

## 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—

金井 康弘<sup>†</sup>  
太陽誘電株式会社

阿部 圭司  
高崎経済大学

(受理 2011 年 10 月 6 日; 再受理 2012 年 7 月 30 日)

**和文概要** 本研究では、市場拡大をうまく活用して販売量を拡大するにはいかなる品揃え戦略を採用することが有利なのかを、価格成立過程モデルと実データを用いて検討した。なおこの価格成立過程モデルは、マクロ的な視点で構築されている。本稿では、ビジネス環境変化の1つのパターンである市場拡大に対応する価格成立過程シミュレーション・モデルにおけるパラメータの操作法を導出するとともに、その操作法の根拠を明らかにした。さらに本モデルを用いて、市場拡大を想定したシミュレーションを行った結果と、実データにおける統計的分析結果との比較から、市場拡大に伴い価格 - 販売量分布のベキ指数の絶対値が増大することを確認した。企業が新規参入を図る際、リソース制約がある時に価格帯特化戦略がしばしば採用される。このような場合、市場拡大をうまく活用して販売量を拡大するための品揃え戦略の視点でこの分布の挙動を考察すると、高価格帯特化戦略よりも低価格帯特化戦略が効果的であることがわかった。

**キーワード:** シミュレーション, 数理モデル, マーケティング

### 1. はじめに

電子部品は小型化・高特性化等のスピードが速く、個別製品の製品ライフ・サイクルが短い [2]。さらに顧客であるセット・メーカーを含めたエレクトロニクス業界では、技術革新が早く市場の変化も大きい。このように変化の激しいエレクトロニクス業界では、ビジネス環境の変化をうまく活用して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。

その具体的な方法の1つとして、取扱製品の業界における価格 - 販売量分布 (注1) を推計し、ビジネス環境の変化に伴うその分布の挙動を知り、それをもとにした製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 (注2)。しかしながら業界全体のデータが無い場合価格 - 販売量分布を直接推計することは、不可能である。そのため、このような視点に立った先行研究は見当たらない。この提案を実現するために、我々は、マクロな視点で構築したモデルが示唆する分布の挙動とミクロな調査対象メーカーの販売データから推定した分布の挙動が一致すれば、業界全体の価格-販売量分布でも同様の挙動を示すことが期待できると考え、マクロな市場の価格成立過程モデルを構築した [3]。

その価格成立過程モデルが、調査対象メーカーの価格 - 販売量分布を良く再現していることは、シミュレーションと実データの比較により確認されている [3]。また参考文献 [3] では、景気循環における景気減速期を想定し、売買成立確率を減少させたシミュレーションによるクラスター・サイズ-度数分布の挙動が、調査対象メーカーの景気減速期の販売データから得られた価格-販売量分布の挙動と一致することを確認している。

本研究では、(ビジネス環境変化の1つである)市場拡大をうまく活用して販売量を拡大するにはいかなる品揃え戦略が有利なのかを、このモデルを用いて検討した。

この価格成立過程モデルにおけるシミュレーション・モデルは基本的に、閾値（:臨界確率）0.593より小さい占有確率領域で実行される2次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルと同じものである。このパーコレーション・モデルは、すでに森林火災規模や油田規模に適用されている[8, 11]。これらの研究は、パーコレーション・シミュレーションで形成されるクラスターと、火災の面積や油田の原油埋蔵量との単純な量的アナロジーからスタートしている。さらに、これらの研究のシミュレーションから得られる情報は、静的な、森林火災の規模とその発生度数分布、あるいは油田の埋蔵量分布のみであった。

これらの先行研究に対し、本稿では、価格成立過程モデルの市場拡大への適用を試みている。そのために、まず市場と顕在市場の推移を数理モデル化し、市場拡大に伴うシミュレーションのパラメータである売買成立確率の操作法を数式として導いた。本稿では、これを用いて市場拡大を想定したシミュレーションを実行し、その結果を実データの統計分析結果と比較することで、本モデルの妥当性を評価・確認した。さらに得られた結果をもとに、市場拡大の視点から電子部品の品揃え戦略のあるべき姿を議論している。そこでは、後発メーカーが参入時に採用する傾向が強い価格帯特化戦略において、市場拡大をうまく活用して売上規模の拡大を図ろうとする場合、（高価格帯特化戦略に比べて）低価格帯特化戦略が効果的であることがわかった。

本稿の構成は以下の通りである。2章では価格成立過程モデルを概観する。3章では、実際の電子部品の市場構造と価格成立過程モデルから導出される市場構造を1対1対応させ、両者を等価的に取り扱えることを示す。4章では、市場拡大を想定したシミュレーションを実行する際の売買成立確率の操作法を示す。5章では、モデルのパラメータと諸変数の設定について述べる。6章ではシミュレーションを実行し、得られたクラスター・サイズ・度数分布の挙動と、実データから得られた価格・販売量分布の挙動を比較することにより本モデルの妥当性を評価している。7章では、6章で得られた結果をもとに、市場拡大を活用して売上規模を拡大するための効果的な品揃え戦略について議論している。

## 2. 価格成立過程モデル

本章では、電子部品の価格成立過程モデルについて概観する。

### 2.1. ヘドニック関数・単位価格・単位特性・特性クラスター

参考文献[3]では、電子部品の電気特性、形状・寸法、信頼性等の属性から、バリュー・ドライバーとしての特性を抽出するために、ヘドニック・アプローチ[1, 7]を適用した。その結果、(1)式のヘドニック関数を得た。なお価格 $p$ 、定数項 $\alpha$ 、偏回帰係数 $\beta$ 、電気特性 $x$ 、誤差項 $\epsilon$ である。

$$p = \alpha + \beta \cdot x + \epsilon \quad (1)$$

まず、(1)式から単位価格と単位特性を定義する。本モデルでは、定数項 $\alpha$ を、電子部品と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と考える。この定数項の中には、電気特性以外の形状・寸法やその他の諸特性が集約されている。また同時に、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、推定したモデルの基本特性にあたる定数項 $\alpha$ に等しい。そこでこの定数項 $\alpha$ を単位価格と呼ぶことにする(注3)。市場から単位価格 $\alpha$ と同じ値の価格がつけられているとみなせる電気特性を単位特性 $u$ と呼ぶ。その単位特性 $u$ は $u = \alpha/\beta$ で与えられる。

このように定義すると、電子部品が、価格の視点では単位価格 $\alpha$ 、特性の視点では単位特性 $u(= \alpha/\beta)$ に分解されるので、電子部品を、単位特性が集合して形成される「特性クラス

ター」として捉えることができる。そして、すべての製品が(電子部品を構成する上での最低限の製品特性である)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た特性クラスターとして表現できる。

## 2.2. 価格成立過程モデルにおける製品の価格と販売量

最初に、本モデルにおける製品価格の捉え方を示す。(1)式における誤差項の期待値を0として、両辺を $\alpha$ で割ると $p/\alpha = 1 + \beta \cdot x/\alpha$ を得る。ここで単位特性の定義から $u = \alpha/\beta$ 、電気特性 $x$ と単位特性 $u$ の比を $c(=x/u)$ とすると、価格は $p = (1+c) \cdot \alpha$ で与えられる。ここで特性クラスター・サイズを $S = 1 + c$ (1が基本特性としての単位特性数、 $c$ が電気特性としての単位特性数)とすると下式を得る。

$$p = S \cdot \alpha \quad (2)$$

次に本モデルにおける販売量の捉え方を示す。価格 $p$ で販売されている製品の販売量 $y_p$ 、その価格に相当するクラスター・サイズ $S$ の発生度数を $f_S$ 、さらにそのサイズのクラスター1個が、実市場での1単位の販売量 $W_S$ に相当すると考えると $y_p$ は(3)式で表せる。なおこの $W_S$ は、シミュレーションによって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事後的に推定されるものである。

$$y_p = f_S \cdot W_S \quad (3)$$

## 2.3. 確率的性質を有す市場における売買成立過程

次に、乱数格子と売買成立確率を導入する。ある製品の購買者と供給者を特定しないと、市場において、売買が成立するか否かは確率的である。同時に、どの特性の製品の売買が成立するかも確率的である。この性質をモデルに組み込むために、特性クラスターを生成する場である仮想市場として、すべての格子点に0から1までの一様乱数を付与した、2次元の正方格子(縦横に $L$ 個ずつ格子点が並んだ正方格子の格子サイズを $L \times L$ とする)を想定する。さらに仮想市場においてビジネス環境の状態を表す売買成立確率 $P_0$ (注4)を導入し、一様乱数が $0 \leq \text{乱数} \leq P_0$ の範囲にある場合に売買が成立し、 $P_0 \leq \text{乱数} \leq 1$ の場合は、逆に売買が成立しないとす。仮想市場としての正方格子のすべての格子点で、 $[0,1]$ の一様乱数を発生させ、この値が0以上 $P_0$ 以下の格子点ではその単位特性の価値が購買者に認められ、購入の意思決定がなされたことになる。同時に購入の意思決定がなされた格子点どうしが隣り合っていれば、それらが繋がって特性クラスターを形成し、売買の成立した製品が特定・識別される結果、その製品の特性と価格が明確になる。これら一連の売買決定・価格成立過程は、このシミュレーション・モデルの場合すべて同時に行われる。

以上の定義のもと、本モデルはシミュレーション・モデルとして、基本的に

- (1) 製品としての特性クラスター
- (2) 仮想市場としての乱数格子
- (3) 仮想市場におけるビジネス環境の状態を表す売買成立確率

の3要素で構成されている。なおこのシミュレーション・モデルは、臨界確率(:0.593)より小さい領域で実行される2次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルと同じものである。

### 3. 実市場とモデルの市場構造

本章では、現実の市場構造と価格成立過程モデルのパラメータから導出される変数が構成する市場構造とを1対1対応させることにより、両者を等価的に取り扱えることを示す。

#### 3.1. 実市場の構造

電子部品はさまざまな電子機器に搭載され、それらの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 [9]。つまり部品メーカーにとっては、直接の顧客はセット・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、完全普及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、「既存機器」と「新機器」の見方ができる。既存機器は現在生産・消費されている機器であり、新機器とは、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、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」と捉えることができる。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電子部品の全市場を捉えると、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

$$\text{全市場} = \text{顕在市場} + \text{潜在市場} + \text{見えない市場} \quad (4)$$

と表すことができる。

#### 3.2. モデルの市場構造

価格成立過程モデルでは、2つのパラメータ、格子サイズと売買成立確率を導入した。これら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。格子サイズは  $L \times L$  ( $L$  は正の整数) の正方格子と定義されている。この定義から

$$L \times L = N \quad (5)$$

なる  $N$  は正方格子の総格子点数であり、「仮想市場」として導入したものである。量的には市場規模を表していると考えることができる。各格子点は製品を構成する単位特性ごとに売買が行われる場と捉えられる。つまり市場は、すべての格子点での売買が成立した場合の単位特性の総数で捉えた市場の大きさを表していると考えられる。さらに単位特性は単位価格  $\alpha$  を有すことから、市場と単位価格の積  $N \cdot \alpha$  は該当製品の金額 (製品数量でないことに注意) で捉えた市場規模と考えることができる。したがって、市場  $N$  は、単位価格を1とした場合の金額によって表された市場の大きさと考えることができる。次に、 $P_0$  に (5) 式で与えら

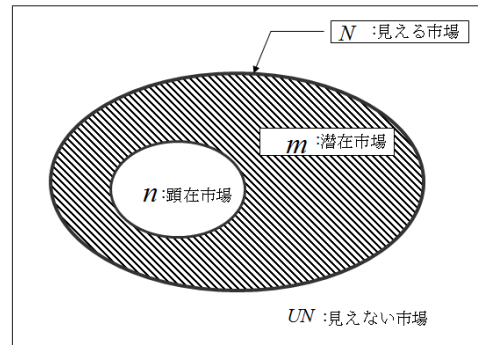


図 1: 価格成立過程モデルの市場構造

れた  $N$  を乗じて得られる値を  $n$  とする .

$$P_0 \cdot N = n \quad (6)$$

売買成立確率  $P_0$  の定義から ,  $n$  は売買が成立した市場であり顕在化した市場と捉えることができるので「顕在市場」と呼ぶことにする . 次に , (5) 式で定義された  $N$  と (6) 式で定義された  $n$  の差を取って , それを  $m$  とする .

$$N - n = m \quad (7)$$

$m$  は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 .

以上で導出した変数を用いると , 売買成立確率  $P_0$  は (8) 式で与えられる .

$$P_0 = \frac{n}{N} \quad (8)$$

以上で変数  $n, m, N$  を定義した . さらにここで , 市場  $N$  の量的変化を把握できるように市場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 , 市場  $N$  が拡大し  $N + \Delta N$  となると , 見えない市場  $UN$  が  $UN - \Delta N$  と変化すると捉えることにする .

またここで見えない市場を導入したことで , 市場  $N$  は「見える市場」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 1 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 (4) 式は ,

$$\text{全市場} = n + m + UN$$

となる (注 5) . 以上により , 現実の市場構造と本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 .

#### 4. 市場拡大

本章では , 「市場拡大」における変数の変化と , そこから導かれる売買成立確率の操作法について述べる . なお景気循環は無視して議論を進める . 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。4.1.1では、顕在市場を時間の関数としてモデル化する。4.1.2では、市場を時間の関数としてモデル化する。4.2において、ここまで構築した顕在市場モデルと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市場モデルの指数関数における指数係数の比である $\eta$ を推定すると同時に、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。これにより顕在市場の規模が、市場の関数として表せることを示す。4.3では、顕在市場モデルと市場モデルを用いて市場拡大における売買成立確率 $P_0$ をモデル化し、市場拡大を想定したシミュレーションでは、市場 $N$ を増大させることにより得られる $P_0$ をパラメータとして用いることを示す。

#### 4.1. 市場拡大における変数の変化

市場拡大は、現時点にて見えない市場が徐々に需要を生む可能性のある市場、つまり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1で捉えなおすと、景気循環の影響を無視することにより、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 $N$ に遷移する変化として捉えられる。本節では、顕在市場と市場の変化を定式化することにより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。

##### 4.1.1. 顕在市場の変化

本項では、顕在市場の推移を指数関数でモデル化できることを示す。

顕在市場は、注目する製品あるいは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。

本稿6.2の実証分析で取り上げる磁器コンデンサーは、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。この磁器コンデンサーの統計データは、経済産業省生産動態統計[5]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、世界の磁器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いえる。つまり磁器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。磁器コンデンサーの国内における生産金額は図2(図中 METI C.C.: 経済産業省生産動態統計, 磁器コンデンサー)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 $\nu$ とすると $\nu = 133579 \cdot e^{0.031 \cdot t}$ ( $t$ は年で捉えた時間,  $R^2 = 0.768$ ,  $AIC = -0.996$ )(注6)で与えられる。顕在市場 $n$ がこの $\nu$ と比例関係にあると考えられるので、顕在市場 $n$ は、一般的に下式で表すことができる。

$$n = n_0 \cdot \exp(at) \quad (9)$$

なお $n_0$ ,  $a$ は定数である。

本稿では、6.2の実証分析において磁器コンデンサーを取り上げているため、本項において磁器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[13]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(注7)。

##### 4.1.2. 市場の変化

本項では、市場の推移を指数関数でモデル化できることを示す。

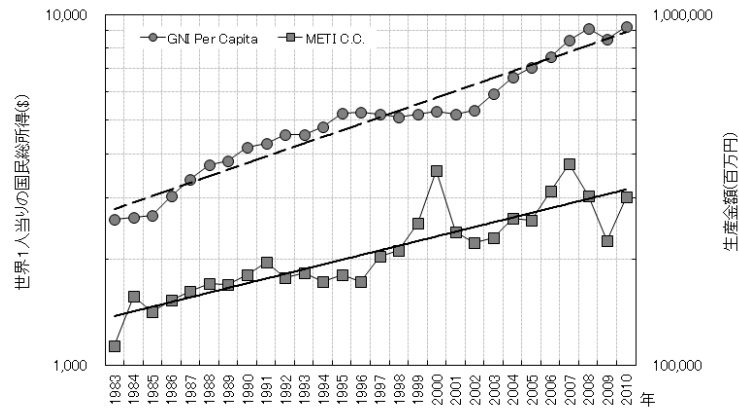


図 2: 世界 1 人当りの国民総所得と磁器コンデンサー国内生産金額 (期間: 1983 年から 2010 年. GNI 左メモリ METI 右メモリ)

我々が定義している市場は顕在市場と潜在市場の和である．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と考えるが良い．そこで考えられるのが代理変数 [6] の導入である．

本稿では，汎用電子部品の市場の代理変数として，世界 1 人当り国民総所得 (GNI) [12] を用いることにした．一般的に，電子部品の搭載される電子機器は奢侈品であり，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，その市場規模が世界の 1 人当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 人当り平均所得の代替変数として「世界 1 人当りの国民総所得 (GNI per capita)」(注 8) を利用することを考えた．例えば参考文献 [10] では，2005 年当時の 1 人当りの 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 人当りの GNI と比例関係にある (注 9)．そこで市場規模  $N$  と世界 1 人当りの国民総所得  $GI$  との間に， $\Omega$  を比例定数として  $N = \Omega \cdot GI$  の関係が成り立つと考える．その世界 1 人当り国民総所得の推移を図 2 (図中 GNI per capita) に示す．なお図 2 の破線はそのトレンド線であり，このトレンド線  $GI$  は  $GI = 2669 \cdot e^{0.043t}$ ， $R^2 = 0.946$ ， $AIC = -1.991$  (注 10) で与えられる指数関数である．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  $\Omega$  が一定であれば  $N_0 (= 2669\Omega)$ ， $b$  とともに定数である．

$$N = N_0 \cdot \exp(bt) \quad (10)$$

#### 4.2. 市場および顕在市場の関係

次に市場  $N$  と顕在市場  $n$  の関係について考察してみよう．

顕在市場の推移を与える (9) 式と市場の推移を与える (10) 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 (11) 式が得られる．

$$n = \kappa \cdot N^\eta \quad (11)$$

(11) 式は、 $\kappa$  と  $\eta$  を一定とすれば、顕在市場の規模が市場によって決まることを示している。

電気機器（現在では電子機器）のビジネスが始まった初期の市場と顕在市場の規模は極めて近いものであったと考えられる。送電網システムの整備が市場の規模拡大の制約となり、さらに機器の種類数も極めて少ない状況にあった。このような状況下で電気機器のビジネスは社会インフラ整備と結びついており、その多くが受注生産の形態をとっていたものと考えられる。また、その時代の最先端技術が要求される軍用や産業用の電気機器のビジネスも、基本的に受注生産であり、これらのことから市場と顕在市場の規模は極めて近いものだったことがうかがえる。そこで、初期の市場を  $N_0$ 、同顕在市場を  $n_0$  とすると、両者を  $N_0 \cong n_0$  と表現することができる。

しかし近年においては、(10) 式が与える市場  $N$  と、(9) 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、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。さらに実際の市場  $N$  と顕在市場  $n$  は、(9) 式や (10) 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 [4] 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 2]。このゆらぎは、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べきである。

$N_0 \cong n_0$  で、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 3]。ここで実際に  $\eta$  を推定してみよう。(11) 式  $n = \kappa \cdot N^\eta$  を回帰方程式と考えると、 $n$  と  $N$  の間に  $\eta$  を弾性値とする弾性値モデル  $\ln n = c(1) + \eta \ln N + \epsilon$  (なお  $c(1)$ : 定数項,  $\eta$ : 偏回帰係数,  $\epsilon$ : 誤差項) が成り立つ。したがって  $\eta$  は、市場  $N$  と顕在市場  $n$  に対応する観測データに弾性値モデルを適用して推定される。本稿の場合、 $n$  に国内磁器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 4 (期間: 1983 年から 2010 年の 28 年間) のようになる。このモデルから  $\eta$  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、 $\eta$  がほぼ一定とみなしてよいことを示唆している。またこの期間のデータでは、(9) 式: 顕在市場  $n$  の指数係数  $a$  は磁器コンデンサーの推移 [図 2] から、また (10) 式: 市場  $N$  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 2] 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  $\eta (= a/b)$  は一定と捉えることができる (注 11)。そこで本稿 6.1 の

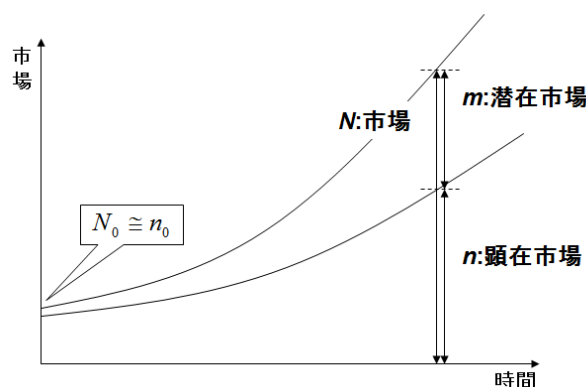


図 3: 潜在市場と市場の関係



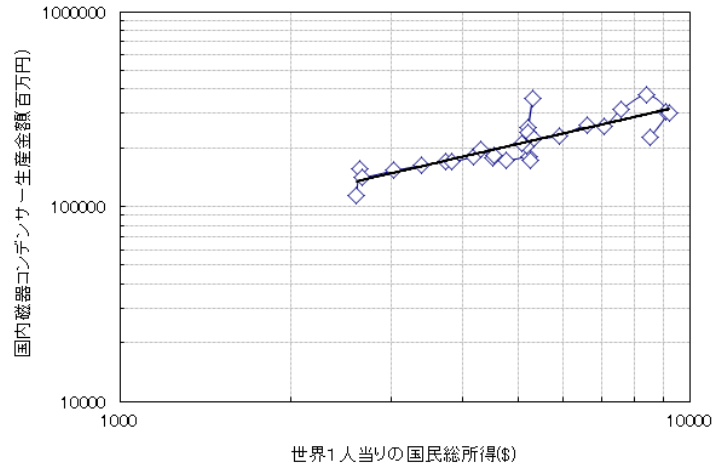


図 4: 国内磁器コンデンサーと世界 1 人当りの国民総所得の関係

シミュレーションでは,  $\eta = 0.6773$  を用いる .

4.3. 市場拡大における売買成立確率の操作法

市場拡大における売買成立確率は, (8) 式に, 顕在市場を与える (9) 式と市場を与える (10) 式を代入して,  $\kappa = n_0 / (N_0)^{a/b}$ ,  $\eta = a/b$  とすることにより得られる .

$$P_0 = \kappa \cdot N^{\eta-1} \tag{12}$$

なお 4.2 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, (12) 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  $P_0$  ( : 売買成立確率) の操作を行う . なお図 5((12) 式において  $\kappa = 1$  として作成した等高線グラフ) に示すよ

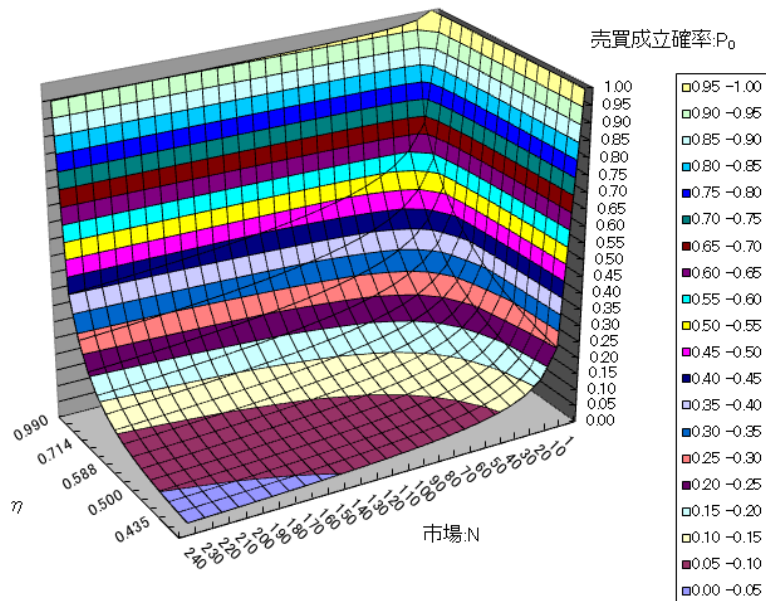


図 5: 市場拡大に伴う売買成立確率の変化

うに、(12) 式は  $\eta$  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くため、市場  $N$  の拡大に伴い  $P_0$  は小さくなる。

## 5. モデルのパラメータと諸変数の設定

価格成立過程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売買成立確率  $P_0$  と格子サイズ  $L \times L$  の2つである。

本モデルは、2次元正方格子サイト・パーコレーション・モデルであり、 $P_0$  は0から0.593(：臨界確率)の範囲で設定する必要がある。さらに  $P_0$  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、 $P_0$  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(注12)。このような制約のもとで  $P_0$  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  $0.1 < P_0 < 0.5$  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、(5) 式で与えられることから想定する市場の(単位価格  $\alpha$  を1として金額で捉えた)大きさに相当する。 $L \times L$  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( $P_0$  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( $i = 1, 2, \dots$ )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  $P_{0i}$ 、 $(L \times L)_i$  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  $N_1$   $N_2$   $N_3$  と拡大したと想定すると、この想定値  $N_i$  から(5) 式によって格子サイズ  $(L \times L)_i$  が決まる。また  $P_0$  を決定する(12) 式の  $\eta$  は4.2 で述べた方法等によって推定する。次に、0.1 から0.5の範囲でそれぞれの  $N_i$  に対応する売買成立確率を暫定値  $P'_{0i}$  として決めておく。一方で、 $N_i$  と  $\eta$  を確定値として(12) 式に代入し計算値  $\hat{P}_{0i}$  を求める。最適化手法(ソルバー)を用いて、売買成立確率の計算値と暫定値の差の2乗値  $(\hat{P}_{0i} - P'_{0i})^2$  の総和が最小になるように  $\kappa$  を定める。それを用いて更新された  $\hat{P}_{0i}$  を各市場規模の売買成立確率  $P_{0i}$  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売買成立確率  $P_{0i}$  と、これを与える  $\kappa$  を得ることができる。

価格成立過程モデルにおいて、クラスター・サイズ  $S$  と実データにおける製品価格  $p$  を対応させる(2) 式の単位価格は、ヘドニック関数の定数項として推定される。本稿と参考文献[3]で注目する電子部品の場合、 $\alpha = 0.712$ である[3]。(2) 式にしたがって、 $S$  に  $\alpha$  を掛けることによりシミュレーションから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  $f_S$  と、実市場での販売数量  $y_p$  を結びつける(3) 式の実市場における1単位の販売量  $W_S$  は、 $P_0$  と  $L \times L$ 、さらにシミュレーションの回数等で変化する。そのため  $W_S$  は、上記の諸条件を考慮し  $P_0$  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、事後的に推定される。

図6の右の散布図は、 $P_0 = 0.325$ 、 $L \times L = 70 \times 70$  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、

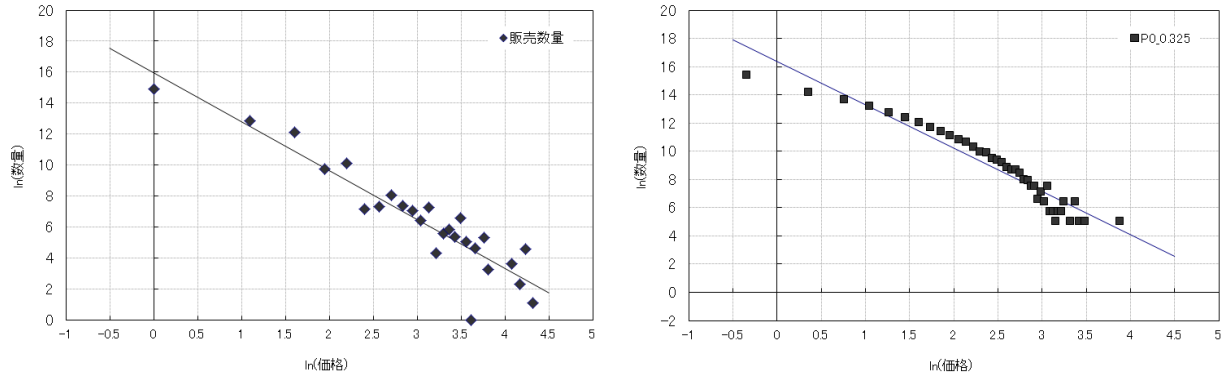


図 6: 実データとシミュレーションによる価格 販売数量分布の比較 (左: 実データ, 右: シミュレーション)

さらに実市場における 1 単位の販売量  $W_S = 150$  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。一方左図は、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 (注 13)。しかしシミュレーションでは販売数量が 150 千個 (図における縦軸の数値が  $5 (\approx \log_e 150)$ ) 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 (図中縦軸数値:  $0 = \log_e 1$ ) 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。

## 6. 市場拡大を想定したシミュレーションと実データの分布による挙動比較

### 6.1. 市場拡大の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

本稿では、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  $N = \Omega \cdot GI$  において、 $\Omega = 0.5373$  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  $53 \times 53$ ,  $62 \times 62$ ,  $70 \times 70$  としてシミュレーションを行った [表 1 上段]。なお  $\eta$  は、4.2 で推定した 0.6773 を用い、売買成立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  $\eta$  を確定値として (12) 式に代入することにより算出した  $P_0$  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  $P_0$  と  $\kappa$  を最適化した。その結果  $P_0 = (0.292, 0.266, 0.245)$ ,  $\kappa = 3.8$  を得た。以上のシミュレーションの条件は、表 1 の上段に示した。

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 1 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 [表 2 参照]。

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考えられる。

表 1: 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 $N$	2,844	3,792	4,900
顕在市場 $n$	830	1,009	1,201
潜在市場 $m$	2,014	2,783	3,700
格子サイズ $L \times L$	53 × 53	62 × 62	70 × 70
売買成立確率 $P_0$	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

表 2: 年間データで作成した価格 販売数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	2,121	1,999	2,036	2,180	2,289	2,743	3,087	3,366	3,495

## 6.2. 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

本節では、前節でのシミュレーションによる市場拡大に伴い価格 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。

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る 4.1.1 の図 2 でグラフ化した磁器コンデンサーに分類される製品を生産・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(注 14)。

表 2 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。

一方、図 7 は図 2 を作成した世界 1 人当りの国民総所得と、表 2 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、6.1 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(ミクロなデータ)から得られた分布の挙動は、マクロな視点で構築した価格成立過程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。

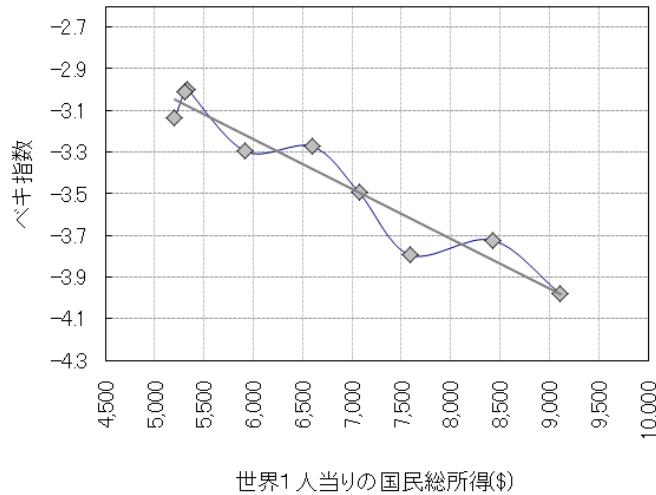


図 7: 調査対象メーカーにおける価格 販売量分布のベキ指数と世界 1 人当りの国民総所得の関係

#### 7. 市場拡大を活用して販売量を拡大するための品揃え戦略

参考文献 [3] で提案し、本稿で拡張した価格成立過程モデルを市場拡大に適用したシミュレーションによる分布の挙動は、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 8 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ベキ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。

表 3 は、表 1 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 4 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大幅に増加している。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、本研究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の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

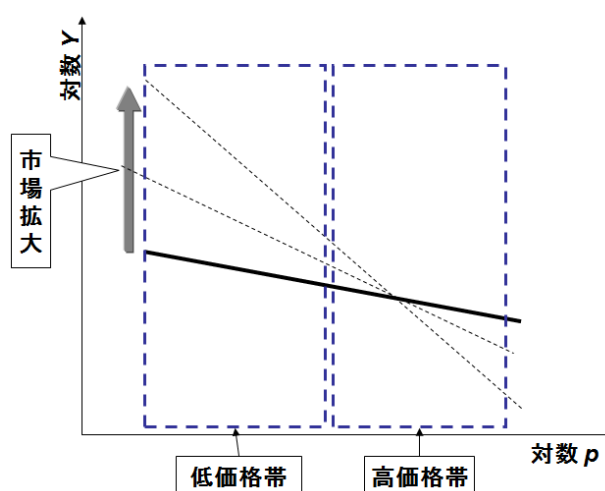


図 8: 市場拡大に伴う価格 販売量分布の変化の模式図

表 3: 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・サイズ	市場 $N$		
	2,844	3,792	4,900
2 未満	1	1.4	1.7
2 以上	1	0.7	0.3

表 4: 実データにおける高価格帯と低価格対の販売量変化

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

は市場拡大に伴う価格 販売量分布の挙動を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、ベキ指数の絶対値が増加することにより低価格帯製品のウェイトが急速に上昇するため、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、そのウェイトがゆっくりと上昇する価格帯と、逆にウェ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。

## 8. おわりに

本稿では、市場拡大に伴う価格 販売量分布の挙動をシミュレーションで再現するための売買成立確率  $P_0$  の操作法を、マクロな市場と顕在市場の推移を数理モデル化することによって数式として導いた。この操作法を用いて市場拡大を想定したシミュレーションを行った結果、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ことがわかった。この結果は、ミクロな調査対象メーカーの販売データによる価格 販売量分布の統計的分析においても確認され、本モデルの妥当性が確認された。これにより業界全体における当

該製品の価格-販売量分布も、同様の挙動をしているものと考えられる。

本結果から、新製品における新規参入時にリソースの制約で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ことが判明した。一方参考文献 [3] では、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、景気拡大時には売上高が(低価格帯に比べ)大幅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し企業にとって得策ではないことを報告している。これらの結果を総合すると、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。

今後は、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モデルの構築とそのモデルによる分布の挙動解析、さらに市場が縮小する衰退期にある製品の価格分布の挙動解析へ本モデルの適用等を検討していく計画である。

†本論の内容は、個人的な研究成果であり、著者の現在あるいは過去の勤務先の意見や手法をいかなる意味でも示すものではない。

## 注

1. 本研究で取り扱う価格-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(形名で区別される)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全製品の合計売上数量をプロットしてグラフ化した分布である(図6左参照)。
2. 本稿では、同質性の高い電子部品を対象としている。同質性の高い電子部品の場合、各サプライヤーは同じ性能・品質・価格の製品を製造・販売しており、各サプライヤーにおけるその製品の価格-販売量分布は似たものになる可能性が高い。
3. 単位価格は、ヘドニック回帰モデルの定数項として推定される。なお参考文献 [3] と本稿で取り上げた電子部品の単位価格は0.712円である。
4. パーコレーション・モデルにおいて占有確率と呼ばれるものを、本稿では売買成立確率と呼ぶ。
5. 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。
6. 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
7. 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
8. 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。
9. 普及量を  $D$ , 世界1人当りのGNIを  $GI$ (なお4.1.2の議論から  $GI = c_1 \exp(c_2 \cdot t)$ )として、両者に線形回帰モデル

$$D = c_3 + c_4 \cdot GI + \epsilon \quad (13)$$

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、(13)式の両辺を時間で微分することにより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、 $\epsilon$  は誤差項。

10. 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
11. 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のであれば、図3から連想される「顕在化していない市場が無限に広がっていくのか?」あるいは「市場が無限に拡大していくのか?」等の疑念を回避した形で本モデルを適用していることになると思う。
12. 経験的には、 $0.1 < P_0 < 0.5$  の範囲で設定するのが良い。
13. 2次元正方格子サイト・パーコレーションでは、 $P_0 = 0.593$ (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。しかし  $P_0$  の値が小さくなるに従い、図 6 に見られるような「山型」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。しかしながら注 12 に示した  $0.1 < P_0 < 0.5$  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  $P_0$  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  $P_0$  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  $P_0$  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。

14. 本研究で注目する景気循環は短期景気循環 [4] でありその周期は約 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、参考文献 [3] では月次データで検証している。一方本稿での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ている。

## 参考文献

- [1] 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際 (勁草書房, 1997).
- [2] 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 - 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, 47 (2009), 115-127.
- [3] 金井康弘, 阿部圭司: 汎用受動電子部品の価格成立過程のモデル化. 日本経営工学会論文誌, 60-5 (2009), 270-277.
- [4] 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).
- [5] 経済産業省生産動態統計: <http://www.meti.go.jp/statistics/index.html> (2011/08).
- [6] 松浦克己, コリン・マッケンジー: EViews による計量経済分析 (東洋経済新報社, 2003).
- [7] 太田誠: 品質と価格 (創文社, 1980).
- [8] W.J. Reed: Forest fires and oilfields as percolation phenomena (1999).  
<http://www.math.uvic.ca/faculty/reed/> (2012/06/02).
- [9] 相良岩男, 本多進: 図解わかる受動電子部品 (工業調査会, 2006).
- [10] 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, 4 (2007), 115-126.
- [11] D. Stauffer and A. Aharony: *Introduction to Percolation Theory* (Taylor and Francis, London, 1992).
- [12] United Nations National Accounts Main Aggregates Database:  
<http://unstats.un.org/unsd/snaama/selbasicFast.asp> (2011/08).
- [13] World Semiconductor Trade Statistics: <http://www.wsts.org/> (2011/08).

阿部圭司  
高崎経済大学経済学部  
〒370-0801 高崎市上並榎町 1300  
E-mail: abek@tcue.ac.jp



