

技術サイクルを考慮した最適な製品開発期間の決定

筑波大学 *山本 直寛 YAMAMOTO Naohiro
01207840 筑波大学 鈴木 秀男 SUZUKI Hideo
01606400 神戸大学 松尾 博文 MATSUO Hirofumi

1. はじめに

製品開発は、企業において重要な活動であると同時に、管理が難しい分野である。より高い利益を実現し、市場競争力のある製品を開発するには、開発の効率化が不可欠である(延岡,2002)。本研究では、ライフサイクルの短い製品の製品開発を対象とする。PCや携帯電話などのライフサイクルの短い製品は、製品の価値の創造と製品開発の効率化の実現のために、技術サイクルを考慮した製品開発を行わなければならない。そこで、製品の開発期間に着目し、製品利益を最大化させる最適な製品開発期間を求めるモデルの構築を行う。

2. 技術サイクルを伴う製品開発の課題

技術サイクルとは、基盤技術の遷移のことである。企業の製品開発において、現世代の技術を基盤として製品が設計されているときに、次世代の技術がR&D等の基礎研究により生み出される。このとき、次世代の技術を用いた製品が市場に導入されると、現世代の技術を基盤とした製品は、ほとんど利益をもたらすことはない。ゆえに、次世代製品の導入前に現世代の製品をできるだけ多く販売しなければならない。このためには、開発時間を短くし、販売期間を長くする必要がある。しかしながら、そうすることにより、製品は顧客にとってあまり魅力の高いものではなくなる。当然のことながら、市場における競争に勝てずほとんど売れないものになってしまう。逆に、製品の魅力度向上を目指し、長い製品開発時間をとれば、販売期間が十分とれなくなってしまう。このトレードオフをいかに取るかが重要になる。

3. モデル化

Shantanu et al. (1998) は製品魅力度と生産変動費の最適なトレードオフをとる製品開発期間を求めるモデルと所与の期間に製品開発がなされたときに、所与の販売期間において、動的に価格を決めるモデルを提案している。

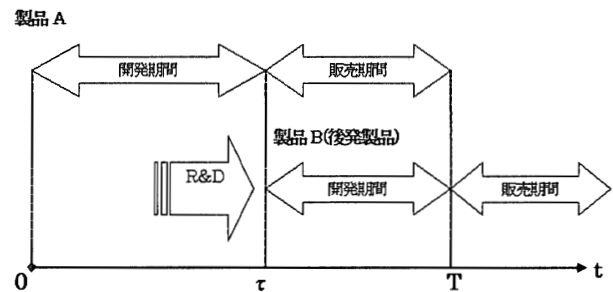


図 1: 技術サイクルと製品開発・販売期間

本論文では、Shantanu et al. の 2 つのモデルの統合を考える。即ち、図 1 において、期間 $[0, T]$ の間に開発、生産、販売を行わなければならないという条件の元で、総利益を最大化する製品の開発期間 τ を求める。製品開発は期間 $[0, \tau]$ の間に行われ、販売は後発製品が市場に投入される時間 T までの期間 $[\tau, T]$ に行われる。

製品の累積販売個数 $N(t)$ の販売時間 t に関する変化率 $\dot{N}(t)$ を、以下のように定める。

$$\dot{N}(t) = [M - N(t)][\alpha\Phi_\tau - \beta p(t)]$$

ここで、 M は対象製品の市場規模 (潜在販売可能個数) であり、時間 τ で製品設計が行われたときの製品魅力度 Φ_τ と単価 $p(t)$ によって表現される。製品魅力度 Φ_τ は、時間 τ に関する増加関数である。開発期間を長く取ることによって顧客の要求をより製品開発に反映させられ、顧客にとって魅力のある満足度の高い製品が開発されるからである。 α, β はそれぞれ製品魅力度、価格に対する市場における感受性を示す定数とする。

この累積販売個数の変化率を用いて、製品利益を定め、総利益を最大化する τ を求める。利益関数における $c(t)$ は製品の単位変動費を示し、これは、 $c(t) = c_\tau e^{-bN(t)}$ で表現される。 c_τ は時間 τ で製品設計が終了したときの初期変動費であり、開発期間の延長に伴う製品生産ラインへの負担から、 c_τ は時間 τ に関して増加する。また、学習係数 b によって累積販売個数 $N(t)$ に関して変動費は逓減する。

次の統合モデルを考える。

<統合モデル>

$$\begin{aligned} \text{Max}_\tau \Pi &= \int_\tau^T [p(t) - c(t)] \dot{N}(t - \tau) d\tau \\ \text{s.t. } \dot{N}(t - \tau) &= [M - N(t - \tau)][\alpha\Phi_\tau - \beta p(t)] \\ &\tau \leq t \leq T, \end{aligned} \quad (1)$$

$$N(0) = 0, \quad (2)$$

$$c(t) = c_\tau e^{-bN_A(t-\tau)} \quad \tau \leq t \leq T, \quad (3)$$

$$0 \leq \tau \leq T. \quad (4)$$

4. モデルの最適解

上記の最適制御問題を、変数 λ を導入して、Hamiltonian を用いて解く。

$$\begin{aligned} H[N(t), p(t), \lambda(t), t] \\ = [p(t) - c(t) + \lambda(t)][M - N(t - \tau)][\alpha\Phi_\tau - \beta p(t)]. \end{aligned}$$

また、 $p(t), N(t), \lambda(t)$ の最適解は、以下の条件を満たす。

$$\begin{aligned} (a) \quad dH/dp(t) &= 0 & (b) \quad dH/dN(t) &= \dot{\lambda} \\ (c) \quad N(0) &= 0 & (d) \quad \lambda(T) &= 0 \end{aligned}$$

このモデルにおいて、(a) を満たす $p(t)$ は、

$$p(t) = \frac{\alpha}{2\beta} \Phi_\tau + \frac{1}{2}(c(t) - \lambda(t)) \quad (5)$$

となる。

また同様に、(b) を満たす $\dot{\lambda}(t)$ は、

$$\dot{\lambda}(t) = (p(t) - c(t) + \lambda(t))(\alpha\Phi_\tau - \beta p(t)) - b\dot{N}(t - \tau)c(t) \quad (6)$$

となる。

これより最適化の必要条件 (a) - (d) を満たす、 $\tau, p(t), N(t), \lambda(t)$ は以下ようになる。

$$p(t) = \frac{\alpha}{\beta} \Phi_\tau - \frac{1}{\beta(h_\tau - \frac{t}{2})} \quad \tau \leq t \leq T.$$

$$N(t) = M(1 - (\frac{2h_\tau - t}{2h_\tau})^2) \quad \tau \leq t \leq T.$$

$$\begin{aligned} \lambda(t) &= -\frac{\alpha}{\beta} \Phi_\tau + \frac{2}{\beta(h_\tau - \frac{t}{2})} + c_\tau e^{-bM(1 - (\frac{2h_\tau - t}{2h_\tau})^2)} \\ &\tau \leq t \leq T. \end{aligned}$$

ただし、 h_τ は $\lambda(T) = 0$ を満たす変数である。

Shantanu et al. では、販売期間を $[0, T]$ としており、製品の開発期間に対しては、直接的な制約が置かれていない。しかし、後発の製品の存在を考慮した統合モデルでは、開発期間は $[0, T]$ 以内に行われ、かつ販売期間を保持して利益最大化を計っている。したがって、開発期間と販売期間のトレードオフが直接的にとられる、最適な開発期間を決定している。

5. おわりに

技術サイクルを伴うライフサイクルの短い製品の開発、生産において、どのタイミングで製品の仕様を最終決定し、市場に投入するかは、ひとつの課題といえる。このモデルを用いることで、製品の開発期間と販売期間の最適なトレードオフを求めることできる。

統合モデルでは、現世代についてのみ利益関数を考え、その世代の最適な製品設計期間を求めている。さらに、このモデルにおける後発製品の利益関数についても、目的関数に組み込み、その目的関数を最大化する各々の製品の最適な製品設計期間を求めるモデルへの拡張が考えられる(図2)。後発の製品の利益についても考慮した、現行世代の製品の最適な製品設計期間というものが、今回構築したモデルと比較してどのようなものになっているかは、興味深い問題といえる。

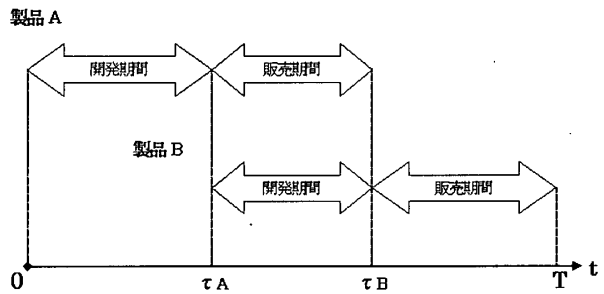


図2: 次世代への拡張

参考文献

延岡健太郎. 2002.『製品開発の知識』. 日本経済新聞社.

Bhattacharya S., V. Krishnan and V. Mahajan. 1998. Managing New Product Definition in Highly Dynamic Environments. *Management Science*. **44** S50-S64.