、生活必需品の需要の顕在化確率(言い換えると実現難易度)は経時的に低ま

り価格が下落しより入手しやすくなる。その結果、その財がより生活必需品として大衆化すると考えることも可能である。

PPモデルの構造やシミュレーションの結果から

1. PPモデルには需要曲線と供給曲線の均衡点の仕組みが組み込まれていない
2. 価格と販売数量が同時に決まる(価格と販売量の間因果関係はない)

等がいえる。これらは、ミクロ経済学で定説となっている「需要曲線と供給曲線の均衡点のシフト」を考慮しなくても価格変動の発生メカニズムを説明できる可能性があることを示唆するものである。これは、従来のミクロ経済学の価格変動発生メカニズムの考え方に対して再検討の必要性を提起しているものと考ええる。

5 Price Percolation model のまとめと課題

5.1 Price Percolation Model のまとめ

本論文では、電子部品カテゴリーの価格 - 販売量分布の挙動をうまく再現することができる PP モデルを提案した。さらに PP モデルを用いて、

1. 景気循環の影響を受けやすい品揃えがどのようなものかを明らかにし、景気循環に対して頑健な品揃え戦略
2. 市場拡大の変化うまく活用して企業業績を向上するための品揃え戦略
3. 循環的な価格変動を再現し、そのメカニズムについての新しい視点
4. トレンド的な価格下落を再現し、その価格変動のメカニズムについて新しい視点

等の提案を行った。特に、価格変動メカニズムに関しては、従来の計量経済学的手法で分析する際に避けることのできない恣意性の問題や識別問題を回避することができるため、PP モデルによる分析法は、シンプルで頑健(ロバストネス)であるといえる。

PP モデルは、パーコレーション現象と部品カテゴリーの価格分布形成との間の関係性を前提としたものである。上記の研究結果から我々は、それぞれの価格帯に販売量を分配するメカニズムが、パーコレーションにおけるクラスター発生のメカニズムと等価的であると考ええる。

本論文の PP モデルに関する実証研究では、製品カテゴリーとして汎用電子部品だけを取り上げた。しかし、PP モデルは、次のような基準に合致するほかの製品カテゴリーへの適用が可能と考える。

- 分布を形成するために、たくさんの個別製品で構成される製品カテゴリーであること。
- その製品カテゴリーが、一般消費者が機能に対して多様なニーズ持つ完成品に組み込まれていること。
- その製品カテゴリーが組み込まれて発揮する完成品の機能が、様々な実現難易度を持つこと。

例えば、そのような製品カテゴリーとして、自動車用部品(その完成品が自動車)が考えられる。

本論文は、パーコレーション・モデルの適用領域をより拡大できる可能性を示したという理由で、重要な貢献である。我々の知る限り、本論文は、経験的な実体の無い観念的な対象に適用した最初の研究である。パーコレーション・モデルが、同様にほかの分野のベキ法則を満たす実体のない観念的な対象のランダム現象も説明できる可能性があると考えられる。そうであれば、その分野で有用な知見が得られるだろう。

5.2 今後の課題

2章でPPモデルを構築、3章でPPモデルによる戦略創出、4章でPPモデルによる価格変動メカニズム分析を行った。5章を終えるに当たり、PPモデルの今後の課題を挙げる。

まず1つ目は、PPモデルをより確固たるものにするためにも、適用事例を増やす必要がある。具体的には、PPモデルの上記以外の活用法を開発する方向や、ほかの製品カテゴリーへの適用が考えられる。

次に、4.3.2.2で述べたパーコレーション・グラフと実市場の対比に関して、特に、 $P > P_c$ のパーコレーション・グラフと実市場の対比に関する論証の充実である。我々は、市場形成初期における寡占的でプライス・メーカーの存在する市場が、 $P > P_c$ のパーコレーション・グラフに対応する仮定した。しかしその論証は、十分とは言い難い。1980年以前のミクロな販売データがあれば、直接価格分布を作成して調べることができる。しかし、おそらくそのようなデータは無いと思われる。このような状況において、この課題は、検証方法の検討からスタートしなければならないため、極めて困難なテーマであると考えられる。

最後は、パーコレーションの格子構造に関する課題である。2次元正方格子以外の構造格子、例えば3次元、4次元の格子や、蜂の巣格子や三角格子でシミュレーションし、実データとの適合性を比較検討することは極めて興味深いテーマである。本論文において我々は、2次元正方格子を用いてモデルを構築した。これは単に、理解しやすいこととシミュレーション・モデルを作成しやすいことが、採用の動機である。どのような構造の格子が、実データとの適合性が良いかという視点での検討はまったくしていない。これも今後の課題である。

6 価格 - 販売量推移曲線モデル

6.1 本章における目的と概要

6.1.1 本章の目的

世界的に液晶TVの需要数量の伸びが止まりつつある状況の中で、2011年度は、日本の液晶テレビメーカーの敗戦が明確になった年であった。日本の大手家電メーカーは、生き残りを賭け巨額の投資を行っていたが、熾烈な戦いの結果、1インチ1000円を切った市場価格と、日系メーカー各社の過剰生産設備が残っただけであった⁵³。なぜこのようなことが起こったのであるか。このような事態は避けることができなかつたのであろうか。様々な側面の要因が考えられるが、次の2項目は明白である。

①市場において価格がどこまで下がるのか

②需要量がどこでピークに達するのか

という予測の失敗である。

第1章で述べたように、本研究の研究対象は電子部品である。しかし、本論文の長期的時間軸考慮アプローチである6章から8章までの価格 - 販売量推移曲線モデルに関する研究では、電子部品以外にも適用可能であるため、その対象の枠を広げる。本論文の長期的時間軸考慮アプローチでは、世界市場をターゲットとして、競合する複数のメーカーが生産し、一般の個人消費者に対して販売されている液晶TVのような民生電子機器や、その電子機器に搭載されている電子部品デバイス、さらにその電子機器で使用される記録メディア等の周辺製品等のエレクトロニクス関連製品を対象にする。このような製品を民生エレクトロニクス関連製品⁵⁴と呼ぶことにする。この民生エレクトロニクス関連製品は、技術革新が速くすべての製品に代替製品台頭の可能性があり、その代替製品の成長とともに、世代交代により衰退していくという特徴を有している。グローバル化した現代においては、代替製品の台頭により衰退期に入った先代製品は、その製品がそれまでに記録した最大販売数量を超えることはほとんど無い。そのため企業では、当該製品の導入期→成長期→成熟期→衰退期突入、のプロセスの予測が重要な課題の1つとなっている。

このように厳しい価格競争にあり、漸進的に進歩した新製品が次々とリリースされる民生エレクトロニクス関連製品は、価格が傾向的に下落するため、販売金額がピーク・アウトした後

⁵³ 液晶TVにおける国内メーカーの状況に対する捉え方は、以下に挙げる情報をもとにしている。①日本経済新聞社/日経BP社(編):テレビ敗戦 復活への処方箋, (日本経済新聞社,2012) ②大西康之:テレビ敗戦「失敗の本質」シャープ、パナソニックを惑わせた巨艦の誘惑,(日本経済新聞,2012/3/20) ③週刊現代(編):シャープ元幹部が実名で明かす日本のテレビが韓国製に負けた「本当の理由」,(講談社,2012/7/17) その他。

⁵⁴ 産業機器等で見られるカスタム性の強い電子機器や電子部品、さらに独占的に生産・販売されている電子機器や電子部品デバイスなどを除くことに注意。

も販売数量の増加が継続し、遅れてピーク・アウトする[図33]。しかし販売金額がピーク・アウトしても貢献利益(売上高ー変動費ー固定費)がプラスであり、数量増加による薄利多売により利益確保が可能なため、多くの企業が事業を継続する。その際、数量増加に見合った生産能力と、その生産量に対して安定した利益確保を可能にする生産体制等の再構築が不可欠となる。これを実行するためには、最大需要数量とその時点における価格、およびその時期等についての信頼性の高い予測データが、事前に必要である。

一方、このような需要予測を目的としたモデルを構築する際、例えばBassモデル [58]のように、販売データから時間を変数とする販売数量・金額の関数(モデル)を推定するのが一般的であるが、時間を変数としたモデルの場合、予測の信頼性が乏しいといわれている。本論文で分析対象とする民生エレクトロニクス関連製品では、集計水準を適切に設定することにより販売量推移がベル型曲線を描く製品カテゴリーを見出すことができる⁵⁵。このような製品カテゴリーの場合では、ピークを過ぎて1ポイント以上のデータがある場合に限って、安定的な推定が可能になるといわれている [59] [60] [61]。しかしそれでは、ピークにおける需要数量の信頼性の高い予測値が、事前に入手できないことになってしまう。

これらの課題に対処する方法として本論文では、1章において示した長期的時間軸考慮アプローチで着想した価格 - 販売量推移曲線をモデル化して活用する方法を提案する。さらに本モデルをチップ抵抗、金属化有機フィルムコンデンサー、磁気ヘッド、フロッピー・ディスク、デジタル・スチール・カメラ(以降、DSC)と磁気テープの6種の民生エレクトロニクス関連製品⁵⁶に適用することにより、本モデルの予測への活用について有効性確認も行った。なおこの価格 - 販売量推移曲線に関しては、モデル化やその活用法に関する研究は、我々がレビューした範囲においては見つけることができなかった [62]。

6.1.2 価格 - 販売量推移曲線モデルの概要

価格 - 販売量推移曲線は、任意の集計水準で集計した製品群や製品カテゴリーを対象とする。この価格 - 販売量推移曲線は、価格 z と数量 Q の散布図から価格 - 販売数量推移曲線 $Q(z)$ 、価格 z と金額 A の散布図から価格 - 販売金額推移曲線 $A(z)$ が推定される [16]。この散布図は、販売数量・金額の時系列データから、販売金額を数量で割ることにより得ら

⁵⁵ 例えば、セラミックコンデンサーの場合、全体では販売数量が指数関数的に増加しているが、それを構成する、例えば、大型サイズの低静電容量製品は、同静電容量の小型製品への世代交代によりベル型曲線を描いて消滅している。

⁵⁶ 産業機器等で見られるカスタム性の強い電子機器や電子部品、さらに独占的に生産・販売されている電子機器や電子部品デバイスなどを除くことに注意。

れる平均価格と数量・金額の時系列データに加工し、その時系列データから直接作成できるのが特徴である。

本論文において、価格 - 販売量推移曲線のモデル化を可能にした要因として、次の2点が挙げられる。

1つは、民生エレクトロニクス関連製品の価格変動を指数関数でモデル化したことである。製品を民生エレクトロニクス関連製品に限定すると、価格推移において、指数関数へのフィッティングの良い領域が必ず存在する。しかしこれまで価格推移を指数関数で表せることを積極的に利用した研究はほとんど無い。

2つ目は、価格 - 販売量推移曲線のモデル化に、新製品普及モデル [61]を、一般的な動的関数モデル⁵⁷ [63]と捉え実験式⁵⁸ [63]として活用したことである。この新製品普及モデルはベル型曲線を描き、製品ライフ・サイクルと密接な関係があることが広く知られている。また、価格 - 販売量推移曲線によりライフ・サイクルにおける成長期 - 成熟期 - 衰退期等のステージの客観的な同定が可能であることから、価格 - 販売量推移曲線が、新製品普及モデルと密接な関係があるものと考えた。しかし一般的に知られている Bass モデル [58]⁵⁹に代表される新製品普及モデルは、主に耐久消費財のように初回購入のみで反復購入を考慮しないで済む程度の期間における、新製品の普及過程への適用を前提として構築されている [64] [65]⁶⁰。そのため、我々が本論文の実証で取り上げた民生エレクトロニクス関連製品のうち、反復購入が想定される製品や、電子部品等の生産財への適用は本来認められない。そこで本論文では、新製品普及モデルとしてではなく、時間を変数とし1期あたりの販売量がベル型曲線を描く Bass モデルを、実験式として活用する。したがって本論文では、模倣係数や革新係数等の議論はせず、パラメータに新たな解釈を加え用いる。

これらの着想のもとに我々は、この価格変動モデルとBassモデルを結合することにより価格 - 販売量推移曲線をモデル化した。

⁵⁷ 現象の状態を表す量 y が時間 t の関数として確定的に $y = f(t)$ と表せる場合を、動的関数モデルと呼ぶ [63]。

⁵⁸ 一般的にその理論的根拠が明らかでないが、実測値がその式の表す関係によく一致することが認められるとき、この式を実験式という。現象の数式による模写ともいえる [63]。

⁵⁹ Bass モデルは改良され、エレクトロニクス関連製品等の耐久消費財だけではなく、農業、教育、医薬品等の市場分析に活用されてきた。この Bass モデルは、新製品の潜在的採用者が、マスメディア等の情報伝達(外的影響)によって購入を決定するグループと、既採用者の口コミによる情報(内的影響)によって購入を決定するグループの2種から構成されるとして構築されている ([91]等)。

⁶⁰ Bass 基本モデルは、反復購入行動が無いことを前提としたモデルである。本間(2005)によると、Bass の 1969 年の論文以降の先行研究においても反復購入行動を Bass 型モデルによって説明した論文は見つけることができなかったと述べている [91]。

本章の構成は以下の通りである。6.2で、価格 - 販売量推移曲線を導入する。6.3では、価格 - 販売量推移曲線を数理モデル化するとともに、民生エレクトロニクス関連製品の(本論文で定義した)成熟期の長さを示す指標である θ 値に対して影響する要因について、本モデルから導かれた知見を用いて論じている。6.4では、本モデルを6種の民生エレクトロニクス関連製品に適用しin-sampleにより本モデルの有効性を確認するとともに θ の評価を行った。6.5では、 θ と各パラメータ p 、 q 、 g_0 との関係性を評価。6.6では、パラメータ $p+q$ と g_0 の興味深い関係性について論じている。

6.2 価格 - 販売量推移曲線の導入

6.2.1 生産・出荷・販売統計の従来分析・予測法

一般的に、生産・出荷・販売等の統計データは、数量・金額時系列データの水準系列をそのまま用いたり、前月比系列、前年同月比系列等に加工したりして、横軸を時間(月や四半期)、縦軸を生産・出荷量あるいは販売量としてグラフ化して分析に用いている。これをここでは「時間-販売量曲線(本論文では、実際のデータは離散値であるが連続値とみなし議論を進める)」と呼ぶことにする。これらのグラフを詳細に眺め、各種の統計分析法・時系列解析法を適用し、当月や次月の生産・出荷・販売動向を推計・予測している。

ヒストリカル・データを用い景気循環を分析する場合も、スタートは概ね上記と同様のステップを踏む。これらの時系列データに、例えばBry-Boschan法[66]等を適用し転換点を特定し、ほかの指標との比較分析により、景気動向等の知見を得ている。

しかし、注目する業界の歴史の中で発生していたバブルを含めた「構造変化」の存在をこの「時間-販売量曲線」だけから視認することは困難である。

6.2.2 販売統計分析への価格 - 販売量推移曲線の導入

生産・出荷・販売統計(以降、生産、出荷、販売を「販売」と呼ぶ)は、数量と金額で集計されているため価格が算出でき、これを用いて価格 - 販売量散布図として表現できる。さらにこの散布図から価格 - 販売量曲線(価格 - 販売量反応曲線との区別を明確にするために、以降、価格 - 販売量推移曲線と呼ぶ)を推定することが可能である。

この価格 - 販売量推移曲線を数学的に表現してみよう。販売量を y とし、価格を z (=金額÷数量)とする。これらは時間 t の関数と考えることができる。つまり販売量は $y = h(t) \dots (*)$ 、価格は $z = f(t) \dots (**)$ と表せる。 $(**)$ 式の逆関数を

$$t = f^{-1}(z) \quad (28)$$

とすると、販売量を与える式は、 $(*)$ 式に (28) 式を代入して、

$$y = h(f^{-1}(z)) = H(z) \quad (29)$$

と表せる。つまり販売量は価格の関数としてとらえることが可能である。

(29) 式は、販売量を近似的に需要量と考えると、 H が z に関して減少関数の場合、「需要の法則」を視覚化した需要曲線と形式的に同じである。ただし後述するように、需要曲線の場合は、販売量および価格が時間の関数ではないことに注意が必要である。

マーケティングの分野では、形式的に同形の関係式を「価格反応曲線(価格 - 販売量反応曲線あるいは価格 - 需要曲線と呼ばれることもある)」と呼び、商品の戦略的価格決定ツールとしての活用が研究されている [7] [20] [67] [23]。しかし本論文で取り扱っている「価格 - 販売量推移曲線」は、使用目的や対象データが異なるばかりでなく、次の点でこの価格 - 反応曲線とまったく異なっていることを強調したい。それは、価格 - 販売量推移曲線が時系列データから形成されていることである。逆に時系列データであることが重要な意味を持つ。つまり価格 - 販売量推移曲線は、時間経過とともにプロットが延長されていく動的なものと捉えられることができる。マーケティング・サイエンスや価格戦略論で用いられる価格反応曲線は、新製品や代替財が頻繁にリリースされ価格が傾向的に下落する製品では、今現在の価格と販売量の関係でなくては今の価格決定には使えない。時間差のあるデータを用いて作成した価格反応曲線を以て決定した価格には、ほかの要因、例えばその製品の陳腐化等で製品ライフ・サイクルのステージ(成長期・成熟期・衰退期等)の変化等の影響が加わるため、精度は自ずと悪くなる。つまり、価格反応曲線は販売量が価格の関数 ($y = F(z)$) ではあるが、販売量および価格は時間の関数ではない ($y \neq g(t)$ 、 $z \neq f(t)$) ことを前提としている。

6.2.3 価格 - 販売量推移曲線の性質

民生エレクトロニクス関連製品のように、価格競争が厳しく一方的に価格が下落する傾向を持つ製品カテゴリーの価格 - 販売量推移曲線では、データが散布図の高価格帯領域から低価格帯領域に向かって経時的にプロットされていくことが経験的に分かっている [図 33]。

価格が傾向的に下落する民生エレクトロニクス関連製品の場合、価格 - 販売数量推移曲線 $Q(z)$ より価格 - 販売金額推移曲線 $A(z)$ の方が、高い価格で、時間的にも先にピークに達することも、経験的に分かっている [図 33] [16]⁶¹。したがって $A(z)$ を先行指標として用

⁶¹ 例えば、価格 - 販売数量推移曲線 $Q(z)$ が、 $Q(z) = c_1 - c_2 \cdot z$ の場合(これは価格が0円になっても販売量 c_1 を維持するという極めて非現実的なモデル)でも、価格 - 販売金額推移曲線は

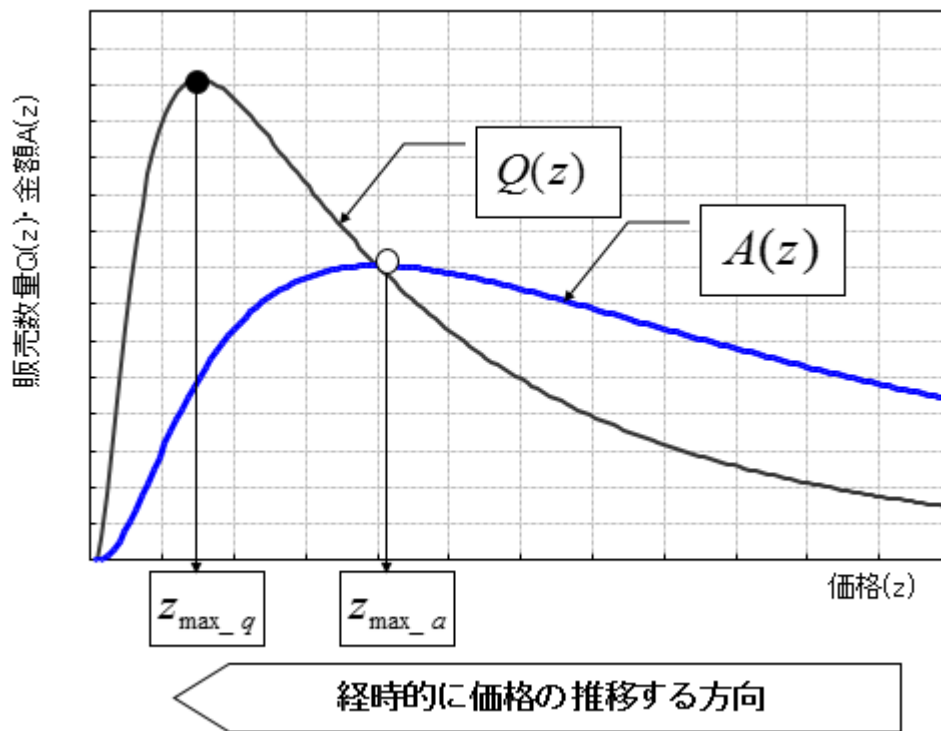


図 33 価格 - 販売金額推移曲線 $A(z)$ と価格 - 販売数量推移曲線 $Q(z)$ の関係

いることを目的にモデル化し、販売金額がピークを過ぎ1期経た、販売金額が最大となる価格 P_{\max_q} を超えた時点で $A(z)$ のパラメータを推定できれば、そのパラメータを用いて推定した $Q(z)$ から、最大販売数量 $Q(z_{\max_q})$ とその時点の価格 z_{\max_q} を算出し、さらにその時期を推定することにより、信頼性の高い予測値が事前に入手可能となる。この手法は、本論文で定義する成熟期の長い製品カテゴリーにおいて予測結果を有効に活用できるため、特に利用価値が高いと考える。本論文では、6.3 で価格 - 販売量推移曲線をモデル化する [62]。

6.2.4 価格 - 販売量推移曲線から視覚的に得られる情報

本項では、価格 - 販売量推移曲線を推定することで、

- (1) バブルの視認を可能にする視覚化
- (2) 当該産業（業種・製品）の構造変化発生の視認を可能にする視覚化

$A(z) = c_1 \cdot z - c_2 \cdot z^2$ (上に凸の放物線) となり、 $z = c_1 / 2c_2$ でピークに達し、それ以上価格が下がると販売金額が減少する。ただし $Q(z) = c_1 \cdot z^{-n}$ ($n \geq 1$) 型の価格 - 販売数量推移(これも価格が0円で c_1 から無限大の売上金額になるため非現実的)の場合は、 $Q(z)$ 、 $A(z)$ とともにピーク・アウトしない。しかし一般的に、 $Q(z)$ が代替製品の台頭による世代交代で、減少に転じる曲線を描く場合は、かならず $A(z)$ が先にピーク・アウトするといえる。

が可能であることを、事例を用いて示す。

6.2.4.1 バブルの視認を可能にする視覚化

一般的に、「バブル経済」という言葉の「バブル」の定義が、曖昧なまま使われている場合が多い。一般的には資産の「バブル」に注目される。しかし本論文では、対象が「財」であることを考慮し「価格や需要量が、それらの合理的な評価の基礎となるファンダメンタルズ（経済成長率、物価上昇率、利子率など経済の基礎的諸条件）をおおはばに上回り、経済が実体以上に膨張した状態」をバブルと呼ぶことにする。

ここでは、バブルの視覚化の一例として、日本水晶デバイス工業会（QIAJ）の水晶デバイス製品で作成した価格 - 販売量推移曲線を取り上げる。

図 34 は、1996 年 4 月から 2008 年 9 月までの水晶デバイス製品の販売数量(データは生産数量だが用語の統一性を考慮して販売数量と表記)と金額の月次データの推移である。2000 年のいわゆる「IT バブル」の時、旺盛な需要を受け販売量が増大していたのがわかる。しかし、その後の調整が極めて軽微で販売量の落ち込みがトレンドレベルであり、このグラフからだけでは水晶デバイスが、本章で定義した「バブル」であったか否かの判定は困難である。

一方図 35 は、図 34 と同期間の価格 - 販売量散布図⁶²である。一般的に電子部品は、平均価格が下落し続ける性質があるため、古いデータほど価格の高い領域にあり、経時的に価格の高い領域から低い方向に推移する。2000 年の IT バブルの時（1999 年 5 月から 2001 年 7 月の間）のプロットが、平時のみのデータによる散布図に当てはめた価格 - 販売量推移曲線より上方に、まさに泡（バブル）状のループを描いている[図中矢印]。これは、特に金額で顕著に現れている。

IT バブルの頃は、価格下落の傾向が一転して上昇に転じ、同時に旺盛な需要（一部は、仮需だった可能性が高い）のため、グラフにループ状の軌跡が描かれたのである。図の中のバブル期のループと平時のみのデータへの当てはめ曲線の接点が、当時のファンダメンタルズでプロットされるべき座標だとすると、「経済が実体以上に膨張した状態」という上記のバブル経済の定義を、この図は的確に表現している。

この方法がバブルの視覚化を可能にしている要因として以下の 2 つが挙げられる。

- 1) 価格 - 販売量散布図では、価格次元が組み込まれているため、販売量の増加と価格の上昇でグラフに面としてバブルを表現できる。

⁶² データは生産量であるが用語の統一性を図り販売量と表記。

- 2) 推定された価格 - 販売量推移曲線では、短期(在庫)循環が、季節変動、不規則変動とともに誤差項に取込まれ、より規模の大きな変動である(価格軸で見た)トレンドとバブルだけがクローズ・アップされる。

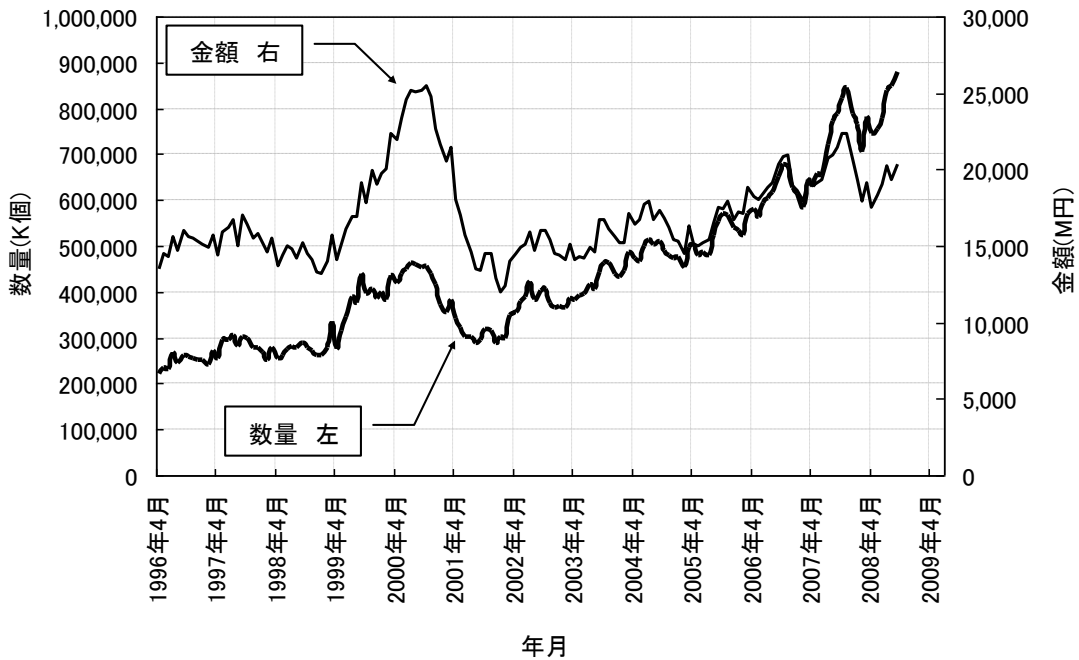


図 34 水晶デバイス製品の販売数量と金額推移

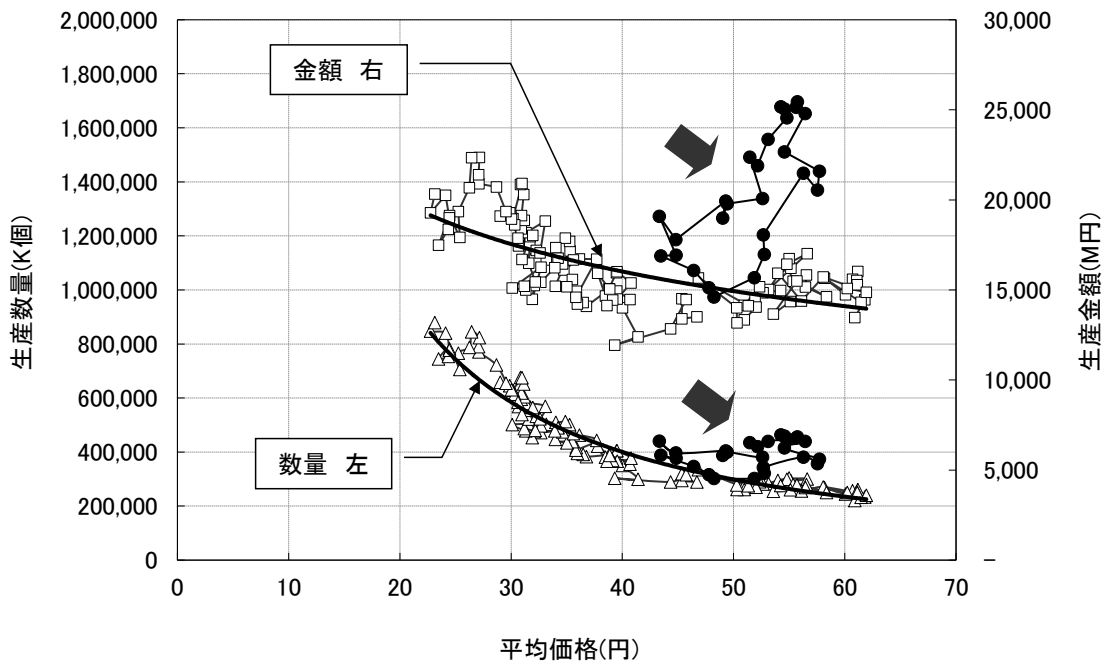


図 35 水晶デバイス製品の価格 - 販売量散布図

水晶デバイス製品では、バブル期を外れ値として除いた平時のデータで作成した価格 - 販売数量散布図にもっとも当てはまりの良い関数は、この期間のデータにのみ注目すると負の指数を持つべき関数である⁶³。また価格 - 販売金額散布図にもっとも当てはまりの良い関数も、負の指数を持つべき関数になっている。負の指数を持つべき関数を有す製品は、価格が下落しても金額が増加する構造であり、ビジネスの安定性がきわめて高い。

なお本論文では、水晶デバイス製品を例として取り上げたが、ほかの多くの汎用性の高い電子部品で価格 - 販売量推移曲線を描くことによりバブルを確認することができる。

6.2.4.2 産業(業種・製品)の構造変化発生の視認が可能な視覚化

一般的に構造変化は、分析対象とする経済指標を目的変数とする回帰モデルのパラメータが、ある時点の前後で変化したことで知ることができる。そしてその回帰モデル構築の際は、説明変数は経済学的視点で目的変数に因果関係のある指標が選ばれる。計量経済分析的には、構造変化の時点があらかじめわかっている時には **Chow test** 等、わからない時には **CUSUM test** や **CUSUMSQ test** 等を用いて構造変化発生の有無を検定する [51]。ここでは販売統計の価格 - 販売量推移曲線を推定するだけで、上記の検定をするまでもなく一目で構造変化を確認できることを示す。

ここで取り上げる事例は、半導体メモリー(CPU(中央処理装置)が直接読み書きできるRAMやROMなどの半導体記憶装置)である。図 36 は WSTS が毎月公開している販売⁶⁴統計の中の一項目である TOTAL MOS MEMORY の販売数量・金額の推移を 1997 年 1 月から 2008 年 9 月までの月次データを用いてグラフ化したものである。金額推移に大きなうねりがあり、2000 年の IT バブルの影響を受けていたようにも見えるが、その割に数量はきわめて単調に増加している。この図からは、半導体メモリーに潜む大きな構造変化を感じることは難しい。しかし 2003 年 12 月以前と 2004 年 1 月以降で、重大な構造変化が発生していたことをこれから示したい。

図 36 と同じ期間のうち 1997 年 1 月から 2003 年 12 月まで間の価格 - 販売数量・金額推移曲線を推定したグラフが図 37、そして 2004 年 1 月から 2008 年 9 月までの間の価格 - 販売数量・金額推移曲線を推定したグラフが図 38 である。図 37 と図 38 の価格 - 販売数量・金額曲線が、明らかにまったく別の関数形に変化しているのがわかる。1997 年 1 月から 2003 年 12 月の間では、価格が約 1.75\$ から 5.5\$ の間でゆっくりと上下していたが、出荷数量は

⁶³ 散布図への関数の当てはめは、単調に増加あるいは減少する関数、例えば、線形関数、指数関数、対数関数、べき関数、場合によっては多項式関数を当てはめ、その決定係数を比較して高いものを選択する方法で、本研究の目的を満足させることが可能である。

⁶⁴ データは出荷量であるが用語の統一性を図り販売量と表記。

ほとんど横ばいであった。しかし 2004 年 1 月以降の価格 - 販売数量・金額推移曲線は激変し、約 3.5\$ の価格から急激に価格が下落し、それに伴い販売数量は直線的に増加している。価格は、2008 年 9 月時点で約 1.75\$ まで下落している。このように 2003 年末から 2004

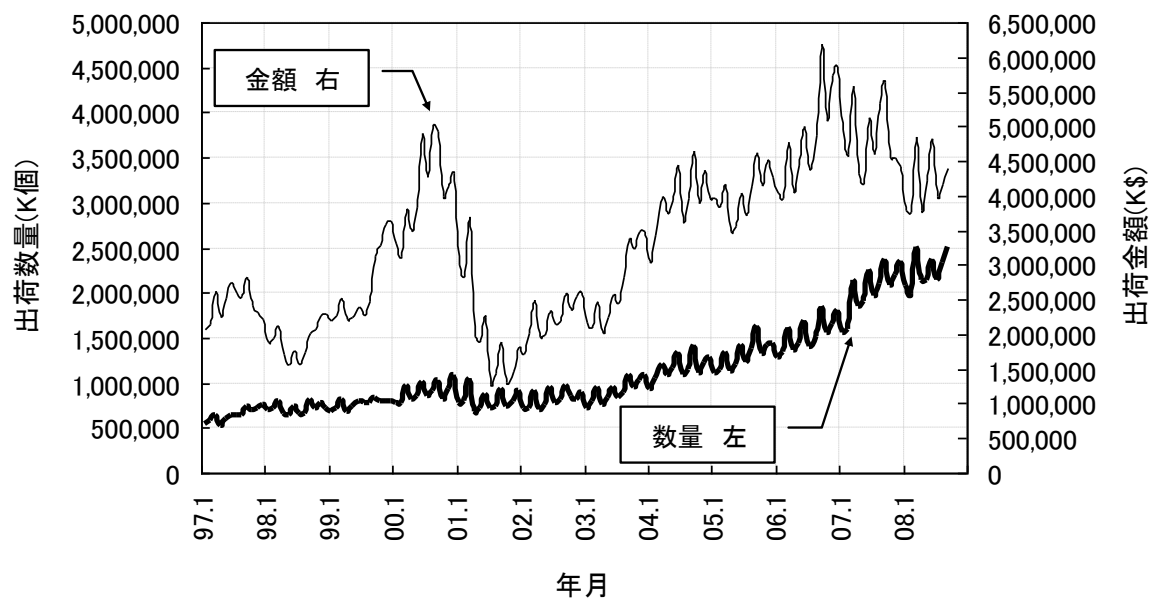


図 36 半導体メモリーの販売数量・金額推移

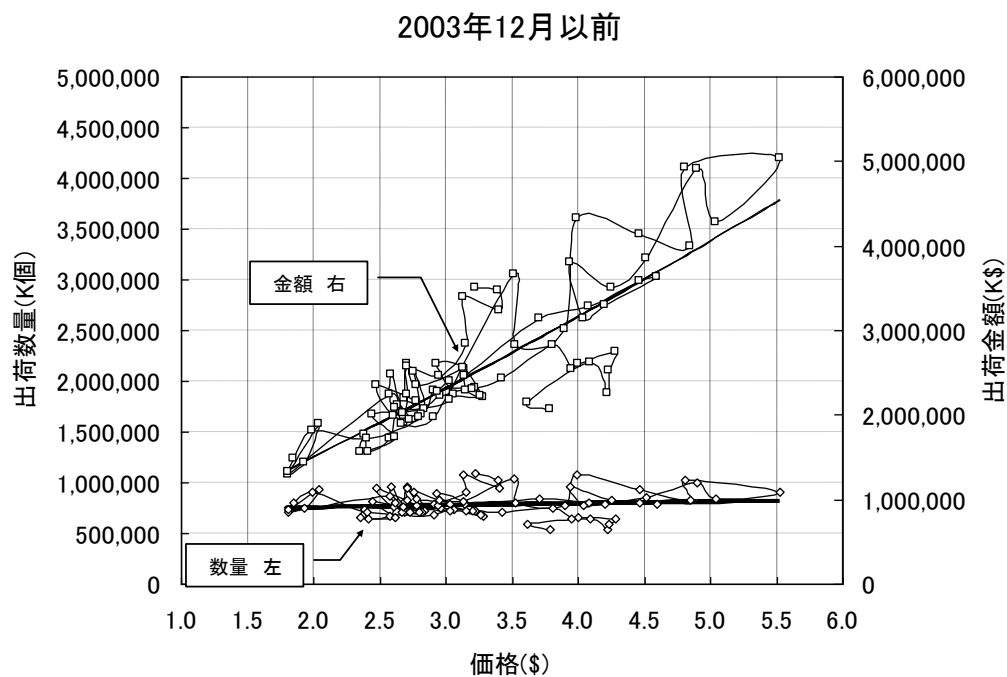


図 37 1997 年 1 月から 2003 年 12 月までの価格 - 販売量推移曲線

2004年1月以降

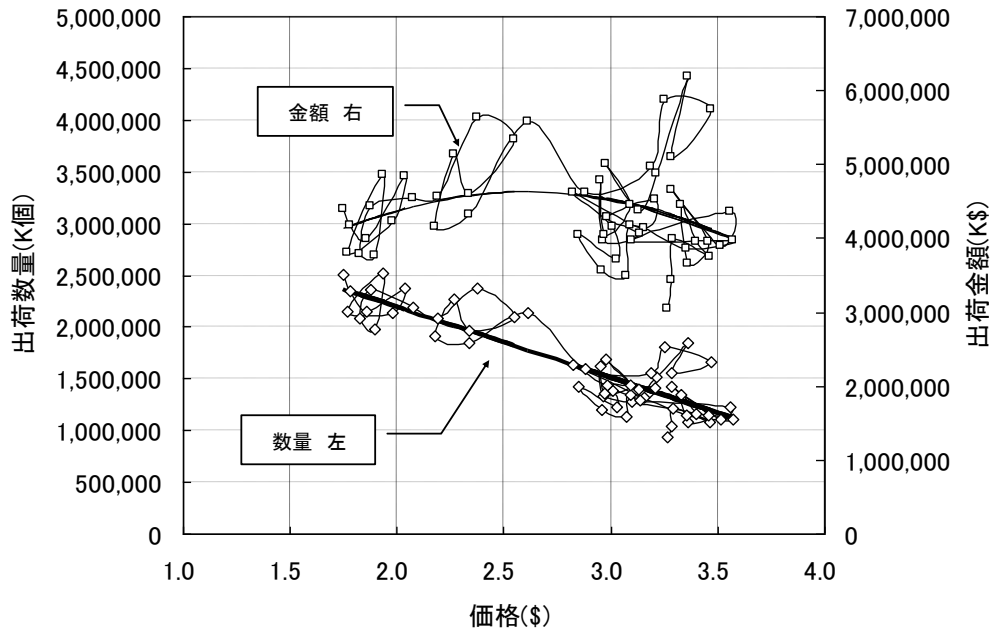


図 38 2004年1月から2008年9月までの価格 - 販売量推移曲線

年初にかけて、半導体メモリー業界に明確な構造変化が発生している。

この構造変化は、下記の特徴を有す。

- 1) 2003年末以前は、価格変化が、直接、出荷金額に影響を与えていたものが、2004年初以降は、価格変化が、直接、出荷数量に影響を与えるようになった。
- 2) 2004年初以降の構造では、価格が約2.6\$の時に最大出荷金額であり、価格が下がることで出荷数量は増えているものの、金額は減少するステージに突入した。

半導体メモリーのこの構造変化は、業界にとってきわめて重大な変化であり、ビジネス・モデルの修正を迫るインパクトがある。半導体メモリーの場合、2004年初以降の価格 - 販売量推移曲線は、後述する「ライフ・サイクル」のステージが、成長期から成熟期⁶⁵に突入したことを示唆しているのである。

一般の構造変化検定では、同一モデルのパラメータの変化に注目するが、本章の事例のように、価格 - 販売量推移曲線を用いると、その曲線の関数形までが激変している状況を一目でとらえることができる。つまり本方法では、価格軸で見た販売量トレンドのカタストロフィック(不連続)な変化として構造変化を捉えていることになる。

⁶⁵ この製品ライフ・サイクルのステージは7.1.3の定義による。7.1.2の定義では、「成長期から衰退期」となる。

6.3 価格 - 販売量推移曲線の数理モデル

6.3.1 価格変動モデル

民生エレクトロニクス関連製品は、**図 39** に示すように、価格が市場に導入された直後から時間とともに下落している。この民生エレクトロニクス関連製品の多くが、製品ライフ・サイクル(以降 PLC)のステージを限定することにより、その推移を(30)式で与えられる指数関数で表現できる。なお z_0 は定数、 g_0 は単位期間当りの価格下落率⁶⁶である。

$$z = z_0 \exp(-g_0 t) \quad (30)$$

様々なエレクトロニクス関連製品の価格推移を実際に分析してみると、産業機器等で見られるカスタム性の強い電子機器や電子部品、さらに半導体のCPUのように事実上独占的に生産販売されている電子機器や電子部品デバイスなどに、(30)式が当てはまらない場合があることを確認している。またそれ以外の製品カテゴリーでも、PLCにおける導入期→成長期→成熟期→衰退期の全過程に(30)式を適用した場合、当てはまりが良くない。これらのことが、価格推移を(30)式で表せることを利用した研究が無い理由と考えられる。

しかし我々は、同質性が高く、競合する複数のメーカーが生産し、一般の個人消費者に対し

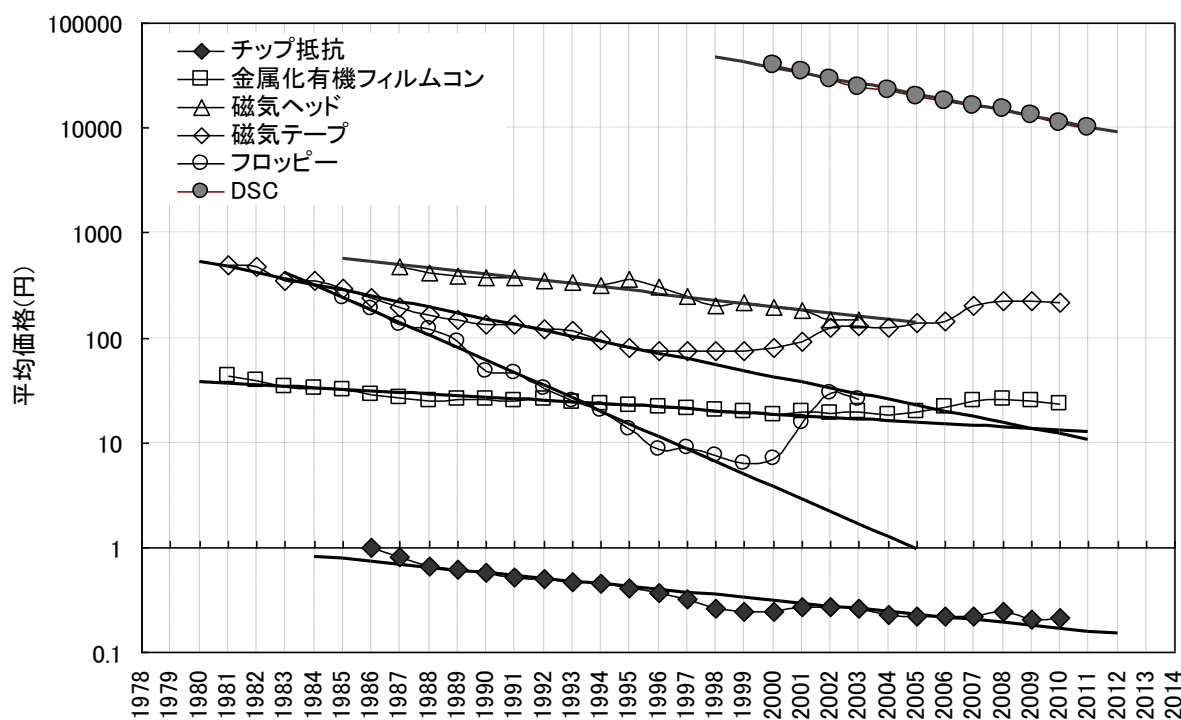


図 39 6種の民生エレクトロニクス関連製品の価格推移

⁶⁶ g_0 : 単位期間当りの価格下落率は、価格下落の速さ・スピードを表していると解釈できる。

表 13 6 種類のエレクトロニクス関連製品の価格変動モデルの推定結果とその精度

No.	製品	期間	データ数	価格変動モデル		
				z_0	g_0	R^2
1	チップ抵抗器	1986年～2010年	25	0.770	0.0608	0.906
2	金属化有機フィルムコンデンサー	1981年～2000年	20	38.0	0.0357	0.922
3	磁気ヘッド(録画・再生)	1987年～2003年	17	528.5	0.0706	0.928
4	AV磁気テープ	1981年～1996年	16	531.2	0.1264	0.975
5	フロッピー・ディスク	1985年～1999年	15	312.2	0.2750	0.988
6	DSC	2000年/1Q～2011年/2Q	46	44.4	0.0271	0.987

データの出典は 1～5 が経済産業省生産動態統計、6 はカメラ映像機器工業会 (CIPA)

て販売している民生エレクトロニクス関連製品において、成長期→成熟期→衰退期初期の間に限定することにより、多くの製品カテゴリーの価格推移が、(30)式で表せることを確認した[図 39]。

表 13 は、受動部品であるチップ抵抗と金属化有機フィルムコンデンサー、変換部品である録画再生用磁気ヘッド、メモリー部品としてオーディオ・ビデオ磁気テープとフロッピー・ディスク(ここまでの出所はすべて [48])、そして民生電子機器として DSC [68]に、(30)式を適用し推定した結果の精度評価である。 R^2 値は、すべての製品で比較的高い値となっている。

6.3.2 実験式としての Bass モデル

新製品普及モデルは、導入から成長期に加速的に販売数量が増加し、成長期から成熟期にかけて増加速度が減速し、その後販売数量がピーク・アウトして衰退していく過程をうまく描くという特徴を有している。一方 7.1 に示すように、価格を変数とした価格 - 販売量推移曲線においても、PLC の特徴的な局面を明示することが可能である。我々は、このような両者の関係から、価格 - 販売量推移曲線モデルにおいて、この新製品普及モデルが構成要素の 1 つをなすものと考えた。

一般的に、普及曲線としてロジスティック曲線やゴンペルツ曲線、さらに Bass モデル等が挙げられる [61]。なおこれらの普及曲線は、ハザード関数による定式化では系統的に扱うことができる [69]。

本論文では、新製品普及の代表的モデルであり、ロジスティックモデルを包含するモデルになっている Bass モデルに注目した。Bass モデルは、電気機器・電子機器には広く適用されてきたが、購入者数で購入数量が決定されるような製品に適用することを前提として構築されている [58] [64] [65]。一方、本論文で適用を考えている電子部品のような生産

財やオーディオ・ビデオ用磁気テープ等は、反復購入されるため、購入者数により購入数量が決定されるようなものではない。しかしながら我々は、Bass モデルが、このような製品にも良好なフィッティングを示すケースをしばしば経験している。そこでこれらの前提条件の呪縛から逃れるために、現象を数式によって模写する実験式として、Bass モデルを活用することを考えた。

Bass 基本モデルでは、1 期当たりの販売数量 $S(t)$ は下式で与えられる [58]。

$$S(t) = \frac{m(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{\left\{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}\right\}^2} \quad (31)$$

新製品普及モデルとしての Bass モデルは、さまざまな製品の普及過程を記述することに成功しているものの、ピークを過ぎて 1 ポイント以上のデータが無いと、予測の信頼性が乏しいことがわかっており [59] [60] [61]、out of sample においてピークの販売数量予測には有効であるとはいえない。

また Bass モデルでは、(31)式における p は外的影響(革新係数)、 q は内的影響(模倣係数)、 m は飽和普及水準⁶⁷と解釈されている。しかし本論文では p 、 q 、 m を単にデータにフィットさせるためのパラメータとして捉えなおし、さらに 6.3.4 において、新たな解釈を試みている。

6.3.3 価格 - 販売量推移曲線モデル

本項では、(30)式を用いて(31)式の t を消去し、価格の関数に変換することにより価格 - 販売量推移曲線モデルを構築する。(31)式を 1 期当りの販売数量を与える関数とすると、価格 - 販売量推移曲線モデル $Q(z)$ は(32)式で与えられる。

$$Q(z) = \frac{m(p+q)^2 z_0^{p+q/g_0} z^{p+q/g_0}}{\left\{z_0^{p+q/g_0} + \frac{q}{p} z^{p+q/g_0}\right\}^2} \quad (32)$$

さらに販売金額が、販売数量と平均価格の積 ($A(z) = z \cdot Q(z)$) で与えられることから、価格 - 販売金額推移曲線 $A(z)$ は、(35)式の両辺に価格 z を乗じることで得られる。

⁶⁷ m は、一般的に「潜在市場の大きさ」、「潜在市場規模」等と呼ばれている。しかし本論文では 2.3.2 で、潜在市場を別の定義で用いているため「飽和普及水準」と呼ぶことにした [65] [91]。

$$A(z) = \frac{m(p+q)^2 z_0^{p+q/g_0} z^{p+q/g_0}}{\{z_0^{p+q/g_0} + \frac{q}{p} z^{p+q/g_0}\}^2} \quad (33)$$

(33)式の価格 - 販売金額推移曲線モデルを用いて、販売データにおける販売金額がピークを超えた時点で各パラメータを推定し、それらのパラメータを(32)式に代入して価格 - 販売数量推移曲線 $Q(z)$ を推定することにより、信頼性の高い最大販売数量 $Q(z_{\max,q})$ や最大販売数量に達する価格 $z_{\max,q}$ 等を推定することが可能となる。

6.3.4 各パラメータによる価格 - 販売量推移曲線の挙動

図 40、41、42 は、(33)式で表せる価格 - 販売金額推移曲線の曲線形に対する、パラメータ p 、 q 、 g_0 の影響を図にしたものである。図 40 は p の変化、図 41 は q の変化、図 42 は g_0 の変化による曲線形の変化を示している。

p と q に関しては、いずれも大きくなると価格下落に伴い曲線の立ち上がり及早まる。このことから p と q は、製品の市場への浸透の速さを表す指標ととらえることができる。Bass モデルの考え方を取り入れると、 p は外的影響、すなわち、まだその製品を購入していない人が、広告などの外的な要素に影響されて購入を開始する見込み・可能性による浸透の速さの指標であり、 q は内的影響、具体的にいうと、まだその製品を購入していない人が、すでにその

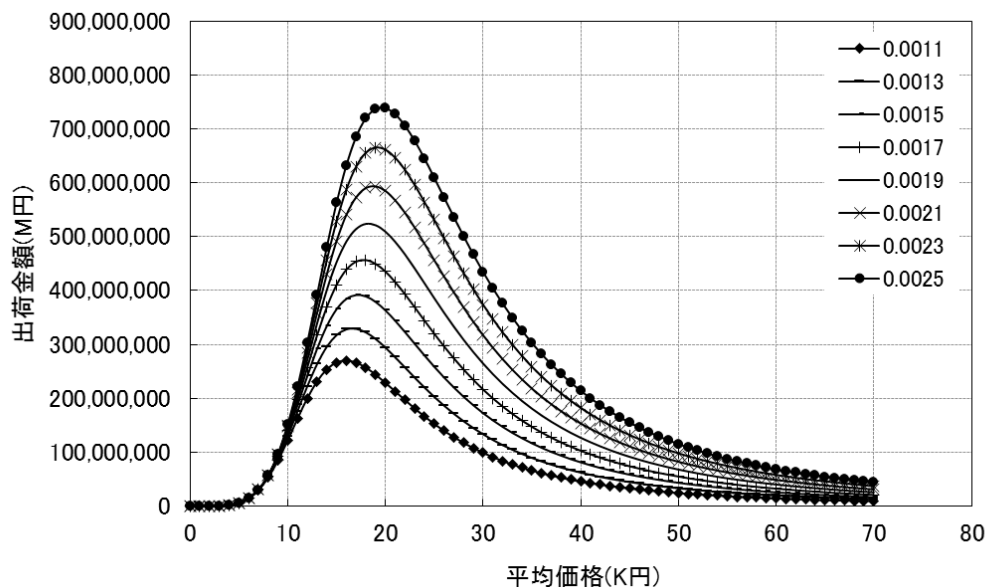


図 40 p の変化による曲線の変化

$$(q=0.1, g_0=0.027, m=6 \times 10^{11})$$

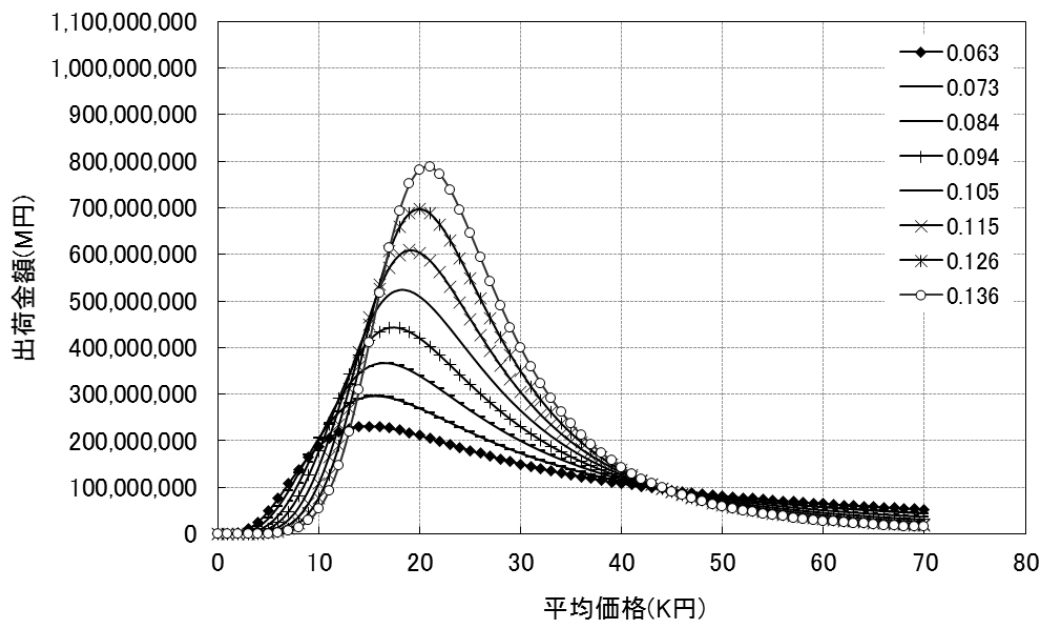


図 41 q の変化による曲線の変化
 ($p=0.002, g_0=0.027, m=6 \times 10^{11}$)

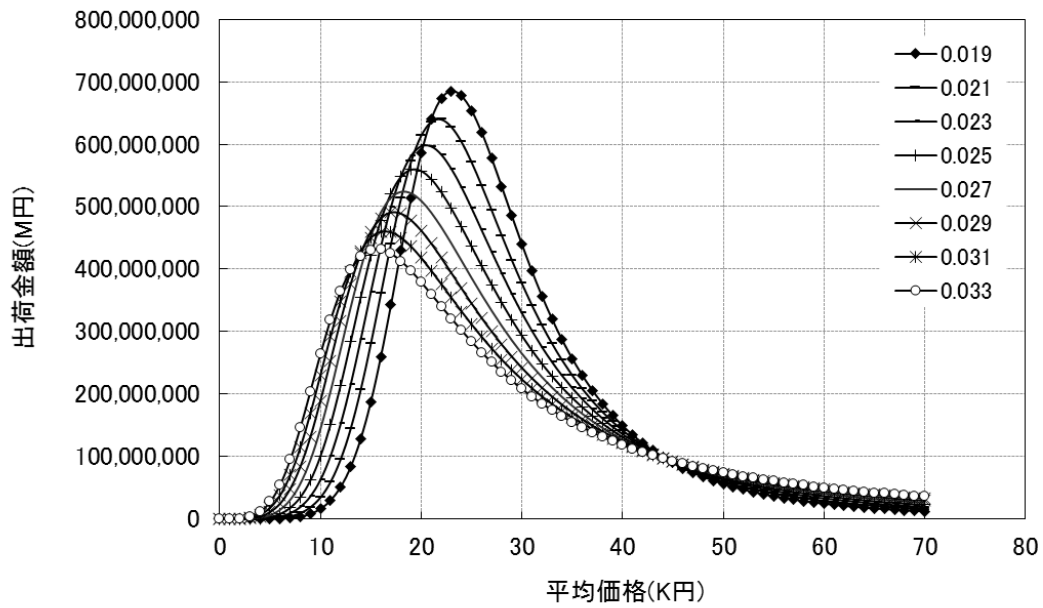


図 42 g_0 の変化による曲線の変化
 ($p=0.002, q=0.1, m=6 \times 10^{11}$)

製品を使っている人からの影響（口コミなど）を受けて購入を開始する見込み・可能性による浸透の速さの指標と考えることも可能である。したがって、 $p+q$ は、当該製品の総合的な市場への浸透の速さを表す指標ととらえることができる。一方 g_0 は、大きくなると価格下落に

伴う曲線の立ち上がりが遅くなり、最大販売金額価格も低下し最大販売金額も減少する。図 42 は、 g_0 が大きくなると、製品リリースから最大販売数量までの累積金額の減少を招く可能性があることを示唆している。しかし実際には、 g_0 が q に影響し累積金額が減少しないことを 6.6 で示す。

6.3.5 最大販売数量と最大販売金額に達する価格

(32)、(33)式は、両者ともにベル型の曲線を描く。そのため、両式をそれぞれ価格 z で微分して 0 となる価格が、最大販売数量に達する価格 z_{\max_q} と最大販売金額に達する価格 z_{\max_a} になる[図 33]。本モデルの場合、

$$z_{\max_q} = z_0 \cdot \left(\frac{p}{q} \right)^{g_0/p+q}$$

$$z_{\max_a} = z_0 \cdot \left(\frac{p}{q} \right)^{g_0/p+q} \left(\frac{p+q+g_0}{p+q-g_0} \right)^{g_0/p+q}$$

であり

$$\theta = \left(\frac{p+q-g_0}{p+q+g_0} \right)^{g_0/p+q} \quad (34)$$

とすると、 z_{\max_q} と z_{\max_a} の間に $z_{\max_q} = \theta \cdot z_{\max_a}$ の関係が成り立つ。

6.3.6 最大販売数量

最大販売数量に達する価格 z_{\max_q} における販売数量、最大販売数量 $Q(z_{\max_q})$ は、下式で与えられる。

$$Q(z_{\max_q}) = \frac{m(p+q)^2}{4} \left(\frac{p}{q} \right) \quad (35)$$

(35)式は、販売金額 $A(z)$ のピーク・アウトが確認できた時点で推定したパラメータのみで、最大販売数量 $Q(z_{\max_q})$ が推定できることを示している。さらに市場への浸透速度が速い製品カテゴリーほど、それも内的影響に比べて外的影響による浸透が早い製品カテゴリーの方が、 $Q(z_{\max_q})$ が大きくなることを示唆している。一方、製品カテゴリーの価格下落の速さは z_{\max_a} や z_{\max_q} に影響するが、(35)式には g_0 が含まれていないことから、最大販売数量には影響していないといえる。

6.3.7 θ 値の性質

θ 値は、 $Q(z)$ に対して $A(z)$ がどの程度先行しているかを示す一種の先行性指標ととらえることができる。またこれを 7.1 で定義する z_{\max_a} から z_{\max_q} の間を製品ライフ・サイクルの成熟期⁶⁸とした場合、この成熟期の長さを示す指数ともとらえることができる。この θ の値が 1 と比較して小さい製品カテゴリーほど、 $Q(z)$ に対する $A(z)$ の先行性が高く成熟期が長い。そのため販売金額がピーク・アウトした後、販売数量のピークまでに十分な時間を確保できる。このような場合、本モデルにより予測した z_{\max_q} や $Q(z_{\max_q})$ を用いて、事業運営のための政策立案とその実行が可能となる。

6.3.4 で述べたように、(35)式を構成するパラメータ $p+q$ は、製品カテゴリーの市場への浸透の速さを表す指標ととらえることができる。一方 g_0 は単位期間当りの価格下落率であり、製品カテゴリーの価格下落の速さを表す指標と捉えられる。したがって、 θ の値は、注目する製品カテゴリーの市場への浸透の速さと、価格下落の速さのバランスにより決まると考えることができる。

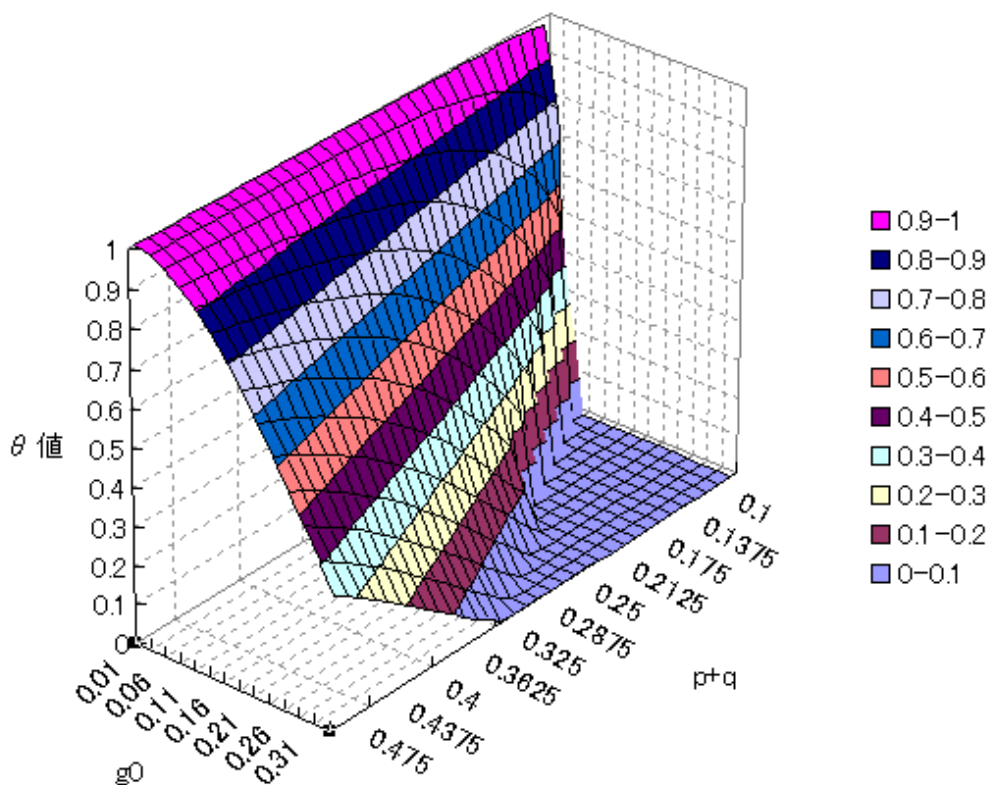


図 43 各パラメータに対する θ 値の等高線図

⁶⁸ 一般的に知られている製品ライフ・サイクルのステージの定義の場合、成熟期は、製品が市場の潜在的購入者のすべてに行き渡り、成長期での販売の伸びに比べて減速する期間である [75]。しかし、ここで使用する用語「成熟期」は、7.1.3 で定義するものであることに注意。

図 43 は、パラメータ $p+q$ と g_0 に対する θ 値の等高線図である。図の形状は、価格下落が早いほど、製品カテゴリーの市場への浸透速度が遅いほど θ 値が小さくなり成熟期が長くなることを示唆している。

本論文では、7章で定義する成熟期(z_{\max_a} から z_{\max_q} の期間)の長さを示す尺度として θ を導入し、その性質等について議論している。しかし著者はここで止まることなく、本モデルにより、成熟期の長さや製品寿命を時間(期間)で示す方法の検討を進めている。現在、実データによる検証を行っている。なお本件に関しては、本論文末で補遺として触れておく。

6.4 価格 - 販売量推移曲線の in-sample による評価

本節では、6.3.3 で構築したモデルを各種民生エレクトロニクス関連製品に適用し、モデルの有効性を in-sample により評価する。

本論文では、モデルを適用する民生エレクトロニクス関連製品として、実証性を重視して、 $A(z)$ がすでにピーク・アウトしたと考えられる製品カテゴリーに注目した。モデルを適用する製品は、以下の 4 条件で選定した。

- 1) Bass モデルを適用した先行研究の無い製品。
- 2) 民生エレクトロニクス関連製品。カスタム性の強い電子機器や電子部品、独占的に生産・販売されている電子機器や電子部品デバイスなどは除く。
- 3) 本稿においてモデルの実証ができるように、すでに衰退期に突入している製品。
- 4) データの充実している日本の METI 等の統計資料を活用できるように日系メーカーの世界におけるシェアの高い製品。

それが 6.3.1 の表 13 の 6 種類の製品カテゴリーである。

まず表 16 に示した期間の実データにより作成した価格 - 販売金額の散布図に、(33)式を適用し $A(z)$ を推定した。その際 $z(0)$ と g_0 は、それぞれ該当する製品の表 13 における推定値を用いた。モデルの推定は、 t 期の価格 z_t に対応する販売金額の実績値 A_t と、 z_t を(33)式代入して算出した計算値 $\hat{A}(z_t)$ との差の 2 乗値($= (A_t - \hat{A}(z_t))^2$)の総和が最小になるように、ソルバーを用いてパラメータ p 、 q 、 m を推定した⁶⁹。これはソルバーを用いた非線形最小 2 乗法に他ならない。さらに、ここで推定されたパラメータを(32)式に代入することにより、価格 - 販売数量推移曲線 $Q(z)$ を推定した。

⁶⁹ 本稿では、(32)式や(33)式において $p+q=\alpha$ 、 $q/p=\beta$ とすることにより、 α 、 β 、 m をパラメータとする式に変換してソルバーを適用している。推定された α と β から $p=\alpha/(1+\beta)$ 、 $q=\alpha\cdot\beta/(1+\beta)$ によって p と q を算出している。

モデルの評価は $A(z)$ 、 $Q(z)$ と実データのフィッティング、および P_{\max_q} の予測値と実績値の比較によって行う。なお最大販売数量 $Q(z_{\max_q})$ の精度に関しては、景気やそのほかの変動要因を含めて予測する必要があるため、その重要性が高い 7.2 における out-of-sample の予測パフォーマンス評価や、本モデルと Bass モデルを用いて予測した最大販売数量の比較検討のところで採り上げる。

表 14 は、6 種の製品カテゴリーに対し、それぞれ表 13 と同じ期間のデータを用いて推定した(33)式の各パラメータ (p 、 q 、 m) と、 $A(z)$ と $Q(z)$ の R^2 値による推定精度の評価結果である。チップ抵抗の $A(z)$ [図 44] を除いて、ほかの製品すべてにおいて良好な推定精度といえる。チップ抵抗は、販売金額が景気変動や不規則変動の影響を受けやすい製品と考えられる。

パラメータ p 、 q に注目すると、民生エレクトロニクス関連製品の場合、外的影響による浸透の速さの指標 p の値に比べ、内的影響に伴う浸透の速さの指標 q の値の方が圧倒的

表 14 価格 - 販売量推移モデルの推定結果とその精度

製品	価格-販売金額推移曲線モデル				価格-販売数量推移曲線モデル
	p	q	m	R^2	R^2
チップ抵抗器	0.0086	0.1496	561909464	0.616	0.819
金属化有機フィルムコンデンサー	0.0066	0.1890	6189073	0.885	0.940
磁気ヘッド(録画・再生)	0.0462	0.1594	54296	0.929	0.809
AV磁気テープ	0.0160	0.2376	2547879	0.947	0.954
フロッピー・ディスク	0.0074	0.3358	3663388	0.883	0.928
DSC	0.0019	0.1046	5.95×10^{11}	0.838	0.892

表 15 z_{\max_q} の予測値と実績値の比較および θ 値

製品	予測値	実測値	θ 値
	z_{\max_q}	z_{\max_q}	
チップ抵抗器	0.26(円)	0.24(円)	0.73
金属化有機フィルムコンデンサー	21(円)	21(円)	0.93
磁気ヘッド(録画・再生)	346(円)	374(円)	0.78
AV磁気テープ	138(円)	132(円)	0.58
フロッピー・ディスク	15(円)	13(円)	0.17
DSC	16002(円)	13150(円)	0.88

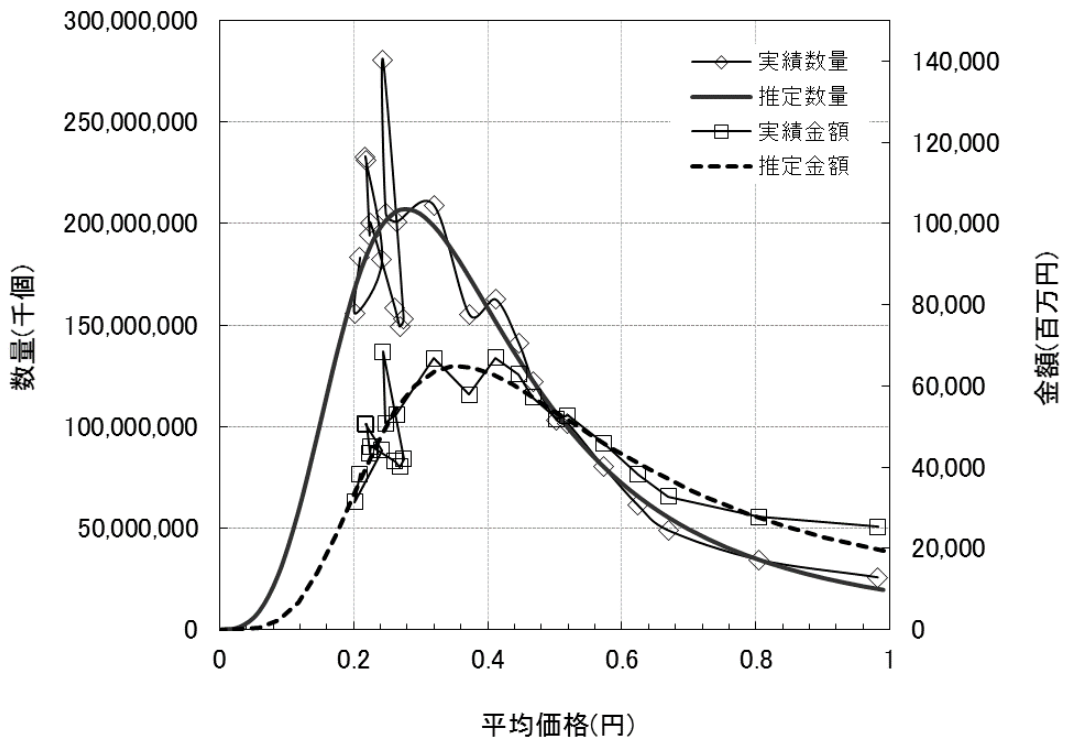


図 44 チップ抵抗の価格 - 販売量推移曲線

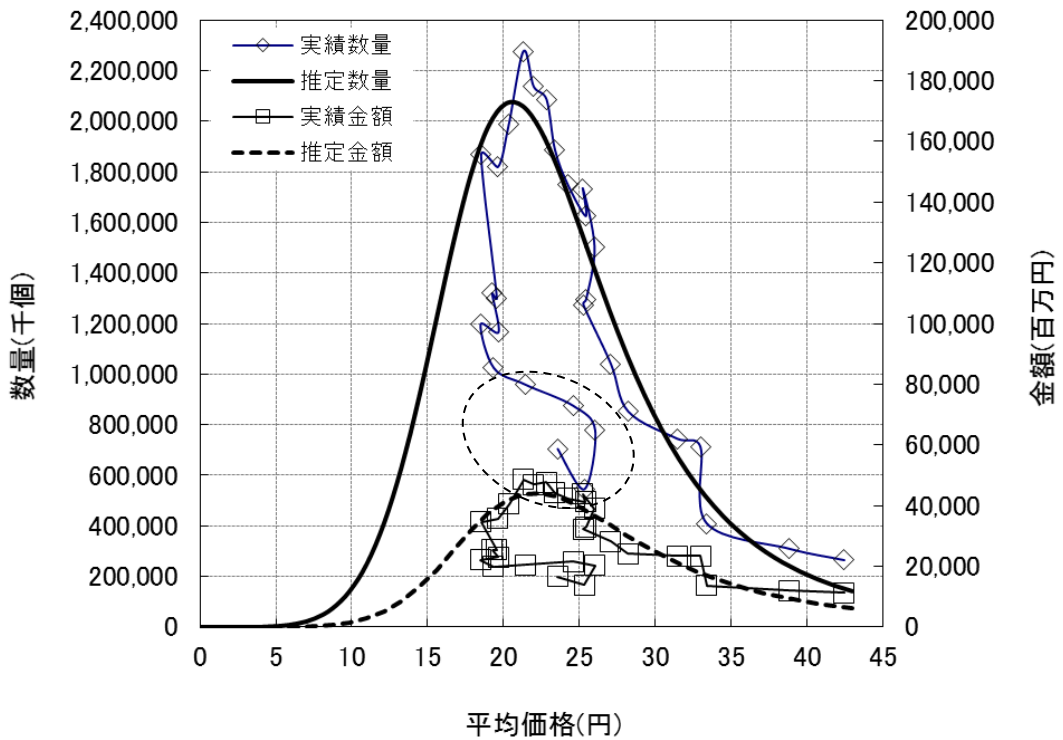


図 45 金属化有機フィルムコンデンサーの価格 - 販売量推移曲線

破線楕円は衰退期における価格上昇期

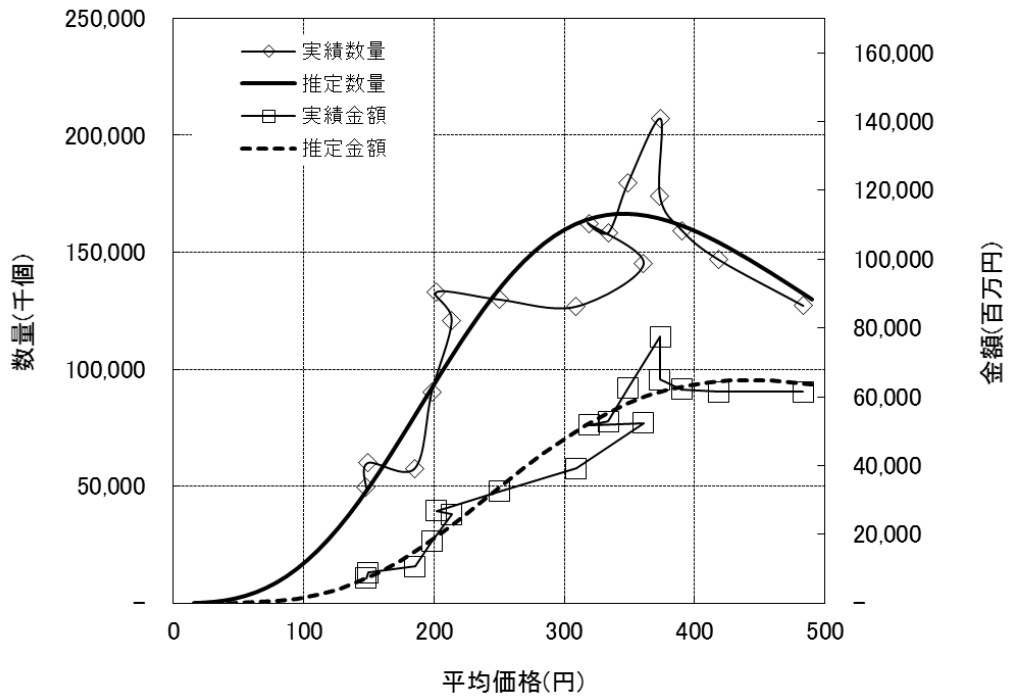


図 46 録画再生磁気ヘッドの価格 - 販売量推移曲線

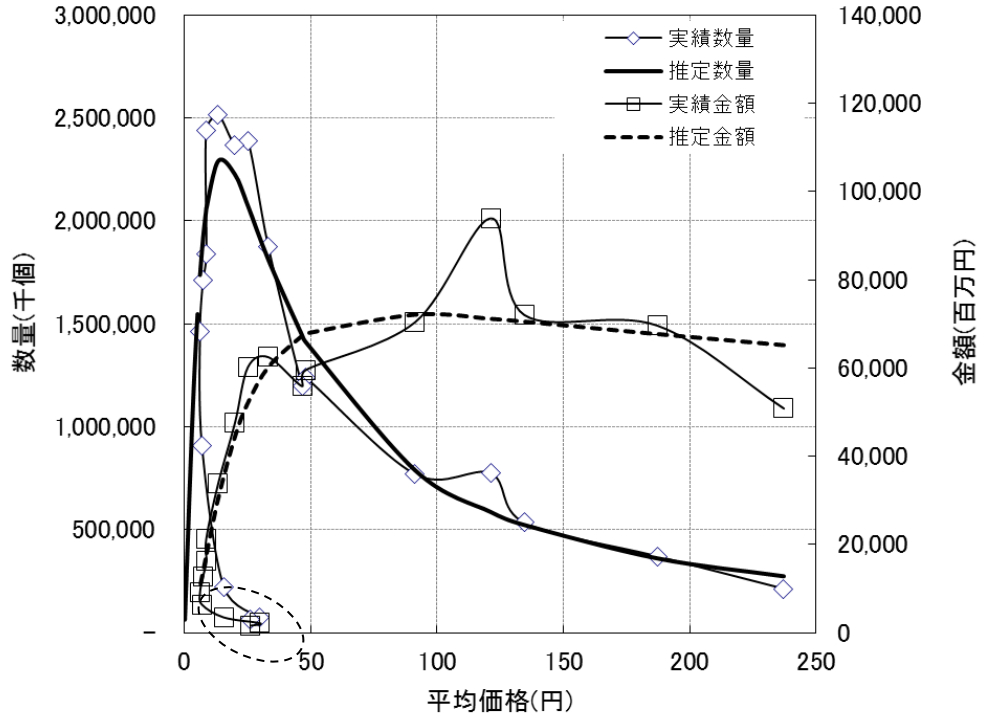


図 47 フロッピー・ディスクの価格 - 販売量推移曲線

破線楕円は衰退期における価格上昇期

に大きい⁷⁰。磁気ヘッドの p/q 比は 0.29 と大きい、それ以外は 0.02 から 0.07 の間の値である。したがって $p+q$ の値の差異はほとんど内的影響に伴う浸透の速さの指標 q の値の差異と見て良い。実際、多くの電子機器メーカーの技術者が新しい電子部品を採用する際、競合他社の電子機器のセット分析で使用実績を知り、採用の検討を始める。

図 44、45、46、47 は、それぞれ国内チップ抵抗器、国内金属化有機フィルムコンデンサー、国内磁気ヘッド、国内フロッピー・ディスクの価格 - 販売数量推移曲線と価格 - 販売金額推移曲線である。なお DSC と磁気テープに関しては、7.2.1 と 7.2.2 で図示する。実データのプロットと価格 - 販売量推移曲線との乖離は、国内金属化有機フィルムコンデンサーと国内フロッピー・ディスクにおける衰退期の価格上昇に伴う乖離を除くと、景気変動や不規則変動等により生じているものと考えられる。

表 15 には、各製品カテゴリーにおける z_{\max_q} の予測値と実績値、さらに推定されたパラメータを用いて算出した θ 値を示している。 z_{\max_q} の予測値と実測値は、四半期次データを用いている DSC を除くと比較的良い精度であるといえる。DSC の販売数量・金額は、ともに第 1 四半期をボトムとし第 4 四半期をピークとする季節性を有している[図 55]。この季節性のため z_{\max_a} や z_{\max_q} の推定誤差が拡大する傾向にある。

6.5 θ 値の評価

θ 値については、フロッピー・ディスクの 0.17 から金属化有機フィルムコンデンサー 0.93 まで広く分布している。 θ 値が 1 に近い金属化有機フィルムコンデンサーの場合、販売金額のピークから販売数量のピークまでの期間が短く、販売金額がピーク・アウトした後すぐに販売数量のピークが訪れる。この場合、販売数量がピーク・アウトを迎えることに対する対応策については、迅速な実行が要求されるだろう。一方、1 に比べ小さいフロッピー・ディスクのような製品カテゴリーは、販売金額のピークから販売数量のピークまでの期間が長いため、数量がピーク・アウトを迎えることに対する対応策の立案と実行に十分な時間が確保でき、さらに本手法により予測した z_{\max_q} や $Q(z_{\max_q})$ を施策立案に有効に活用することが可能である。

ここで、 θ の値にどのパラメータ (g_0 、 $p+q$) が影響しているかを、年次データにより推定した DSC を含む 6 製品カテゴリーのパラメータを用いて、回帰分析により調べた。表

⁷⁰ p/q 比は、チップ抵抗が 0.06、金属化有機フィルムコンデンサーが 0.04、磁気ヘッドが 0.29、オーディオ・ビデオ磁気テープが 0.07、フロッピー・ディスクが 0.02、そして DSC が 0.02 である。磁気ヘッドの場合、導入期から成長期のデータが入手できなかったことから、その期間のデータが推定に使われていないため p/q 比が大きくなったと思われる。[図 46]

表 16 民生エレクトロニクス関連製品における θ 値の重回帰分析結果

	偏回帰係数	P 値	偏回帰係数	P 値	偏回帰係数	P 値
変数名	$p+q$	1.320	0.010	-1.143	0.446	—
	g_0	-3.925	0.001	—	—	-2.967
	定数項	0.780	0.000	0.967	0.058	1.011
修正済決定係数		0.984		0.151		0.851
AIC		-19.516		5.316		-6.446
F 値		153.201		0.713		29.468
サンプル数		6		6		6

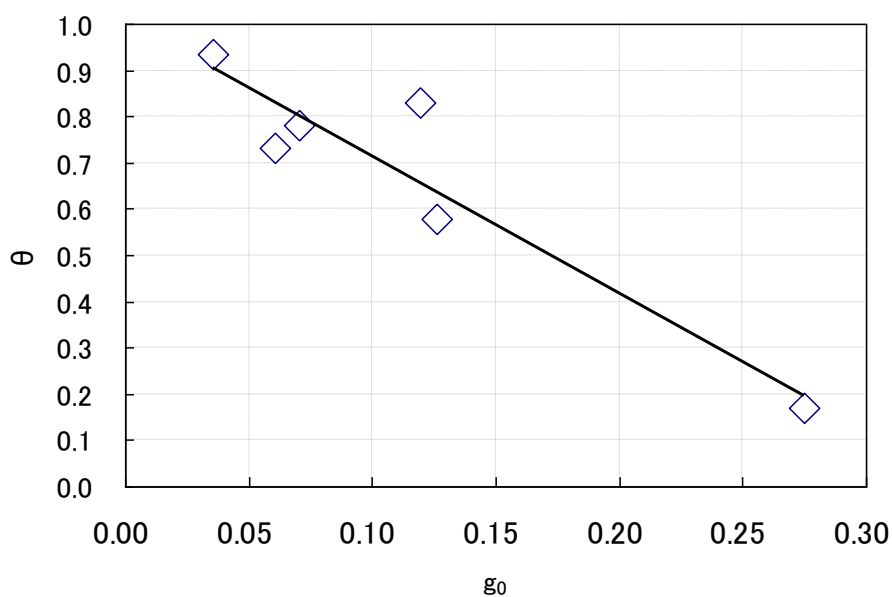


図 48 θ 値と g_0 の関係

16はその結果である。重回帰式においては、 g_0 が1%有意水準で有意であるが、 $p+q$ は g_0 に比べ有意性に劣ることが判明した。つまり販売金額のピークから販売数量のピークまでの期間の長期化に対して、製品カテゴリーの市場への浸透の速さの寄与は小さいといえる。 g_0 と θ の関係においては、単回帰ならびに重回帰においてともに係数が有意に負となり、このことから民生エレクトロニクス関連商品の場合、 θ 値に対して g_0 が強く影響しており、価格下落の速い製品カテゴリーほど、販売金額のピークから販売数量のピークまでの期間が長期化する傾向があることが分かった。

図 48 は、 θ 値と g_0 の関係を散布図にしたものである。 g_0 が 0.05 より小さい製品カテゴリーは、 θ が 0.8 より大きくなり、販売金額のピークから販売数量のピークまでの期間は極めて短いといえる。このような場合に備え、製品ライフ・サイクルの成長期の初期から g_0 を随時観測し、図 48 を用いて θ 値を推定することにより、販売金額のピークから販売数量のピークまでの期間の長さを予測することは極めて重要な作業といえる。このように、事前に

かつ簡易的に販売金額のピークから販売数量のピークまでの期間を推定するツールとして
図 48 を活用するためには、事例を増やし、より一層の精度向上が求められる。

6.6 パラメータ $p+q$ と g_0 の関係

1 期当たりの価格下落率 g_0 の大きさ、つまり値下がりの速さは、まだその電子部品を購入していない企業が採用する際の強い動機付けとなるはずである。一般的に、電子部品を購入する電子機器メーカーには、新しい電子部品を積極的に採用し、新しいより優れた機能を有する電子機器の開発に努める企業と、安くなった部品を採用してコスト競争力のある電子機器の製品化を目指す企業がある。前者は外的影響 p 、後者は内的影響 q に関する企業といえる。

このように考えると、特に内的影響 q は g_0 と深い関係があると思われる。つまり当該電子部品の値下がり速ければ、それに注目し採用する企業が増え、新しい部品採用に対して腰の重い企業も、他社製品のセット分析をすることにより競合他社が続々と採用しているのを知り、採用に踏み切るだろう。

この仮説を検証するために作成した g_0 と $p+q$ の散布図が図 49 である。また、 g_0 と q の散布図が図 50 である。これらの図から、明らかに g_0 と q 、 $p+q$ には正の相関があることが分かる。

そこで q 、 $p+q$ を目的変数、 g_0 を説明変数として回帰モデルを作成し、そのモデルに

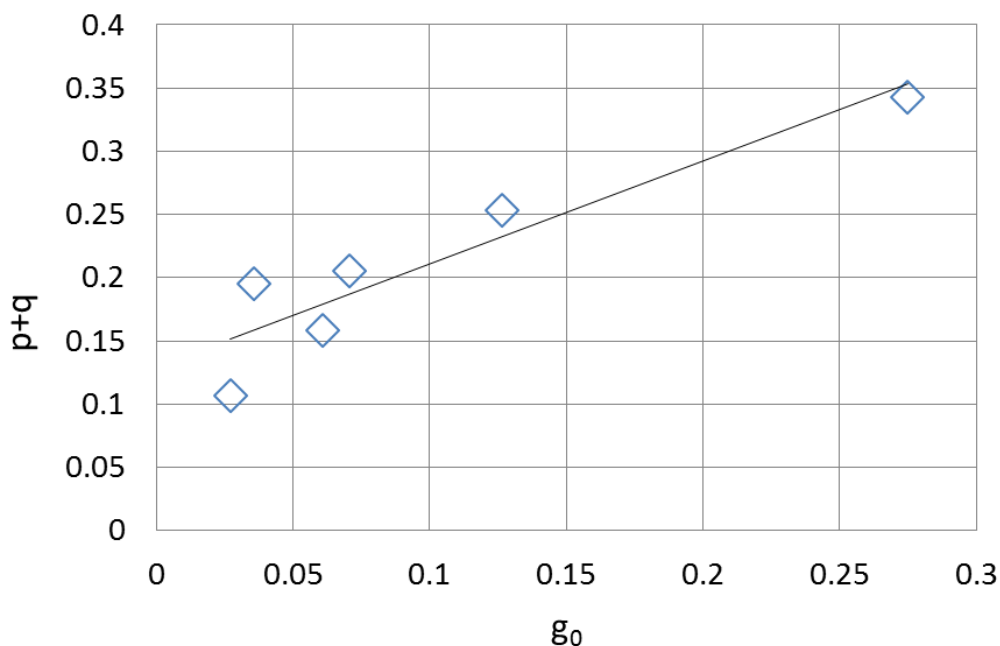


図 49 g_0 と $p+q$ の関係図

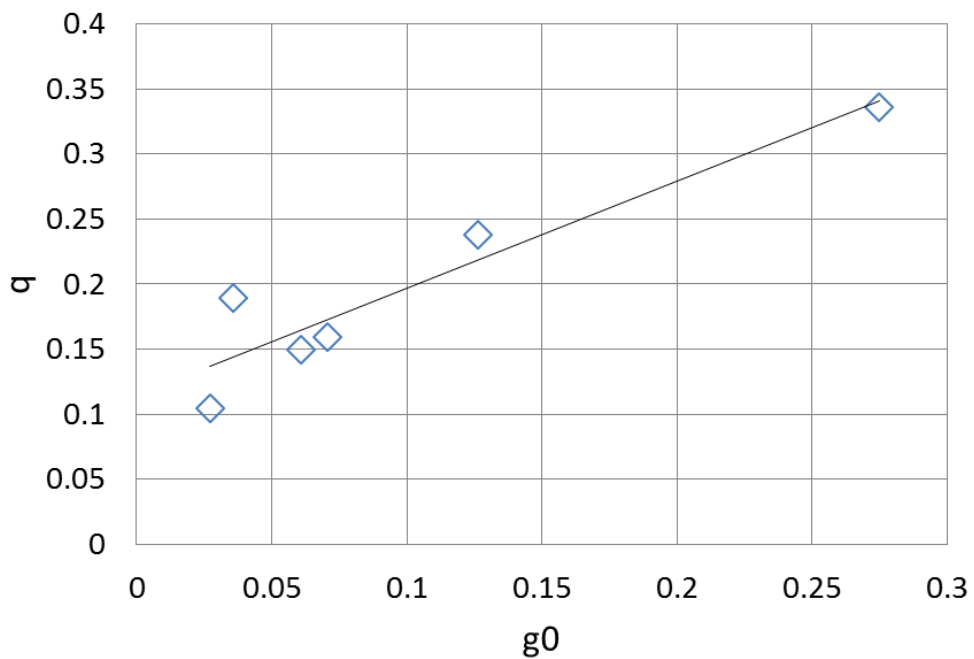


図 50 g_0 と q の関係

表 17 回帰分析結果

項目		p+q	q
切片	係数	0.1296	0.1142
	P値	0.0039	0.0043
g_0	係数	0.8130	0.8240
	P値	0.0080	0.0053
R2		0.8577	0.8837
補正 R2		0.8221	0.8546
サンプル数		6	6

表 18 分散分析表

p+q	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	1	0.028529732	0.02853	24.10387973	0.007989
残差	4	0.004734463	0.001184		
合計	5	0.033264195			
q	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	1	0.029311069	0.029311	30.38195252	0.005286
残差	4	0.003859011	0.000965		
合計	5	0.03317008			

よる予測が役立つか分散分析表を作成し評価した。その結果が表 17 と表 18 である。推定された係数は 1% で有意であり、補正 R^2 もある程度の当てはまりの良さを示唆している。表 18 の分散分析表を見ると、 q 、 $p+q$ ともに有意確率が有意水準 1% より小さいため、モデルが予測に役立つと考えられる。これらの結果から g_0 を説明変数としたモデルを q や $p+q$ の予測に供しても良いと判断した。なお表 18 から、 $p+q$ より q の方が g_0 の説明性が高いことが判明した。これは、内的影響 q は g_0 とより深い関係があるとの予想、つまり

「1 期当たり価格下落率は、模倣的・追従的傾向の電子機器メーカーの購買意欲に強く影響する」

ことが確認されたことになる⁷¹。

以上より、以下の 2 項目が結論付けられる。

1. 1 期当たりの価格下落率 g_0 は、新製品普及の内的影響 q へ寄与する大きな要因である。
2. q や $p+q$ の予測に g_0 を利用できる。

これらの知見は、価格戦略への活用の可能性を示唆するものである。

⁷¹ p/q 比が、磁気ヘッドを除いて 0.02 から 0.07 の間の値であり、 $p \ll q$ であることから、 p の影響が極めて小さい。そのため、分散分析表で $p+q$ に関して良好な評価結果が得られたと考えられる。

7 価格 - 販売量推移曲線モデルの活用法の提案

7.1 価格 - 販売量推移曲線モデルによる製品ライフ・サイクルのステージの識別

7.1.1 従来の製品ライフ・サイクル

製品ライフ・サイクル(以下 PLC)概念の理論的基礎を構築したのは Dean(1950) [70]といわれているが、正確な起源は定かではない。一般的な PLC の推移は、S 字型の成長曲線に従い、この S 字型の曲線がピークを迎えた後その成長は止まり下降し始める [71] [72] [73]。このような PLC は、導入期、成長期、成熟期、衰退期といった、おもに 4 つのステージに識別されると考えられており、各ステージは、以下のように説明されている。

1. 導入期：新製品販売開始直後で認知度が低く、需要量は低いが製品価格は高い。
2. 成長期：製品が市場に認知され需要量は急激に増加する。また市場参加者が増加するため製品価格は下がり始める。
3. 成熟期：需要量は頭打ちとなるものの、市場参加者はさらに増加するため競争が激化し、さらに製品価格は下落する。
4. 衰退期：需要量は減少するため、仕事量確保のため市場参加者は価格をさらに下げたため下落する。収益悪化に伴い市場からの撤退者が発生する。そのため終盤では製品価格はやや上昇する。

しかし各ステージの判定基準が定性的表現なため、今の状況がどのステージにあるのかを(特に成長期の終了時期や成熟期の開始等) 同定するのに苦慮するとともに、断定的な判定が下せない場合も多々あり、自ずと主観的な判定になってしまう。

一般的に PLC の縦軸は、「需要量」で示されている。需要量の推移を見る尺度としては、売上金額、売上数量、生産金額、出荷数量、出荷金額、売上高成長率などが用いられている。このほかにも、輸送機械の場合では年間走行距離や、技術の発展もしくは知識体系 [74] を尺度とした PLC も存在している。しかし、どのような尺度を用いるのが有効であるかに関しては明らかになっていないとともに、統一的な見解も提示されていないのが現状である [75]。

このように PLC は、体系について明確な合意が形成されていなかったために、いくつかの問題点が指摘されてきた [76] [77]。例えば、PLC の各ステージの識別の困難性である。通常は、需要量における成長率の変化、つまり需要量の変曲点によって規定されるものと考えられている。しかし参考文献 [78]によると、PLC 曲線の成長率や、PLC 曲線の 2 次導関数から考える成長の変化率は、各ステージを識別する基準になりえず、典型的な PLC 曲線から、導入・成長・成熟・衰退という 4 ステージを識別する根拠は何も得られないと指摘している。同一製品であれば、誰が分類しても同一のステージに分けることができなく

では、導入・成長・成熟・衰退という PLC の各ステージの分類は、需要の推移を説明する能力を持っていないことになる。

さらに現状では、PLC の縦軸で使われる「需要量」として、金額や数量が恣意的に用いられている。本論文の 6.2 で指摘しているように、エレクトロニクス関連製品では、同一製品でも数量と金額で描いた PLC の形状はかなり違ったものになる。これでは、同一製品でも異なった PLC の判断をしてしまい、製品の事業運営の意思決定を誤ってしまう可能性も出てくる。

従来の PLC の上記課題に対して、本論文で提案する価格 - 販売量推移曲線モデルの活用方法では、次のようなことを目的としている。1 つは、金額と数量の両方の推移に注目することにより、従来の PLC におけるステージ分類の定義とは異なるが、客観的なステージの識別を可能にすることである。さらに、数量と金額両方の価格 - 販売量推移曲線モデルを推定することにより、数量がピークとなる価格や最大販売数量の信頼性の高い予測値を提供することである。これにより事業運営に有効に活用することができるいくつかの有用な情報を得ることが可能となる。

7.1.2 利益を考慮したライフ・サイクルのステージの客観的識別法

図 52 は経済産業省の生産動態統計の中の 35.電子部品、受動部品を構成する「チップ抵抗器」の価格 - 販売量推移曲線である。抵抗器とは、電気回路で一定の電気抵抗を得る目的で使用される受動素子である。その抵抗器の中で小型電子機器の高密度実装用として使われるものが、このチップ抵抗器と呼ばれるものである。汎用電子部品の中でもチップ抵抗器は、製品としての成熟度が高く、世界的視点で見た場合、日本のチップ抵抗器業界のライフ・サイクルのステージは、すでに衰退期に入っていると予想される。

チップ抵抗器は、これまで価格の下落とともに直線的に生産数量を増加させてきた。しかし、平均価格が 0.4 円を切った時点から生産金額は減少に転じ今に至っている。生産金額がピーク・アウトしてから、2000 年の IT バブルに遭遇したため、図 52 でも、6.2.4 で取り上げたバブルの軌跡を、小さいながら確認することができる[図中実線矢印]。しかし、その後の IT 不況期の調整では、平時のデータで推定した価格 - 販売量推移曲線を大きく下回る水準に生産数量・金額ともに落ち込んでいる[図中破線矢印]。これは、6.2.4 の「バブルの視覚化」で事例として挙げた水晶デバイス製品の価格 - 販売量推移曲線との明確な差異である。図 35 を見ると明らかなように、水晶デバイス製品は、価格下落にも関わらず生産金額が増加しており、ライフ・サイクルは現在、成長期にある。つまり成長期にある

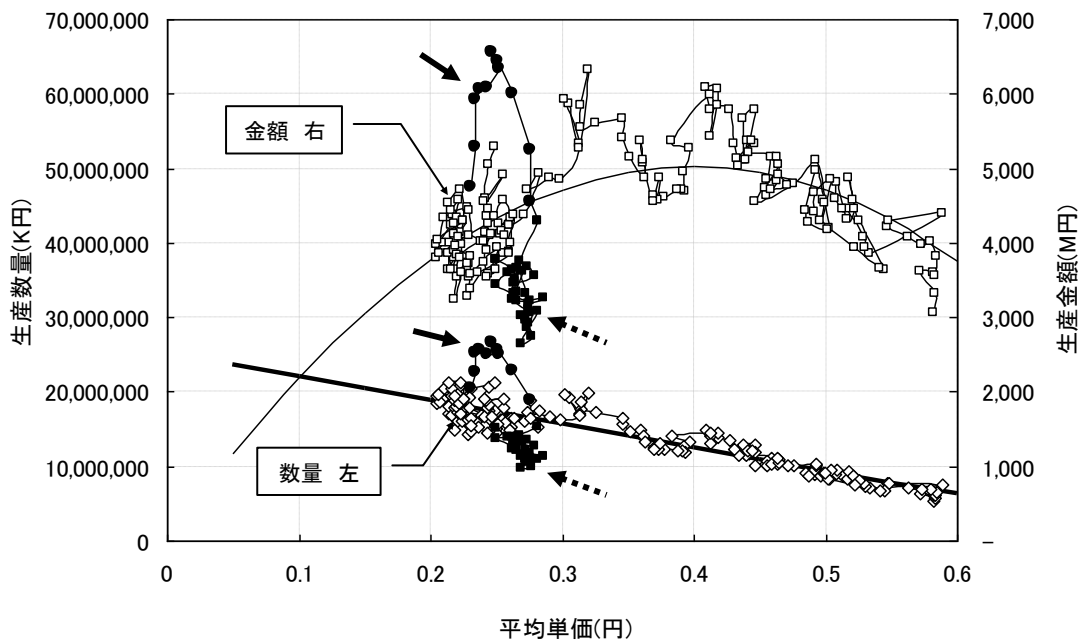


図 51 チップ抵抗の価格 - 販売量散布図

製品はバブル崩壊後の調整が軽微で、衰退期にある製品はバブル崩壊後の調整の規模が大きなものになることを示唆しているものと考えられる。

ライフ・サイクルのステージを同定するための基準を、チップ抵抗器のケースをベースに図にしたものが図 53 である。この図には、これまで述べてきた価格 - 販売数量推移曲線と価格 - 販売金額推移曲線のほかに「価格 - 利益額推移曲線」のグラフが加えてある。これは推定した原価単価を用いて、次の式で散布図を作成し、その散布図から推定することができる。

$$t \text{ 期の利益額} = (t \text{ 期の価格} - \text{原価単価}) \times t \text{ 期の生産数量}$$

そしてライフ・サイクルの各ステージは、次のように定義する。

- ① 導入～成長期は、販売開始から最大利益額の間。
- ② 成熟期は、最大利益額から最大生産額の間。
- ③ 衰退期は、最大生産額がピークを過ぎて以降。

この分類法は、結果的に各ステージが価格帯で区別されることが特徴である。

業界における原価単価の推定には難しさを伴うが、企業内においては、自社製品の現時点の原価単価と原価削減計画等を考慮し理論原価を推定することは可能であろう。また原価単価の推定の際に恣意的な要素が加わるが、客観性を高めるための処方として、「限界利益」の導入が提案できる(限界利益を用いると成長期が長期化し成熟期が短縮化する)。こ

の場合、原価単価は「1個当りの変動費」となる。固定費は各社の事情で差異が大きく、推定誤差が拡大する懸念がある。一方変動費の推定は、原価構成要素がシンプルなため精度の向上が期待できる。

いずれの場合もライフ・サイクルのステージを同定した際に使用した原価単価を明記すれば、同定の判定条件が共有化できるため、だれが同定しても同じ結果を導くことが可能となり、客観性が飛躍的に向上する。

この同定基準で判定すると、チップ抵抗器のライフ・サイクルのステージは、先に予想した通り、明らかに衰退期にあることがわかる。

なお、本識別法の課題としては、推定する原価単価が、時間の経過とともに技術進歩や量産効果で、予想以上に下がる可能性が高い。つまり原価単価は不変的なものではないことである。本方法で同定されたライフ・サイクルのステージは、その時点までに得られたデータによって同定されたものであるから、将来にわたりその判定結果が保証されるものではない。しかし定期的に同定の見直しをかけ、その時点の同定結果と合わせ判定条件も公開することにより、同定結果とその判定条件が共有化されることで、従来のライフ・ステージの同定法に比べ、本方法の客観性は、飛躍的に高められていると考える。なおここで定義した成長期・成熟期・衰退期は、従来の製品ライフ・サイクルにおいて用いられている成長期・成熟期・衰退期の定義と異なることに注意されたい。

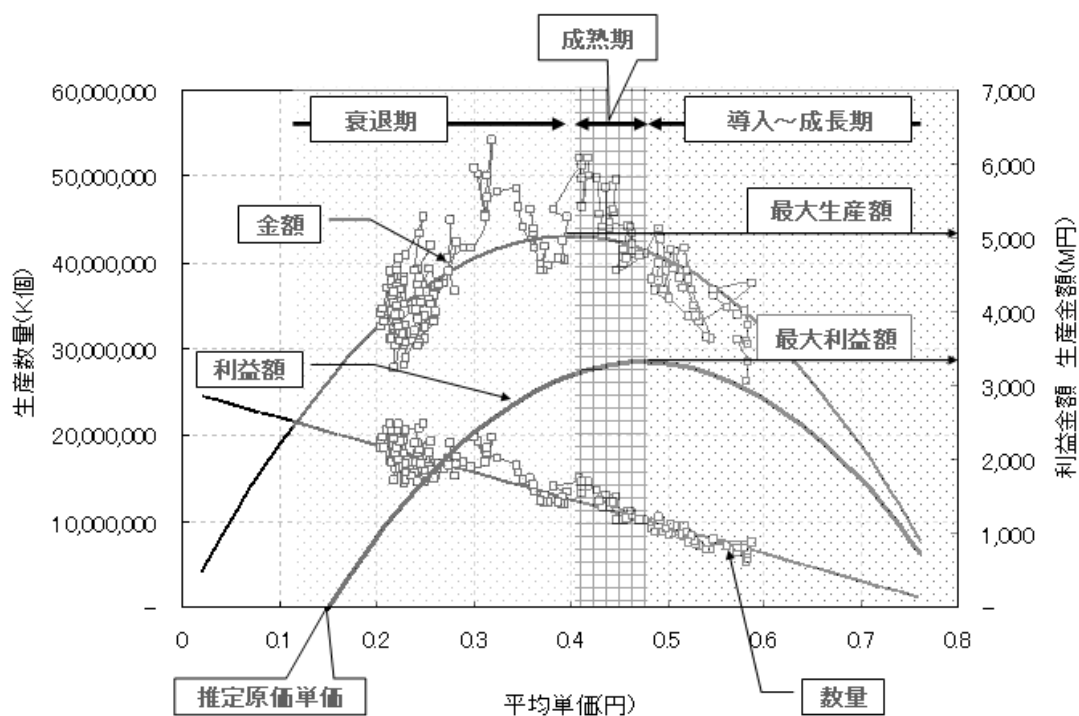


図 52 利益を考慮したライフ・サイクルのステージの同定基準

7.1.3 数量ピークを考慮したライフ・サイクルの客観的識別法

汎用電子部品の場合、金額がピーク・アウトしても数量が増加する。そのため、薄利多売効果で利益の確保が可能のため、金額減少への転換の危機感は比較的小さい。最大の危機は、数量減少への転換である。数量減少への転換は、薄利多売が不可能になる始まりのシグナルとなる。そのため、そのシグナルのとなる数量のピークを考慮したライフ・サイクルのステージの客観的識別法に期待が掛かる。そこで我々は、もう1つ新しいライフ・サイクルのステージの客観的識別法を提案する⁷²。

図 54 は、 $A(z)$ と $Q(z)$ の推移を図にしたものである。この図から $A(z)$ と $Q(z)$ 、両者の推移の特徴的な局面が3つに分類できることに気づく。

- 1) 金額・数量増加過程、
- 2) 金額減少・数量増加過程、
- 3) 金額・数量減少過程

本論文では、市場導入時の価格から販売金額が最大となる価格 z_{\max_a} までを成長期、 z_{\max_a} から販売数量が最大となる価格 z_{\max_q} までを成熟期、 z_{\max_q} にて販売数量がピーク・アウトし減少し続ける過程を衰退期と呼ぶことにする。

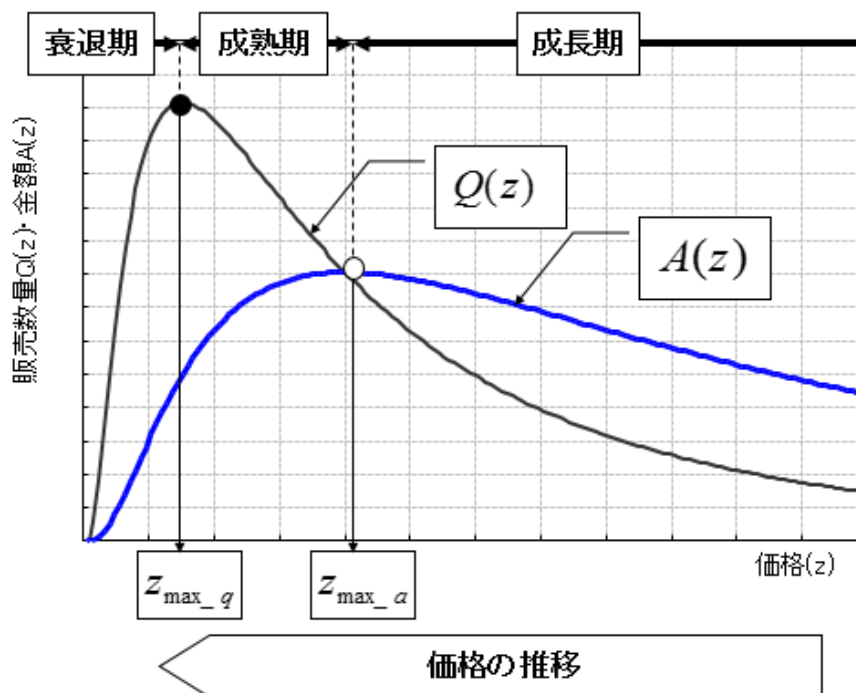


図 53 数量のピークを考慮したライフ・サイクルのステージの分類

⁷² なおここで定義する成長期・成熟期・衰退期も、従来の製品ライフ・サイクルにおいて用いられている成長期・成熟期・衰退期と異なることに注意されたい。

この分類法でも、重大な経営判断を迫られる販売数量のピーク・アウトが、その製品の衰退期突入のタイミングとなっており、従来のライフ・サイクル論の識別の曖昧さは解消されている。この分類法では、すべて価格をマイルストーンとして定量的に分類できるのが特徴である。また原価の予測も必要なく比較的簡便な方法である。

また、この分類法と、本章で提案する価格 - 販売量推移曲線モデルによる最大販売数量価格 $z_{\max,q}$ 、最大販売数量 $Q(z_{\max,q})$ や θ 値の予測法を組み合わせ、製品の事業運営に活用することで、より有効な意思決定が可能になると考える。

7.2 販売金額ピークから販売数量ピークまでの長さで最大販売数量の予測

6.3 で θ と $Q(z_{\max,q})$ を導入し、6.5 で θ の活用法を提案した。本節では、具体的事例として DSC と国内磁気テープを取り上げ out-of-sample により予測パフォーマンスの評価と予測結果を用いた考察を行う。

7.2.1 DSC による out-of-sample 予測のパフォーマンス評価と考察

本項では、価格 - 販売量推移曲線モデルを現在成熟期にある DSC [68] に適用する。モデルの推定は、2000 年第 1 四半期から 2011 年第 2 四半期までの 46 期の四半期データのうち、当時、販売金額⁷³のピーク・アウトが推定できたと思われる 2008 年第 4 四半期までの 36 期のデータを用いて行った。まず価格のトレンド成分の推移を与える(30)式の z_0 と g_0 を推定した。次に、この z_0 と g_0 を代入した(33)式を、同じ期間の実データに適用しパラメータ m 、 p 、 q を推定した。その推定には最適化手法(ソルバー)を用い、6.4 と同様の方法でパラメータを推定した⁷⁴。

表 19 が、その推定結果である。価格変動モデル推定の R^2 値は 0.979 であり、指数関数への当てはまりは良いといえる。またパラメータ m 、 p 、 q 推定の R^2 値は 0.917 であった。

図 55 は、価格 - 販売金額推移曲線と実データによる散布図、および価格 - 販売数量推移曲線と実績値の散布図である。価格 - 販売金額推移曲線と実データによる散布図は、ともに推定に使用した期間の実データと残りの期間の実データを区別できるように表示を変えている。価格 - 販売数量推移曲線は、価格 - 販売金額推移曲線で推定した表 19 のパラメ

⁷³ カメラ映像機器工業会(CIPA)の統計では、DSCの生産台数・金額および出荷台数・金額が公開されている。本稿では出荷台数・金額データを用い、用語の統一を目的に、これを販売数量・金額と表記している。

⁷⁴ 本論文では、(31)式や(33)式において $p+q=\alpha$ 、 $q/p=\beta$ とすることにより、 α 、 β 、 m をパラメータとする式に変換してソルバーを適用している。推定された α と β から $p=\alpha/(1+\beta)$ 、 $q=\alpha\cdot\beta/(1+\beta)$ を用いて p と q を算出している。

ータを、(32)式に代入して推定した。2000年第1四半期から2011年第2四半期までの全期間のデータでは、価格 - 販売金額推移曲線モデルの R^2 値が 0.839、価格 - 販売数量推移曲線モデルでは 0.894 であり、ともに実績値と推定値が良くフィットしているといえる。

DSC の場合、季節性のため z_{\max_a} や z_{\max_q} の推定誤差が拡大する傾向にある。実際、価格 - 販売金額推移曲線の場合は、 z_{\max_a} の推定値:18.0 千円に対して、最大販売金額を記録したのは2007年第4四半期の価格 20.0 千円[図 55 図中矢印]となっている[表 20]。一方 z_{\max_q} の場合は、推定値は 15.7 千円であるが、図 55 の実績値の価格 - 販売数量散布図では、数量がピーク・アウトしつつある推移を示しており、2010年第4四半期の 13.2 千円、34.86 百万台が実績値の最大値[図 55 図中矢印]となる可能性が高い[表 20]。この結果から、DSC

表 19 DSC のパラメータ推定結果

価格変動モデル		価格-販売金額推移曲線モデル	
z_0	43.4	m	6.6×10^{11}
g_0	0.0255	p	0.00187
データ数	36	q	0.09726
R^2	0.979	データ数	36
		R^2	0.917

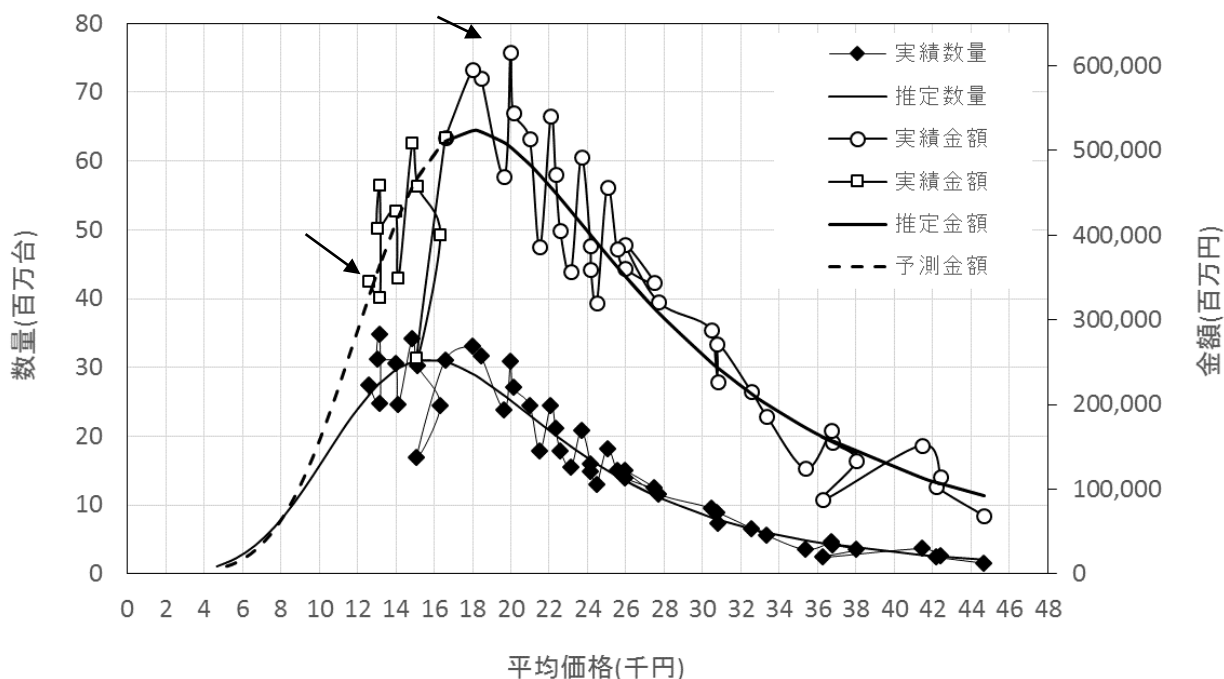


図 54 DSC の価格 - 販売金額および価格 - 販売数量推移曲線

表 20 θ 値および最大販売数量と最大販売数量・金額における価格

	単位	推定値	推定値 +1 σ	推定値 +2 σ	推定値 +3 σ	実績値
θ	-	0.873	-	-	-	-
$z_{\max,q}$	千円	15.7	-	-	-	(13.2)
$z_{\max,a}$	千円	18.0	-	-	-	20.0
最大販売数量	百万台	31.17	33.28	35.39	37.49	(34.86)

()はピーク・アウト後のデータが少ないため暫定値とした。

は今後販売数量の減少が予想される。これは、近年における、DSC 機能の高性能化した携帯電話やスマートフォンの著しい成長が影響しているものと考えられる。

最大販売数量 $Q(z_{\max,q})$ は、予測値 31.17(百万台)に対して実績値 34.86(百万台)で予測誤差が大きい。この誤差も、実データに景気変動、季節変動、不規則変動等が含まれていることが原因である。これを予測に反映する策として考えられるのが、モデルの推定期間における販売数量の実績値と予測値の誤差の標準偏差 σ の活用である。モデルの推定には、最小 2 乗法を用いているため、ピークの近傍において実データの最大販売数量は、推定値のそれより大きくなる。そこで推定値にそれぞれ 1 σ 、2 σ 、3 σ を加算した値を実績値と比較してみた[表 20]。その結果、推定値+2 σ の値が 35.39(百万台)であり、実績値 34.86(百万台)により近い値となっている。

DSC の θ 値は、0.873 であり比較的 1 に近い値である[表 20]。このような場合成熟期が短いため、数量がピーク・アウトを迎えることに対する対応策については、迅速な決断と実行が要求される。

7.2.2 国内磁気テープによる out-of-sample 予測のパフォーマンス評価と考察

磁気テープによる評価には、1981 年から 2009 年までの年次データ(29 期)を用いた [48]。なお価格 - 販売金額推移曲線モデルの推定には、1981 年から 1987 年までの 7 期のデータを用いている。販売金額の実績値が、1985 年をピークに 2 年連続して減少⁷⁵していることから、景気後退や不規則変動のような一時的な現象ではなく、トレンドの転換に伴うピーク・アウトと判断することが、1987 年当時可能であった。またサンプル数的にもモデルによる推定の成否評価が可能であった。DSC と同様に、価格変動モデルのパラメータ(z_0 、 g_0) も同じ期間で推定し、これを確定値として使い、ソルバーにより(33)式を推定した。

⁷⁵ 近年の短期景気循環は 2 年周期 [47] [46]のため、2 年連続で下降していればトレンドが転換している場合が多い。

それらのパラメータの推定結果と、推定した価格変動モデルおよび価格 - 販売金額推移曲線モデルの R^2 値を表 21 に示す。また図 56 には価格 - 販売金額推移曲線と価格 - 販売数量推移曲線の推定値と実績値の散布図を示している。

国内磁気テープは、衰退期に入ることにより撤退企業の増加が顕著となった 1998 年以降、平均単価が上昇している[図 56 図中破線丸]。この上昇した期間を除いた 1981 年から 1998 までの期間(18 期)に注目すると、価格 - 販売金額推移曲線($R^2=0.955$)、価格 - 販売数量推移曲線($R^2=0.948$)ともに、推定値と実データの推移が良好な適合性を示している。

ただし図 56[図中 1 点破線丸]の価格 - 販売数量推移曲線においては、 z_{\max_q} 付近で実データが突出しており推定値の誤差が大きい。この突出は 1989 年から 1992 年の期間に当たる。この時期は平成バブルの好景気にあり、特に 1990 年はその頂点にあった。そのため、

表 21 国内磁気テープのパラメータ推定結果

価格変動モデル		価格-販売金額推移曲線モデル	
z_0	610.5	m	2.35×10^6
g_0	0.157	p	0.0149
データ数	7	q	0.2856
R^2	0.964	データ数	7
		R^2	0.701

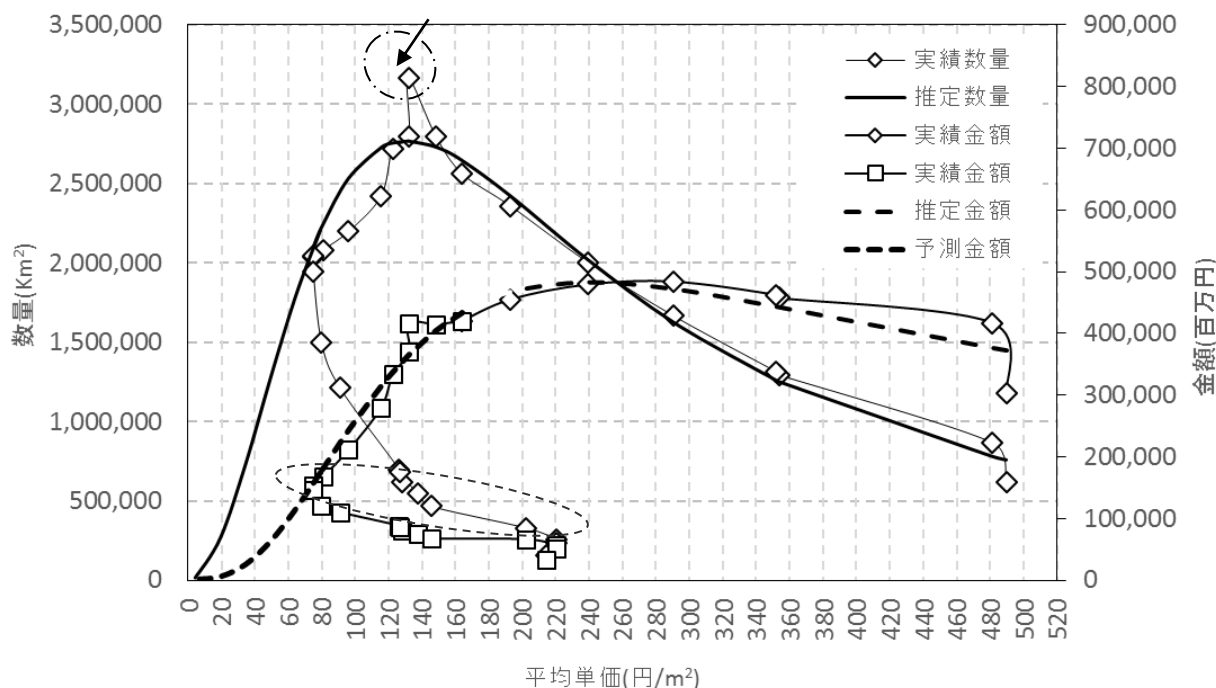


図 55 国内磁気テープの価格 - 販売金額および価格 - 販売数量推移曲線

表 22 θ 値と最大販売数量および最大販売数量・金額における価格

	単位	推定値	推定値 +1 σ	推定値 +2 σ	推定値 +3 σ	実績値
θ	-	0.556	-	-	-	-
$z_{\max,q}$	円	132	-	-	-	132
$z_{\max,a}$	円	238	-	-	-	291
最大販売数量	Km2	2.79×10^6	2.87×10^6	2.95×10^6	3.04×10^6	3.16×10^6

販売数量が過剰に上振れしたのが原因であり外れ値と考えられる。しかし、実績値、推定値ともに、ほぼ 1990 年頃の値が最大販売数量 $Q(z_{\max,q})$ [図 56 図中矢印] になっており、価格 - 販売数量推移曲線における推定値の推移は、実績値における販売数量の増減の方向性とほぼ一致している。

表 22 には、最大販売数量の予測値、予測値+ σ (なお σ は、1981 年から 1987 年までの 7 期のデータの実績値と推定値の誤差から算出)、予測値+2 σ 、予測値+3 σ および実績値を比較している。誤差を反映することで予測値はより実績値に近い値になっている。本項の結果と前項の DSC の結果とを合わせて考察すると、予測値として推定値+2 σ に注目することは有効なことと考えられる。

1988-89 年当時、バブル景気に伴う仮需による数量の急激な伸びが、その後も継続すると誤った判断を下し、生産能力増強投資を行った企業もあったかもしれない。実際には、1990 年に平均単価 132 円でピーク ($3.16 \times 10^6 \text{Km}^2$) [図 56 図中矢印] に達し、その後減少に転じ急激に減少した。そのため、そのような企業は大きな損失を被った可能性がある。もし金額のピーク・アウトが確認された 1987 年に、本モデルを用いて予測していたとすれば、3 年前に数量ピークが平均価格:132 円、 $Q(z_{\max,q})$: $2.79 \times 10^6 \text{Km}^2$ (推定値+2 σ の場合は $2.95 \times 10^6 \text{Km}^2$) と予測されていたことになる。このように本モデルは、製品の事業運営に有効に活用できる可能性を秘めている。

7.2.3 価格 - 販売量推移曲線モデルと Bass モデルによる最大販売数量予測と考察

6.4 では in sample により、7.2.2 では out of sample により価格 - 販売量推移曲線モデルと実データの比較評価を行った。本節では、本モデルと Bass モデルを用いて out of sample により最大販売数量 $Q(z_{\max,q})$ を予測し、両者の予測パフォーマンスの比較評価を行う。

比較は、チップ抵抗器、金属化有機フィルムコンデンサー、磁気テープ、フロッピー・ディスク、DSC で行った。磁気ヘッドは、成長期にあたる期間のデータが少なく予測が困難と判断し除外した [図 46 参照]。

ここでは、実データにおいて $Q(z_{\max_q})$ を記録した期の 2 年前までのデータを用い、モデルを推定し、それぞれ $Q(z_{\max_q})$ の予測を行った。なお両モデルの推定には、ソルバーを用いている。価格 - 販売数量推移曲線モデルの予測は、6.4 や 7.2 と同じ手順で行っている。

一方 Bass モデルは、Bass 基本モデル(31)式を、脚注 67 の方法で変換し、 t 期の販売数量の実績値 S_t と、 t を(31)式に代入して算出した計算値 $\hat{S}(t)$ との差の 2 乗値 $(S_t - \hat{S}(t))^2$ の総和が最小になるようにパラメータを推定した。

各製品カテゴリーにおける各モデルの推定結果と、それらのモデルにより予測した $Q(z_{\max_q})$ と z_{\max_q} を表 23 に示す。各製品カテゴリーの表には、実績値も載せている。なおチップ抵抗と磁気テープは、販売数量のピークが、それぞれ IT バブルと平成バブルの好景気の時期にあたり、外れ値とみなせるほど突出しているため[図 44、56]、ピークの年の前後を含めて 3 年間の平均値も載せている。また、DSC は四半期データであり季節性の影響が最大販売数量に反映されているため、最大販売数量を記録した四半期を含む 2010 年度で平均した四半期販売数量も載せている。これらは、表 23 の実績値の欄に括弧で括り示した。

チップ抵抗器、磁気テープ、フロッピー・ディスク、DSC に関しては、Bass モデルに対して価格 - 販売量推移曲線モデルの方が、予測パフォーマンスが優れていることが分かる。例えば、チップ抵抗器では、Bass モデルが予測する最大販売数量は実績値の 1.4 倍、磁気テープの場合は 28.8 倍、フロッピー・ディスクの場合は 123.6 倍、DSC の場合も 2.4 倍と、極めて大きな値となっている。このようにベル型曲線を描くデータにおいて、ピークを超える前にモデルを適用した場合、販売数量を過大に予測する傾向があり、実務でこの方法を用いることは極めて危険である。

これに対して価格 - 販売量推移曲線モデルの予測誤差は、チップ抵抗器では実績値の -2.7%、磁気テープの場合は -5.2%、フロッピー・ディスクの場合は -8.5%、DSC の場合も +2.4% であり、予測パフォーマンスは比較的良好である。また価格 - 販売量推移曲線モデルでは、 z_{\max_q} も同時に予測でき、その予測パフォーマンスも良好といえる。

一方、 θ 値が 0.93 であり z_{\max_a} と z_{\max_q} が極めて接近しており、成熟期が短い金属化有機フィルムコンデンサーの場合では、逆に Bass モデルの予測パフォーマンスの方が優れている。Bass モデルが予測する $Q(z_{\max_q})$ が実績値の約 -7.8% に対して、価格 - 販売量推移曲線モデルでは実績値の 9.8 倍と予測パフォーマンスが極めて悪い。金属化有機フィルムコンデンサーの場合、モデル推定の時点で $A(z)$ がピーク・アウトしていないことが、価格 - 販売量推移曲線モデルの予測パフォーマンスを悪くしている最大の要因である。しかし

表 23 各製品カテゴリーの最大販売数量と $P_{\max,q}$ の予測結果の比較

チップ抵抗

モデル推定期間		1986年～1998年(ピーク:2000年)		
	単位	Bassモデル	価格-販売数量推移曲線モデル	実績値
p		0.00486	0.00865	
q		0.19237	0.16816	
m		1,200,092,775,143	514,966,547	
データ数		13	13	
r^2		0.96	0.98	
$Q(z_{\max,q})$	千個	294,791,766	207,120,906	280,534,036(212,864,993†)
$z_{\max,q}$	円	-	0.278	0.244

†ピークの年2000年と前年, 次年の3年間の平均

金属化有機フィルムコンデンサー

モデル推定期間		1986年～1998年(ピーク:2000年)		
	単位	Bassモデル	価格-販売数量推移曲線モデル	実績値
p		0.00745	0.000506	
q		0.18787	0.128727	
m		5,563,169,891	1,361,652,448	
データ数		15	15	
r^2		0.97	0.95	
$Q(z_{\max,q})$	千個	2,098,520	22,360,610	2,277,238
$z_{\max,q}$	円	-	8.2	21.3

磁気テープ

モデル推定期間		1986年～1998年(ピーク:2000年)		
	単位	Bassモデル	価格-販売数量推移曲線モデル	実績値
p		0.00035	0.01494	
q		0.1919	0.28564	
m		5,009,277,514,369	2,343,067	
データ数		8	8	
r^2		0.96	0.99	
$Q(z_{\max,q})$	千個	83,692,586	2,768,717	3,163,243(2,919,567†)
$z_{\max,q}$	円	-	131	132

†ピークの年1990年と前後1年の3年間の平均

フロッピー・ディスク

モデル推定期間		1986年～1998年(ピーク:2000年)		
	単位	Bassモデル	価格-販売数量推移曲線モデル	実績値
p		0.000044	0.007574	
q		0.28381	0.335797	
m		100,009,277,514,368	3,460,986	
データ数		9	9	
r^2		0.97	0.95	
$Q(z_{\max,q})$	千個	309,179,015	2,301,010	2,514,187
$z_{\max,q}$	円	-	15	13.5

DSC

モデル推定期間		1986年～1998年(ピーク:2000年)		
	単位	Bassモデル	価格-販売数量推移曲線モデル	実績値
p		0.00088	0.00187	
q		0.06595	0.09726	
m		5,009,277,514,600	660,927,751,461	
データ数		36	36	
r^2		0.94	0.96	
$Q(z_{\max,q})$	千個	74,329,632	31,172,289	24,856,857(30,388,945†)
$z_{\max,q}$	千円	-	15.7	13.2

†ピークのある2010年度の四半期の平均

同様の条件にある Bass モデルでは、 $Q(z_{\max,q})$ に関して良好な予測パフォーマンスを示している。これは、推定期間のデータ数が 15 個と比較的多く、その推定期間に大きな不規則変動が無く、さらに販売数量がゆっくりと増加し、その過程で比較的明瞭な変曲点を形成していることが、その要因と考えられる。

これらの結果から、 θ 値が 1 に比べ小さく、ある程度の長さを有す成熟期を形成する製品カテゴリーの場合は、本論文で提案する価格 - 販売量推移曲線モデルは、極めて有効であると考えられる。一方、金属化有機フィルムコンデンサーのように θ 値が 1 に極めて近く、ほとんど成熟期を形成しない製品カテゴリーの場合は、価格 - 販売量推移曲線モデルだけに頼ることは極めて危険であるといえる。実務において、このようなケースに対処する方法として、

- ① g_0 が 0.05 より小さい製品は、金額と数量のピークが同時に来ることへの事前の準備
 - ② Bass モデルやほかの普及モデルの併用による最大販売数量予測の実施
- 等が提案できる。

7.3 パラメータ $p+q$ と g_0 の関係を活用した価格戦略

6.6 において、次の 2 項目の知見を得た。

1. 1 期当たりの価格下落率 g_0 は、新製品普及の内的影響 q へ影響する大きな要因である。
2. q や $p+q$ の予測に、 g_0 を利用できる。

本節では、これらの知見の価格戦略創出への活用を試みる。

6.6 の議論から、 $p+q$ と g_0 の間に、近似的に下式が成り立つと考えられる。なお c_1 と c_2 は定数である。

$$p+q \cong c_1 g_0 + c_2 \quad (36)$$

(36)式を(33)式に代入して整理すると(37)式を得る。

$$A(z) = \frac{m(c_1 g_0 + c_2)^2 z_0^{c_1+c_2/g_0} z^{1+c_1+c_2/g_0}}{\left\{ z_0^{c_1+c_2/g_0} + \left(\frac{q}{p} \right) z^{c_1+c_2/g_0} \right\}^2} \quad (37)$$

図 42 に示したように、(33)式において g_0 を単独で変化させた場合、 g_0 の増大は、価格 - 販売金額推移曲線の立ち上がりを低価格側にシフトさせると同時に、最大販売金額の減少をもたらす。これは値下げスピードの増大が、当該製品のリリースから最大販売数量価

格 z_{\max_q} までの生涯販売金額⁷⁶の減少を示唆するものである。しかし実際には、 g_0 の増大に伴う $p+q$ の増大の効果がある。そこで、価格が 70K 円から 1 期当たりの値下げ率 g_0 で下落するように価格を設定し、(37)式を用いて、その価格に対する $A(z)$ を算出しグラフ化した。それが図 56 である。同様にして $Q(z)$ を推移をグラフ化したものが図 58 である。

価格 - 販売金額推移曲線は、 g_0 が大きいほど曲線の立ち上がりが低価格側へシフトし最大販売金額も減少している。図 42 と比較して、 g_0 の増大に伴う最大販売金額の減少が小さい。そこで生涯販売金額(脚注 76)を調べた。その結果を図 57 に示す。生涯販売金額は g_0 の増大に対してほぼ横ばいで推移している。

一方価格 - 販売数量推移曲線の挙動の場合[図 58]、 g_0 の増加に伴う曲線の立ち上がりは低価格側へシフトするものの最大販売数量は増加する。 g_0 の増大に伴う生涯販売数量も、図 59 に示すように増加する。これは、 g_0 の増大による価格下落による売上金額減少を、 $p+q$ の増大による数量増加効果で相殺していると考えられることができる。

外的影響 p は、その電子部品を使っていない企業が、部品メーカーのプロモーション等の外的要因に影響されて利用を開始する見込みであり、内的影響 q は、すでにその製品を使っている他社の影響を受けて利用を開始する見込みと考えることができる。この視点で見直すと、値下がりが多いという情報が、電子部品メーカーのプロモーション活動等を通して広がり、採用する電子機器メーカーが増え、さらに採用した競合他社の電子機器製品のセット分析等を通して採用企業の増加を知り、採用を決定する電子機器メーカーが加速的に増えることが q の上昇につながっていると考えられる。これは、価格下落率が多いという情報が、模倣的・追従的電子機器メーカーの採用の決定に強く影響していることを意味するものである。

図 60 と図 61 は、図 56 と図 58 で得られた価格 - 販売量推移曲線を時間 - 販売量推移曲線に変換したものである。時間軸で見た場合、数量、金額ともに g_0 の増加に伴い曲線の立ち上がりが早まる。しかし金額の場合、最大販売金額の値が、 g_0 の増加に伴い減少する。一方数量の場合は、 g_0 の増加に伴い最大販売数量が増加する。この時間 - 販売数量推移曲線の挙動は、Bass 等の一般化 Bass モデルの論文 [79] で報告している、値下げの販売量への効果とほぼ同じである。この Bass 等の研究では明確にされていないが、普及曲線も

⁷⁶ 生涯販売金額とは、製品をリリースしてから z_{\max_q} までの総販売金額。 t 期の価格を z_t とし、価格が $z_t = z_{t-1} \exp(-g_0)$ に従って $z_0, z_1, z_2, \dots, z_t$ と推移すると仮定し、生涯販売金額はそれらの価格での販売金額の合計 $\sum_{t=0}^T A(z_t)$ で算出する。なお T は、 z_{\max_q} となる期。

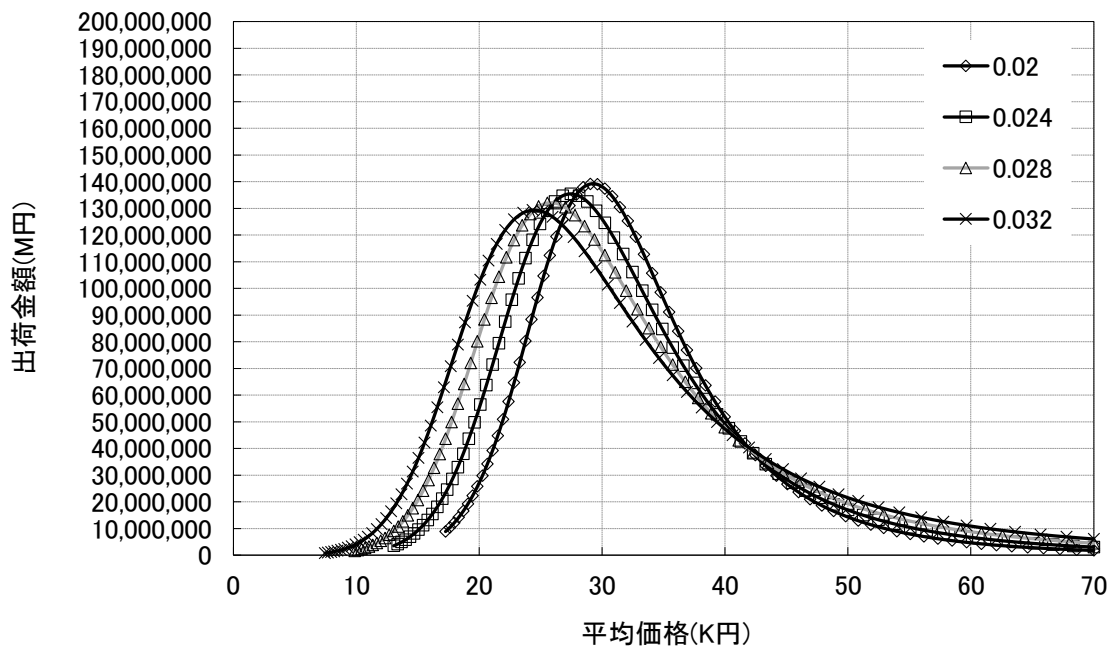


図 56 g_0 の変化に伴う価格 - 販売金額推移曲線の挙動
 ($q/p=27.5, m=2.5 \times 10^{10}, z_0=44.4, A=0.8130, B=0.1298$)

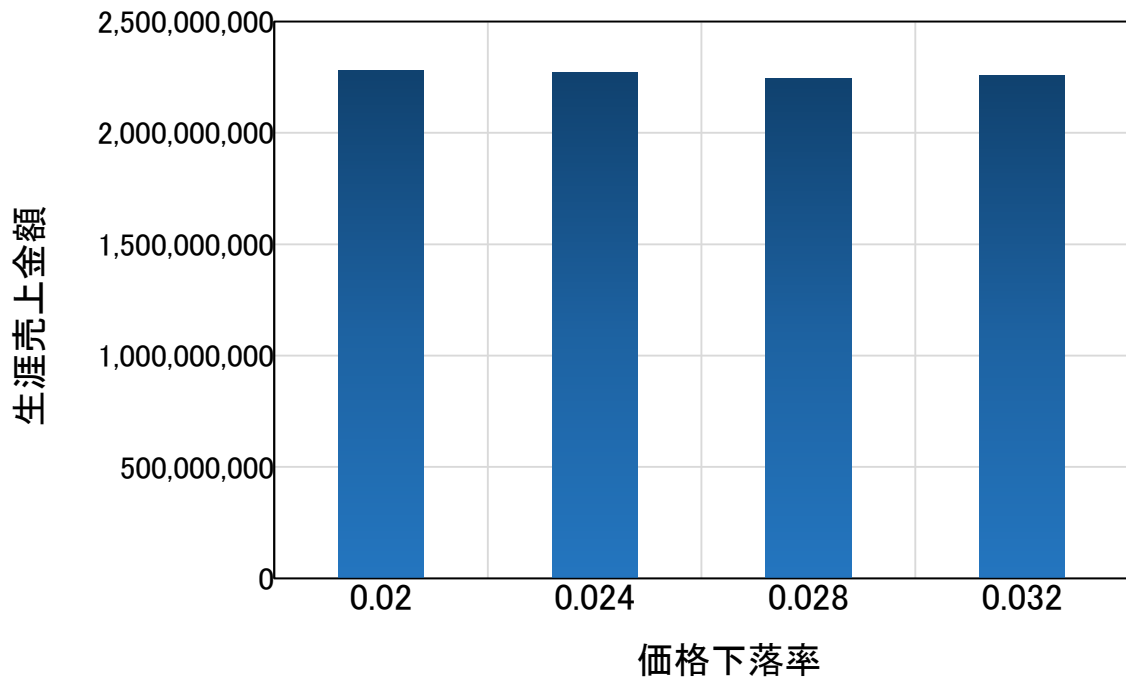


図 57 g_0 の変化に伴う生涯販売金額の変化

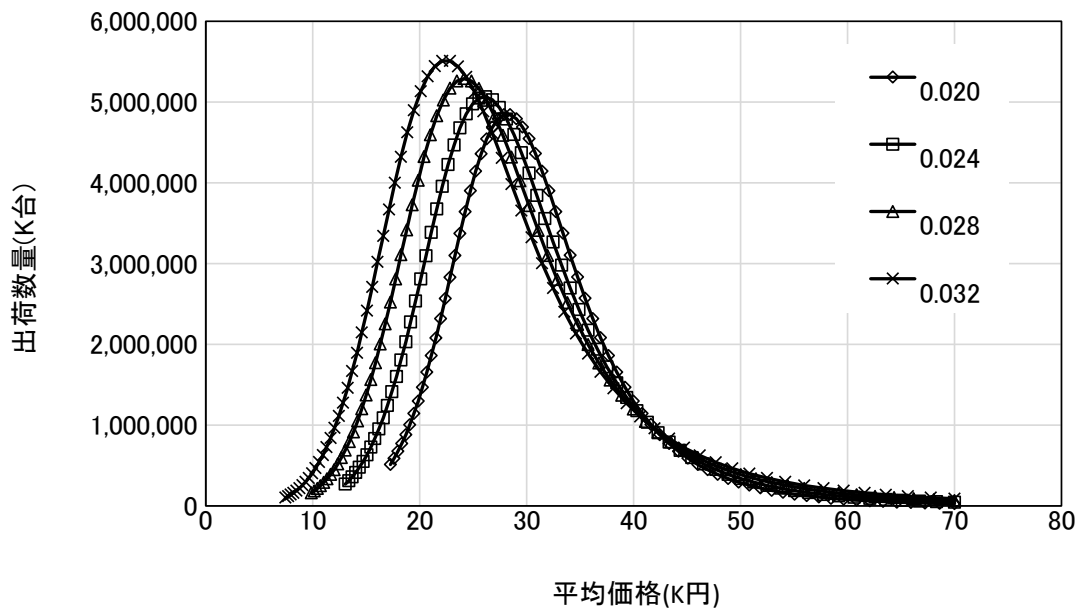


図 58 g_0 の変化に伴う価格 - 販売数量推移曲線の挙動

($q/p=27.5, m=2.5 \times 10^{10}, z_0=44.4, A=0.8130, B=0.1298$)

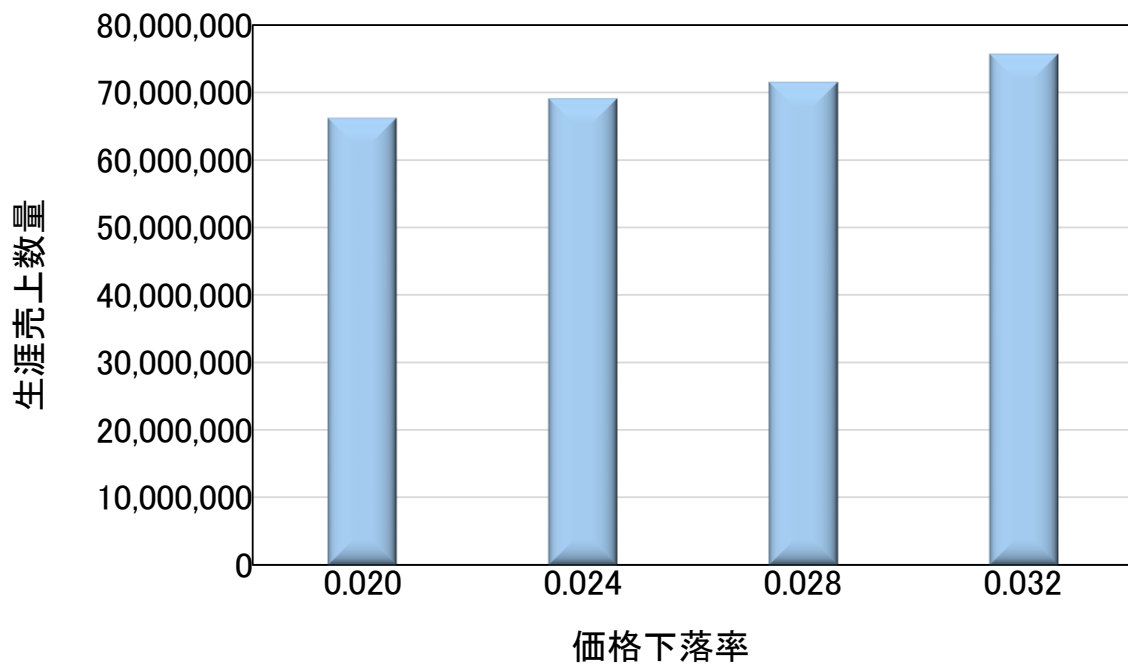


図 59 g_0 の変化に伴う生涯販売数量の変化

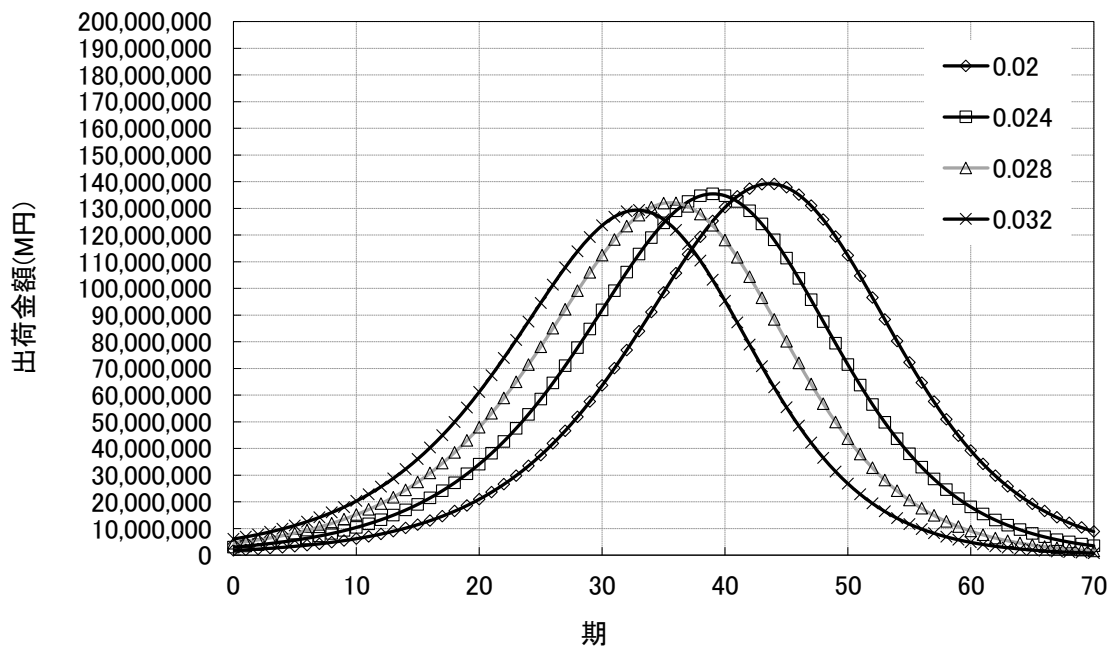


図 60 g_0 の変化に伴う時間 - 販売金額推移曲線の挙動
 $(q/p=27.5, m=2.5 \times 10^{10}, z_0=44.4, A=0.8130, B=0.1298)$

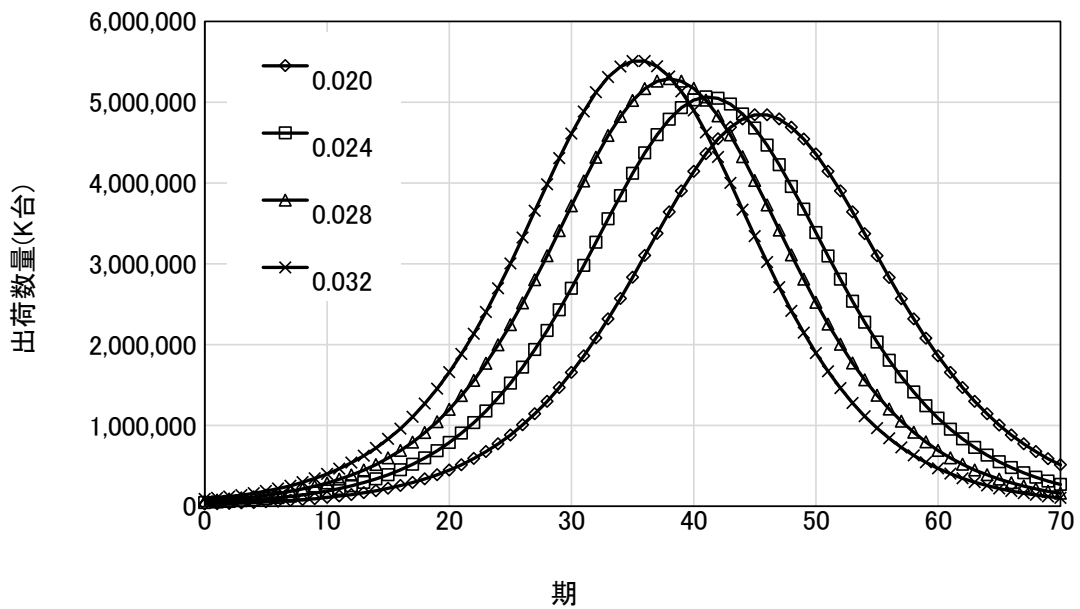


図 61 g_0 の変化に伴う時間 - 販売数量推移曲線の挙動
 $(q/p=27.5, m=2.5 \times 10^{10}, z_0=44.4, A=0.8130, B=0.1298)$

数量で評価する場合と金額で評価する場合で結果に差異があることに注意が必要である。

1.3.2.7「そのほかの価格戦略」において、市場浸透価格戦略と上澄み吸収(上層吸引)価格戦略という戦略について触れた。そこでは、先行して市場に投入した商品がありカリバニズムによる被害が大きいと判断される場合は後者が適切な戦略で、そのような配慮を必要としない場合には、いち早く価格を下げて需要を喚起する前者の戦略が得策と考えられていることを示した。同時にこれらの戦略には、電子部品においてその戦略を選択すべき根拠に関して何の指針も与えてくれないという問題点があることも指摘した。

これに対して本節の検討結果によれば、電子部品の場合市場浸透価格戦略は、販売数量の増大は見込めるが、販売金額の増大は見込めないことを示している。この戦略の場合、最も理想的なのは販売金額が増大することである。

しかしながら電子部品の場合、大きな需要が期待できる新製品において、もし競合他社に対して先行してリリースしコスト競争力もあると確信できた場合には、他社に先駆けて積極的に値下げする戦略は、価格下落スピードを上げても生涯販売金額が減らないため安心してこの戦略が実行できる。そのため市場浸透価格戦略は、シェア拡大の効果が見込める極めて効果的な戦略といえる。

8 価格 - 販売量推移曲線モデルのまとめと課題

8.1 価格 - 販売量推移曲線モデルのまとめ

6章と7章では、価格 - 販売量推移曲線モデルを構築し、3つの活用法を提案した。

1つ目の活用法は、製品ライフ・サイクルのステージの識別法である。価格 - 販売量推移曲線モデルは、価格をマイルストーンとしてライフ・サイクルのステージを客観的に識別することを可能にした。

2つ目の活用法は、電子部品の最大販売数量 $Q(z_{\max_q})$ とその販売数量に達する時点の価格 z_{\max_q} を、信頼性を保ちながら事前に予測する方法を提案した。最大販売数量となる価格 z_{\max_q} と最大販売金額となる価格 z_{\max_a} の比である θ 値は、価格下落の速さ g_0 が大きい製品カテゴリーほど小さくなる。そのような製品カテゴリーでは、本論文で定義した成熟期が長く、 z_{\max_a} を超えてからも長い期間販売数量の増加が継続する。そのため、先行指標となる価格 - 販売金額推移曲線のピーク・アウトを確認した時点で、 $Q(z_{\max_q})$ と z_{\max_q} を予測し、それを、販売数量がピークを迎えるための対策の立案と、その実行のために活用する本方法は、日系メーカーにおける液晶TVのような失敗を回避するための有用な方法の1つであるといえる。

しかし価格の下落の速さを表す指標である g_0 の値が0.05以下の製品カテゴリーの場合は、成熟期が極めて短く、販売金額のピーク・アウト後すぐに販売数量のピークが訪れる。そのため価格 - 販売金額推移曲線にシグナルが出て、対策を打つ時間がまったく無い場合があることには注意が必要である。この対応策として、成長期の初期から随時 g_0 を観測し、 θ と g_0 の関係を用いて θ 値を推定することにより、成熟期の長さを予測する方法が提案できる。また、成熟期の短い製品の $Q(z_{\max_q})$ の予測では、ほかの普及モデルの併用による予測が不可欠と考える。

3つ目は、パラメータ $p+q$ と g_0 の関係($p+q \cong c_1 g_0 + c_2$)を活用した価格戦略である。 g_0 が大きいほど、生涯販売数量が増加する傾向がある。もしその製品の飽和普及水準 m が十分大きく、その企業にコスト競争力と生産対応能力があると確信できれば、他社に先駆けて g_0 、つまり値下げ率を拡大し市場浸透を図る戦略は、生涯販売金額は一定のままでシェア拡大を狙えるため有効な戦略といえる。

8.2 今後の課題

価格 - 販売量推移曲線モデルに関する今後の課題としては次のようなものが挙げられる。

成熟期の長さを予測する方法として6.5において、 g_0 を成長初期から随時観測し θ と g_0 の関係を用いて θ 値を推定する方法を提案した。これに関しては、その実用化にはより一層の精

度向上が求められる。そのために、より多くの製品カテゴリーの事例分析を行う必要があり、今後の課題である。

本論文では、価格 - 販売量推移曲線モデルの構成要素の1つとして、Bass基本モデルを使ってモデルを構築した。このBass基本モデルの代わりに、ほかのさまざまなベル型曲線を描く普及モデルを用いることが可能である。著者は、対数正規分布モデル⁷⁷、Mansfieldモデル [80]、ゴンペルツ曲線 [81]、その他 [61]等を用いてフレキシブルに価格 - 販売量推移曲線モデルを構築することができることを確認している。そのため価格 - 販売量推移曲線モデルは、極めて適応性の高いモデルといえる。これらの成果については今後報告予定である。

著者は、1企業の製品カテゴリーにも本モデルを適用できることを確認している。しかし1企業の製品の販売データには、シェアの変動などの構造変化が内在している場合がある。このようなデータによる価格 - 販売量推移曲線モデルの推定は難しい。このような問題への対処法や活用法に関する検討も、今後の課題としたい。

価格 - 販売量推移曲線モデルの特徴は数式で与えられることである。こため、この式を多角的な視点で変形することにより、ここまで提案してきた活用法以外にも様々な活用法が考えられる。しかしそれらは未発表であり、実データによる検証も今後の課題として残っている。そのためこれらに関しては、**補遺 1**：「成熟期の時間表現」と、**補遺 2**：「価格弾力性を用いた販売量予測の活用」を本論文の参考文献の後に付記しておく。

⁷⁷ 対数正規分布モデルは、Excel を用いて 2 次多項式の当てはめでモデルの推定が可能であり、簡便性に優れている。

9 Pricing Percolation Model と価格-販売量推移曲線モデルの関係

価格と販売量の関係を調べるモデルとして良く知られている価格 - 販売量反応モデル(価格反応モデル、需要モデル等とも呼ばれる)には、古くからたくさんの研究がある。本論文で提案した PP モデルと価格 - 販売量推移曲線モデルは、この価格 - 販売量反応モデルとは異なるものである。表 24 は、これら 3 つのモデルを、

- ①製品とデータの捉え方、
- ②使用目的

の 2 つの視点で、その差異を整理したものである。

価格 - 販売量反応曲線は、ある任意の一定時点における同一製品の価格と販売量の間を曲線で表しているところに特徴がある。この価格 - 販売量反応曲線の形状がどのようなものであるかに関するこれまでの実証は、必ずしも十分なものではない。これを用いる際は、直線を含めた下に凸の減少関数を想定するのが一般的である。価格の効果を探る場合、その推定に際して、線形の場合は回帰モデル、それ以外の場合にはロジット・モデルが用いられことが多い。価格 - 販売量反応モデルを適用する財の価格を共有する消費者の異質性が高いと、その価格に対する反応が、その異質性の影響を受けたものになり、本来の価格反応ではなくなる恐れがある。そのため価格反応モデルを適用する財の集計水準には十分注意する必要がある。電子部品の場合、スペックにより使用される回路・機器が大きく変わるため、カテゴリーレベルの集計水準に価格 - 販売量反応モデルを適用しても何の価格反応を見ているのか分からない。したがって電子部品の場合、価格 - 販売量反応モデルは、個別の 1 つの製品(単一のスペックを有す製品)の価格と販売量を対象とすべきモデルである⁷⁸。

PP モデルと価格 - 販売量推移曲線モデルは、製品カテゴリー⁷⁹の価格と販売量を対象としている。これが価格 - 販売量反応モデルとの大きな違いである。また PP モデルは、ある時点における商品カテゴリーを構成する個別製品の価格と販売量を対象としているのに対して、価格 - 販売量推移曲線モデルは、経時的な商品カテゴリーの平均価格と販売量を対象としており、これが両者の大きな違いである。

⁷⁸ 一般消費者向けの製品では、ブランドレベルに価格 - 反応モデルを適用した研究が多数ある [23]。

⁷⁹ 製品カテゴリーは、様々な水準で定義できる。例えば、セラミックコンデンサーという水準、その中の静電容量特性の水準、1005 サイズの水準…等。

表 24 各モデルの比較

No.	種類	製品とデータの捉え方	目的
1	価格 - 販売量反応曲線	ある時間帯で販売される個別製品の価格と販売量	製品に対する顧客の価格感応度
2	価格 - 販売量分布 2章	ある時間帯で販売された製品カテゴリーにおいて各価格帯で販売された製品カテゴリーを構成する個別製品の総販売量	ビジネス環境の変化に伴う価格分布の変化
3	価格 - 販売量推移曲線 6章	任意の観測開始時点から終了時点までの製品カテゴリーの平均価格と総販売量	製品ライフサイクルに関する諸情報

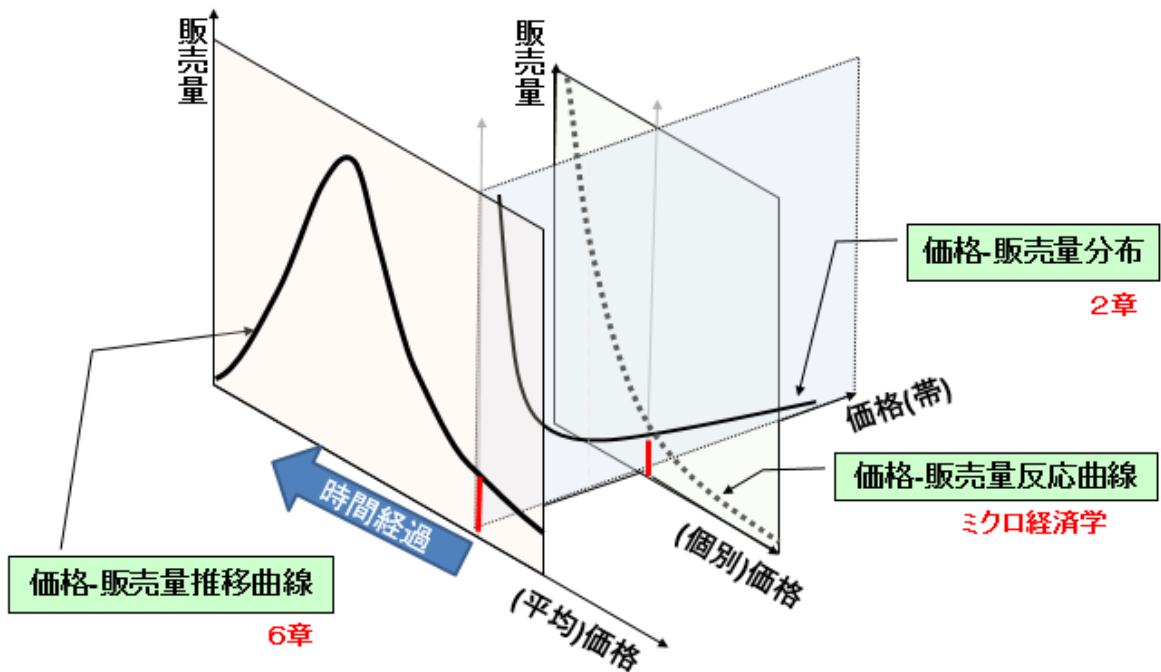


図 62 価格 - 販売反応曲線、価格 - 販売量分布、価格 - 販売量推移曲線の関係

PP モデルの価格 - 販売量分布と価格 - 販売量推移曲線モデルの価格 - 販売量推移曲線は、同一の販売データから試行錯誤を重ねながら電子部品の価格と販売量の関係性を調べている過程で見出したものである。したがって両者のモデルの間には密接な関係が存在している。もちろん経済学やマーケティング・サイエンスの価格理論の基礎を成す価格 - 販売量反応モデルとも密接な関係がある。

図 62 は、これら 3 つのモデルの関係性を図にしたものである。6 章で取り上げた電子部品等を製品カテゴリーの例として、図 62 を説明する。セラミックコンデンサーやチップ抵抗等の製品カテゴリーの価格 - 販売量推移曲線[図中ピンクの平面。6 章から 8 章参照]における平均価格は、時間とともに図 62 の矢印の方向に下落し、同時に販売量は増加する。セラミックコンデンサーの場合、まだピークに達していないが、フィルムコンデンサー、磁気ヘッド、フロッピー・ディスク、磁気テープ等は、ある平均価格で販売量がピーク・アウトし、その後衰退期に突入し現在に至っている。この価格 - 販売量推移曲線のある時点の平均価格と販売量は、その時点の(製品カテゴリーを構成する個別製品群の)販売データから作成(作成法は 24 ページ、2.1.2 参照)した価格 - 販売量分布(ブルーの平面。2 章から 5 章参照)から平均価格と総販売数量として得られる。

この価格 - 販売量分布のある 1 つの階級(価格帯)に入る(製品カテゴリーを構成し 1 つの品番を持つ)個別製品の販売量は、その個別製品の持つ価格 - 販売量反応曲線 [7] [20] [67] [23][図中グレーの平面]に従って、その時点の均衡価格⁸⁰により売買された量と考えられている。

このように 1 つの製品カテゴリーは、ある時点で、3 つの階層で価格と販売量の関係が定義できる。

1. 製品カテゴリーの平均価格と総販売量の関係
2. 製品カテゴリーを構成する個別製品群が形成する価格 - 販売量分布
3. 製品カテゴリーの個別製品群を構成する 1 つのスペックを有す個別製品の価格と販売量の関係

本論文は、この 3 つの階層で価格 - 販売量の決定メカニズムが働いていることを指摘し整理した最初の論文と考える。また現時点において、電子部品の価格は、これらの 3 階層に限られるものと考えられる。

⁸⁰ 均衡価格とは、完全競争市場において需要と供給が釣り合った時の価格で、需要曲線と供給曲線の交点の価格である [94]。

10 本論文の結論と今後の課題

10.1 結論

本研究は、生産財(中間財)である汎用電子部品に関する研究である。その汎用電子部品は、2つの特性を持つ。

1. 汎用電子部品の個別製品は個々の顧客に対する価格が不可逆的に下落している。また製品カテゴリーとして見た場合でも、その平均価格は趨勢的に下落している。
2. 汎用電子部品は製品の同質性が高く、競合他社に対して製品で競争優位の構築が極めて難しい。

本研究は、このように競争優位構築の自由度の極めて小さい汎用電子部品の価格、製品品揃え、事業等の諸戦略、諸政策の創出のための手法の開発とその応用に関するものである。汎用電子部品のビジネス戦略に関する従来の研究は、社会科学的手法による事例研究がメインであった。これに対して本研究は、数理モデルを構築し、そのモデルから得られる知見を諸戦略、諸政策の創出に活用するところに特徴がある。

2章では、汎用電子部品の価格分布形成とパーコレーション現象の類似性を見出し、これを利用して価格形成過程の数理モデルを構築した。このモデルは、2次元正方格子サイト・パーコレーションをベースとしているため **Price Percolation Model** と呼ぶ。このPPモデルは、言わば、パーコレーション現象の発生装置に総潜在需要金額と潜在需要の顕在化確率を設定することより、顕在化した需要金額を、価格と数量に分離する機能を有していると考えられるものである。

3章で、このモデルのシミュレーションにより景気循環や市場拡大等のビジネス環境の変化に伴う価格分布の挙動を再現し、実データとの比較から、ビジネス環境変化に伴う価格分布の挙動に関する性質を把握した。さらにこれらの結果をもとにし、ビジネス環境変化に対して企業業績の安定性を高める、あるいはビジネス環境変化をうまく利用して企業業績を向上させるための製品品揃え・価格戦略を提案した。例えば、高価格帯特化戦略は、景気循環の好況時には大きく売上を伸ばせるが、逆に、不況時には売上げの落ち込みが大きくなり、乱高下の激しい極めて不安定な企業業績になる可能性があることが分かった。一方、低価格特化戦略は、景気循環の好況期の恩恵はあまり享受できないものの、不況期の落ち込みは小さく、安定した企業業績になる可能性があり、市場拡大に関しては、高価格帯特化戦略より大きな恩恵を享受できる可能性があることが分かった。

4章では、2章と3章で構築したモデルを活用して、価格変動のメカニズムについて解析した。その結果、製品カテゴリーの平均価格の変動において、長期的・趨勢的な価格下落と市場成長は、市場拡大を支える世界の1人当たりの国民総所得の指数関数的な増加が

背景となり、値下がりや販売数量の増加などが、因果的ではなく同時に発生することによりもたらされてきたと考えられる。一方、景気循環がもたらす短期的・循環的な変動は、景気の拡大に伴う潜在需要の顕在化確率の上昇と、景気後退に伴う潜在需要の顕在化確率の下降によりもたらされることを示した。このように価格変動をうまく説明できる PP モデルには、伝統的なミクロ経済学で用いられる需要と供給のバランスや企業間競争に関わる要素は組み込まれてはいない。このことから PP モデルは、価格変動のメカニズムの説明に、新しい視点を提供しているものと考えられる。

新製品の販売量の分析・予測では、一般的に Bass モデル等の時間を変数としたモデルが用いられる。これらの従来方法に対して、6章において、価格を変数とする価格 - 販売量推移曲線の有用性を示すとともに、これを数理モデル化した。価格 - 販売量推移曲線モデルは、価格 - 販売金額推移曲線が価格 - 販売数量推移曲線に先行して推移するという注目すべき性質がある。7章で、この性質を利用したいくつかの活用法を提案した。例えば、価格戦略や商品戦略の実行のタイミングを見出すために、製品カテゴリーのライフ・サイクルのステージを客観的・定量的に同定する方法や、価格 - 販売金額推移曲線の挙動から、金額がピークに達した時点で販売数量が最大となる価格と、その最大販売数量を推定する方法を提案した。またこのモデルでは、本論文で定義する成熟期の長さを表す指標を得ることができる。新製品が漸進的にリリースされる汎用電子部品の多くが、数量が最大値を示した時点が、その製品の衰退期の始まりになるため、このモデルは、極めて重要な情報を企業にもたらしてくれるツールとなる。

9章では、まったく異なる前提条件から構築した Pricing Percolation Model と価格 - 販売量推移曲線モデルとの間に密接な関係があることを示し、本研究が対象とする領域を総括した。最終的に、電子部品の場合、価格と販売量を与えるメカニズムが3つの階層で同時に働いている可能性を示した。

以上、本論文で提案したモデルやその活用法が、汎用電子部品の諸戦略、諸政策の創出法に新たな視点と可能性を提供し、企業における業績向上に向けた事業運営の実行の自由度の拡大に貢献できたのではないかと考える。また、価格変動のメカニズムや価格と販売量を与えるメカニズムに新しい視点を提供したことも本研究の貢献と考える。

10.2 今後の課題

本研究の今後の課題としては、製品ラインアプローチにおける Price percolation model、および長期的時間軸考慮アプローチにおける価格 - 販売量推移曲線モデルに関して、以下が挙げられる。

1. Price Percolation Model

PPモデルをより確固たるものにするためにも、適用事例を増やす必要がある。具体的には、PPモデルの新しい活用法を開発する方向や、ほかの製品カテゴリーへの適用が考えられる。また本論文では、景気循環と市場拡大を分離してPPモデルを適用した。実際には、市場拡大の過程で景気の拡大や景気の後退が発生している。また市場が縮小する製品ライフ・サイクルの衰退期にある部品カテゴリーも多数存在しており、このような状況における望ましい品揃え戦略を検討することは極めて興味深いテーマである。そのため市場拡大・縮小、さらに景気循環を同時に盛り込んだより現実に近いPPモデルを構築し、そのモデルによる分布の挙動解析は興味深いテーマである。

4.3.2.2 で、市場形成初期における寡占的でプライス・メーカーの存在する市場が、 $P > P_c$ のパーコレーション・グラフに対応すると仮定した。しかしその論証は、十分とは言えない。1980年以前のマイクロな販売データは無いと思われる。このような状況において、この課題は、検証方法の検討からスタートしなければならない、極めて難しいテーマである。

本論文では、パーコレーションの格子構造に関して、どのような構造の格子が、実データとの適合性が良いかという視点での検討はまったくしていない。2次元正方格子以外の格子構造、例えば3次元、4次元の格子や、蜂の巣格子や三角格子でシミュレーションし、実データとの適合性を比較検討することは極めて興味深いテーマである。

2. 価格 - 販売量推移曲線モデル

成熟期の長さを予測する方法として、成長期初期から随時 g_0 を観測し θ と g_0 の関係を用いて θ 値を推定する方法を提案した。しかし、その実用化には、より一層の精度向上が求められる。そのために、より多くの製品カテゴリーの事例分析を行う必要があり、今後の課題である。

本論文では、Bass基本モデルを使って価格 - 販売量推移曲線モデルを構築した。このBass基本モデルの代わりに、ほかのさまざまなベル型曲線を描く普及モデルを用いることが可能である。著者等は、対数正規分布モデル、Mansfieldモデル [80]、ゴンペルツ曲線 [81]、その他 [61]等を用いてフレキシブルに価格 - 販売量推移曲線モデルを構築することができることを確認している。そのため価格 - 販売量推移曲線モデルは、極めて適応性の高いモデルといえるが、最適なモデル選択等の評価は、今後の課題である。

本モデルは、1企業の製品カテゴリーにも適用できる。しかし1企業の製品の販売データには、シェアの変動などの構造変化が内在している場合がある。このようなデータによる価格 - 販売量推移曲線モデルの推定は難しい。このような問題への対処法や活用法の開発も興味深いテーマである。今後の課題としたい。

本論文末に付記した**補遺 1**の「成熟期の時間表現」で提示した諸方法の予測パフォーマンス評価と、**補遺 2**の「価格弾力性を用いた販売量予測の活用」で提示した活用法に関しての事例による評価も今後の課題である。

参考文献

- [1] 相良岩男, 本田進, 図解 解る受動電子部品, 工業調査会, (2006).
- [2] 金井康弘, 阿部圭司, “汎用受動電子部品の価格形成過程のモデル化,” *日本経営工学会論文誌*, 第 60 卷, 第 5 号, pp. 270-277, (2009).
- [3] M.E.Porter, 競争戦略論, ダイヤモンド社, (2001).
- [4] J.B.Barney, 企業戦略論, ダイヤモンド社, (2003).
- [5] R. Dolan , H. Simon, Power Pricing:How Managing Price Transform the Botton Line, New York, U.S.A.: The Free Press, (1996).
- [6] (社)電子情報技術産業協会, “電子情報産業の世界生産見通し,” JEITA, (2014).
- [7] 上田隆穂, 森口剛 編, 価格・プロモーション戦略, 有斐閣, (2004).
- [8] 松尾尚, “電子機器の実質標準化に伴う部品デバイスメーカーの競争戦略,” *産業能率大学紀要*, 第 27 卷, 第 1 号, pp. 1-19, (2006).
- [9] 松尾尚, “電子部品取引における売り手・買い手の関係性の複雑化と多品種少量生産取引に対応する新たな販売チャネル構築の必要性,” *早稲田大学アジア太平洋研究科論集*, 第 13 卷, pp. 195-218, (2007).
- [10] 松尾尚, “需要変動に対する生産財メーカーの対応,” *経営システム*, 第 18 卷, 第 1 号, pp. 26-31, (2008).
- [11] 林隆一, “電子部品企業のビジネスモデル,” *赤門マネジメント・レビュー*, 第 2 卷, 第 1 号, pp. 39-45, (2003).
- [12] 林隆一, “電子部品企業の成功事例と戦略ポジションマトリックス,” *赤門マネジメント・レビュー*, 第 3 卷,第 8 号, pp. 417-428, (2004).
- [13] 中川功一, “戦略硬直化のスパイラル,” *組織科学*, 第 46 卷, 第 1 号, pp. 71-81, (2012).
- [14] 中川功一, “標準品ビジネスにおける顧客連携の意味—技術報告セラミック・コンデンサー産業における顧客協業効果の歴史的分析—,” *(社)映像情報メディア学会技術報告書*, 第 34 卷, 第 23 号, pp. 17-22, (2010).
- [15] 金井康弘, 阿部圭司, “市場拡大に伴う価格 - 販売量分布の挙動に関する研究—汎用電子部品の価格成立過程モデル—,” *日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌*, 第 55 卷, pp. 132-148, (2012).

- [16] 金井康弘, 阿部圭司, “生産・出荷統計の新しい分析手法の提案ーバブル・構造変化の視覚化と製品ライフ・サイクルのステージの同定法,” *景気とサイクル*, 第 47 号, pp. 115-127, (2009).
- [17] 上田隆穂, “価格決定におけるマーケティング戦略,” *学習院大学 経済論集*, 第 31 巻 31, 第 4 号, pp. 185-208, (1995).
- [18] D. Stauffer , A. Aharony, *Introduction to Percolation Theory*, London: Taylor and Francis, (1992).
- [19] Y. Kanai, K. Abe , Y. Seki, “Price Percolation Model,” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol.427, No.1, pp. 226-233, (2015).
- [20] 上田隆穂, 最上健児, 柿島秀樹, “グーテンベルグ仮説に基づく価格反応関数,” *学習院大学経済論集*, 第 34 巻, 第 2 号, pp. 117-134, (1997).
- [21] 並河永, “内生的価格分布:概観-上-異時点間の価格設定,” *社会科学論集*, 第 80 号, pp. 45-55, (1993).
- [22] 並河永, “内生的価格分布:概観-下-同時点間の価格設定,” *社会科学論集*, 第 81 号, pp. 23-35, (1994).
- [23] 杉田善弘, 上田隆穂, 守口剛(編著), *プライシング・サイエンス-価格の不思議を探る-*, 同文館出版, (2005).
- [24] 樋田勉, “平成 9 年全国物価統計調査の価格分布についての検討,” *日本統計学会誌*, 第 35 巻, 第 2 号, pp. 143-163, (2006).
- [25] S. R. Broadbent, J. M. Hammersly, "Percolation processes", *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, Vol.53, No.3, Cambridge University Press, (1957), pp. 629-641.
- [26] T. Beer , I. G. Enting, “ Fire spread and percolation modelling, ” *Math.Comp.Model*, Vol.13, No.11, pp. 77-96, (1990).
- [27] W. J. Reed, “Forest fires and oilfields as percolation phenomena,” (1999). Available: <http://www.math.uvic.ca/faculty/reed/>. [2 June 2012].
- [28] M. Sahimi, *Applications of Percolation Theory*, CRC Press, (1994).
- [29] S. Salomon, G. Weisbuch, L. d. Arcangelis, N. Jan , D. Stauffer, “Social percolation models,” *Physica A*, Vol.277, No.1, pp. 239-247, (2000).

- [30] J. Goldenberg, Lo, B. Libai, S. Solomon, N. Jan , D. Stauffer, “Marketing percolation,” *Physica A*, Vol.284, No.1, pp. 335-347, (2000).
- [31] M. Hohnisch, S. Pittnauer , D. Stauffer, “A percolation-based model explaining delayed takeoff in new-product diffusion,” *Ind.Corp.Change*, Vol.17, No.5, pp. 1001-1017, (2008).
- [32] S. Cantono , G. Silverberg, “A percolation model of eco-innovation diffusion: the relationship between diffusion, learning economies and subsidies, ” *Technol.Forecast.Soc.Change*, Vol.76, No.4, pp. 487-496, (2009).
- [33] G. Silverberg , B. Verspagen, “A percolation model of innovation in complex technology spaces,” *J.Econ.Dyn.Control*, Vol.29, No.1, pp. 225-244, (2005).
- [34] 小田垣孝, つながりの科学:パーコレーション, 裳華房, (1993).
- [35] A. Aharony, *Fractals and disordered systems.*, A. Bunde, S. Havlin , Eds, New York: Springer-Verlag, (1991), pp. 151-173.
- [36] Guide Book for Practical Use of Patent Map for Each Technology Field, Invention Research Institute, Japan Institute of Invention and Innovation, Japan Patent Office, Asia-Pacific Industrial Property Center, (2000).
- [37] K.J.Lancaster, “A New Approach to Consumer Theory,” *The journal of political economy*, Vol.74, No.2, pp. 132-157, (1966).
- [38] S.Rosen, “Hedonic Prices and Implicit Markets:Product Differentiation in 29 Pure Competition,” *The journal of political economy*, Vol.82, No.1, pp. 34-55, (1974).
- [39] M.Ohta, “ Production Technologies of the U.S. Boiler and Turbogenerator Industries and Hedonic Price Indexes for Their Products: A Cost-Function Approach,” *The Journal of Political Economy*, Vol.83, No.1, pp. 1-26, (1975).
- [40] 太田誠, 品質と価格, 創文社, (1980).
- [41] 肥田野昇, 環境と社会資本の経済評価-ヘドニック・アプローチの理論と実践-, 勁草書房, (1992).
- [42] 白塚重典, 黒田祥子, “ビデオカメラ価格へのドニック分析,” *金融研究*, 第 14 卷, 第 4 号, pp. 43-60, (1995).
- [43] 白塚重典, “ヘドニック・アプローチによる品質変化の捕捉 -- 理論的枠組みと実証研究への適用,” *日本銀行金融研究所 Discussion Paper*, 第 97 卷, J-6, (1997).

- [44] 日本銀行物価統計課, “卸売物価指数におけるヘドニック・アプローチ -- 現状と課題,”
日本銀行調査統計局 Working Paper, 01-24, (2001).
- [45] 大田清, 景気予測の考え方と実際, 有斐閣, (1993).
- [46] 景気循環学会, 金森久雄, ゼミナール景気循環入門, 東洋経済新報社, (2002).
- [47] 嶋中雄二, UFJ 総研投資調査部, 実践・景気観測入門, 東洋経済新報, (2003).
- [48] 経済産業省, “生産動態統計”, Available: <http://www.meti.go.jp/statistics/index.html>.
[8 (2011)].
- [49] 中山伊知郎, 金森久雄, 荒憲次郎, 経済辞典, 有斐閣, (1971).
- [50] World Semiconductor Trade Statistics, “WSTS,” . Available: <http://www.wsts.org/>.
[8 (2011)].
- [51] 松浦克己, コリン・マッケンジー, EViews による計量経済分析, 東洋経済新報, (2006).
- [52] United Nations, “National Accounts Main Aggregates Database,” .Available:
<http://unstats.un.org/unsd/snaama/selbasicFast.asp>. [8 2011].
- [53] 佐々木創, “国境を越えるパソコンのリユース・リサイクル～タイの事例からの一考察：環境格差,” *季刊政策・経営研究*, 第4巻, pp. 115-126, (2007).
- [54] A. Mas-Colell, M. D. Whinston, J. R. Green, *Microeconomic Theory*, Oxford New York: Oxford University Press, (1995).
- [55] 日本水晶デバイス工業会. Available: <http://www.qiaj.jp/pages/top/index.html>. [10 4 2015].
- [56] R. J. Hodrick, E. C. Prescott, “Postwar US business cycles: an empirical investigation,” *Journal of Money, credit, and Banking*, Vol.29, No.1. pp. 1-16, (1997).
- [57] R. Pindyck, D. Rubinfeld, “Economic models and economic forecasting,” 4th edit., Boston Irwin, McGraw Hill, (1998).
- [58] F. Bass, “A New Product Growth Model for Consumer Durables,” *Management Science*, Vol.15, No.5, pp. 215-227, (1969).
- [59] R. Heeier, R. Hustad, “Problems in Predicting New Product Growth for Durable,” *Management Science*, Vol.26, No.10, pp. 1007-1020, (1980).
- [60] V. Srinivasan, C. Mason, “Nonlinear Least Squares Estimation of New Product

- Diffusion Models,” *Marketing Science*, Vol.5, No.2, pp. 169-178, (1986).
- [61] V. Mahajan, E. Muller , F. Bass, “New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research,” *Journal of Marketing*, Vol.5, No.2, pp. 1-26, (1990).
- [62] 金井康弘, 阿部圭司, 関庸一, “価格 - 販売量推移曲線のモデル化と活用法民生エレクトロニクス関連製品への適用,” *日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌*, 第 57 卷, pp. 44-66, (2014).
- [63] 近藤次郎, 数学モデル 現象の数式化, 丸善, (1976).
- [64] 片平英貴, マーケティング・サイエンス, 東京大学出版会, (1987).
- [65] 山田昌孝, “新製品普及モデル,” *オペレーションズ・リサーチ：経営の科学*, 第 39 卷, 第 4 号, pp. 189-195, (1994).
- [66] G. Bry , C. Boschan, “Cyclical Analysis of Time Series:Selected Procedures and Computer Programs,” *NBER Technical Paper*, No.20, (1971).
- [67] 上田隆穂, 徳山美津江, 畑井沙織, “低価格感度領域を示すグーテンベルグ仮説の POS データによる検討と条件に応じて変化する価格の需要曲線形の考察～ニューラルネットワークの活用～,” *学習院大学経済経営研究所年報*, 第 16 卷, pp. 1-23, (2002).
- [68] カメラ映像機器工業会 (CIPA) , “デジタルカメラの生産・出荷データ,” Available: <http://www.cipa.jp/index.html>.
- [69] J. Eliashberg, R. Lilien , (森村英典・他監訳), マーケティングハンドブック, 朝倉書店, (1997).
- [70] J.Dean, “Pricing policies for new products,” *Harvard Business Review*, Vol.54, No.6, pp. 45-53, (1950).
- [71] T.Levitt, “Exploit the product life cycle,” *Harvard Business Review*, Vol.43, pp. 81-94, (1965).
- [72] A. Patton, “Top management's stake in a product's life-cycle,” *Product strategy and management*, (Eds.), In T. L. Berg & A. Schuchmann, (1959), pp. 63-76.
- [73] G.S.Day, *Analysis for strategic market decisions*, St. Paul, MN: West publishing, (1986).

- [74] 清水信年, “市場競争の動的な分析枠組に関する一考察“, 六甲台論集, 第 44 卷, 第 1 号, pp. 145-161, (1997).
- [75] 小沢貴史, “製品ライフ・サイクル論の昇華に向けて: 製品ライフ・サイクルの脆弱さと今後の研究課題,” 経営行動科学, 第 16 卷, 第 1 号, pp. 63-74, (2002).
- [76] G.S.Day, “The product life cycle: Analysis and applications issues,” *Journal of Marketing*, 第 46 卷(Fall), pp. 60-67, (1981).
- [77] G. L. Urban , S. H. Star, *Advanced marketing strategy*, Prentice Hall, (1991).
- [78] 尾上伊知郎, “製品ライフサイクル論の批判的検討,” 六甲台論集, 第 32 卷, 第 2 号, pp. 218-229, (1985).
- [79] F. Bass, T. Krishnan , D. Jain, “Why the Bass model fits without decision variables,” *Marketing science*, Vol.13, No.3, pp. 203-223, (1994).
- [80] E. Mansfield, “Technical Change and the Rate of Imitation,” *Econometrica*, Vol.29, No.4, pp. 741-766, (1961).
- [81] I. Hendry, “The Three Parameter Approach to Long Range Forecasting,” *Long Range Planning*, Vol.5, No.1, pp. 40-45, (1972).
- [82] M. Lijesen, “The real-time price elasticity of electricity,” *Energy economics*, Vol.29, No.2, pp. 249-258, (2007).
- [83] 吉田光正, 西方史子 , 中村悦広, “マンション需要の価格弾力性の計測--地域別、時期別分析,” 建設物価調査会総研レポート, 第 4 号, pp. 19-30, (2010).
- [84] L. dale , K. Fijita, “An Analysis of the Price Elasticity of Demand for Household Appliances,” Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA (US), (2008).
- [85] 関庸一 , 亀倉大和, “一般化線形モデルによる価格弾力性推定に基づく粗利最大化,” 日本経営工学会論文誌, 第 63 卷, 第 3 号, pp. 161-172, (2012).
- [86] D. Jain, R. Rao “ Effective of Price on the Demand for Durables ” *Modeling, Estimation and Findings*, Vol,8, No.2, pp. 163-170, (1990).
- [87] B. Heeier , R. Hustad, “Problems in Predicting New Product Growth for Durable,” *Management Science*, Vol.26, No.10, pp. 1007-1020, (1980).
- [88] K. R. Harrigan , M. E. Porter, “End-Game Strategies for Declining Industries,”

Vol.61, No.4, *Harvard Business Review*, (1983).

- [89] 日本電子情報技術産業協会, Available: <http://www.jeita.or.jp/japanese/index.cgi>.
- [90] 松尾尚, “生産財取引における売り手の顧客・製品戦略の研究—市場環境変化に対応した電子部品メーカーの戦略,” 早稲田大学 博士論文, (2007).
- [91] 本間清史, “デジタルテレビ受信機普及の実証研究—アナログテレビとの世代交代についての将来予測—,” 大阪学院大学 博士論文, (2005).
- [92] P. Golder , G. Tellis, “Beyond Diffusion: An Affordability Model of the Growth of New Consumer Durables,” *Journal of Forecasting*, Vol.17, pp. 259-280, (1998).
- [93] K. L. ケラー, (恩蔵直人 , 亀井彰浩訳), 戦略的ブランド・マネジメント, 東急エージェンシー出版部, (2000).
- [94] N. Mankiw, *Principles of macroeconomics Third Edition*, Mason: Thomson South-Western, (1998).
- [95] 利光強, “クールノー競争 vs. ベルトラン競争, 戦略的投資, 及び複占的競争,” *国民経済雑誌*, 第 162 巻, 第 2 号, pp. 79-106, (1990).
- [96] 小原博, “顧客囲い込みプロポーション考: 日本流通マーケティング史序説,” *拓殖大学経営経理研究*, 第 73 号, pp. 1-19, (2004).
- [97] 福田正巳, “EMS の急成長と日本メーカーの対応,” *経営と経済*, 第 81 巻, 第 4 号, pp. 87-105, (2002).
- [98] 広瀬義州, “ビジネスモデルと会計,” *早稲田商學*, 第 434 号, pp. 247-267, (2013).
- [99] 朴魯燦, “GNI と地域価格との関連性に関する研究,” *法政大学大学院デザイン工学研究科紀要*, 第 3 巻, (2014).

補遺 1: 成熟期の時間表現

6.3.7 で成熟期の長さを示す指標として θ を導入した。

$$\theta = \left(\frac{p+q-g_0}{p+q+g_0} \right)^{g_0/p+q}$$

この θ ($0 < \theta < 1$) の値は、成熟期の長さを推定する際の尺度となる。しかし、時間で与える式が得られれば、その方が事業運営に活用しやすい。そこで、その成熟期の長さ等を時間で与える式を導入する。なお、ここで使用する製品ライフ・サイクルの成長期・成熟期・衰退期等の用語は、7.1.3 で定義するものである。

ここでは、 z_{\max_a} から z_{\max_q} までの期間である成熟期の期間 Ms だけでなく、製品リリースから z_{\max_a} までの期間である成長期の期間 Gs 、さらに製品のリリースから最大販売数量に達するまでの期間 Ag (これを製品寿命と呼ぶ) を与える式を提示しておく。

(30)式を t の式に変形することにより次式を得る。

$$t = -\frac{1}{g_0} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad (38)$$

(38)式の z に、 z_{\max_q} を与える次式

$$z_{\max_q} = z_0 \cdot \left(\frac{p}{q} \right)^{g_0/p+q}$$

を代入すると、製品のリリースから最大販売数量に達するまでの期間である製品寿命 Ag が、

$$Ag = \frac{1}{p+q} \ln \left(\frac{q}{p} \right)$$

と表せる。

次に、(38)式の z に、 z_{\max_a} を与える次式

$$z_{\max_a} = z_0 \cdot \left(\frac{p}{q} \right)^{g_0/p+q} \left(\frac{p+q+g_0}{p+q-g_0} \right)^{g_0/p+q}$$

を代入すると、製品のリリースから最大販売金額に達するまでの期間である成長期 Gs が次式で与えられる。

$$Gs = \frac{1}{p+q} \ln \left(\frac{q}{p} \right) \left(\frac{p+q-g_0}{p+q+g_0} \right)$$

また、価格が z_{\max_a} に下落した期から z_{\max_q} まで下落した期までの間 Ms を成熟期とすると、成熟期は次式で与えられる。

$$Ms = \frac{1}{p+q} \ln \left(\frac{p+q+g_0}{p+q-g_0} \right)$$

この式から、成熟期 Ms と成熟期の長さを示す指標 θ の間には、次式の関係が成立つ。

$$Ms = \frac{1}{g_0} \ln \left(\frac{1}{\theta} \right) \quad (39)$$

(39)式は、 θ が小さいほど成熟期 Ms が長くなることを示唆している。一方 6.5 において、近似的に θ 値と g_0 との間に、次式が成立つことを示した。

$$\theta \cong C' + C''g_0 \quad (40)$$

なお $C'=1.011$ 、 $C''=-2.967$ である。ここで(40)式を(39)式に代入して g_0 と Ms の関係を調べた。その結果を図 63 に示す。 g_0 の増大に伴い、成熟期 Ms が長期化している。

なお、これらの式の予測パフォーマンス等の評価は、今後の課題である。

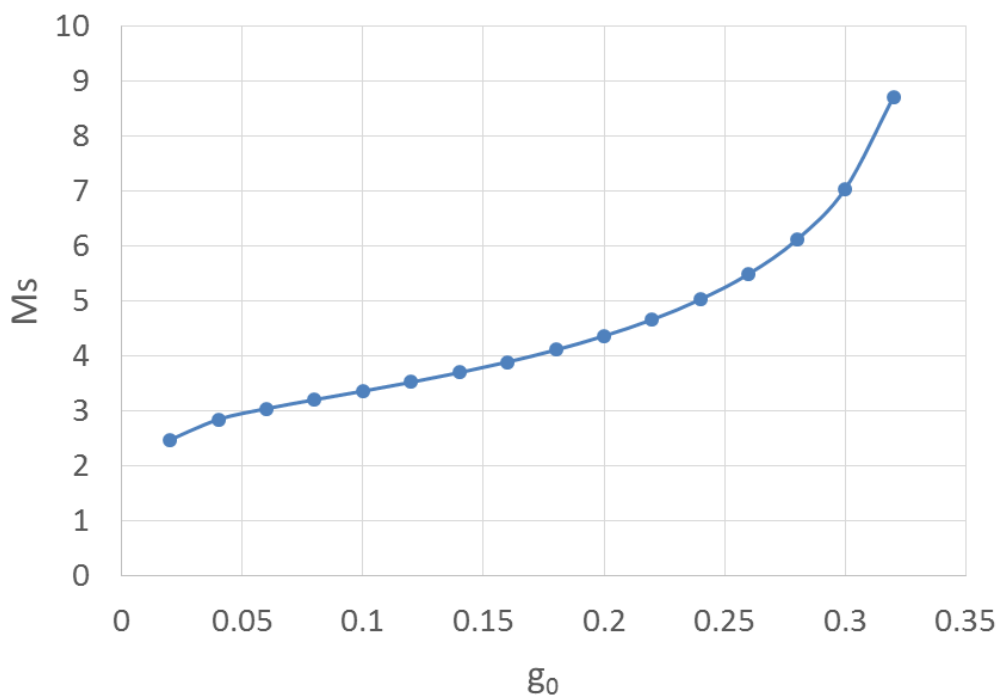


図 63 成熟期の長さと 1 期当りの価格下落率の関係

補遺 2: 価格弾力性を用いた販売量予測

製品ライフ・サイクルの全過程における価格弾力性が事前に想定できれば、新製品の製品ライフ・サイクルの展開に伴うマーケティング・ミックスの動的な施策の実行が容易となる。例えば、注目する製品の価格弾力性を用いることにより、需要特性に合わせた値付けの最適化等を実現することができる。

この価格弾力性の実証研究に関しては、マクロ経済学的視点に立った電力 [82]や不動産 [83]、家庭電化製品等の需要の価格弾力性推定 [84]や、1 店舗における個別商品単位の価格弾力性の研究 [85] [78]がある。いずれの場合でも、時系列データをベースとした線形モデルや Cobb-Douglas 型モデル [86]、非線形の新製品普及モデル [87]等を用いている。

価格 - 販売量推移曲線モデルでは、価格 - 販売数量推移曲線 $Q(z)$ が価格を変数とする関数で与えられるため、価格弾力性 η を数式として与えることができる。一般的に価格弾力性 η は $\partial \log Q(z) / \partial \log z$ で与えられる。 $Q(z)$ が(32)式で与えられると、価格弾力性は下式で与えられる。

$$\eta = \frac{p+q}{g_0} \cdot \frac{z_0^{p+q/g_0} - \frac{q}{p} z^{p+q/g_0}}{z_0^{p+q/g_0} + \frac{q}{p} z^{p+q/g_0}} \quad (41)$$

図 64 は、(41)式に DSC で推定した各パラメータを代入して求めた価格弾力性 η と、DSC の販売数量および価格の四半期データの前期比増減率の比から求めた価格弾力性の散布図とを比較したものである。なお価格弾力性 η は、表 25 の値を用いて推定した。実データの散布図から推定した 3 次の多項式の曲線は、(41)式で与えられる曲線とかなり良い一致をしているといえる。DSC の価格弾力性は、価格下落に伴い 30,000 円くらいまでは約-4 でほぼ横ばいで推移している。その後、25,000 円を切った辺りから急激に小さくなり、販売金額が最大となった 18,260 円で-1 となっている。さらに数量がピークとなった 16,000 円では 0 となっている[図 64]。

表 25 各パラメータの値

パラメータ	値
p	0.0019
q	0.1046
g_0	0.0271
z_0	44.361

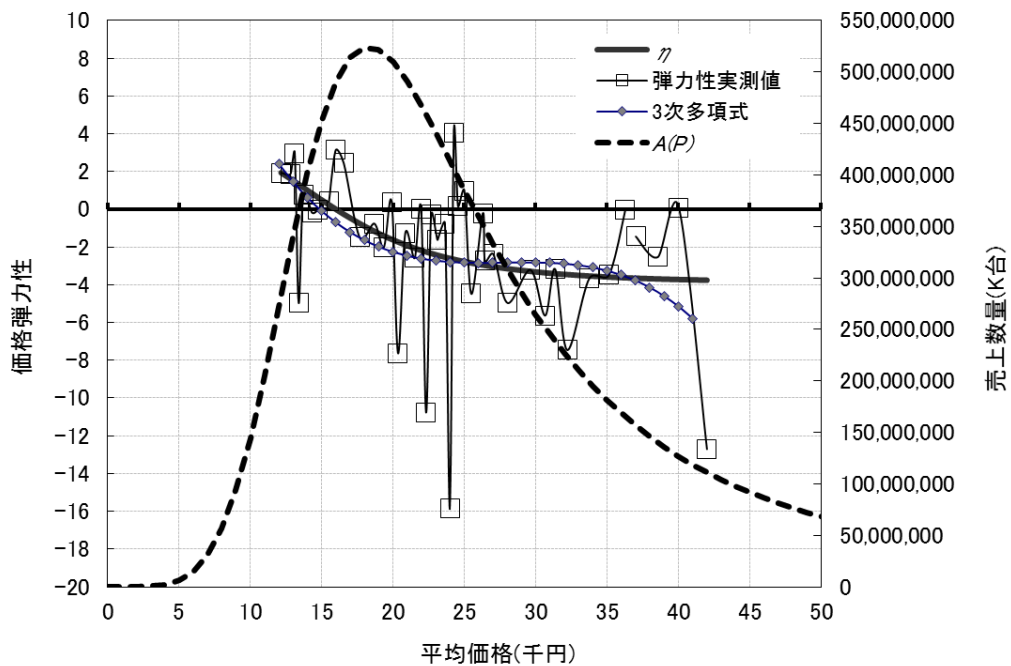


図 64 DSC の価格弾力性の計算値と実績値の比較

それではここで、7.1.3 で提案した分類法による製品ライフ・サイクルの各ステージにおける価格弾力性の挙動について整理する。

① 新製品の導入から成長期の中期(DSC の場合約 30000 円まで)

新製品を市場に導入してからしばらくの間、価格弾力性の値はほぼ一定の状態が続く。価格弾力性の最大値は、(41)式において $z \rightarrow \infty$ とした場合の値であり下式で与えられる。

$$\eta \cong -(p+q)/g_0$$

またこの期間は $|\eta| > 1$ であり、弾力的である。

② 成長期の後期から z_{\max_a} (DSC の場合約 30000 円～18260 円まで)

成長期の後期から z_{\max_a} までの間では、価格弾力性が急速に小さくなる過程である。

z_{\max_a} では、 $|\eta| = 1$ となり単位弾力的といわれる。

③ 成熟期: z_{\max_a} から z_{\max_q} (DSC の場合約 18260 円～16000 円まで)

成熟期は $1 > |\eta| \geq 0$ であり、非弾力的な状態にあるといえる。

④ 衰退期: z_{\max_q} 以降(DSC の場合約 16000 円以下)

民生エレクトロニクス関連製品の場合、当該製品価格が z_{\max_q} に接近すると、新しい技術を導入した新製品が代替品として台頭しつつある状況にある(例えば DSC の場合、携帯電話やスマートフォンの普及)場合が多い。これは、代替品の成長による世代交代で、当該

製品が衰退期に入りつつある状況にあるといえる。したがってこの領域では、価格に関わらず販売量が減少するため、価格弾力性での議論ができない。

以上のように、民生エレクトロニクス関連製品の価格弾力性は、製品価格の下落に伴い傾向的に $-(p+q)/g_0$ から0に向かって推移していく。このため、新製品の市場導入のタイミングと成長期初期に採られた戦略の成否が、その後のその製品の市場における販売状況に強く影響している可能性が示唆される。

6.6 で述べたように、各パラメータ間には強い相関関係がある。特に g_0 が $p+q$ に影響しており、両者の間に $p+q \cong c_1 g_0 + c_2$ の関係がある。そこで、(36)式を(41)式に代入すると(42)式を得る。

$$\eta = (c_1 + \frac{c_2}{g_0}) \frac{z_0^{(c_1+c_2/g_0)} - (\frac{q}{p})z^{(c_1+c_2/g_0)}}{z_0^{(c_1+c_2/g_0)} + (\frac{q}{p})z^{(c_1+c_2/g_0)}} \quad (42)$$

(42)式を用いて、1期当たりの価格下落率 g_0 の価格弾力性 η への影響を調べた結果が図65である。 g_0 すなわち1期当たりの価格下落率が大きくなると $|\eta|$ が小さくなるが、 g_0 が大きくなるほど低価格まで一定レベルを維持する傾向がある。この(42)式を用いることによ

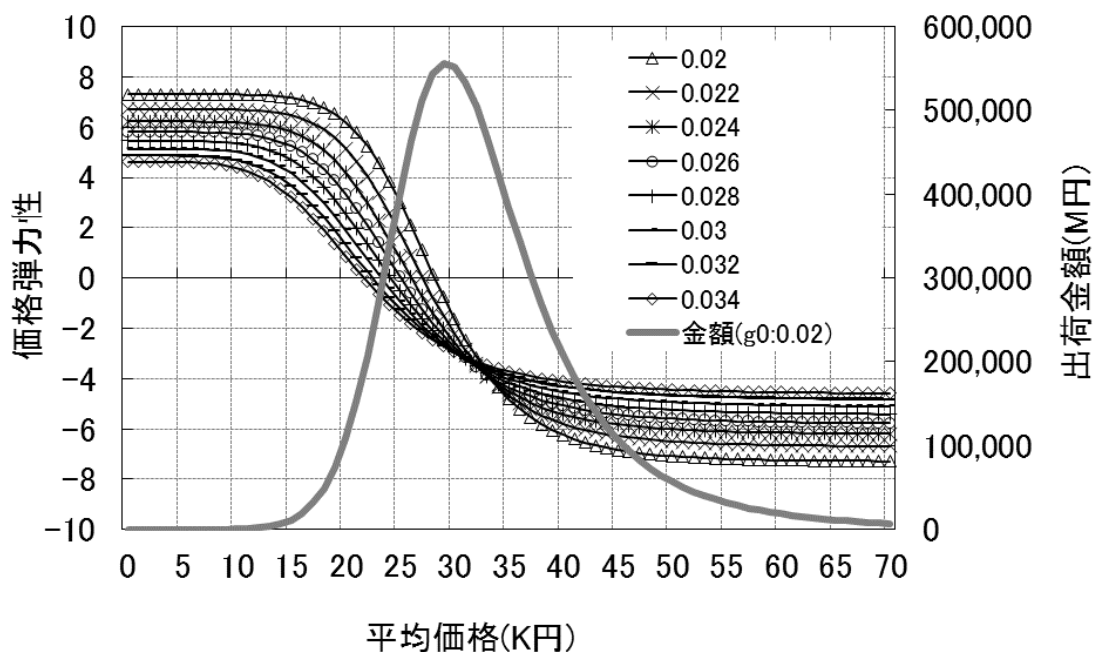


図 65 g_0 の価格弾力性 η への影響

($c_1=0.8130, c_2=0.1298, z_0=44.361, q/p=27.5$)

り、所望の価格 z における価格弾力性 η が推定できるため、 g_0 を推定することにより値下げによる販売数量の増加量を推定することができる。

価格 - 販売量推移曲線モデルでは、新製品の導入期→成長期→成熟期→衰退期突入のプロセスの価格弾力性を事前に想定できるため、マネジリアルな意思決定に有効に活用できる。汎用電子部品において競合に対して優位に立つためには、リソース的に許される場合、新製品を他社よりも先に市場に投入し、導入期から成長期初期においては、ほぼ一定で大きな価格弾力性を有効に活用することにより需要を喚起すると同時にシェアを拡大し、成長期後半以降は、価格弾力性の急速な低下を考慮し、過剰な価格競争による無用な値下がり防止のために、成長期初期に確立したシェアを維持するような価格政策を図るのが望ましいといえる。さらに、価格が最大売上金額価格を過ぎたら、当該製品は非弾力的になるため、無駄な値下げを抑え守りの姿勢で対処し、次の代替的な新製品の拡大に注力すべきであろう。そして最大売上数量価格が接近してきたら、当該製品が衰退期に入ること考慮し収穫戦略⁸¹や撤退などのエンド・ゲーム戦略 [88]を準備する必要があるといえる。

⁸¹ キャッシュフローを増やすために、新規投資を抑え、宣伝や R&D も減らし、これまでに築いた評判によるメリットを生かす。最終的には、事業売却や清算することになる [88]。

業績リスト

(1)

著者名 Yasuhiro Kanai, Keiji Abe, Yoichi Seki

論文題目 Price percolation model

(和訳) 価格パーコレーションモデル

雑誌名 Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol. 427, 1,
pp.226-233, 2015

(2)

著者名 金井康弘, 阿部圭司, 関庸一

論文題目 価格 - 販売量推移曲線のモデル化と活用法-民生エレクトロニクス関連製品への適用-

(Modeling and utilizing the transition curve of price and volume of sales
-Application to consumer electronic products and electronic components -)

雑誌名 日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌 第57巻 44頁~66頁
2014年12月

(3)

著者名 金井康弘, 阿部圭司

論文題目 市場拡大に伴う価格 - 販売量分布の挙動に関する研究—汎用電子部品の価格成立過程モデル—

(The behavior of the price-sales distribution corresponding to the market
expansion -A simulation model of the pricing process for general-purpose
electronic parts -)

雑誌名 日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌 第55巻 132頁~148頁
2012年

(4)

著者名 金井康弘, 阿部圭司

論文題目 汎用電子部品の価格成立過程のモデル化: シミュレーションによる価格 - 販売量分布

(A simulation model of the pricing process for general-purpose electronic
parts—The price-sales distribution observed from simulation—)

雑誌名 日本経営工学会論文誌 第60巻 第5号 270頁~277頁 2009年

(5)

著者名 金井康弘, 阿部圭司

論文題目 生産・出荷統計の新しい分析手法の提案 — バブル・構造変化の視覚化と製品
ライフ・サイクルのステージの同定法

(Suggestions for the new analysis method about production and shipment
statistics -The visualization of a bubble economy and structural change, and
an identification method of the stage of the product life cycle-)

雑誌名 景気とサイクル 第47巻 115頁～128頁 2009年

国際会議発表

1. Y. Kanai, K. Abe, Y. Seki: An analysis of the fluctuation in electronic component prices using a pricing percolation model, 14th APIEMS, Cebu, Philippines, Dec 2013.

国内学会発表

1. 金井康弘, 阿部圭司, 関庸一: Price percolation model による電子部品の市場成長の再現, 日本経営工学会 2014 年度秋季大会, 予稿集, p126-127. 2014 年 11 月

謝辞

本論文を結ぶにあたり、ご指導やご援助、また様々な影響を与えてくださった方々に感謝の意を表したいと思います。

まず指導教官として、研究や論文に関する課題を鋭くご指摘頂き、さらにその課題について粘り強く議論して頂き本論文を完成に導いて頂きました群馬大学大学院理工学研究院電子情報部門教授の関庸一先生に心から深く感謝申し上げます。

また、博士論文の作成過程で数多くの有益なご助言を賜りました小野里好邦教授と横尾英俊教授に深く感謝申し上げます。天野一幸教授には、データマイニングにおけるパターン発見から始まり、計算下界(NP問題)の話まで、興味深い話題で計算機科学の今を広くご紹介頂きました。漠然としてですが計算機科学のイメージをもつことができましたことにお礼申し上げます。河西憲一准教授には、パーコレーションに関するいくつかの物理学論文について議論して頂きました。そこで得た知見が、物理学のジャーナル *Physica A* への投稿とその採択に繋がりました。心から感謝致します。

そして、初期の研究成果を論文にして投稿することを勧めて頂いた高崎経済大学の阿部圭司教授に感謝いたします。このアドバイスが無かったら、本論文は日の目を見なかった可能性があります。また本研究を進め考察を深める過程で、ゲーム理論やマイクロ経済学に関してたくさんのご教示を賜りました慶應義塾大学理工学部管理工学科松林伸生教授に感謝致します。

まず社会人である筆者がこのような研究を進めることができたのは、太陽誘電株式会社という電子部品を生産販売する企業が存在したこと、さらにそこで仕事をさせて頂いてきたことによります。太陽誘電株式会社とこの巡り合わせに感謝致します。

太陽誘電の価格グループにおいて、業務をしながら社会人大学院生になることを認めて頂き、その上さらに、論文の外部発表等の承認活動等にお骨折り頂いた宇野善弘部長に感謝いたします。また業務等の支援・フォローをして頂いた宇都宮浩文さんや、いろいろ局面で支援して頂いたその他メンバーの方々に感謝致します。

本研究において重要な位置を占めるビジネス環境に関し、私が経済学的、景気循環論的理解を深めることができたのは、海瀬理彩子さんの根気強い統計データの調査・収集と、その精確な加工によるものです。ここに深く感謝致します。

日々成長する孫の利朱と世奈の存在が、これまでの研究を1つにまとめる行動の起動力となりました。彼女等や、これから生まれてくる孫たちが大きくなった時、「おじいちゃんはこのことをしていたんだ」と言ってもらえるものを残したいという気持ちを持たせてくれたこと、それが、この論文の完成に繋がっています。ありがとう。

また、長男計樹が知子と、次男発樹がみゆきと、早い時期に家庭を持ち独立してくれたため、何の気兼ねや心配もなく、本研究に没頭し本論文をまとめることができました。ありがとう。

最後に、苦楽をともにし、私がやりたいことをほとんど認め、至る所で支えてくれた妻のり子に最大の感謝の気持ちを伝えたいと思います。