

製品ライフサイクルはS字型か？

小 川 純 生

目 次

はじめに

1. 製品ライフサイクルの概念
2. 集計レベルと形状
3. 問題の設定
4. 仮説検証の統計モデル
5. 仮説の検証

おわりに

はじめに

マーケティングの教科書をひもとくと、ほとんど全ての本で製品ライフサイクルの項目が含まれ、そして説明がなされている。その説明において、必ずライフサイクルの形状を示した図が掲示されている。その説明あるいは図によると、製品ライフサイクルはS字型であると定型的に主張される。

本論は、それにたいして反旗を翻そうというのではなく、このことを再確認しようとするものである。その方法は、視覚により直観的にS字型を確認するのではなく、統計的な手段で数量的に検証することを試みる。具体的には、製品ライフサイクルの形状を数式で表現し、現実のデータにたいして最小2乗法を適用する。そして、推測値と現実値の一致度（決定係数）を統計的に検証するという方法を取る。

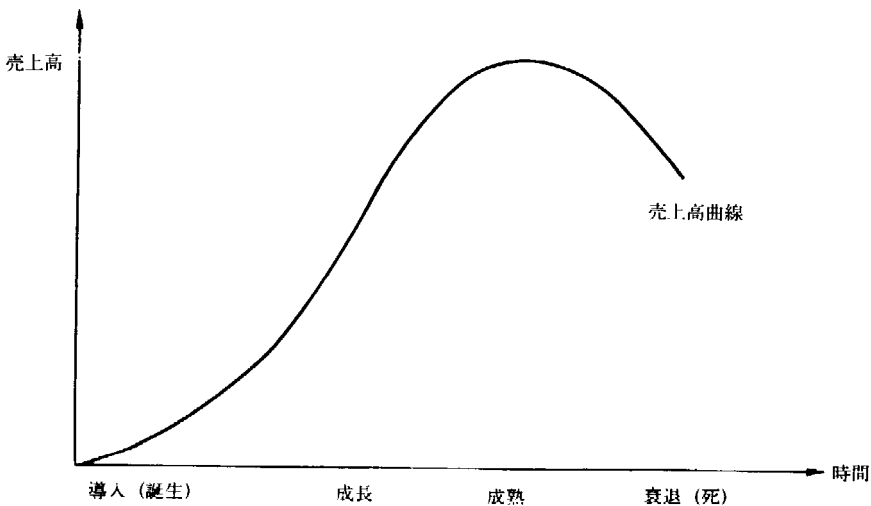
記述の順序は、次のようになる。最初に、製品ライフサイクル概念を確認する。次に、この概念の適用範囲と一般的な形状に言及する。そこから、本論における問題意識を抽出し、それを仮説として表現する。この仮説を統計

的なモデルとして具体化する。そして、この具体化したモデルを使用して、仮説を検証するという手続きを取る。

1. 製品ライフサイクルの概念

一般に、市場に導入される製品は、導入（誕生）から成長、成熟。そして衰退（あるいは死）の段階へという経過をたどるとされる¹⁾。製品ライフサイクル（Product Life Cycle）の概念は、その製品の売上高が、時間の経過と共にあるパターンを描くことを示すものである。それは、通常S字型の曲線によって表現されることが多い（図1）²⁾。

図1 製品ライフサイクルの理想型



製品ライフサイクルのこのようなパターンは、偶然のもので定型的なものは存在しないという議論もあるが³⁾、本論はその存在を前提として論を進める。

2. 集計レベルと形状

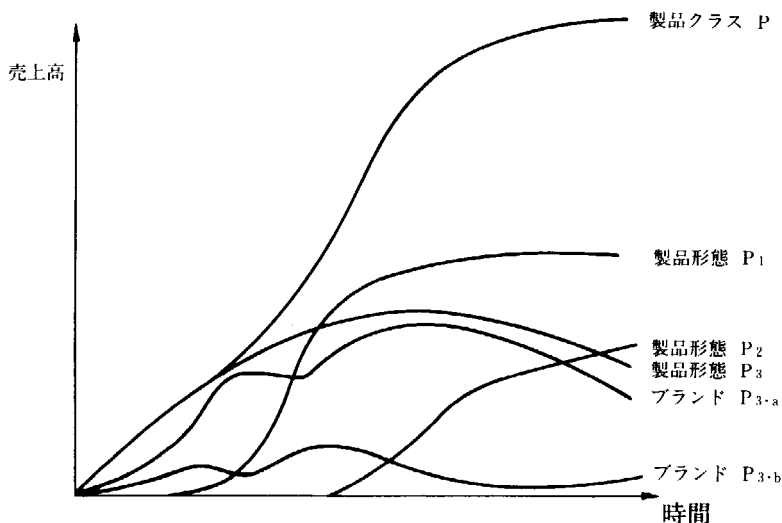
この製品ライフサイクルの概念に関して、多くの研究がなされてきた。その中で特に、この概念を適用する対象製品とそのライフサイクルの形に関して、いくつか議論がなされている。

対象製品とは、製品ライフサイクルの概念を適用する際の製品集計レベルの問題であり、どのレベルが適切かが議論される。それは、製品クラス (product classes)、製品形態 (product forms)、そしてブランド (brands) の3つのレベルを指す。それらは、次のように区別される⁴⁾。製品クラス：消費者の同じニーズを満たしうる製品代替群。異なった製品クラスに属するアイテム間においては、需要の交差弾力性がほとんど0である。製品形態：製品クラス内を細分化したもの。技術的に同一ではないが、同質的なものからなる。ブランド：他と識別するための記号（たとえば商標）によって区別される製品群。

本論では、これらの関係を「入れ子構造」⁵⁾として捉えることによって考察する。製品クラスの製品ライフサイクルは、そのクラスに含まれる諸製品の形態レベルでのライフサイクルが集計されたものである。そして、その製品形態でのライフサイクルは、その形態に含まれる諸ブランドのライフサイクルが集計されたものである。すなわち、製品クラスのライフサイクルは、製品形態の諸ライフサイクルから、そして製品形態のライフサイクルは、ブランドの諸ライフサイクルから構成されているという「入れ子構造」を想定するのである。その関係を理念的に示したものが、図2である。

このことに関して、現在までのところ、次のような議論が大勢をしめつつある。それは、製品ライフサイクルの概念は、製品形態のレベルにたいして最も適用可能性が高い、一方、ブランドのレベルではほとんど適用不能である、また製品クラスのレベルでは、適用に関して若干問題があるというものである⁶⁾。ブランドのレベルでは、企業のマーケティング戦略が直接に影響を与え、変動が大きすぎて不適切である⁷⁾。一方、製品クラスのレベルでは、製品の存続期間（成長期・成熟期）が長すぎて全体として捉えるのが困難であるといわれる。これらにたいして、製品形態レベルでは、極端にマーケティング戦略が反映するのでもなく、また過度に存続期間が長くない、製品の成長－衰退パターンを適切に追跡できるという意味で、製品ライフサイクル概念が有効であるという理由づけである⁸⁾。

図2 入れ子構造の製品ライフサイクル



製品ライフサイクルの形に関しては、S字型以外に様々な型が指摘されている。D. R. RinkとJ. E. Swanは、文献レビューにより12の型を指摘している⁹⁾。すなわち、①古典的型（2次関数）、②サイクルーリサイクル型（2次、3次、4次関数）、③サイクルー半サイクル型（3次関数）、④直線的増加型、⑤直線的減少型、⑥直線的高位置高原型、⑦直線の低位置高原型、⑧安定的成熟型、⑨成長的成熟型、⑩革新的成熟型、⑪成長－減少－高原型、⑫急速浸透型である。G.J. TellisとM. Crawfordは、同様に、①古典的カーブ（ベル型）、②2次曲線、③3次曲線、④4次曲線、⑤直線上昇型、⑥直線下降型、⑦直線一定型、⑧波型成長、⑨指数型、⑩台地型、⑪変形4次曲線型、⑫直線の上昇－下降型、⑬変形5次曲線型の13の型を指摘している¹⁰⁾。P. Kotlerは、通常のライフサイクル型以外に、①成長－スランプ－成熟型、②サイクルーリサイクル型、③波型成長型、④急成長－急降下（fad）型を指摘している¹¹⁾。

3. 問題の設定

製品ライフサイクル概念を適用する集計レベルに関して、その妥当性を製品クラスと製品形態の関係において考察する。過去の研究成果によれば、ブランド集計のレベルは、製品ライフサイクル概念の適用には適さないという

ことが、前節で示したように大体認められるところである。したがって、以降の分析ではこのブランド集計のレベルを考察の対象から外すことにする。図2におけるブランド $p_{3,a}$ とブランド $p_{3,b}$ を除いて、製品クラスP、製品形態 p_1 、 p_2 、 p_3 に関して考察する。

製品ライフサイクルに関するデータは、ある時間範囲に限定されているので（製品の市場導入から測定時点まで）、現時点で得られる売上高の時系列データは、製品ライフサイクルの全過程を含んでいる場合もあるし、そうでなくその一部のみを含んでいる場合もある。既述の入れ子構造のライフサイクルという視点に立つと、入れ子の下位レベルでは全過程が含まれる場合でも、上位レベルでは全過程が含まれない場合もありうると思われる。

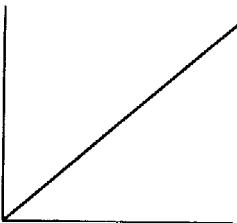
そこで、第5節仮説の検証の5-1集計レベルで、製品クラスのレベルと製品形態のレベル両者にたいして製品ライフサイクル概念を適用し、それらの形状を特定できるかどうかを検討する。そしてそれと同時に製品クラスと製品形態間を比較した場合に、そこに何らかの関係が存在するのかということも検討する。仮説として、下記のものが設定される。

仮説：製品ライフサイクルはS字型である。

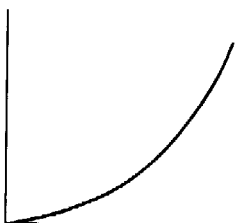
製品ライフサイクルの形については、2つの視点から検討する。1. 製品ライフサイクルの導入から成長への過程、そして2. その過程に加えて成熟と衰退を含む過程である。それは具体的に、下記の6つの型を使用して行う（図3参照）。①直線、②2次曲線（+b）、③指数曲線、④ロジスティック曲線、⑤2次曲線（-b）、⑥正規分布曲線である¹²⁾。

図3 検証する製品ライフサイクルの形状

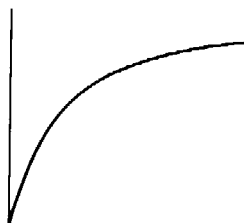
①直線



②2次曲線（+b）



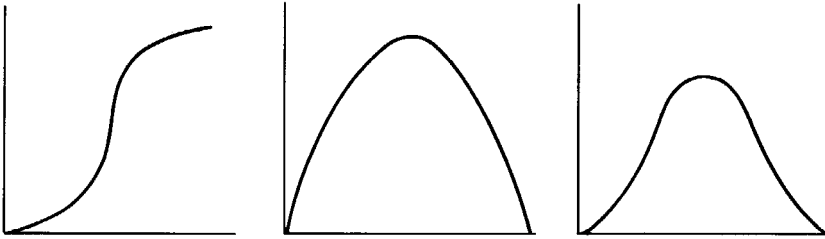
③指数曲線



④ ロジスティック曲線

⑤ 2次曲線（-b）

⑥ 正規分布曲線



そこにおいて、1. 導入から成長への過程は、4つの型を想定する。売上高が、a. 傾きを一定にして増加する（直線）、b. 傾きの傾斜を急にしながら増加する（2次曲線+b）、c. 傾きの傾斜を緩めながら増加する（指数曲線、2次曲線-bの頂点まで）、d. 最初傾きを急にしながら、そして途中から逆に傾きを緩やかにしながら増加する（ロジスティック曲線、正規分布曲線の頂点まで）。

2. 成熟と衰退を含む過程に関しては、2つの型を考える。売上高が、e. 傾きの傾斜を緩めながら増加し、頂点に達したなら今度は傾きの傾斜を急にしながら減少する（2次曲線-b）。f. 最初傾きを急にしながら、そして途中から逆に傾きを緩やかにしながら増加し、頂点に達したなら今度は、傾きを急にしながら、そして途中から逆に傾きを緩やかにしながら減少する（正規分布曲線）。

本論で、S字型と呼ぶのは、④ロジスティック曲線と⑥正規分布曲線である。また、②2次曲線（+b）の形状は、傾きが緩くなる以前のS字型の初期形状を示していると考え、S字型になり得る可能性を持っていると解釈する。

4. 仮説検証の統計モデル

ここでは、第2節で提示した製品ライフサイクルの形状の具体的な数式モデルを提出する。これらの数式モデルの曲線を使用し、現実のデータにたいして最小2乗法を適用する。そして、推測値と現実値の一致度（決定係数）を統計的に検証するという方法を取る。以下、その手続きを記述する。

(1) 直線推定

$$S = a + bT \quad (1)$$

(上式で、 S =売上数量、 a =定数、 b =定数、 T =時間)

これは直線の式である。時間 T の経過とともに、一定の割合で売上数量 S が増加していくことを示している。回帰式の推定は、線型なので通常の最小2乗法が使用できる。

(2) 2次曲線推定 (+ b)

$$S = a + bT^2 \quad (2)$$

(上式で、 S =売上数量、 a =定数、 b =定数、 T^2 =時間の2乗)

この曲線は、横軸 T に関して頂点0を基点とした放物線である。2次の項の係数がプラス(+)なので、下に凸の放物線である。ここでは、特にその曲線の最下点から右側を利用して曲線の推定を行う。売上数量 S が、時間 T とともに傾きを急勾配にしながら、右上がりに上昇していく様を示す。最小2乗法を適用するために、(2)式を次のように変換する。

$$Y = \alpha + \beta X \quad (2)'$$

(上式で、 $Y=S$ 、 $\alpha=a$ 、 $\beta=b$ 、 $X=T^2$)

入力データ形式として、 Y の値は売上数量そのもの、一方 X の値は、放物線の最下点を基点とするために0を初期値とした T の2乗の値である。(2)'式で求めた最小2乗法の推定値 α と β は、(2)式の係数 a と b になる。

(3) 指数曲線推定

$$S = S^* - ae^{-bT} \quad (3)$$

(上式で、 S =売上数量、 S^* =売上数量の上限、 a =定数、 e =自然対数の底、 b =定数、 T =時間)

これはいわゆる修正指数曲線といわれるものである。売上数量 S の値が、最

初は急傾斜で伸び、そして次第に傾きを緩めながら、限りなく上限 S^* に近づいていく様子を示している。最小2乗法を適用するために、(3)式の S^* を移項し、両辺の自然対数をとる。

$$\begin{aligned}
 \ln (S^* - S) &= \ln a + \ln (e^{-bT}) \\
 \underbrace{\ln (S^* - S)}_{Y} &= \underbrace{\ln a}_{\alpha} + \underbrace{(-b T)}_{\beta} \underbrace{1}_{X} \\
 &\quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\
 &\quad e^a \quad \quad b \\
 &\quad \downarrow \\
 &\quad a
 \end{aligned} \tag{3}'$$

したがって、入力データ形式は、 Y の値は $\ln (S^* - S)$ 、 X の値は T である。この手続きにより求めた最小2乗法の推定値は、 α の値を e^a に変換したものが、(3)式の a の値になり、 β 値はそのまま e^{-bT} の項のべき乗係数 b の値になる。

(4) ロジスティック曲線推定

$$S = \frac{S^*}{1 + e^{a-bT}} \tag{4}$$

(上式で、 S =売上数量、 S^* =売上数量の上限、 a =定数、 e =自然対数の底、 b =定数、 T =時間)

この式は、ロジスティック曲線を示している。売上数量 S の値が、最初は除々に、そして次第に傾きを急傾斜にしながら伸び、そしてある点(変曲点)から今度は逆に傾斜を緩めながら、限りなく上限 S^* に近づいていく様子を示すものである。最小2乗法を適用するために、(4)式の S^* と1を移項し、両辺の自然対数をとる。

$$\begin{aligned}
 S^*/S &= 1 + e^{a-bT} \\
 S^*/S - 1 &= e^{a-bT} \\
 \underbrace{\ln (S^*/S - 1)}_{Y} &= \underbrace{a}_{\alpha} + \underbrace{(-b T)}_{\beta} \underbrace{1}_{X} \\
 &\quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\
 &\quad a \quad \quad b
 \end{aligned} \tag{4}'$$

したがって、入力データ形式は、Yの値は $\ln(S^*/S-1)$ 、Xの値はTである。この手続きにより求めた最小2乗法の推定値、 α と β は、そのまま(4)式のaとbの値になる。

(5) 2次曲線推定 (－b)

$$S = a - bT^2 \quad (5)$$

(上式で、S=売上数量、a=定数、b=定数、 T^2 =時間の2乗)

この曲線は放物線である。2次の項の係数がマイナス(－)なので、上に凸の放物線である。ここでは、特にその曲線の極大値を原点0として、曲線の推定を行う。売上数量Sが、時間Tとともに傾きを緩やかにしながら、右上がりに上昇し、そして減少していく様を示す。最小2乗法を適用するために、(5)式を次のように変換する。

$$Y = \alpha + \beta X \quad (5')$$

(上式で、 $Y=S$ 、 $\alpha=a$ 、 $\beta=-b$ 、 $X=T^2$)

入力データ形式として、Yの値は売上数量そのものである。一方、Xの値は次の手続きを取る。まず、放物線の極大値を原点とするために、売上数量Sが極大を示すときの時間 T^* 探し、その T^* を0と置く。そしてこの T^* を中心にして、 $\dots, -2, -1, 0 (=T^*), 1, 2, \dots$ 、の各々のTの2乗値を求める。これらのTの2乗値がXの入力データとなる。(5)'式で求めた最小2乗法の推定値 α と β は、(5)式の係数aとbになる。

(6) 正規分布曲線推定

$$S = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(T-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

これは、正規分布曲線を示す式である。売上数量Sの値が、最初は除々に、そして次第に傾きを急傾斜にしながら伸び、そして平均値 μ に近づくにつれて伸び率が小さくなり、その平均値を頂点として今度は逆に傾斜を急にしながら

ら減少していくパターンを表わしている。最小 2 乗法を適用するために、 μ を 0 と仮定して、(6)式の自然対数をとる。

$$\begin{array}{rcccl}
 \ln(S) & = & \ln(a) & + & (-b T^2) \\
 \underbrace{\hspace{1cm}} & & \underbrace{\hspace{1cm}} & & \underbrace{\hspace{1cm}} \underbrace{\hspace{1cm}} \\
 Y & = & \alpha & + & \beta X \\
 & & \downarrow & & \downarrow \\
 & & e^a & & b \\
 & & \downarrow & & \\
 & & a & &
 \end{array} \tag{6}'$$

$$\left(\text{上式で, } a = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad b = -\frac{1}{2\sigma^2} \right)$$

入力データ形式として、Yの値は、売上数量の自然対数値 $\ln(S)$ である。Xの値は次の手続きを取る。正規分布曲線の頂点である平均値を原点($\mu = 0$)とするために、売上数量Sが極大を示すときの時間 T^* 探し、その T^* を0と置く。そしてこの T^* を中心にして、 $\dots, -2, -1, 0 (=T^*), 1, 2, \dots$ 、の各々のTの2乗値を求める。これらのTの2乗値がXの入力データとなる。(6)'式で求めた最小2乗法の推定値 α と β は、 α の値を e^a に変換したものが(6)式のaの値になり、 β の値はそのままbの値になる¹³⁾。

5. 仮説の検証

5-1 集計レベル

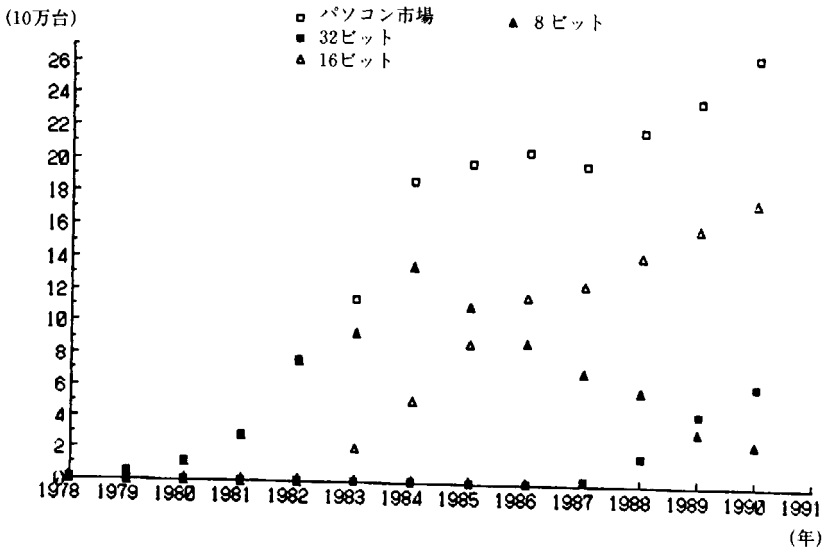
使用したデータは、パーソナル・コンピュータ（8ビット、16ビット、32ビット）の出荷台数、鍵盤楽器（ピアノ、電子オルガン、電子キーボード）の生産台数、インスタント・ラーメン（袋ラーメン、カップラーメン）の生産数量、筆記用具（鉛筆、万年筆、ボールペン、マーカーペン）の生産本数の数量データである¹⁴⁾。図4から図7に、製品クラスと製品形態のライフサイクル、そしてそれらの関係が入れ子構造状に示されている。製品クラスのライフサイクルが製品形態のそれを包含しており、時間範囲と売上数量がより大きいことが示されている。このような関係を前提にして、製品ライフサ

イクルの形状の特定とそれらライフサイクル間の関係を分析してみる。

(1) パーソナル・コンピュータ

パーソナル・コンピュータ（以下パソコンと記述）の時系列の数量変化が、図4に示されている。パソコン市場全体の数量は、8ビット、16ビット、32ビットパソコンの出荷台数を合計したものである。

図4 パーソナル・コンピュータの製品ライフサイクル



これらのデータにたいして、最小2乗法を適用し、その決定係数を求めると表1が得られる。回帰式全体の有効性を評価するF値が、決定係数値の下に示されている。ほとんどが有意な値を示している。パソコン市場全体を見ると、正規曲線と直線が大きな決定係数値（0.930と0.926）を示している。あるいは、2次曲線（-b）とロジスティック曲線もそれに劣らず大きな値（0.914と0.913）を示している。パソコン市場全体は、いまだ成長している段階にあり、その成長過程を表わす型は、まだ明確でなく単純な直線でも十分説明し得る。強いて言うならば、導入時からの立ち上がりの形からか、正規曲線が最も当てはまっている。8ビットパソコンは、正規曲線が断然当て

はまりが良い (0.990)。16ビットパソコンは、2次曲線(－b)と直線の当てはまりが良い (0.976と0.956)。これは、導入からの立ち上がり³⁾が、他のパソコンに比較して急速で、どちらかという上に凸気味の傾向線を意味していると言えるかもしれない。32ビットパソコンは、正規曲線 (0.996)、ロジスティック曲線 (0.988)、直線 (0.980) の決定係数が大きな値を示している。導入されて日が浅いために結論を急ぐ必要はないが、傾向から言うと、16ビットとは逆に下に凸のゆっくuriとした立ち上がりを見せている。

これらの結果をまとめると、下記のようになる。パソコン市場全体では、完全ではないがそのライフサイクルの全体の兆候が、現段階において幾らか読み取れる。そして、それは一部それに含まれる下位のライフサイクルの形状と同じ傾向を示す場合も、またそうでない場合も見られる。ある程度ライフサイクルの成熟、衰退期を迎えている8ビットパソコンは、統計的に仮説の通りS字型を示していた。一方、パソコン市場全体、16ビットパソコン、32ビットパソコンに関しては、現在のところ導入、成長の段階にあると考えられ、決定的な型は決められない。

表1 パーソナル・コンピュータの回帰結果

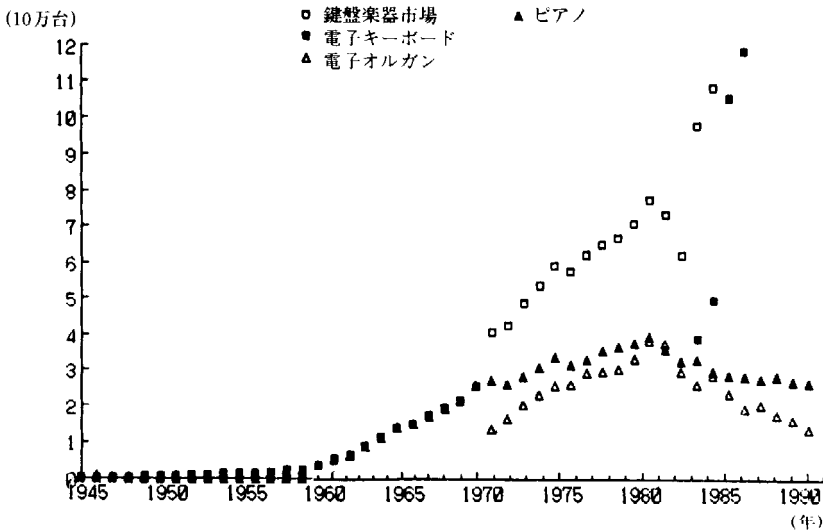
	パソコン市場	8ビット パソコン	16ビット パソコン	32ビット パソコン
直 線 	0.926 151.613 ¹	0.757 25.861 ¹	0.956 153.696 ¹	0.980 145.771 ¹
2次曲線(+b) 	0.796 47.877 ¹	0.590 12.518 ¹	0.772 24.638 ¹	0.884 23.762 ⁵
指 数 曲 線 	0.790 46.237 ¹	0.231 3.408	0.819 32.741 ¹	0.886 24.299 ⁵
ロジスティック曲線 	0.913 127.806 ¹	0.639 15.180 ¹	0.938 107.695 ¹	0.988 247.797 ¹
2次曲線(－b) 	0.914 128.031 ¹	0.717 21.231 ¹	0.976 290.327 ¹	0.834 16.125
正 規 曲 線 	0.930 160.245 ¹	0.990 762.461 ¹	0.936 102.533 ¹	0.996 837.530 ¹

注) 上段が決定係数(自由度修正済み), 下段からF値: 1 = 1%水準, 5 = 5%水準で有意。パソコン市場(8ビット+16ビット+32ビット), 8ビット = 1978~1986, 16ビット = 1983~1990, 32ビット = 1987~1990

(2) 鍵盤楽器

鍵盤楽器の時系列の数量変化が, 図5に示されている。鍵盤楽器市場の数量は, ピアノ, 電子オルガン, 電子キーボードの生産台数を合計したものである。

図5 鍵盤楽器の製品ライフサイクル



鍵盤楽器に関しては, 鍵盤楽器市場全体 (0.948), ピアノ (0.936), 電子オルガン (0.915), 電子キーボード (0.961) いずれにおいても正規曲線の決定係数が最も大きい。鍵盤楽器市場全体では, 次にロジスティック曲線の決定係数が大きい (0.911)。ピアノでは直線 (0.817), 電子オルガンでは2次曲線 (ーb) (0.852), 電子キーボードでは直線 (0.935) とロジスティック曲線 (0.932) が, 正規曲線について大きな決定係数を示している。

これらの結果をまとめると、鍵盤楽器市場全体は、市場導入直後の立ち上がりに関しては間違いなく下に凸の曲線を持っており、S字型と解釈できる。ピアノと電子オルガンもS字型とみてもよいであろう。一方、電子オルガンに関しては正規曲線形状を示しつつ、上に凸な2次曲線（-b）的傾向を持っている。オカマを伏せた形あるいはUFO（⊖）型と形容できるかもしれない。電子キーボードは、導入間もないので、全体的な判断はできないが立ち上がりの形状としては、直線に近い下に凸型の成長過程を持っている。この市場の場合、鍵盤楽器という製品クラスとそこに含まれる製品形態、すなわちピアノ、電子オルガン、電子キーボードの形状は、その時間範囲と山の高さは別にして、類似した傾向を示している。

表2 鍵盤楽器の回帰結果

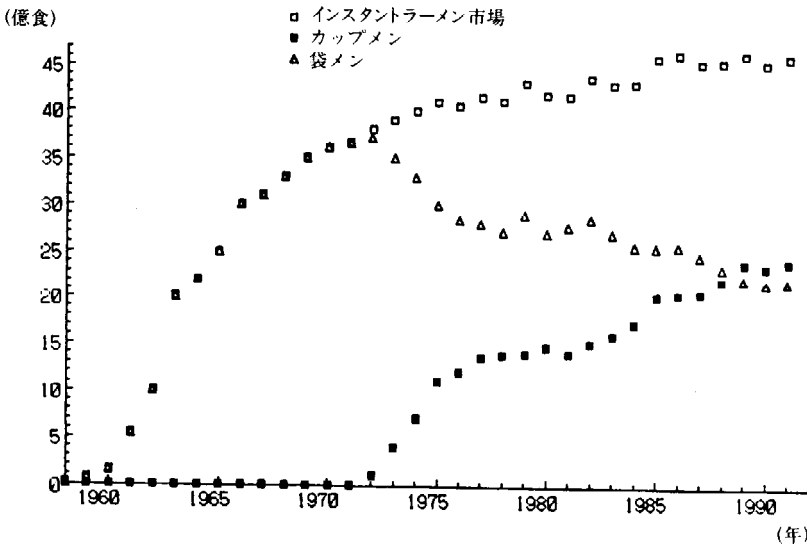
	鍵盤楽器市場	ピ ア ノ	電子オルガン	電子キーボード
直 線 	0.651 86.760 ¹	0.817 206.628 ¹	-0.037 0.285	0.935 102.028 ¹
2 次 曲 線 (+ b) 	0.819 209.016 ¹	0.695 105.726 ¹	0.083 2.811	0.835 36.330 ¹
指 数 曲 線 	0.344 25.172 ¹	0.573 62.827 ¹	-0.049 0.057	0.896 61.090 ¹
ロジスティック曲線 	0.911 469.198 ¹	0.731 125.715 ¹	-0.034 0.341	0.932 97.164 ¹
2 次 曲 線 	0.426 35.147 ¹	0.779 163.441 ¹	0.852 116.157 ¹	0.870 47.681 ¹
正 規 曲 線 	0.948 836.928 ¹	0.936 674.514 ¹	0.915 216.024 ¹	0.961 173.997 ¹

注) 上段が決定係数(自由度修正済み), 下段がF値: 1 = 1%水準, 5 = 5%水準で有意。鍵盤楽器市場 (ピアノ+電子オルガン+電子キーボード), ピアノ=1944~1990, 電子オルガン=1970~1990, 電子キーボード=1983~1990

(3) インスタントラーメン

インスタントラーメンの時系列の数量変化が、図6に示されている。インスタントラーメンの数量は、袋ラーメンとカップラーメンの生産数量を合計したものである。

図6 インスタントラーメンの製品ライフサイクル



インスタントラーメン市場全体では、指数曲線の決定係数が最も大きく(0.944)、次いで2次曲線(－b)のそれが大きい(0.930)。袋ラーメンは、2次曲線の決定係数が最大で(0.960)、次いで正規曲線が少し小さめの値を示している(0.878)。カップメンは、2次曲線が最大(0.939)、そして直線がそれに近い値を示している(0.921)。

これらの結果を解釈すると下記のようなになる。明らかにインスタントラーメン市場全体は、指数曲線あるいは2次曲線(－b)の形状、すなわちS字型ではなく、オワンを伏せたような形(＝)を示している。袋ラーメンは、正規分布曲線の残像を残しつつ、基本はやはり2次曲線(－b)の形状で、オワンを伏せたような形を示している。カップラーメンは、やはり基本は2

次曲線であるが、成長が続いていることを示しており、直線的な傾向が見られる。市場全体とそれに含まれる袋メンとカップメンは、類似した傾向を示している。

表3 インスタントラーメンの回帰結果

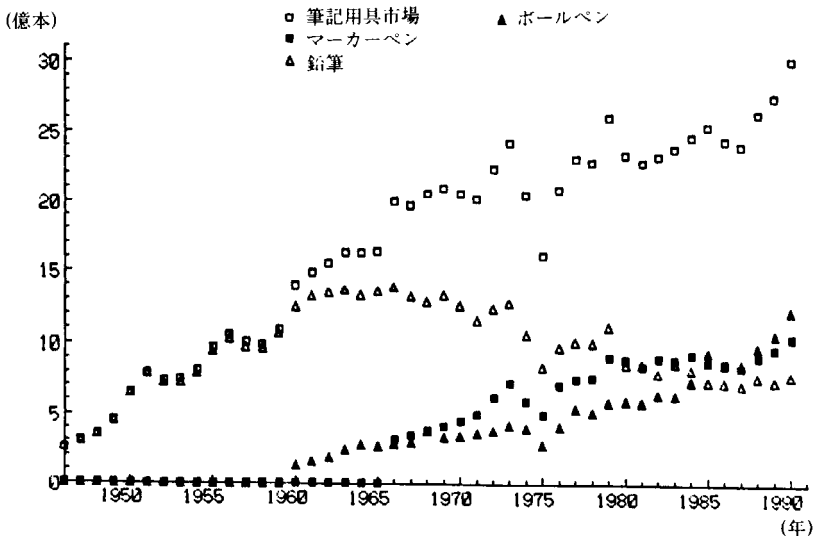
	インスタント ラーメン市場	袋ラーメン	カップラーメン
直 線 	0.764 107.929 ¹	0.787 63.776 ¹	0.921 234.326 ¹
2次曲線(+b) 	0.530 38.272	0.546 21.465 ¹	0.774 69.644 ¹
指数曲線 	0.944 562.489 ¹	0.700 40.745 ¹	0.857 121.097 ¹
ロジスティック曲線 	0.796 129.378 ¹	0.739 49.051 ¹	0.757 63.439 ¹
2次曲線 	0.930 441.384 ¹	0.960 404.159 ¹	0.939 310.283 ¹
正規曲線 	0.631 57.399 ¹	0.878 123.594 ¹	0.601 31.113 ¹

注) 上段が決定係数(自由度修正済み), 下段が¹F値: 1 = 1%水準, 5 = 5%水準で有意。インスタントラーメン市場=1958~1991, 袋=1958~1975, カップ=1971~1991

(4) 筆記用具

筆記用具の時系列の数量変化が、図7に示されている。筆記用具市場の数量は、鉛筆、万年筆、ボールペン、マーカーペンの生産数量を合計したものである。

図7 筆記用具の製品ライフサイクル



筆記用具市場で特徴的なことは、大きな決定係数が2次曲線（-b）と正規曲線に集中していることである。筆記用具市場全体は、2次曲線（-b）の決定係数が最も大きく（0.947）、次いで正規曲線のそれ大きい（0.928）。鉛筆もやはり、2次曲線（-b）の決定係数が相対的に大きく（0.621）、正規曲線がそれに次いでいる（0.513）。万年筆は、いずれの回帰も結果が良くなく、有意なF値を示す決定係数が得られなかった。相対的には2次曲線（-b）（0.391）と正規曲線（0.284）がかりうじて大きいと言えるぐらいである。ボールペンは、2次曲線（+b）が最大の決定係数値を示している（0.949）、それに次ぐのが直線である（0.880）。マーカーペンは、正規曲線が最も大きく（0.921）、次いで2次曲線がそれに近い値を示している（0.910）。

これらの結果を解釈すると、下記のようになる。筆記用具全体、鉛筆、万年筆が、2次曲線（-b）の形状、すなわちS字型ではなく、オワン型を伏せたような形と言えるかもしれない。ボールペンは、他と異なっており、2次曲線（+b）の形状で、右上がりに加速しながら上昇成長している。あるいは直線的に成長しているパターンを示している。マーカーペンは、いまだ確定的には断言できないが、正規曲線と2次曲線の両者の傾向を示しており、オワンを伏せた形と形容できる。

表4 筆記用具の回帰結果

	筆記用具 市 場	鉛 筆	万 年 筆	ボールペン	マーカーペン
直 線 	0.919 501.967 ¹	0.001 ¹ 1.034	0.112 6.525 ⁵	0.880 220.302 ¹	0.862 150.509 ¹
2次曲線(+b) 	0.773 151.165 ¹	-0.017 0.273	0.257 16.224 ¹	0.949 563.333 ¹	0.698 56.546 ¹
指 数 曲 線 	0.806 184.020 ¹	-0.023 0.009	0.119 6.957 ⁵	0.645 55.573 ¹	0.844 130.903 ¹
ロジスティック 曲 線 	0.890 355.741 ¹	-0.019 0.199	0.072 4.401 ⁵	0.861 186.221 ¹	0.871 162.464 ¹
2次曲線(-b) 	0.947 783.236 ¹	0.621 73.130 ¹	0.391 29.280 ¹	0.698 70.399 ¹	0.910 244.660 ¹
正 規 曲 線 	0.928 566.528 ¹	0.513 47.366 ¹	0.284 18.455 ¹	0.875 210.946 ¹	0.921 280.005 ¹

注) 上段が決定係数(自由度修正済み), 下段がF値: 1 = 1%水準, 5 = 5%水準で有意。筆記用具市場(鉛筆+万年筆+ボールペン+マーカーペン), 鉛筆, 万年筆=1946~1990, ボールペン=1960~1990, マーカーペン=1966~1990。

ここまで、製品クラスと製品形態両者のライフサイクルの関係と形を分析してきた。それをまとめると、両者の関係は大体において類似の傾向を示していたが、いくつかの製品形態は明らかに異なった形状を示すものもあった。しかしいずれにしても、製品クラスでもあるいは製品形態でも、どちらのレベルにおいても製品ライフサイクルの形状は、ある程度特定できることがわかった。

ここで、ひとつ下記に示す思わぬ副産物が生じている。それは、パソコンと鍵盤楽器市場でS字型の傾向が、一方、インスタントラーメンと筆記用具市場では、伏せたOWN型の傾向が多く見られたことである。このことを少し拡大解釈するならば、専門的・耐久消費財的製品の場合はS字型、最寄品的・消耗品的製品の場合は伏せたOWN型の製品ライフサイクルの形状を示すと類推できる。このことを考慮に入れて、今度は、製品クラス、製品形態にこだわらず入手できた製品データに関して、専門品的・耐久消費財的製品と最寄品的・消耗品的製品を区別して統計的分析を行う。

5-2 形状の測定

専門品的・耐久消費財的製品は、3輪トラック、電子レンジ、白黒テレビ、カラーテレビ、VTR、電気掃除機、扇風機、洗濯機、冷蔵庫、ヘヤードライヤー、ジューサー・ミキサー、電気カミソリの12製品である。最寄品的・消耗品的製品は、スポーツドリンク、テレホンカード、ハンバーガー、ハンバーグ、宅配便、チック、コーラ、乳類入り炭酸飲料、豆乳、果粒入り果実飲料、ピザ、インスタントコーヒーの12製品である。

これらの製品にたいして、先と同様に6つの曲線を利用した最小2乗法を適用し、その決定係数を求めた。その結果が、表5と表6にまとめられている（今度の表はF値を省略した）。

表5 専門品の・耐久消費財の製品

	3 輪 トラック	電 子 レンジ	白 黒 テレビ	カラー テレビ	V T R	電 気 掃除機
直 線 	0.231	0.695	0.032	0.873	0.613	0.977
2次曲線(+b) 	0.373	0.637	0.022	0.698	0.402	0.885
指 数 曲 線 	0.009	0.246	0.032	0.486	0.010	0.712
ロジスティック 曲 線 	0.279	0.561	0.014	0.673	0.260	0.810
2次曲線(-b) 	0.514	0.561	0.820	0.904	0.608	0.916
正 規 曲 線 	0.908	0.879	0.652	0.853	0.836	0.734

	扇 風 機	洗 濯 機	冷 蔵 庫	ヘ ヤー ドライヤー	ジューサー・ ミキサー	電 気 カミソリ
直 線 	0.167	0.913	0.910	0.150	0.443	0.957
2次曲線(+b) 	0.019	0.748	0.756	0.028	0.227	0.930
指 数 曲 線 	0.001	0.717	0.777	0.021	0.206	0.772
ロジスティック 曲 線 	0.111	0.789	0.784	0.079	0.415	0.938
2次曲線(-b) 	0.139	0.961	0.930	0.187	0.264	0.854
正 規 曲 線 	0.048	0.697	0.836	0.129	0.256	0.942

表6 最寄品の・消耗品の製品

	スポーツ・ ドリンク	テレホン カード	ハンバーガー	ハンバーグ	宅配便	チ ッ ク
直 線 	0.993	0.950	0.940	0.683	0.988	0.676
2次曲線(+b) 	0.901	0.920	0.965	0.425	0.902	0.471
指 数 曲 線 	0.835	0.715	0.639	0.205	0.906	0.380
ロジスティック 曲 線 	0.956	0.937	0.917	0.356	0.996	0.616
2次曲線(-b) 	0.922	0.819	0.786	0.940	0.915	0.837
正 規 曲 線 	0.994	0.950	0.913	0.952	0.998	0.937

	コ ー ラ	乳類入り 炭酸飲料	豆 乳	果粒入り 果実飲料	ピ ザ	インスタント コーヒー
直 線 	0.755	0.437	0.653	0.224	0.910	0.960
2次曲線(+b) 	0.586	0.230	0.531	0.316	0.933	0.853
指 数 曲 線 	0.556	0.093	0.245	0.101	0.615	0.961
ロジスティック 曲 線 	0.735	0.318	0.416	0.185	0.762	0.845
2次曲線(-b) 	0.665	0.216	0.484	0.354	0.753	0.913
正 規 曲 線 	0.905	0.245	0.671	0.466	0.869	0.948

両者を比較して全体で見ると、予測が見事に外れていることがわかる。すなわち、最寄品的・消耗品的製品群において、大きな決定係数値が、S字型を示す正規曲線により多く見られる。一方、専門品的・耐久消費財的製品群においては、2次曲線（-b, 上に凸）、正規曲線、そして直線が均衡的に大きな決定係数値を配分し合っている。

専門品的・耐久消費財的製品に関して、その特徴を読むと以下になる。大きな決定係数値は、正規曲線にも見られるが、その多くが直線と2次曲線に見られる。直線が多い理由は、製品の寿命が長いということ、そしていまだ衰退下降期を迎えていないということから、小さな売上数量の変動ではなく大きなトレンドを追うと直線的な成長曲線が得られるからであろう。また、2次曲線の多い理由は導入期・成長期と成熟期の相対的な期間の長さの問題と解釈できる。製品改良等の延命策がなされることにより、成熟期の期間が長く保たれる。この期間が長くなればなるほど、導入・成長期間は相対的に短くなる。そうすると、全体の形状を測定する場合、期間の長い方がより多くのウェイトを得ることになる。したがって、立ち上がりはS字の最初の兆候を示していても、全体としては伏せたOWN型あるいは立ち上がりの緩さを残したUFO型として測定されることになる。

これら製品群において、例外的な特徴を示しているものとして、扇風機とドライヤーを指摘できる。表5に示されるように、決定係数値が小さい。これらのデータを実際にプロットしてみると、成長の山が2～3あることがわかる。したがって、これらの製品ライフサイクルの形状は、4～6次関数により表現できることになる。実際に、扇風機とドライヤーにたいして5次関数で推定してみると、その決定係数値はそれぞれ0.876と0.752の値を示していた。

最寄品的・消耗品的製品に関しては、下記の特徴が見られる。先に指摘したように、全体として正規曲線の傾向が強く見られる。その中にあって、いくつかの製品は異なった傾向を示している。ハンバーガー、ピザ、インスタントコーヒーは、直線的増加あるいは2次曲線（+b）的傾向を示し、いまだ成長段階にあり、それを持続しているように見える。一方、今回使用した曲線が当てはまらない製品が、乳類入り炭酸飲料である。この製品は、実際のデータをプロットするとわかるように一度大きな山を向かえた後に、そこから減少し、さらにもう一度成長しているという傾向線を示している。これを曲線で表現するならば、3次関数になる。ちなみに、3次関数で推定する

とその決定係数値は0.683となる。

最後に、今回分析に使用した全ての製品クラス、製品形態においてその中で推定の決定係数が第一位を示すそれぞれの曲線をカウントしてみる。その結果が、表7に示されている。

表7 最大の決定係数値の数

直 線	2 次曲線 (+ b)	指数曲線	ロジスティック 曲線	2 次曲線 (- b)	正規曲線	そ の 他
5	5	2	0	7	19	3

注) テレホンカードが直線と正規曲線において同値を示しており、2 回カウントされている。合計41。

今回取り上げた製品を見る限りにおいては、仮説「製品ライフサイクルはS字型である」は、大体支持することができる。それと同時に、他の形状の存在も否定できないことがわかった。特に、成熟期、衰退期をいまだ知らず成長し続けている直線と2次曲線(+b)を示す形状は、合計10の製品に見られた。また、S字型に近い曲線として伏せたオワン型、すなわち市場導入時から急速に売上数量を伸ばし、さらに成熟期と衰退期を経過しているという2次曲線(-b)も、7つの製品タイプに見られた。上限に向かって進行している指数曲線形状を示す製品が2つ、また3次あるいは5次曲線によって示すことができる製品が3つあった。

おわりに

今回、約40の製品にたいして、製品ライフサイクルの形状を検証してみた。従来からの研究で示唆されているように、S字型のライフサイクル形状を示すものが最も多かった。取り上げた製品を見る限りにおいて、仮説「製品ライフサイクルはS字型である」は、ほぼ支持することができた。それと同時に、他の形状の存在、すなわち、増加関数としての直線と2次曲線(+b)、S字型に近い曲線と言える伏せたオワン型を示す2次曲線(-b)、上限に近

づく指数曲線，そして3次あるいは4次曲線も確認した。しかし，数多くある製品のうちのわずか40の製品ライフサイクルの形状を調べただけであるので，この結果を全ての製品群に普遍化することはできない。

今後の課題としては，以下のことが指摘できる。今回は，ライフサイクルの形状そのものに関心を集中したのであるが，この形状に影響を与える要因も同時に考慮する必要がある。なぜ，特定の形を呈するのか，どのような影響要因が，どの程度，どの方向へ作用しているのかということを知ることが，よりの確な説明に結びつくことになる。マーケティング戦略的には，製品ライフサイクルの形状そのものよりも，影響要因の影響方法を知ることの方が，有効な情報といえるかもしれない。

注

- 1) C. Whan Park and Gerald Zaltman, *Marketing Management*, The Driden Press, 1987, p.240
- 2) Philip Kotler, *Marketing Management : analysis, planning, and control*, Seventh edition, Prentice Hall, Inc., 1991. p.328
Philip Kotler and Gary Armstrong, *Principles of Marketing*, Fourth edition, Prentice-Hall, Inc., 1989, pp.289-295
正田聰「マーケティングにおけるライフサイクル論」『オペレーションズ・リサーチ』1988年10月号, p.515
Theodore Levitt, "Exploit the Product Life Cycle," *Harvard Business Review*, Vol.18, No.6 (November-December, 1965) pp.81-94
Joel Dean, "Pricing Policies for New Products," *Harvard Business Review*, Vol.28, no.6 (November-December 1950) pp.45-53
- 3) Nariman K.Dhalla and Sonia Yuspeh, "Forget the Product Life Cycle Concept," *Harvard Business Review*, Vol.54 (January-February 1976) pp.102-112
- 4) Roland Polli and Victor Cook, "Validity of the Product Life Cycle," *The Journal of Business*, vol.42, October 1969, p.388
- 5) 北原貞輔『経営進化論－在ることから成ることへのパラダイム転換－』有斐閣，1990年，pp.182-184
- 6) Gerard J.Tellis and Merle Crawford, "An Evolutionary Approach to Product Growth Theory," *Journal of Marketing*, vol.45 (Fall 1981), p.126
David R.Rink and John E.Swan, "Product Life Cycle Research : A

Literature Review," *Journal of Business Research*, September 1979, p.226

- 7) この指摘に反するものとして, W.E.Coxの研究に言及しておかなければならない。彼は, 754の薬品のブランドレベルでのライフサイクルを調べ, いくつかのパターンが存在することを報告している。

William E.Cox, "Product Life Cycles as Marketing Models," *The Journal of Business*, vol.40, October 1967, pp.375-384

- 8) たとえば, R.PolliとV.Cookは, 薬用品, 食料品, タバコに関する140種類の製品を調べ, 製品形態レベルの集計レベルが最も適切であったと報告している。
R.Polli and V.Cook, op. cit., p.397

- 9) David R.Rink and John E.Swan, op. cit., p.222
- 10) Gerard J.Tellis and Merle Crawford, op. cit., p.126
- 11) Philip Kotler, 1991, op. cit., pp.350-352

- 12) 第1節で指摘した様々な型の製品ライフサイクルは, この6つの型の直線や曲線のいずれか, あるいはその組合せに還元できると考える。たとえば, サイクルーリサイクル・半サイクル型の3次曲線や4次曲線は, いくつかの2次曲線が合わさったもの, 直線的増加, 減少, 高位置高原, 低位置高原型は, 基本はいずれも直線である。

- 13) この求めた a と b の値から, それぞれ σ を計算すると, 異なった数値が得られてしまう。 a の値から求めた σ の値は, 回帰式の定数項の推定値なので, 推定に用いたデータの上下の変動の影響を受ける。そのために, 正確な σ の値が得られない。もし, データが平均値を中心に左右対称で, そして回帰が完全決定であれば, 両者の σ は一致する。

- 14) 以降使用するデータに関しては, 下記の文献資料より得られた。日本電子工業振興会『パーソナル・コンピュータに関する調査報告書』, 通産省統計調査室編『雑貨統計年報』, 財団法人食品産業センター『食品産業統計年報』, 日本即席食品工業協会, 通商産業省編『機械統計年報』。

今回の分析は, BLUEプログラムを使用した。このプログラムは, 吉野直行, 高橋徹『パソコン計量経済学入門』多賀出版, 1990年, に付属している。

今回の分析において, 系列相関 (Serial Correlation), あるいは自己相関 (Autocorrelation) の問題が気懸かりな点として残る。誤差項の分布, あるいはダービン・ワトソン統計量を見ると, 系列相関の兆候が見られる。系列相関の存在下における推定に関しては, その推定量は不偏ではあるが, σ^2 の推定値や回帰係数の標準誤差は実際より小さめになる。しかし, R.J. Wonnacott & T.H. Wonnacottによれば, 特に X_i (あるいは T_i) が規則的に増加する場合, 通常の最小2乗法は割合有効である——一般化最小2乗法の推定値にはほぼ近いも

のが実際に得られる」と記述している。

Ronald J. Wonnacott & T.H. Wonnacott, *Econometrics*, John Wiley & Sons, 1970 (国府田恒夫, 田中一盛共訳『計量経済学序説』培風館, 昭和50年, pp.123-124, pp.292-294)