

## 不均一な内力作用を持つ新製品需要予測モデル

宗形 聡† 手塚 大†

(株)日立東日本ソリューションズ 研究開発部†

## 1. はじめに

需要予測は企業が適正な生産・在庫・販売管理を行い、利益を生み出すために重要な役割を果たす[1].

近年では、特に新製品について発売後早期の段階での正確な需要予測が必要とされている。売れ行きが伸びない新製品は過剰在庫となる可能性がある。特にハイテク機器では、次世代品が発売されると現行新製品の価値は急落するため、メーカーは次世代品の発売までに現行品の在庫を売り切る必要がある。その一方で、メーカーは欠品などの機会損失を避ける必要もある。このため、新製品の発売後早期に予測を行い、それをもとに柔軟に生産を調整することが重要となる。

発売後早期の新製品には販売履歴が少なく、指数平滑法などの統計的予測[2]は適用できない。このような場合、予測には普及モデルが利用される[3]。広く利用されている普及モデルとして、Bass モデルがある。Bass モデルでは、購買行動に作用する外力と内力という 2 つの力を用いて新製品の普及を表現する。しかし、実際の新製品では Bass モデルによって高精度の予測値が得られないことも多い。

予測精度が低い 1 つの原因として、Bass モデルでは内力と呼ばれるロコミ効果が、新製品のライフサイクル全体で一様であることが挙げられる。実際には、導入から成長期の方が衰退期よりもロコミ効果が強く、内力の作用が一様でない新製品は多く見られる。

そこで本稿では、内力作用が一様でない偏りを持つ新たな普及モデルを提案する。実際にハイテク機器メーカーの新製品の販売実績データを用いて予測精度を比較した結果、提案モデルの方が Bass モデルよりも高い精度で予測できることがわかった。

## 2. 新製品の需要予測モデル

## 2.1 従来の普及モデル

新製品の需要を予測する 1 つの方法として、普及モデルを利用する方法がある。普及モデルとは、製品の普及過程を表現した数理モデルである。代表的な普及モデルとして Bass モデル[4]がある。Bass モデルでは、外部からの伝達による、消費者の意思のみから生じた購買と、既購入者から未購入者へのロコミにより生じた購買の 2 つによって新製品の購買が構成されると仮定する。すなわち、ある時間  $t$  における未購入者全体の、新製品の購買率を次式でモデル化する。

$$\frac{x'(t)}{1-x(t)} = p + q \cdot x(t) \dots (1)$$

ここで、 $x(t)$  は市場における  $t$  時点での累積購買率であり、 $p$  は外力係数、 $q$  は内力係数である。式(1)から、外力による購買は一定割合  $p$  として、内力による購買は、時間  $t$  での新製品の浸透度  $x(t)$  に  $q$  を掛けたものとして表現されている。微分方程式(1)を解くと、 $x(t)$  は式(2)のように求めることができる。

$$x(t) = \frac{1 - \exp(-(p+q)t)}{1 + (q/p)\exp(-(p+q)t)} \dots (2)$$

$m \cdot x(t)$  ( $m$  は市場規模を表すパラメータ) は時間  $t$  での累積販売量、すなわち累積需要量となる。累積の販売実績値と  $m \cdot x(t)$  との二乗誤差が最小となるようにパラメータ  $m$ ,  $p$ ,  $q$  を推定し、予測値を求める。

しかし実際の新製品では、Bass モデルを利用しても高精度の予測値が得られない場合が多い。

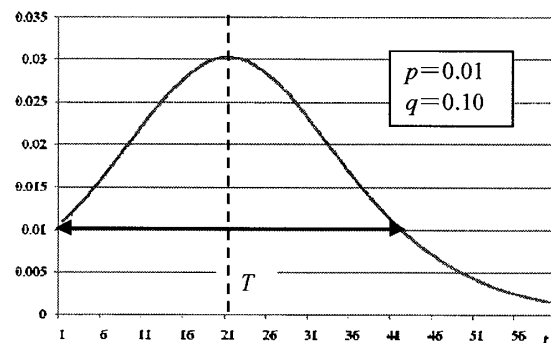


図 1. Bass モデルの購買率の時間変化

A New Product Forecasting Model with Non-uniform Internal Influence

† Satoshi Munakata, Hitachi East Japan Solutions, Ltd.

† Masaru Tezuka, Hitachi East Japan Solutions, Ltd.

Email: {munakata, tezuka}@hitachi-to.co.jp

その理由として、Bass モデルの内力が示すロコミ効果が、新製品のライフサイクルの中で一様に作用していることが考えられる。Bass モデルの購買率  $x'(t)$  の時間変化は、図 1 に示すように、矢印の期間内で時間  $T$  を境に対称となる。  $T$  は購買率が最大となる時間である。この対称性は、ロコミ効果が新製品購買の発生にライフサイクル内で一様に作用することを意味する。しかし実際には、ライフサイクル全体でロコミ効果が一様に作用する場合は少なく、導入期や成長期の方が衰退期よりもロコミ効果は大きくなると考えられる。このような場合、Bass モデルでは高精度の予測は困難となる。

## 2.2 一様でない内力作用を持つ普及モデル

新製品の導入期や成長期の方が衰退期よりも購買に対するロコミ効果が大きい場合に対応する普及モデルとして、PNE モデル[5]を提案する。PNE モデルは次式(3)としてモデル化される。

$$\frac{y'(t)}{1-y(t)} = p, \quad y(t) = x(t)^{1/q} \dots (3)$$

PNE モデルは、内力  $q$  がべき乗で作用する市場で、外力による購買が一定割合  $p$  で生じるような普及モデルである。微分方程式(3)を解くと、累積購買率  $x(t)$  は式(4)のようになる。

$$x(t) = (1 - \exp(-pt))^q \dots (4)$$

PNE モデルでは、購買率  $x'(t)$  の時間変化は、図 2 に示すように時間  $T$  を境に対称ではない。新製品の導入期から成長期にかけてロコミ効果は大きくなっており、購買率が最大値へ到達する時間は、その後衰退期にかけてロコミ効果が減少する時間よりも短くなっている(図 2 の矢印が示す期間)。

このように、PNE モデルの内力作用は一様ではなく、新製品の導入から衰退にかけて減少していく。よって、このような特徴を持つ新製品の場合に、より高精度の予測が可能となる。

## 3. 予測精度の比較実験

あるハイテク機器メーカーの新製品 18 個の販売実績データを用いて、Bass モデルと PNE モデルの予測精度を比較した。各新製品には発売開始から 120 日分の累積実績値があり、そのうち発売開始後 15 日分の実績データに予測式  $m \cdot x(t)$  を当てはめてパラメータ  $m, p, q$  を推定する。予測期間は発売後 16 日目から 120 日目とし、この期間で計算した予測値と実績値との平均絶対誤差率 (MAPE) を用いて予測精度を評価する。

Bass モデルと PNE モデルの予測精度の結果を表 1 に示す。表 1 から、PNE モデルで得られた

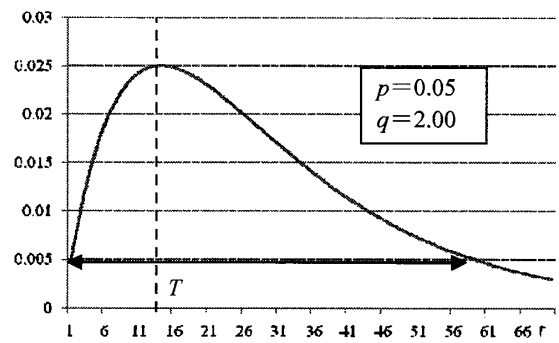


図 2. PNE モデルの購買率の時間変化

表 1. 予測精度の比較結果

	Bass	PNE	p 値
MAPE 平均 (分散)	0.363 (0.023)	0.247 (0.032)	0.002

MAPE の平均値は、Bass モデルよりも小さく、かつ有意な差があることがわかる。

以上のことから、提案する PNE モデルが従来の普及モデルよりも高い精度で予測できることがわかった。

## 4. おわりに

メーカーにとって需要予測高精度化は経営上重要な課題である。消費財系新製品の場合、発売後早期に需要を予測し、それをもとにした生産調整が必要となる。発売後早期の予測には Bass モデルなどの普及モデルが利用される。Bass モデルでは、外力と内力を用いて新製品の普及過程を説明するが、実際には高精度の予測値が得られない場合が多い。Bass モデルでは内力の示すロコミ効果が時間によらず一様に購買に作用することが 1 つの原因である。そこで、より現実に近い、内力作用が一様でない場合に対応した PNE モデルを提案した。新製品のデータを用いて予測精度を計算した結果、PNE モデルによってより高精度で予測可能なことがわかった。

## 参考文献

- [1] Colleen Crum, George E. Palmatier, *Demand Management Best Practices*, J. Ross Publishing, Inc., 2003.
- [2] R. L. Goodrich, *Applied Statistical Forecasting*, Business Forecast Systems, Inc., Belmont MA, 1989.
- [3] V. Mahajan, E. Muller, Y. Wind, *New-Product Diffusion Models*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [4] F. M. Bass, "A new-product growth model for consumer durables", *Management Science*, Vol. 15, No. 5, pp. 215-227, 1969.
- [5] S. Munakata, M. Tezuka, "New Diffusion Model to Forecast New Products for Realizing Early Decision on Production, Sales, and Inventory", In *Proceedings of IEEE CIT Workshops 2008*, 2008.