

競争市場における時系列性を考慮した製品切替意思決定モデル

02005730 東京理科大学 *井上 一樹 INOUE Kazuki
01701440 東京理科大学 山口 俊和 YAMAGUCHI Toshikazu

1 はじめに

近年、企業主体の大量生産体制から、消費者が主体となった多品種少量生産の時代へと変わりつつある。消費者ニーズが多様化していることで市場における製品のライフサイクルはますます短くなり、製品競争の激化に伴い、将来の需要および価格の不確実性は拡大している。そのため、需要予測や価格設定、モデルチェンジの適切なタイミングの見積もりなどの問題は企業の重要な意思決定問題であると考えられる。

また、企業の目的は、利益追求であることから、短期的に考えるだけでなく、長期的に見て利益が最大となるような需要予測を的確に行い、生産・販売計画を立てる必要がある。そこで、製品ライフサイクルにロジスティック曲線モデルをあてはめ、総利益が最大となる最適価格及び切替時点を求めるモデルの研究が提案されている [1]。さらに、ゲーム理論を用いたプレイヤーの戦略選択時における動機に注目したモデルが提唱され、合理的に説明されている [2]。

本研究では、既存モデル [1] の問題点を示唆し、改善モデルを提案することを目的とする。具体的には、需要以外の利益決定要因の時系列性を考慮し、需要を確率変動させて競争市場におけるリスクを考慮したより現実的なモデルとする。

2 既存研究概念及び提案モデル

製品切替えの対象として、従来製品の性能や品質、価格を引き継いだモデルチェンジやマイナーチェンジを前提にしている。

以下に、本研究で用いる記号を定義する。

- R : 総利益
- H : 出荷(販売)数量(既存モデル)
- H' : 出荷(販売)数量(提案モデル)
- P : 出荷(販売)価格
- M : マーケティング費用
- X : 生産指示量

- I : 期末の在庫数
- C_m : 単位数あたりの生産原価
- C_{st} : 単位数あたりの在庫コスト
- C_d : 旧製品の単位数あたりの廃棄コスト
- L : 生産リードタイム
- S : 安全在庫量
- ρ : 安全在庫量係数
- G : ロジスティック曲線の限界値を示す定数
- σ : 出荷(販売)数量のボラティリティ
- n : 企業数
- q : 生産量
- a : 潜在需要

2.1 提案モデル

下記のロジスティック曲線による需要予測モデルを考える。

$$H(t) = \frac{G}{1 + b \cdot \exp\{a(t - c)\}} \quad (1)$$

$$(G > 0, a < 0 \text{ または } a > 0, b > 0, c > 0)$$

また、本研究での前提条件は以下の通りである。

- 1) 単一製品で見込生産品を対象にしている。
- 2) 生産指示量 $X(i)$ は、時期の販売量 $H(i+1)$ の予測誤差を考慮して、

$$X(i) = H(i+1) - I(i) + S(i) \quad (2)$$

とする定期発注型モデルとする。

ただし、 $S(i)$ は以下のように表す。

$$S(i) = \rho H(i+1) \quad (3)$$

既存研究 [1] には以下のような問題点がある。

- 生産コストが每期一定である
- 販売価格を每期固定している
- マーケティング費用を考慮していない
- 生産リードタイムを考慮していない

製品ライフサイクルを考慮すると、以上の項目は、時系列的に変化するものと考えなければならないので、経験曲線や確率分布の考え方を取り入れ、既存モデルを改善する。

2.2 時系列性を考慮した関数

生産コスト関数

経験曲線概念を用いて以下のようにする。

$$C_m(t) = C_m(0) \cdot x^{-\gamma} \quad \gamma > 0 \quad (4)$$

販売価格関数

期間が経過するにつれて以下のように一定の割合で低下するとする。

$$P(t) = (1 - e)P(t - 1) \quad 0 < e < 1 \quad (5)$$

広告宣伝費関数

予算として定めた広告宣伝費をガンマ分布を用いて各期に配分する。

$$M(t) = M \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\frac{t}{\beta}} \quad \alpha > 0, \beta > 0 \quad (6)$$

2.3 競争戦略問題への展開

戦略選択における動機として、次の4種類を考える [2]。

- m_1 : 利己的動機, m_2 : 協同的動機
- m_3 : 競争的動機, m_4 : 攻撃的動機

ある企業が考えている企業 i の動機分布を

$$\theta^i = \langle \theta_1^i, \theta_2^i, \theta_3^i, \theta_4^i \rangle \quad 0 \leq \theta_k^i \leq 1, \quad \sum_{k=1}^4 \theta_k^i = 1 \quad (7)$$

とする。また、利得関数は以下の式で表される。

$$\begin{aligned} \pi_i(q_1, \dots, q_n | \theta^i) &= \theta_1^i \pi_i + \theta_2^i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \pi_j \\ &+ \theta_3^i \left(\pi_i - \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} \pi_j \right) + \theta_4^i \left(-\frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} \pi_j \right) \end{aligned} \quad (8)$$

このとき、主観的ナッシュ均衡は以下のようになる。

$$\begin{aligned} q_i &= K_i(a - c_i) \\ &- \frac{2K_i - 1}{1 + \sum_{j=1}^n (2K_j - 1)} \sum_{j=1}^n K_j(a - c_j) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\left(A_i = \theta_1^i + \theta_3^i + \frac{\theta_3^i + \theta_4^i}{n-1}, B_i = \frac{\theta_2^i}{n} - \frac{\theta_3^i + \theta_4^i}{n-1}, K_i = 1 + \frac{B_i}{A_i} \right)$$

2.3.1 需要予測関数

提案モデルでは、新たに次の2点を追加する。

- 価格に対する需要量のトレードオフを考慮するため単調減少関数を積モデルとして加える。
- 需要変動 σ を加法モデル及び積モデルで考える。

前述2.3を分析すると、需要量の変動が単調になることから、需要変動は平均0の正規分布に従うと考える。以上の条件を加えて、需要予測関数を書き換えると以下ようになる。

加法モデル

$$H'(t) = H(t) \left\{ \frac{P(t-1) - P(t)}{P(t-1)} \right\}^d + \sigma \quad (10)$$

積モデル

$$H''(t) = H(t) \left[\left\{ \frac{P(t-1) - P(t)}{P(t-1)} \right\}^d + \sigma \right] \quad (11)$$

2.4 提案モデルの目的関数

以上の条件より、目的関数を書き換えると以下の式となる。

$$\begin{aligned} R &= \sum_{t=u}^h \{ H'(t)P(t) - C_m(t)X(t-L-1) \\ &- C_{st}I(t) \} - \sum_{t=1}^h M(t) - C_d I(T) \end{aligned} \quad (12)$$

u : 販売開始期間 (= $1 + L$)

R を最大にする決定変数 T を求めていく。また、積モデルの場合も同様に求める。

3 おわりに

本研究では、競争市場における時系列性を考慮した製品切替意思決定モデルを提案した。また、事例として液晶テレビ市場を想定する。数値シミュレーションに関しては当日紹介する。

参考文献

- [1] 森雅敏, 後藤正幸, “製品切換えにおける生産・販売の統合的意思決定モデルの研究”, 日本経営工学会論文誌, vol.54, No.1, pp.27-35(2003)
- [2] Teruhisa NAKAI, “Subjective games in a non-cooperative game”, Journal of Information & Optimization Sciences, Vol.21, No.1, pp.129-147(2000).