

普及理論の医薬品マーケティングへの応用

武藤 猛

ITBPO株式会社 主席研究員

Application of Diffusion Theory to Pharmaceutical Marketing

Takeshi Muto

Senior Fellow、 ITBPO Inc.

要旨

普及理論の代表的な数理モデルである Bass モデルを、医薬品の製品ライフサイクル予測に適用した。まず、カラーテレビの普及率データを用いて、Bass モデルの精度を検証した。その結果、普及初期のデータだけを用いて、製品ライフサイクルのマイルストーンが精度良く予測できることがわかった。次に、Bass モデルを医薬品に適用した。最初に、医薬品の月別売上高のデータに Bass モデルを適用した。その結果、ほとんどの製品で製品ライフサイクルのマイルストーンや総売上高を精度良く予測可能なことが分かった。さらに、薬価改訂の影響を考慮する方法を提案した。最後に、このような製品ライフサイクルの分析結果を医薬品マーケティングに応用する方法について提案した。

キーワード：

普及理論、Bass モデル、製品ライフサイクル、医薬品マーケティング、売上高予測

はじめに

消費者に有用なイノベーション（製品やサービス）を速やかに普及させることは、マーケティングの重要な目的である。イノベーションの普及がどのようなメカニズムで行われるかについては、古く Rogers の普及理論が有名である⁽¹⁾。Rogers はアメリカにおける農機具の普及を観察することで普及理論の基礎を固め、その後、Rogers を含む多数の研究者が消費財を主な対象に理論を発展させた。現在では普及理論は、マーケティングの古典理論といってよいほどである。普及理論の数理モデルについては、Bass を始めとする研究者が様々なモデルを提案し⁽²⁾⁽³⁾、現在に至るまで改良や応用が続けられている⁽⁴⁾。

医療用医薬品（以下、単に医薬品と呼ぶ）は典型的なイノベーションであり、普及理論の対象となり得る。実際、1950年代には普及理論の立場から、医師のコミュニティにおける医薬品の普及メカニズムが研究され、基本的には医薬品も消費財と変わらないメカニズムで普及することが明らかにされている⁽⁵⁾。新薬は、まずオピニオンリーダーが採用し、次にその影響を受けた医師の間で普及していくというメカニズムは、現在では、製薬企業

のマーケティング活動の基本となっている。しかしながら、医薬品への普及理論の適用は、採用者カテゴリーなど概念的な内容が多く、数理モデルによる取扱いは行われていない⁽⁶⁾。

本論文では、普及理論の代表的な数理モデルである Bass モデルを用いて、医薬品の普及(売上高推移)に対して、普及の初期段階で製品ライフサイクルの予測が可能かどうかを検証することを目的としている。具体的には、製品ライフサイクル全体に渡る総売上高(ライフサイクル価値)の予測、および製品ライフサイクルのマイルストーン(最大普及率や累積普及率の変曲点の時期)の予測である。また、この予測結果を、営業・マーケティング活動へのタイムリーな反映に活用することの可能性についても検討する。

1. Bass モデルとその予測精度

(1) 普及モデルの進展と Bass モデル

Rogers は普及理論の基本的な枠組みを構築した⁽¹⁾。イノベーションは、革新的採用者、初期少数採用者、初期多数採用者、後期多数採用者、および伝統主義者の順に普及するという採用者カテゴリーのモデルはあまりに有名である。しかし Rogers 自身は定性的な研究が主で、数理モデルの開発は行わなかった。Rogers 以後、多数の研究者が数理モデルの開発を行った。その中でも、Bass モデル⁽²⁾は、普及の内部構造がモデルに反映されていること、およびパラメータの数が少ないのにモデルの予測精度が高いこと、などの理由で、現在に至るまで広く使われている⁽⁴⁾。

Bass モデルは次のように表される：

$$f(t) = dF(t)/dt = [p + qF(t)][1 - F(t)]$$

ここで、 $f(t)$ は時点 t での普及率、 $F(t)$ は時点 t での累積普及率、 p 、 q はパラメータで、各々革新係数、模倣係数と呼ばれ、普及メカニズムを表している。初期条件 $F(0)=0$ で積分すると、累積普及曲線(いわゆる S 字曲線)が得られる：

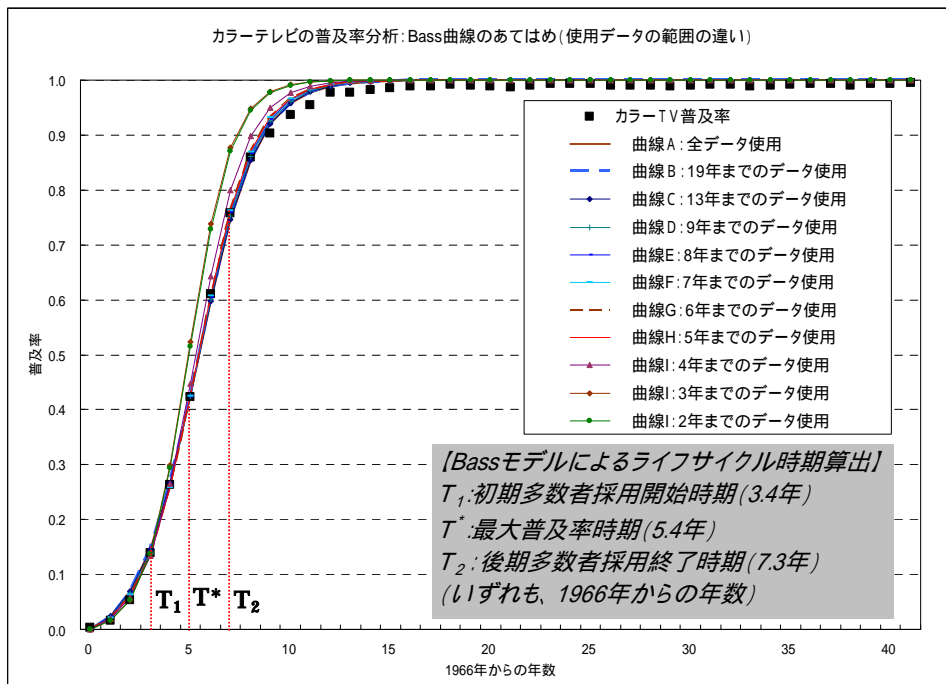
$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + (q/p)e^{-(p+q)t}}$$

なお、変数を普及率でなく、売上高(または販売数量)とする場合には、 $F(t)$ の式にパラメータ m を掛ければよい。パラメータ m は、ライフサイクルの全売上高(または全数量)、つまりライフサイクル価値を意味している。 $F(t)$ を 1 回微分および 2 回微分することにより、製品ライフサイクルの重要なマイルストーンである T_1 (初期多数者採用開始時期)、 T^* (最大普及率時期)、および T_2 (後期多数者採用終了時期)が求められる⁽²⁾⁽⁴⁾。

(2) カラーテレビの普及率に対する Bass モデルの適用結果と予測精度

Bass モデルの精度を確認するために、1966 年から 41 年間のカラーテレビの普及率の推移を分析する(データは、内閣府消費者動向調査による)。予測精度を確認することが目的であるので、全データを使用するケースを基準として、使用データを少しずつ減らし、最も少ないデータでは 2 年目までのデータを使用する、という方法で、合計 11 種類の計算を行った。直接の予測結果はパラメータ p および q で示されるが、実用上はライフサイクルのマイルストーン T_1 、 T^* 、および T_2 の方が分かり易い。結果を図表 1 および図表 2 に示す。

図表1 カラーテレビの普及率へのBassモデルの適用



図表2 カラーテレビの普及率分析に対するBassモデルの精度比較

あてはめ曲線の種類	自由度	収束までの繰り返し回数	F値	p値	R2	自由度調整済みR2	パラメータ推定値		製品ライフサイクル予測値		
							p	q	T1	T*	T2
曲線A: 全データ使用	42	14	137307.0	0.0000	0.9999	0.9998	0.0175	0.6607	3.41	5.36	7.30
曲線B: 19年までのデータ使用	20	10	34319.2	0.0000	0.9997	0.9997	0.0175	0.6607	3.41	5.36	7.30
曲線C: 13年までのデータ使用	14	13	15908.4	0.0000	0.9996	0.9996	0.0174	0.6624	3.42	5.36	7.29
曲線D: 9年までのデータ使用	10	8	13315.1	0.0000	0.9997	0.9996	0.0162	0.6825	3.47	5.36	7.24
曲線E: 8年までのデータ使用	9	8	29374.4	0.0000	0.9999	0.9998	0.0153	0.6984	3.51	5.35	7.20
曲線F: 7年までのデータ使用	8	7	21760.7	0.0000	0.9999	0.9998	0.0149	0.7068	3.52	5.35	7.17
曲線G: 6年までのデータ使用	7	7	4045.5	0.0000	0.9995	0.9993	0.0144	0.7169	3.54	5.34	7.14
曲線H: 5年までのデータ使用	6	6	2263.1	0.0000	0.9993	0.9989	0.0145	0.7140	3.54	5.35	7.15
曲線I: 4年までのデータ使用	5	6	2263.1	0.0000	0.9993	0.9989	0.0127	0.7751	3.55	5.22	6.89
曲線J: 3年までのデータ使用	4	5	2494.0	0.0004	0.9996	0.9992	0.0098	0.9231	3.46	4.88	6.29
曲線K: 2年までのデータ使用	3	4	176.2	0.0532	0.9972	0.9915	0.0099	0.9106	3.48	4.91	6.34

計算ケース (3年までのデータ使用) および (2年までのデータ使用) を除き、全期間のデータを精度良く再現している。パラメータ p および q は、計算ケースを除き、すべて統計的に有意であった (有意水準 0.05)。 $T_1=3.4$ 年なので、S 字曲線の最初の変曲点である初期多数者採用開始時期付近までのデータがあれば、ライフサイクル全体の予測が可能であることを示唆している。これはライフサイクル初期で全期間の予測が可能であることを意味しており、実用上重要な結果である。

(3) Bassモデルの収束について

Bassモデルのパラメータは非線形回帰分析で求められる。このため、初期値が適切でないと収束しないことがある。経験的には、 $p=0.01$ 、 $q=0.1$ を設定すると収束する場合が多い。また、変数に売上高を用いる場合に必要なパラメータ m は、売上高の最大値を超える適当な数値を与えると良い。「見た目」で S 字曲線に似たデータについては、 $p < q$ であり、問題なく収束する。しかし、「見た目」で S 字曲線から外れたデータについては、 $p > q$ と逆転し、またラ

ライフサイクルのマイルストーン T_1 、 T^* 、および T_2 もマイナスとなる。これは、革新性のあまりない製品の場合とされている。なお、図表 2 の例が示すように、決定係数 R^2 が 1 に非常に近い場合でも、パラメータ p および q が有意とならない場合がある。Bass モデルにおいては、決定係数でモデルの精度を判断することは適切でないようである。

SAS の NLIN プロシジャーを用いた Bass モデルのプログラムを図表 3 に示す。

図表3 BassモデルのSASプログラム(売上高を変数とする場合)

```
%macro bass(dataset,no,prod,start,m0,p0,q0);

/* dataset :入力データのデータセット名          */
/* no      :計算の整理番号                        */
/* prod    :製品名                               */
/* start   :計算の開始年                         */
/* m0,p0,q0 :パラメータの初期値                 */

proc nlin data=&dataset.;
  parms m=&m0., p=&p0., q=&q0.;
  x=year - &start.;
  model &prod. = m * ( 1 - exp(-(p+q)*x) ) / ( 1 + (q/p)*exp(-(p+q)*x) );

  ods output Nlin.ParameterEstimates = FIT&no._&prod.;
  ods output Nlin.ANOVA = ANV&no._&prod.;

run;

%mend bass;
```

2. Bass モデルの医薬品への適用事例

(1) Bass モデルを医薬品に適用する上での留意点

Bass モデルを医薬品に適用する場合、データの種類として、金額データ、数量データ、および普及率データ、の 3 種類が考えられる。金額データは、入手し易いが薬価改定の問題がある。数量データは、薬価改定の問題を避けられるが、入手が困難である。普及モデルの考え方に沿うデータであるが、医療機関の採用率を医薬品の普及率としてよいかどうかには検討の余地がある（同じ医療機関内の複数医師間で採用の考え方が異なる可能性がある）。まとめると、金額データを用いて Bass モデルを適用するのが現実的であるが、薬価改定の影響を別途考察する必要がある。

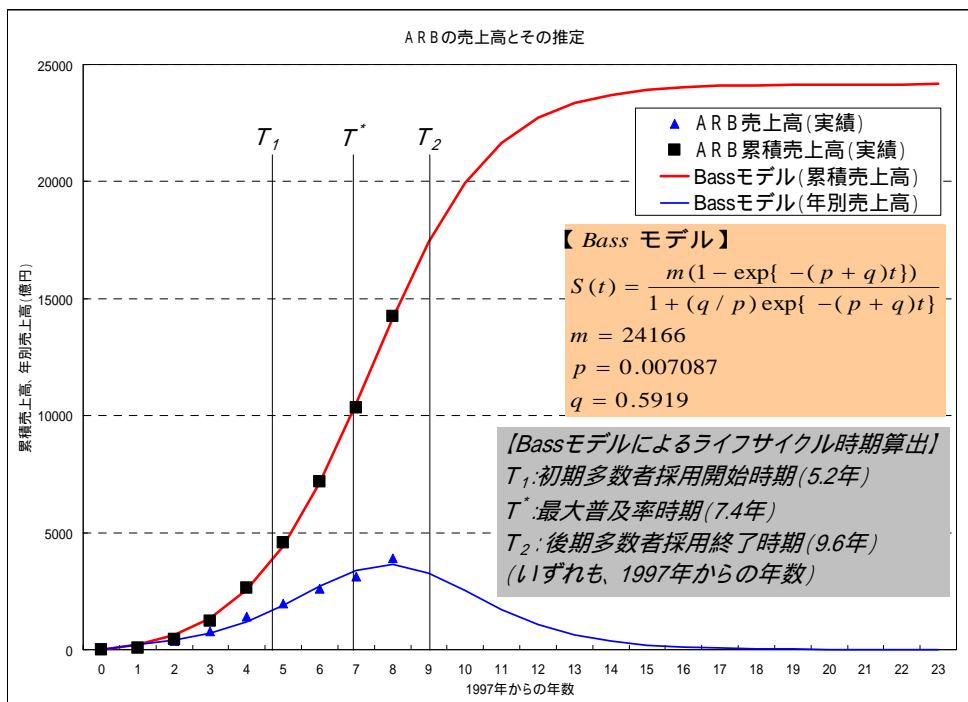
(2) 薬効領域への適用

医薬品におけるイノベーションは、新規作用機序の発見による新しい薬効領域の創出、および既存薬効領域における新薬の発見、という 2 つのレベルが考えられる。まず、薬効領域におけるライフサイクル予測の例として、高血圧症治療薬の中の薬効領域 ARB（アンジオテンシン 2 受容体拮抗薬）を取り上げる。ARB は、日本では最初の薬剤が 1997 年に上市され、急速に市場規模が拡大した。多くの薬剤の市場参入があり、現在では高血圧症治療薬の中で最大シェアを占める薬効領域である。

図表 4 は、薬効領域 ARB に対して Bass モデルを適用した結果である。この結果によれば、急速に成長した ARB 領域は、既に普及率のピーク時期 T^* を過ぎていて、ライフサイクルの後期に入っている。今後の市場拡大はあまり期待できず、新規参入はハードルが高くなる。一方、

ARB のメーカー各社は、マーケティング戦略を成長期から成熟期へと切り替えることが求められる。また、薬価改定やジェネリック医薬品の参入を見越した戦略も重要となる。最近、ARB と利尿剤の合剤の上市など、ARB の機能拡張が見られるのも、成熟期に対応した、ライフサイクル延長戦略と考えられる。

図表4 薬効領域 (ARB) へのBassモデルの適用



(3) 各種製品のライフサイクル分析

Bass モデルを個別の製品に適用する。2000 年以降に上市された 6 種類の製品 (製品 A ~ F) が対象である。各製品の薬効領域は異なる。データは 53 ヶ月分の月別売上高である。Bass モデルを適用するために、累積売上高を算出した。このことにより、月別売上高でありがちな、季節変動やキャンペーンの影響がキャンセルされ、予測精度が高まる。

6 製品の予測結果のうちの 2 製品の結果を示す。図表 5 は製品 A (ARB) に対する結果である。月別売上高ではかなりの変動が見られるものの、Bass モデルは累積売上高を精度良く再現している。この結果から、製品 A は普及率のピークを過ぎており、マーケティング戦略の転換が求められていることが分かる。

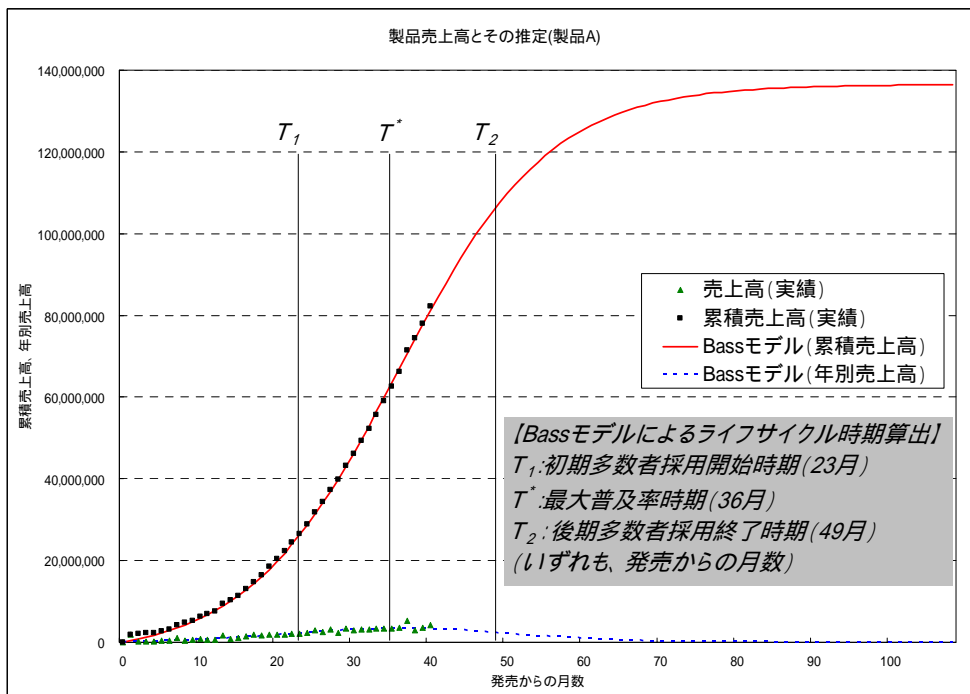
図表 6 は製品 E (抗菌剤) に対する結果である。データへのフィッティングは行われているものの、製品 A とは異なり、ライフサイクルのマイルストーンは (T_2 を除き) 算出不可能である ($p > q$ であるため)。この理由については、革新性が比較的乏しい製品であることが考えられる。

図表 7 は、6 種類の製品の予測結果をまとめたものである。前述の製品 E は、 $p > q$ となり、同時に T_1 と T^* がマイナスになっている。E 以外は、ライフサイクルのマイルストーンが正常に算出されている。これらは、マーケティング戦略の転換時期に関する重要なヒントを与えている。

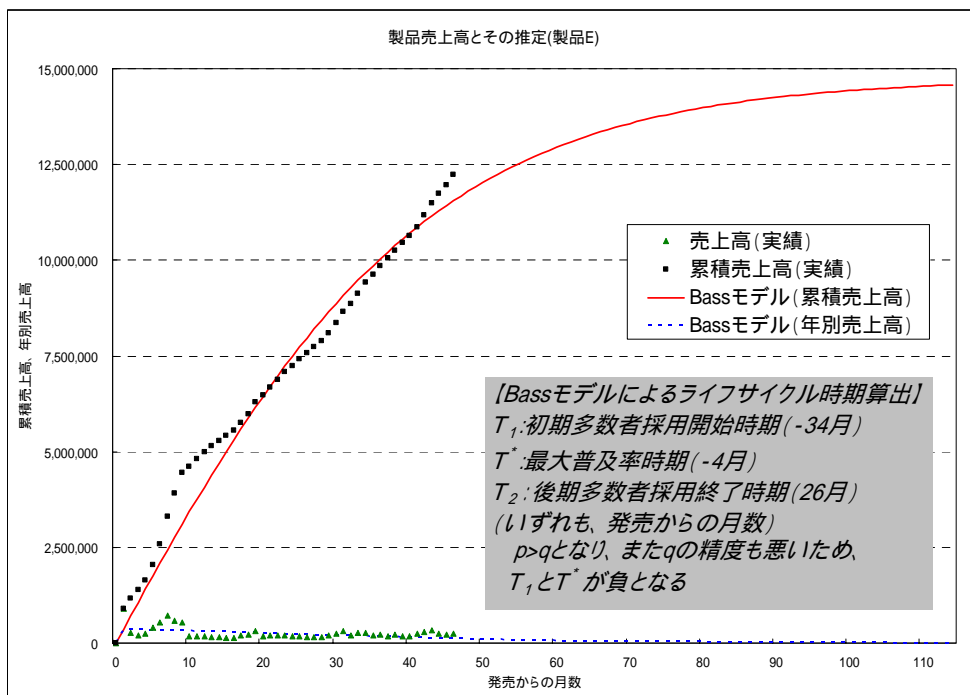
図表 8 のパラメータ m (製品ライフサイクル価値) の予測精度をまとめたものである。製品

E を除くと、製品ライフサイクル価値が数%以内の誤差で予測可能であることを示している。この値がライフサイクル初期で予測できることは、経営戦略上有用と考えられる。

図表5 製品A (ARB) へのBassモデルの適用



図表6 製品E (抗菌剤) へのBassモデルの適用



図表7 製品ライフサイクル予測に対するBassモデルの精度比較

製品の種類	自由度	収束までの繰り返し回数	F値	p値	R2	自由度調整済みR2	パラメータ推定値			製品ライフサイクル予測値		
							m	p	q	T1	T*	T2
製品A(高血圧症治療薬(ARB))	53	8	18937	2.00E-76	0.9991	0.9991	136,500,000	0.0026	0.0994	23	36	49
製品B(高血圧症治療薬(Ca拮抗剤))	53	9	37918	7.00E-84	0.9996	0.9995	17,372,160	0.0014	0.1476	22	31	40
製品C(糖尿病治療剤)	53	7	105967	5.00E-95	0.9998	0.9998	36,162,194	0.0078	0.0396	7	34	62
製品D(骨粗しょう症治療剤)	53	6	50067	6.00E-87	0.9997	0.9996	73,906,278	0.0050	0.0663	18	36	55
製品E(抗菌剤)	53	15	1847	4.00E-51	0.9910	0.9905	14,754,543	0.0241	0.0200	-34	-4	26
製品F(喘息治療剤)	53	8	60590	6.00E-89	0.9997	0.9997	46,968,893	0.0033	0.0750	23	40	57

図表8 製品ライフサイクル価値の予測とその精度

製品の種類	パラメータmの推定値と誤差および信頼限界						
	製品ライフサイクル価値 m (億円)	標準誤差	標準誤差比率	下側信頼限界	上側信頼限界	t値	p値
製品A(高血圧症治療薬(ARB))	1,365	77	5.7%	1,210	1,521	17.62	0.0000
製品B(高血圧症治療薬(Ca拮抗剤))	174	5	3.1%	163	184	32.50	0.0000
製品C(糖尿病治療剤)	362	15	4.2%	331	392	23.92	0.0000
製品D(骨粗しょう症治療剤)	739	26	3.5%	687	792	28.30	0.0000
製品E(抗菌剤)	148	25	16.8%	98	197	5.97	0.0000
製品F(喘息治療剤)	470	17	3.7%	435	504	27.25	0.0000

(4) 長寿医薬品における薬価低減の影響の分析

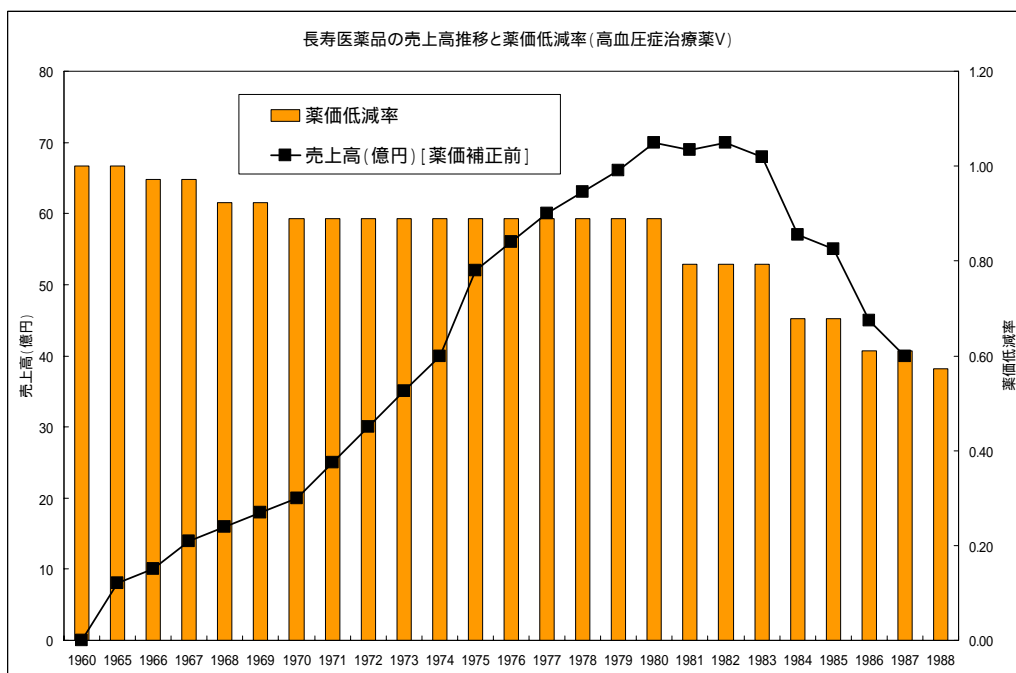
現在の薬価制度では、革新的な医薬品であっても、薬価低減の影響を免れない。そこで、長寿医薬品のデータを用いて、薬価低減を伴う医薬品のライフサイクル予測を行った。

図表9は、ある長寿医薬品の売上高および薬価低減率(上市時の薬価に対する当該年の薬価の比率)の推移を示している⁽⁷⁾。1960年の上市後、3年目には薬価低減が始まり、最終的には上市時の薬価の約60%にまで低下している。このような製品のライフサイクル分析を適切に行うには、売上高を薬価低減率で補正し、上市時の薬価に換算する必要がある。このことは、価格でなく数量ベースで分析を行うことに対応している。

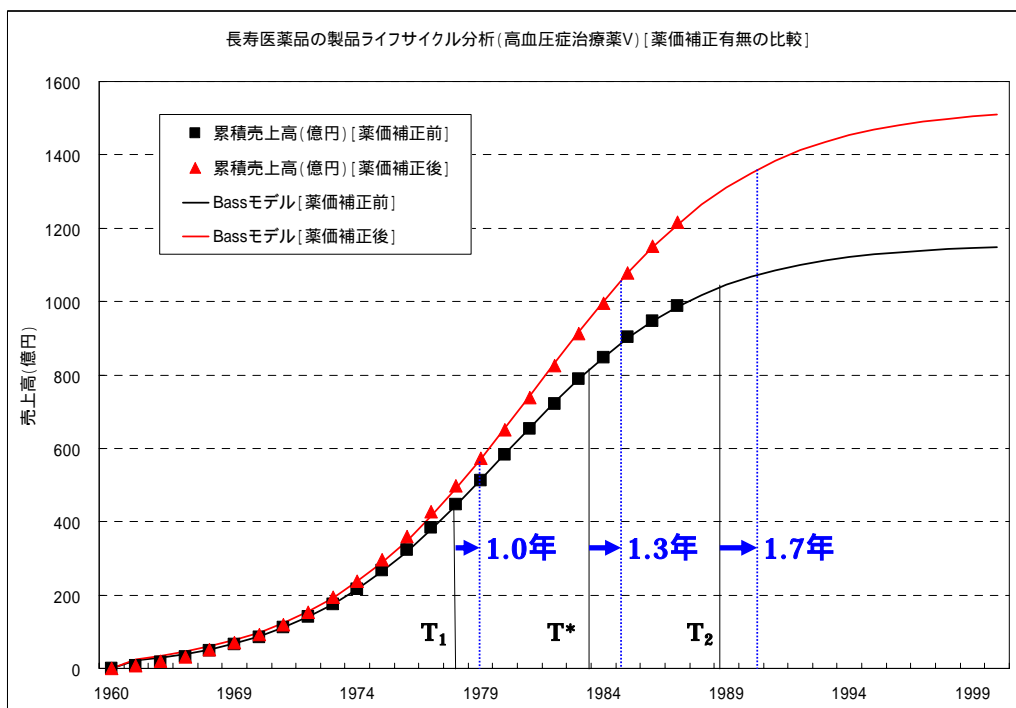
薬価補正前および薬価補正後の売上高を求め、それぞれの累積売上高を算出して、Bassモデルを適用した結果を図表10に示す。この結果によれば、薬価補正前後のライフサイクルのマイルストーンT₁、T*、およびT₂の差は、各々、1.0年、1.3年、および1.7年である。図表10には示していないが、薬価補正前後の製品ライフサイクル価値mの値は、各々1,157億円と1,531億円となり、その差は374億円(薬価補正後のmに対する比率は24%)となり、無視できない大きさである。

以上をまとめると、医薬品のライフサイクル分析における薬価低減の影響は無視できない大きさである。数量ベースで分析を行えば薬価の影響は除外できるが、価格を用いる場合でも、薬価低減を考慮して価格を補正すればマイルストーンや製品ライフサイクル価値を予測することが可能である。

図表9 長寿医薬品Vの売上高および薬価低減率の推移



図表10 長寿医薬品Vにおける薬価低減の影響



3. 普及理論の医薬品マーケティングへの応用について

(1) 医師クラスターと普及理論

イノベーションの普及メカニズムを考慮することにより、医薬品マーケティングの効果を高めることが可能である。著者は、質的セグメンテーションに基づく医師ターゲティングを提唱

してきた⁽⁸⁾⁽⁹⁾。質的セグメンテーションで得られた医師クラスターを「先進派」、「追随派」、「保守派」と名付けており、このクラスターを認識して MR 活動を行えば、生産性が著しく高まることを実証した⁽⁹⁾。各医師クラスターの処方比率は、製品ライフサイクルの時期により異なる。医師クラスターと製品ライフサイクルとの関係を図表 11 に示す。

図表11 医師クラスターと製品ライフサイクルとの関係

採用時期別 医師クラスター	ライフサイクル別処方比率				クラスターの特徴
	導入期	成長期	成熟期	衰退期	
先進派 Innovator / Opinion Leader / Early Adapter				×	<ul style="list-style-type: none"> ・新製品への学術的関心が大(作用機序など) ・治験を通しての影響力大 ・学会活動に熱心(論文発表、座長) ・導入期のディテリング活動への反応が大 ・次の新製品への切替が早い
追随派 Majority / Follower					<ul style="list-style-type: none"> ・新製品の安全性、使い易さへの関心が大 ・医師仲間の影響力が大 ・業界標準に敏感 ・熱心なMR活動(量)に反応し易い ・ブランドロイヤルティが高い
保守派 Late Adapter / Laggard	×				<ul style="list-style-type: none"> ・新製品への関心は大きくない ・従来の処方方針へのこだわり大 ・処方の中心は、成熟期以降の薬剤 ・熱心なMR活動(量)に比較的反応し易い ・ブランドロイヤルティが高い

(2) 普及理論の医薬品マーケティングへの応用および課題について

普及理論は、採用者カテゴリーのような概念的なレベルを超えて、数理的な分析を行うことにより、マーケティング戦略を一層効果的にすることができると考えられる。いくつかの応用や課題を述べる。

先発品の特許切れの影響(主としてジェネリック医薬品)を分析すること

日本でも今後、ジェネリック医薬品の本格的な普及が予想される。先発品のライフサイクルがジェネリック医薬品の参入でどのような影響を受けるかを分析することは、実用上も興味ある課題である。

ジェネリック医薬品そのものに対する製品ライフサイクル予測の可能性を検討すること

ジェネリック医薬品はイノベーションとは考えられないが、その製品ライフサイクルがどのような特徴を持っているか、また Bass モデルなど、どのような数理モデルが適用できるかは興味ある課題である。

製品ライフサイクル予測をよりの確に医薬品マーケティングに活かすこと

製品ライフサイクル予測とターゲティングとの関係をより深く理解して、医薬品マーケティングに活かすことは実用上重要である。従来の MR 活動以外に、インターネットやコールセンターが重要なコミュニケーションチャネルとなっているので、普及メカニズムを理解してマーケティング戦略を立案することにより、その有効性が高まると考えられる。

4. 結論と今後の課題

(1) 結論

古典的なマーケティング理論である普及理論は、統計解析ソフトウェアが身近になった現在、その有用性を見直す価値がある。

Bass モデルを適用すると、製品ライフサイクルの初期データから、ライフサイクル全体を予測できる。特に有用な予測は次の2点である：

- 1) 製品ライフサイクルのマイルストーン (最大普及率や累積普及率の変曲点)
- 2) 製品ライフサイクル全体に渡る総売上高 (ライフサイクル価値)

月次売上データを用いて、製品ライフサイクル分析を行うことで、的確なマーケティング戦略の立案に役立つことが期待される。

医薬品特有の薬価改訂を考慮して製品ライフサイクル予測を行った：

- 1) 上市からの薬価比率を補正した金額を用いて、予測を行うことができる
- 2) もし可能であれば、数量データを用いることが望ましい
- 3) 薬価改訂を考慮すると、製品ライフサイクルのマイルストーンが1年~2年延びる

(2) 今後の課題

先発品の特許切れの影響 (主としてジェネリック医薬品) を分析すること。

ジェネリック医薬品そのものに対する製品ライフサイクル予測の可能性を検討すること。

製品ライフサイクル予測をよりの確に医薬品マーケティングに活かすこと。

参考文献

- (1) エベレット・Rogers (三藤利夫訳): イノベーションの普及、翔泳社 (2007) [Everett M. Rogers: Diffusion of Innovations Fifth Edition, Free Press, 2003 の翻訳]
- (2) Frank M. Bass: A New Product Growth for Model Consumer Durables, Management Science, Vol.15, No.5, pp.215-227 (Jan1969)
- (3) Vijay Mahajan, Eitan Muller, & Frank M. Bass: New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research, Journal of Marketing, Vo.54, No.1, pp.1-26 (Jan 1990)
- (4) 酒井博章: 普及モデルによる顧客細分化の実証、オイコノミカ、第42巻・第1号・pp.1-13 (2005)
- (5) J.Coleman, E.Katz, H.Menzel: The Diffusion of an Innovation Among Physicians, Sociometry, Vol.20, No4, pp. (Dec 1957)
- (6) 佐賀国一: 医薬品マーケティング、日本能率協会マネジメントセンター (1993)
- (7) 長寿商品の軌跡1・2、ディテールマン (1988年10月、1989年6月)
- (8) 武藤 猛: 効果的な顧客ターゲティングのための一手法、SAS Forum (2005年7月)
- (9) 武藤 猛: 新しい医師ターゲティング法、Monthly ミクス (2005年8月号~9月号)