

# 独占企業の価格実験

平尾 由紀子

## [要約]

本稿では、新製品がどの程度消費者に受け入れられるかの適合度（マッチ）について企業も消費者も不確実な状況において、独占企業が動学的に価格を設定することによって学習していく過程について考察する。企業は第1期における消費者全体の反応を見て、新製品と消費者の選好との適合の度合いを予測する。第1期の消費量が多いほど予測の精度は向上するとする。

この設定のもとで、独占企業は需要に関する情報を収集するために、情報収集がない場合と比べて第1期により低い価格を設定する。価格の平均値は期間とともに上昇する。特に新製品が既存の製品と補完財の関係にある場合、及び情報収集の精度が高い場合は価格引下げが大きい。他方、新製品の適合度に関する初期信念が低いほど、独占企業は第1期の価格を大きく値引きしそうなものだが、予想に反して初期信念が中程度の場合に値引き率が大きいという結果を得た。

## 1. はじめに

企業が新製品を発売するとき、それが消費者の好みにどれくらいマッチするかは、市場調査を実施しても不完全にしか分からないものである。企業の価格設定は初期の販売量に影響を及ぼす。その売れ行きから新製品と消費者の選好との適合性についての情報を収集することができる。本稿では、第1期の消費者の消費経験から企業と消費者が共に新製品の適合度について学ぶ場合の独占企業の動学的な価格設定を分析する。

情報収集のための価格設定と消費に関する研究は、1970年代に発展した。Kihlstrom (1974), 及びGrossman, Kihlstrom, and Mirman (1977) は、消費者が自らの消費を介して新製品について学ぶモデルを考察した。消費者は学習がない場合と比べて、価格が同じならより多くの量を購入することを示した。Rothschild (1974), McLennan (1984), Lazear (1986), Easley and Kiefer (1988), Balvers and Cosimano (1990), Aghion et al. (1991), 及びBraden and Oren (1994)

---

本稿は、寡占市場における企業の価格実験に関する1992年の研究（Murgappa Krishnan, John Weinbergとの共著）から派生した。『成蹊大学経済学部論集』編集委員会の指摘に感謝する。もちろん、本稿の誤りは全て著者の責任である。

等は、独占企業が価格実験を介して需要曲線について学習するケースを分析した。独占企業の最適な価格の経路を導出し、どのような状況下で独占企業が需要関数について完全に学ぶかを考察した。他方、Rob (1991) は、企業が無数に存在し、競争的な参入がある市場におけるマーケットサイズに関する学習を分析した。

さらに、寡占市場における動学的な価格設定による学習は、Aghion, Espinosa, and Jullien (1993), Mirman, Samuelson, and Schlee (1994), Harrington (1995) たちによって研究されている。これらの研究では、どのような条件下で企業が戦略的な理由からあえて情報を取得しないかについて分析している。Mirman, Samuelson, and Schlee (同上) は需要パラメータが不確実なクールノー複占ゲームを考察して、需要曲線が直線で第2期の均衡が内点解である場合に企業は学習から正の価値を得ることを示した。Harrington (同上) は、価格の散らばりから財同士の代替度に関する情報が得られるモデルを分析した。需要関数が線形の場合、財の差別化の度合いが高いと情報の価値は負になることを示した。また、Hirao, Krishnan, and Weinberg (1992) は、寡占市場における企業の情報収集が財同士の代替度や初期信念にどのように影響を受けるかを分析し、初期信念でより有望と見なされている企業が必ずしも情報収集のインセンティブが高いとは限らないことを示した。

先行研究の多くの場合、企業は短期的な需要曲線の観測から長期的需要曲線のパラメータを推測する。短期的な需要曲線はランダムなショックによって変動する。他方、本稿のモデルにおいては、新製品と消費者の嗜好のマッチ (適合) について企業も消費者も知らないので、短期的な需要曲線を観測しても長期的な需要に関する情報を得ることはできない。その代わりに、第1期における新製品への消費者の反応は公開情報として、消費者と企業が第2期にそれぞれ購入量と価格を選ぶ際の不確実なシグナルとして使われるものとする。

本稿のモデルでは、既に既存製品を販売する独占企業が需要関数の正確な形状を知らずに新製品を提供する。第1期の価格は最初の販売量に影響を及ぼす。個々の消費者は、新製品を消費してみて、良いか悪いかどちらかの感想を持つ。個々の消費者の経験は、例えば口コミや消費者満足度調査などの形でまとめられ、情報は公開される<sup>1</sup>。第1期の消費量が多いほど、第1期の全体的な消費の経験は第2期の需要を推測するのに役に立つ情報となる。独占企業は、第1期の消費者の総合的な反応だけを観測してから、第2期の価格を設定する。

このモデルでは、新製品への需要に関する情報は企業にとって価値がある。独占企業は第1期の価格を低く設定して消費量を拡大することにより、情報を生産する。もし独占企業が提供する既存の製品と新製品が補完財同士である場合、企業はさらに情報を得るために第1

<sup>1</sup> 現実に多くの場合、個々の消費者に関する情報は総合的に収集されず、一部の消費者のみに伝えられる。Holmstrom (1985) は、情報伝達の方法が売り手の財の品質に及ぼす効果について分析した。

期の価格を追加で引き下げるインセンティブがある。一方、もし既存の財と新製品が代替財同士の場合、独占企業は逆に第1期価格を引き上げて、新製品が既存製品の需要を奪うことを抑えようとする。そして新旧製品が互いに独立の場合は、代替財と補完財の間の結果となる。

ただし、新旧製品が代替財同士の場合においても、情報は価値があるため、独占企業は情報収集がない場合と比べて第1期の価格を低く設定する。第2期の価格の期待値（第1期の消費者の反応が判明する前の時点で）は、情報収集がない場合の第1期の価格に等しいので、価格の平均値の経路は、需要が明らかな場合と異なり、時間と共に上昇する。

企業が第1期に設定する価格の一般解を求めることは不可能であるが、シミュレーションから以下の結果が得られた。(1) 第1期の消費から得られる情報の精度が高まるに従い、企業は第1期の価格を引き下げる。(2) 新旧製品間の補完関係が高いほど、第1期価格は引き下げられる。(3) 新製品が消費者に受け入れられる（適合度が高い）という初期信念は、第1期価格に微妙な影響を及ぼす。初期信念がゼロから0.5へ上昇すると第1期価格の値引き率は大きくなるが、初期信念がちょうど0.5の場合、第1期の値引き率は小さい。初期信念が0.5を超えてさらに高まると、第1期の値引き率は再び低下する。つまり、初期信念が高い場合の方が第1期の値引き率が大きい場合がある。

本論文の構成は以下の通りである。第2節ではモデルを設定し、消費者の行動を導出する。第3節では、独占企業の動学的な価格設定を分析し、数値シミュレーションの結果を示す。第4節で結論を述べる。

## 2. モデル

### 2.1 時系列的展開

独占企業と多数の消費者がいる2期間モデルを想定する。個々の消費者は、自分の消費量が情報を更新するプロセスに影響を及ぼすほどの大きさはないと考えている。

第1期目に、独占企業は既存製品Oと新製品Nをそれぞれ $p_1^O$ と $p_1^N$ の価格で販売する。（上付き文字は製品とシグナルの結果を指し、下付き文字は期を表す。）最初は企業も消費者も新製品の需要の大きさ（需要曲線の縦軸の切片値）を知らない。消費者は $x_1^O(p_1^O, p_1^N)$ 単位の既存製品と $x_1^N(p_1^O, p_1^N)$ 単位の新製品を購入し、新製品が気に入ったか（適合が良い）かどうかの感想を持つ。新製品への適合は、既存製品への適合とは独立であると仮定する。消費者たちの反応は一般に観測できる方法（例えば口コミや消費者満足度調査など）で集められて、消費者全体の総需要に関するシグナルを形成する。

独占企業は第1期目の全体的なシグナルを観察して、新製品への需要状況についての信念を更新する。第2期目に企業は各財を $p_2^O$ と $p_2^N$ の価格で販売する。消費者は $x_2^O(p_2^O, p_2^N)$ 単

位の既存製品と  $x_2^N(p_2^O, p_2^N)$  単位の新製品を購入する。

## 2.2 消費者

各期に  $N_t(t=1, 2)$  人の消費者が存在する。各消費者は、第  $t$  期に予算制約の下で  $x_t^O$  単位の既存製品と  $x_t^N$  単位の新製品を購入する<sup>2</sup>。

第  $t$  期における消費者の各財に対する需要関数は、以下の通りである。

$$(1) \quad x_t^O = \alpha^O - \gamma E(\alpha^N | \Omega_t) - p_t^O + \gamma p_t^N,$$

$$(2) \quad x_t^N = E(\alpha^N | \Omega_t) - \gamma \alpha^O - p_t^N + \gamma p_t^O.$$

(1) 式と (2) 式において、 $\gamma$  は新旧製品間の代替度を表す。パラメータ  $\gamma$  が正の値（ゼロ、負の値）なら、新旧製品は代替財（独立、補完財）同士である。 $\gamma$  の値は皆が知っているとする。需要が非負であるためには、 $\gamma$  の範囲は  $(-1, 1)$  に制限される。

また、 $\Omega_t$  は第  $t$  期に得られている情報を表す。両製品とも需要曲線の切片の大きさは、新製品に関する切片の期待値  $E(\alpha^N | \Omega_t)$  に依存している。

## 2.3 情報収集と学習

新製品に関しては、 $\alpha^N$  の値は正確に分かっていない。簡単化のために、 $\alpha^N$  は 1 または 0 の値を取るものとする。 $\alpha^N$  が 1 に等しい初期確率を  $\pi$  と表すと、初期の  $\alpha^N$  の期待値は  $E\alpha^N = \pi + (1 - \pi)0 = \pi$  に等しい。初期の期待値から (1) 式と (2) 式に示される第 1 期の需要関数が求められる。

第 1 期に消費者たちは  $x_1^O$  単位の既存製品と  $x_1^N$  単位の新製品を購入し、新製品を使用した体験を「報告」する。消費者全体の第 1 期の体験結果（シグナル）は、「良い」（適合度が H）か「悪い」（適合度が L）のどちらかである。本稿では、個人の消費者にとって、消費者全体の経験が新製品の品質を推測する際に十分な統計量になるものと仮定する。つまり信念を更新する際に、個々の消費者の経験は使用しない。そして、新製品への需要の真の状態を予測するシグナルの精度は、第 1 期の消費量とともに増加する。具体的には、新製品が消費者の選好と良く適合している場合、シグナルは

$$s = \begin{cases} \text{確率 } q(x_1^N) \text{ で } h, \\ \text{確率 } 1 - q(x_1^N) \text{ で } l \text{ となるものとする。} \end{cases}$$

もし新製品と消費者の選好のマッチが悪い場合、確率は上記と逆になる。さらに次を仮定する。

$$[A.1] \quad q'(x_1^N) \geq 0, \quad q''(x_1^N) \leq 0, \quad q(0) = 1/2, \quad \text{および} \quad q(\infty) \leq 1.$$

<sup>2</sup> 第  $t$  期の消費者の所得を  $I_t$  とすると、予算制約は  $p_t^O x_t^O + p_t^N x_t^N = I_t$  によって表される。

学習技術の効果を計測するため、 $q(\cdot)$  の関数として以下の特定化を仮定する。

$$(3) \text{ 左辺は } q(x_1^N) = \begin{cases} \frac{1}{2} + \kappa x_1^N & \text{for } x_1^N \leq 1/(2\kappa), \text{ ただし, } \kappa \text{ は正の定数。} \\ 1 & \text{for } x_1^N \geq 1/(2\kappa). \end{cases}$$

パラメータ  $\kappa$  (これを「学習技術」パラメータと呼ぶことにする) は、第1期の消費1単位が更新後の信念を改善する度合いを測る。企業も消費者も完全には学習しないケースを想定するために、 $\kappa$  の値は小さいと仮定する<sup>3</sup>。

シグナル  $s$  を観察後、「新製品と消費者の選好の適合が高い」という事後的信念は、以下のとおりベイズ・ルールに従う。本稿ではこのプロセスを「学習」と呼ぶ。

$$\text{prob}(\alpha^N = 1 | s = h) \equiv \phi^h = \frac{\pi q(x_1^N)}{\pi q(x_1^N) + (1-\pi)(1-q(x_1^N))},$$

$$\text{prob}(\alpha^N = 1 | s = l) \equiv \phi^l = \frac{\pi(1-q(x_1^N))}{\pi(1-q(x_1^N)) + (1-\pi)q(x_1^N)}。$$

シグナル  $s$  観察後の  $\alpha^N$  の期待値は、事後的信念の加重平均である。

$$E(\alpha^N | s) = \phi^s + (1 - \phi^s)0 = \phi^s, \quad s = h, l。$$

### 3. 学習がある場合の独占企業の動的価格設定

独占企業のダイナミックな価格設定 ( $p_1^O, p_1^N$ ) と ( $p_2^O, p_2^N$ ) の解を求めるために、最終期である第2期をまず分析し、後ろ向きに解いていく。

#### 3.1 第2期の価格と数量

第2期における各財への総需要は次のとおりである。

$$X_2^O = N_2 [\alpha^O - \gamma E(\alpha^N | s) - p_2^O + \gamma p_2^N],$$

$$X_2^N = N_2 [E(\alpha^N | s) - \gamma \alpha^O - p_2^N + \gamma p_2^O]。$$

$N_t$  は第  $t$  期における消費者数である。表記を簡単にするために、 $N_1 = N_2 = 1$  とすると、総需要  $X_t^i$  と個別需要  $x_t^i (i = O, N)$  は等しくなる。さらに簡単化のために  
[A.2] 新旧両製品の1単位当たり生産費用はゼロ であるとする。

独占企業は第2期の総収入を最大化するよう、 $p_2^O$  と  $p_2^N$  を設定する。

$$(4) \text{ Max } \Pi_2(p_2^O, p_2^N; s) = p_2^O x_2^O(p_2^O, p_2^N; s) + p_2^N x_2^N(p_2^O, p_2^N; s) \\ p_2^O, p_2^N$$

1階の条件は

$$(5) \partial \Pi_2 / \partial p_2^O = \alpha^O - \gamma E(\alpha^N | s) - 2p_2^O + 2\gamma p_2^N = 0,$$

<sup>3</sup> 具体的には、 $x_1^N$  が均衡の値  $x_1^{N*}$  を取るとき、 $\kappa < 1/(2x_1^{N*})$  が満たされるものとする。

$$(6) \partial \Pi_2 / \partial p_2^N = E(\alpha^N | s) - \gamma \alpha^O - 2p_2^N + 2\gamma p_2^O = 0.$$

(5) 式と (6) 式を  $p_2^O$  と  $p_2^N$  について解くと、第2期の価格は以下のとおりである。

$$(7) p_2^O = \alpha^O / 2, \quad p_2^N(s) = E(\alpha^N | s) / 2 = \phi^s / 2 \quad (s = h, l). //$$

利潤最大化のための2階の条件が満たされていることは、容易に確認することができる。

第1期のシグナル観察後の第2期の需要は

$$(8) x_2^O = \alpha^O - \gamma \phi^s - (\alpha^O / 2) + \gamma (\phi^s / 2) = (\alpha^O - \gamma \phi^s) / 2, \\ x_2^N = \phi^s - \gamma \alpha^O - (\phi^s / 2) + \gamma (\alpha^O / 2) = (\phi^s - \gamma \alpha^O) / 2.$$

事後的信念  $\phi^s < 1$  であるから  $\alpha^O \geq 1$  である場合、両方の財への需要が非負であるための条件は [A.3]  $\gamma < \phi^s / \alpha^O$  ( $s = h, l$ ) が満たされている必要がある。

(7) 式と (8) 式を (4) 式に代入すると、第1期のシグナル観察後の第2期の利潤は

$$(9) \Pi_2(s) = p_2^O x_2^O + p_2^N x_2^N = [(\alpha^O)^2 - 2\gamma \alpha^O \phi^s + (\phi^s)^2] / 4.$$

第2期の利潤 (9) 式は、 $\phi^s$  の増加関数である。つまり、シグナル観察後の事後的信念が高いほど、企業は新製品の第2期価格を高く設定して、第2期の利潤も高くなる。

### 3.2 第1期の価格と数量

第1期、シグナルを観察する前には以下2つの状態が可能である。

$$s = \begin{cases} h \text{ となる確率は } \pi q(x_1^N) + (1 - \pi)(1 - q(x_1^N)), \\ l \text{ となる確率は } \pi(1 - q(x_1^N)) + (1 - \pi)q(x_1^N). \end{cases}$$

シグナル観察前、第2期価格の期待値は

$$(10) E(p_2^O) = \text{prob}(s = h | x_1) p_2^O(h) + \text{prob}(s = l | x_1) p_2^O(l) = \alpha^O / 2,$$

$$(11) E(p_2^N) = \text{prob}(s = h | x_1) p_2^N(h) + \text{prob}(s = l | x_1) p_2^N(l) \\ = [\pi q(x_1^N) + (1 - \pi)(1 - q(x_1^N))] \phi^h / 2 + [\pi(1 - q(x_1^N)) + (1 - \pi)q(x_1^N)] \phi^l / 2 \\ = [\pi q(x_1^N) + \pi(1 - q(x_1^N))] / 2 = \pi / 2.$$

ただし  $x_1 \equiv (x_1^O, x_1^N)$  である。

もし第1期の消費から何の情報も得られないならば ( $\kappa = 0$ )、企業の第1期の価格は第2期の期待価格と同じになる。この場合、価格設定には動学的な変動はない。

他方、第1期の消費から情報が得られる場合、シグナル観察前の第2期利潤の期待値は

$$(12) E(\Pi_2 | x_1) = \text{prob}(h | x_1) [p_2^O x_2^O(h) + p_2^N x_2^N(h)] + \text{prob}(l | x_1) [p_2^O x_2^O(l) + p_2^N x_2^N(l)] \\ = \frac{\pi q^N + (1 - \pi)(1 - q^N)}{4} [(a^O)^2 - 2\gamma a^O \times \frac{\pi q^N}{\pi q^N + (1 - \pi)(1 - q^N)} + \frac{\pi^2 (q^N)^2}{\{\pi q^N + (1 - \pi)(1 - q^N)\}^2}] \\ + \frac{\pi(1 - q^N) + (1 - \pi)q^N}{4} [(a^O)^2 - 2\gamma a^O \times \frac{\pi(1 - q^N)}{\pi(1 - q^N) + (1 - \pi)q^N} + \frac{\pi^2(1 - q^N)^2}{\{\pi(1 - q^N) + (1 - \pi)q^N\}^2}]$$

$$= \frac{1}{4} \left[ (a^0)^2 - 2\gamma a^0 \pi + \frac{\pi^2 (q^N)^2}{\pi q^N + (1-\pi)(1-q^N)} + \frac{\pi^2 (1-q^N)^2}{\pi(1-q^N) + (1-\pi)q^N} \right].$$

(12) 式では、表記の簡単化のために  $q(x_1^N)$  を  $q^N$  と表した。

なお、 $(\pi q^N)^2 / \{\pi q^N + (1-\pi)(1-q^N)\} = \text{prob}(s=h)\{\phi^h\}^2$ 、 $\{\pi(1-q^N)\}^2 / \{\pi(1-q^N) + (1-\pi)q^N\} = \text{prob}(s=l)\{\phi^l\}^2$  である。後に (18) 式で示されるように、両項目の合計は  $q(x_1^N)$ 、ひいては  $x_1^N$  の増加関数である。つまり、新製品の購入量  $x_1^N$  が増えてそれに関する情報がより正確になると、シグナル観察後の事後的信念  $(\phi^s)^2$  ( $s=h, l$ ) が高まり、その結果、第2期利潤の期待値は増加する ((9) 式)。

さかのぼって第1期における各財への需要関数は、以下のとおり。

$$(13) \quad x_1^O = a^O - \gamma\pi - p_1^O + \gamma p_1^N, \\ x_1^N = \pi - \gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O.$$

個別の消費者は、自らの消費が全体の情報収集プロセスに及ぼす効果を考慮しない。(13) 式より

$$(14) \quad \partial x_1^O / \partial p_1^O = -1, \quad \partial x_1^O / \partial p_1^N = \gamma, \\ \partial x_1^N / \partial p_1^O = \gamma, \quad \partial x_1^N / \partial p_1^N = -1.$$

$x_1^i$  ( $i=O, N$ ) は  $p_1^O$  と  $p_1^N$  の関数であるから、 $E[\Pi_2|x_1]$  も  $p_1 \equiv (p_1^O, p_1^N)$  の関数である。独占企業は第1期価格  $p_1$  を選ぶ際、第1期利潤と第2期利潤の合計（現在割引率はゼロとする）を最大化する。

$$(15) \quad \text{Max}_{p_1^O, p_1^N} E[\Pi(x_1(p_1))] = \Pi_1(x_1(p_1^O, p_1^N)) + E[\Pi_2(x_1(p_1^O, p_1^N))] \\ = [a^O - \gamma\pi - p_1^O + \gamma p_1^N] p_1^O + [\pi - \gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O] p_1^N \\ + E[\Pi_2(x_1^O(p_1^O, p_1^N), x_1^N(p_1^O, p_1^N))].$$

(15) 式右辺の最後の項目に示されるように、第1期の価格は学習プロセスを通じて第2期の利潤に影響を及ぼす。

(15) 式の1階の条件は

$$(16) \quad \frac{\partial E\Pi}{\partial p_1^O} = [a^O - \gamma\pi - 2p_1^O + 2\gamma p_1^N] + \frac{\partial E\Pi_2}{\partial x_1^O} \frac{\partial x_1^O}{\partial p_1^O} + \frac{\partial E\Pi_2}{\partial x_1^N} \frac{\partial x_1^N}{\partial p_1^O},$$

$$(17) \quad \frac{\partial E\Pi}{\partial p_1^N} = [\pi - \gamma a^O - 2p_1^N + 2\gamma p_1^O] + \frac{\partial E\Pi_2}{\partial x_1^O} \frac{\partial x_1^O}{\partial p_1^N} + \frac{\partial E\Pi_2}{\partial x_1^N} \frac{\partial x_1^N}{\partial p_1^N}.$$

(16), (17) 式において  $q(x_1^N)$  は  $x_1^O$  に影響を受けないので、 $\partial E\Pi_2 / \partial x_1^O = 0$  である。従って

$$(16)' \quad \frac{\partial E\Pi}{\partial p_1^O} = [a^O - \pi\gamma - 2p_1^O + 2\gamma p_1^N] + \gamma \frac{\partial E\Pi_2}{\partial x_1^N},$$

$$(17)' \frac{\partial \text{E}\Pi}{\partial p_1^N} = [\pi - \gamma a^0 - 2p_1^N + 2\gamma p_1^0] - \frac{\partial \text{E}\Pi_2}{\partial x_1^N}.$$

(16)' 式と (17)' 式の最後の項目について考える。

$$(18) \frac{\partial}{\partial x_1^N} \left[ \frac{(\pi q(x_1^N))^2}{\pi q^N + (1-\pi)(1-q^N)} + \frac{(\pi(1-q(x_1^N)))^2}{\pi(1-q^N) + (1-\pi)q^N} \right] q'(x_1^N)$$

$$= \frac{(\pi)^2(1-\pi)^2 [2q(x_1^N) - 1] q'(x_1^N)}{[\pi q^N + (1-\pi)(1-q^N)]^2 [\pi(1-q^N) + (1-\pi)q^N]^2}$$

が成立する。学習技術が<sup>3</sup> (3) 式の関数で表される場合、 $q'(x_1^N) = \kappa$ ,  $2q(x_1^N) - 1 = 2\kappa x_1^N$ であり、 $\pi q^N + (1-\pi)(1-q^N) = (1+2(2\pi-1)\kappa x_1^N)/2$ ,  $\pi(1-q^N) + (1-\pi)q^N = (1-2(2\pi-1)\kappa x_1^N)/2$ であるから、(18) 式は次のように書き直すことができる。

$$(19) \frac{\partial \text{E}\Pi_2}{\partial x_1^N} = \frac{32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2 x_1^N}{[1-4(2\pi-1)^2 \kappa^2(x_1^N)^2]^2} = \frac{32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2 (\pi-\gamma a^0 - p_1^N + \gamma p_1^0)}{[1-4(2\pi-1)^2 \kappa^2(\pi-\gamma a^0 - p_1^N + \gamma p_1^0)^2]^2}.$$

(19) 式は正の値でかつ $x_1^N$ の増加関数である<sup>4</sup>。(19) 式の右辺がゼロになるのは、 $\pi = 0$ または1 (新製品の適合が事前に完全に知られている場合)、あるいは $\kappa = 0$  (第1期の数量から情報が得られない場合) である。

以上、(14) 式と (19) 式より以下が導かれる。

$$(21) \frac{\partial \text{E}\Pi_2}{\partial x_1^N} \frac{\partial x_1^N}{\partial p_1^0} = \frac{\gamma \times 32 \kappa^2 (\pi)^2 (1-\pi)^2 (\pi-\gamma a^0 - p_1^N + \gamma p_1^0)}{[1-4(2\pi-1)^2 \kappa^2 (\pi-\gamma a^0 - p_1^N + \gamma p_1^0)^2]^2},$$

$$(22) \frac{\partial \text{E}\Pi_2}{\partial x_1^N} \frac{\partial x_1^N}{\partial p_1^N} = \frac{-32 \kappa^2 (\pi)^2 (1-\pi)^2 (\pi-\gamma a^0 - p_1^N + \gamma p_1^0)}{[1-4(2\pi-1)^2 \kappa^2 (\pi-\gamma a^0 - p_1^N + \gamma p_1^0)^2]^2}.$$

既に見たとおり、 $x_1^N$ が増えると新製品に関する情報がより精緻になり、第2期の新製品からの期待利益が高まる。つまり、(22) 式の $[\partial \text{E}\Pi_2 / \partial x_1^N][\partial x_1^N / \partial p_1^N]$ は、 $p_1^N$ が新製品に関する学習を通じて第2期利益に及ぼす限界効果を示す。この項目を「学習効果」と呼ぶことにする。

同様に、(21) 式の $[\partial \text{E}\Pi_2 / \partial x_1^N][\partial x_1^N / \partial p_1^0]$ は、 $p_1^0$ が新製品に関する学習 (信念) を更新するプロセスを表している。(19) 式と (14) 式で見たように、 $\partial \text{E}\Pi_2 / \partial x_1^N > 0$ , かつ $\partial x_1^N / \partial p_1^0 = \gamma$ である。従って、 $[\partial \text{E}\Pi_2 / \partial x_1^N][\partial x_1^N / \partial p_1^0]$ は、新製品と旧製品が代替関係 ( $\gamma < 0$ ) であれば負の値となり、補完関係 ( $\gamma > 0$ ) であれば正の値となる。 $[\partial \text{E}\Pi_2 / \partial x_1^N][\partial x_1^N / \partial p_1^0]$ を「交差学習効果」と呼ぶことにする。

<sup>4</sup> (20)  $\frac{\partial}{\partial x_1^N} \frac{x_1^N}{[1-4(2\pi-1)^2 \kappa^2(x_1^N)^2]^2} = \frac{[1-4(2\pi-1)^2 \kappa^2(x_1^N)^2] [1+12(2\pi-1)^2 \kappa^2(x_1^N)^2]}{[1-4(2\pi-1)^2 \kappa^2(x_1^N)^2]^3}$   
 $> 0$  if  $1 > 2(2\pi-1)\kappa(x_1^N)$ .

ここで (3) 式より、 $q(x_1^N) = 1/2 + \kappa x_1^N \leq 1$ であるから、 $2\kappa(x_1^N) \leq 1$ , かつ $2\pi-1 < 1$ が成立するので、(20) 式の右辺は正の値となる。



(16)' 式と (17)' 式に (19) 式を代入してゼロに等しいと置くと、1階の条件を満たす第1期価格  $p_1^O, p_1^N$  は次の式で表される。

$$(16)'' \quad \frac{\partial E\Pi}{\partial p_1^O} = [a^O - \gamma\pi - 2p_1^O + 2\gamma p_1^N] + \gamma \frac{\partial E\Pi_2}{\partial x_1^N}$$

$$= [a^O - \gamma\pi - 2p_1^O + 2\gamma p_1^N] + \frac{\gamma \times 32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2(\pi - \gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)}{[1 - 4(2\pi - 1)^2 \kappa^2(\pi - \gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)^2]} = 0,$$

$$(17)'' \quad \frac{\partial E\Pi}{\partial p_1^N} = [\pi - \gamma a^O - 2p_1^N + 2\gamma p_1^O] - \frac{\partial E\Pi_2}{\partial x_1^N}$$

$$= [\pi - \gamma a^O - 2p_1^N + 2\gamma p_1^O] - \frac{32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2(\pi - \gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)}{[1 - 4(2\pi - 1)^2 \kappa^2(\pi - \gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)^2]} = 0.$$

他方、新製品に関する学習がないベンチマークの場合においては、 $\partial E\Pi_2/\partial x_1^N = 0$  であるから、1階の条件を満たす第1期価格は次の式で表される。

$$(23) \quad \partial E\Pi/\partial p_1^O = a^O - \gamma\pi - 2p_1^O + 2\gamma p_1^N = 0,$$

$$(24) \quad \partial E\Pi/\partial p_1^N = \pi - \gamma a^O - 2p_1^N + 2\gamma p_1^O = 0.$$

(23) 式と (24) 式を  $p_1^O$  と  $p_1^N$  について解くと、学習がない場合の第1期の価格は以下のとおりである。

$$(25) \quad p_1^O = \alpha^O/2, \quad p_1^N = \pi/2. \quad //$$

(17)'' 式と (24) 式の比較から、以下が判明する。学習がないベンチマーク・ケースと比べて、学習がある場合、独占企業は第1期の新製品価格  $p_1^N$  をより引き下げて、新製品に関する情報収集を行う。さらに、新旧製品同士が代替財（補完財）同士ならば、企業は旧製品の第1期価格もベンチマーク・ケースより引き下げる（引き上げる）ことになる。

### 3.3 均衡と数値例

(16)'' 式と (17)'' 式は学習効果が  $p_1^O$  と  $p_1^N$  の高次関数であるため、第1期価格の解を明示的に求めることは難しい。ただし、 $\kappa$  の値が小さければ、均衡解の存在を証明することができる。

[命題] パラメータ  $\kappa, \gamma$  が  $\kappa < 1/(2x_1^{N*})$  ( $x_1^{N*}$  は  $x_1^N$  の均衡値)、および仮定 [A.3] を満たす範囲の数値ならば、第1期価格  $\{p_1^O, p_1^N\}$  の均衡解が存在する。// (導出は補論を参照。)

$\kappa$  と  $|\gamma|$  の値があまり大きくない範囲にある場合、均衡が存在する。学習効果がないベンチマーク・ケース ( $\kappa = 0$ ) では、(23) 式と (24) 式に見るように独占企業の利益は  $p_1^O$  と  $p_1^N$  に関して厳密に凹型であるため、単一の均衡解が存在する。学習効果がある場合も  $\kappa$  の値があまり大きくない限り、利潤関数は凸型とならず、均衡解が存在する。



[ケース2 :  $a^0 = 1, \kappa = 0.05$ ]

| $\pi \backslash \gamma$ | -0.75  | -0.5   | -0.25  | 0      | 0.25   | 0.5    | 0.75   | 学習なし |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 0.2                     | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | ×      | ×      | ×      | 0.5  |
|                         | 0.0995 | 0.0996 | 0.0998 | 0.0999 | ×      | ×      | ×      | 0.1  |
| 0.4                     | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | ×      | ×      | 0.5  |
|                         | 0.1987 | 0.1990 | 0.1992 | 0.1995 | 0.1998 | ×      | ×      | 0.2  |
| 0.5                     | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | ×      | 0.5  |
|                         | 0.2484 | 0.2487 | 0.2491 | 0.2494 | 0.2497 | 0.2500 | ×      | 0.25 |
| 0.6                     | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | ×      | 0.5  |
|                         | 0.2984 | 0.2987 | 0.2990 | 0.2993 | 0.2996 | 0.2999 | ×      | 0.3  |
| 0.8                     | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5  |
|                         | 0.3992 | 0.3993 | 0.3995 | 0.3996 | 0.3997 | 0.3998 | 0.4000 | 0.4  |
| 1.0                     | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5  |
|                         | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5  |

注1: 各セルのうち、点線の上段の数字は  $p_1^O$  (旧製品価格)、点線の下段の数字は  $p_1^N$  (新製品価格) を示す。

注2: 「×」印のあるセルは、 $q_1^N$  (新製品数量) が負の値となる範囲。

表2: 学習がない場合と比べた第1期価格の乖離率 (%)

[ケース1 :  $a^0 = 1, \kappa = 0.1$ ]

| $\pi \backslash \gamma$ | -0.75  | -0.5   | -0.25  | 0      | 0.25   | 0.5    | 0.75   | 学習なし |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 0.2                     | -1.967 | -1.445 | -0.927 | -0.411 | ×      | ×      | ×      | 0.1  |
| 0.4                     | -2.677 | -2.094 | -1.512 | -0.930 | -0.349 | ×      | ×      | 0.2  |
| 0.5                     | -0.025 | -0.020 | -0.015 | -0.010 | -0.005 | 0.000  | ×      | 0.25 |
| 0.6                     | -2.096 | -1.707 | -1.319 | -0.930 | -0.543 | -0.155 | ×      | 0.3  |
| 0.8                     | -0.811 | -0.677 | -0.544 | -0.413 | -0.283 | -0.154 | -0.026 | 0.4  |
| 1.0                     | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.5  |

[ケース2 :  $a^0 = 1, \kappa = 0.05$ ]

| $\pi \backslash \gamma$ | -0.75  | -0.5   | -0.25  | 0      | 0.25   | 0.5    | 0.75   | 学習なし |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 0.2                     | -0.488 | -0.359 | -0.231 | -0.103 | ×      | ×      | ×      | 0.1  |
| 0.4                     | -0.664 | -0.520 | -0.375 | -0.231 | -0.087 | ×      | ×      | 0.2  |
| 0.5                     | -0.006 | -0.005 | -0.004 | -0.003 | -0.001 | 0.000  | ×      | 0.25 |
| 0.6                     | -0.520 | -0.423 | -0.327 | -0.231 | -0.135 | -0.038 | ×      | 0.3  |
| 0.8                     | -0.199 | -0.167 | -0.135 | -0.103 | -0.071 | -0.038 | -0.006 | 0.4  |
| 1.0                     | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.5  |

注1: 各セルの数字 = 学習がない場合と比べて  $p_1^N$  が何%低いかを表す。

注2: 「×」印のあるセルは、 $q_1^N$  が負の値となる範囲。

表3： 学習がない場合と比べた第1期の数量乖離率 (%)

[ケース1： $a^0 = 1, \kappa = 0.1$ ]

| $\pi \backslash \gamma$ | -0.75  | -0.5   | -0.25  | 0      | 0.25    | 0.5     | 0.75    |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 0.2                     | 0.2565 | 0.1313 | 0.0441 | 0.0000 | ×       | ×       | ×       |
|                         | 0.4140 | 0.4128 | 0.4119 | 0.4114 | ×       | ×       | ×       |
| 0.4                     | 0.6178 | 0.3490 | 0.1375 | 0.0000 | -0.0388 | ×       | ×       |
|                         | 0.9312 | 0.9308 | 0.9305 | 0.9303 | 0.9302  | ×       | ×       |
| 0.5                     | 0.6887 | 0.4040 | 0.1684 | 0.0000 | -0.0722 | 0.0000  | ×       |
|                         | 1.0101 | 1.0101 | 1.0101 | 1.0101 | 1.0101  | ×       | ×       |
| 0.6                     | 0.6505 | 0.3939 | 0.1720 | 0.0000 | -0.0958 | -0.0664 | ×       |
|                         | 0.9316 | 0.9311 | 0.9307 | 0.9304 | 0.9303  | 0.9302  | ×       |
| 0.8                     | 0.3041 | 0.1933 | 0.0907 | 0.0000 | -0.0708 | -0.1029 | -0.0386 |
|                         | 0.4186 | 0.4164 | 0.4146 | 0.4132 | 0.4122  | 0.4116  | 0.4112  |
| 1.0                     | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
|                         | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |

[ケース2： $a^0 = 1, \kappa = 0.05$ ]

| $\pi \backslash \gamma$ | -0.75  | -0.5   | -0.25  | 0      | 0.25    | 0.5     | 0.75    |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 0.2                     | 0.0636 | 0.0326 | 0.0110 | 0.0000 | ×       | ×       | ×       |
|                         | 0.1027 | 0.1026 | 0.1025 | 0.1025 | ×       | ×       | ×       |
| 0.4                     | 0.1533 | 0.0866 | 0.0341 | 0.0000 | -0.0096 | ×       | ×       |
|                         | 0.2310 | 0.2310 | 0.2310 | 0.2309 | 0.2309  | ×       | ×       |
| 0.5                     | 0.1709 | 0.1003 | 0.0418 | 0.0000 | -0.0179 | 0.0000  | ×       |
|                         | 0.2506 | 0.2506 | 0.2506 | 0.2506 | 0.2506  | ×       | ×       |
| 0.6                     | 0.1613 | 0.0977 | 0.0427 | 0.0000 | -0.0238 | -0.0165 | ×       |
|                         | 0.2310 | 0.2310 | 0.2310 | 0.2309 | 0.2309  | 0.2309  | ×       |
| 0.8                     | 0.0748 | 0.0477 | 0.0225 | 0.0000 | -0.0176 | -0.0256 | -0.0096 |
|                         | 0.1030 | 0.1028 | 0.1027 | 0.1026 | 0.1026  | 0.1025  | 0.1025  |
| 1.0                     | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |
|                         | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  |

注1：各セルの数字＝学習がない場合の第1期数量と比べたときの旧製品と新製品の乖離率。  
点線の上段は旧製品、下段は新製品の乖離率。

注2：「×」印のあるセルは、 $q_1^N$ が負の値となる範囲。

[ケース0：学習がない場合の第1期数量 ( $\kappa$ の値に関係なく  $a^0 = 1$ )]

| $\pi \backslash \gamma$ | -0.75  | -0.5  | -0.25  | 0    | 0.25   | 0.5   | 0.75  |
|-------------------------|--------|-------|--------|------|--------|-------|-------|
| 0.2                     | 0.575  | 0.55  | 0.525  | 0.5  | ×      | ×     | ×     |
|                         | 0.475  | 0.35  | 0.225  | 0.1  | ×      | ×     | ×     |
| 0.4                     | 0.65   | 0.6   | 0.55   | 0.5  | 0.45   | ×     | ×     |
|                         | 0.575  | 0.45  | 0.325  | 0.2  | 0.075  | ×     | ×     |
| 0.5                     | 0.6875 | 0.625 | 0.5625 | 0.5  | 0.4375 | 0.375 | ×     |
|                         | 0.625  | 0.5   | 0.375  | 0.25 | 0.125  | 0     | ×     |
| 0.6                     | 0.725  | 0.65  | 0.575  | 0.5  | 0.425  | 0.35  | ×     |
|                         | 0.675  | 0.55  | 0.425  | 0.3  | 0.175  | 0.05  | ×     |
| 0.8                     | 0.8    | 0.7   | 0.6    | 0.5  | 0.4    | 0.3   | 0.2   |
|                         | 0.775  | 0.65  | 0.525  | 0.4  | 0.275  | 0.15  | 0.025 |
| 1.0                     | 0.875  | 0.75  | 0.625  | 0.5  | 0.375  | 0.25  | 0.125 |
|                         | 0.875  | 0.75  | 0.625  | 0.5  | 0.375  | 0.25  | 0.125 |

注3：各セルのうち、点線の上段の数字は $q_1^O$ 、点線の下段の数字は $q_1^N$ を示す。

注4：「×」印のあるセルは、 $q_1^N$ が負の値となる範囲。

表1～表3のシミュレーション結果より、以下の点が明らかになった。なお、(16)式と(17)式は第1期価格 ( $p_1^O, p_1^N$ ) の高次関数であるため、複数の解が存在する。ただし、 $0 < p_1^i < 1$  ( $i = O, N$ ) の範囲内では、パラメータ  $\pi, \gamma, \kappa$  のすべての値について、 $p_1^O = 0.5$  が成立し、 $p_1^N$  は表1に示す値に一意的に定まった。

- [1] 独占企業は、パラメータ  $\pi, \gamma, \kappa$  の値が変わっても既存製品の価格  $p_1^O$  を常に0.5に設定する一方、新製品の第1期価格  $p_1^N$  は学習効果がない場合と比べて引き下げて、情報を収集しようとする。ただし、 $\pi = 1$  の場合は新製品の評判が良いことが確実であるため、値下げを行わない。
- [2]  $\kappa$  の値が高い ( $\kappa = 0.1$ ) 場合は情報収集の精度が高いため、独占企業は  $\kappa = 0.05$  のときよりも新製品の価格をより引き下げて情報収集を図る。
- [3] 新旧製品の補完度が高いと ( $\gamma$  が大きな負の値の場合)、独占企業は情報収集のために第1期の新製品価格を大きく引き下げる。他方、新製品と旧製品が代替財同士である場合 ( $\gamma$  が大きな正の値の場合)、新製品の第1期価格は情報収集がない場合とほぼ変わらない。

次に表3で第1期の販売量を見てみよう。価格引下げの結果、第1期の数量は、学習効果が

ない場合と比べて、特に補完度が高い場合 ( $\gamma$ が大きな負の値の場合)、新製品の成功の所期信念 $\pi$ が0.5に近い場合、そして情報収集の精度 $\kappa$ が高い場合に増加率が大きい(表3)。一方、新旧製品の代替度が高い場合 ( $\gamma$ が大きな正の値の場合)、第1期の数量は学習効果がない場合よりも減ることがある。

また、独占企業は旧製品については第1期価格の値下げを行わないが、新製品の値下げに応じて旧製品の第1期数量も学習効果がない場合と比べて概ね増加する。

[4] 新製品の成功に関する初期信念 $\pi$ は情報収集(第1期の価格設定)にどのような影響を及ぼすか? 情報の経済学の先行研究によると、不確実性が大きいほど情報収集に投じる資源は多くなる(Fishman and Hagerty 1989等を参照)。このモデルでは、初期信念が0.5のときに不確実性は最大となり、初期信念が0または1のときに不確実性もゼロとなる。しかし表2によると、新製品の値引率は初期信念 $\pi$ が0.4または0.6の場合は大きい、 $\pi$ が0.5の場合の値下げ率はむしろ小さい。

[5] (11)式に見るとおり、シグナル観察前、新製品の第2期価格の期待値は、学習がない場合( $\kappa=0$ )の新製品の第1期価格(表1の最後の列)に等しい。第2期価格の期待値は学習がある場合の第1期価格よりも高い。つまり、新製品の平均価格の経路は時間と共に増加する。シグナルが良い場合、新製品の第2期価格はさらに増加する。

#### 4. 結語

本稿では、独占企業が価格を使って情報を収集する場合の動学的価格設定を考察した。学習効果がないベンチマーク・ケースと比べて、独占企業は第1期の新製品価格を引き下げて新製品の需要に関する情報を収集しようとする。新旧製品が補完財同士の場合は代替財同士の場合よりもこの学習効果は大きい。シミュレーションの結果、情報収集の精度が高まると企業はさらに新製品価格を引き下げること、および新旧製品の代替度が低いほど(つまり補完度が高いほど)シグナル観察後の事後的信念が高まることが明らかになった。以上の結果は、新製品に関する現実の学習プロセスと整合的であると言える。

本稿においては、多数の消費者が每期製品を購入するものと想定したが、耐久消費財とのマッチに関する学習を分析する場合、次の考慮が必要となる。各消費者は1単位の耐久消費財を購入し、一定期間利用を続ける。この場合、いつ耐久消費財を購入するかが重要な意思決定事項となる。購入を待つことにより、現在の消費はできないが、代りに新製品が良いか否か、消費者もより正確に知ることができる。

## [補論] (命題の証明)

Friedman (1986), p.39の定理2.4によると, 次の (a) と (b) の条件が満たされれば, 少なくとも1つの第1期価格  $\{p_1^O, p_1^N\}$  が存在する。(a) 戦略のセットはコンパクトで凸集合である。(b) 利得関数は連続で有界 (bounded) かつ  $\{p_1^O, p_1^N\}$  に関して凹関数である。

条件 (a) と (b) が満たされているかどうかを以下で順次検討していく。

- (a) 企業は需要量がゼロになる水準より高い価格を設定しないため,  $\{p_1^O, p_1^N\}$  は閉集合であり有界である。従って仮定 [A.3] に抵触しない人為的な上界を第1期価格に設定することができる。また, 価格は凸集合に属している。ゆえに第1期価格は, 各製品についてコンパクトで凸の集合である。//
- (b) 独占企業の期待利潤関数 (15) は, 第1期と第2期の収入を合計したものである。(コストがゼロのため収入は利潤に等しい。) 第1期の収入関数は標準的な関数であり, 選択変数に関して通常の特性を持つ。シグナル観察前の第2期の期待利潤  $E[\Pi_2|x_1(p_1)]$  は, (12) 式に表されている。(12) 式の直後に述べとおり,  $E[\Pi_2|x_1(p_1)]$  は  $q(x_1^N)$  について連続であり,  $q(x_1^N)$  は第1期価格  $p_1^O, p_1^N$  に関して連続関数である。(  $q(x_1^N) = \frac{1}{2} + \kappa x_1^N = \frac{1}{2} + \kappa(\pi - \gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)$  であるため。) 従って利得関数  $\Pi_2|x_1(p_1)$  は, 第1期価格  $p_1^O, p_1^N$  に関して有界で連続である。

次に, 期待利潤関数(15)が  $p_1^O$  と  $p_1^N$  に関して凹関数であることを確認する。1階の条件(16)"式と (17)"式を  $p_1^O$  と  $p_1^N$  について偏微分すると, 2階の条件は以下のとおりである。

$$(26) \quad \frac{\partial^2 E\Pi}{\partial (p_1^O)^2} = -2 + \gamma \frac{\partial}{\partial p_1^O} \frac{32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)}{[1-4(2\pi-1)^2\kappa^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)^2]},$$

$$(27) \quad \frac{\partial^2 E\Pi}{\partial (p_1^N)^2} = -2 - \frac{\partial}{\partial p_1^N} \frac{32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)}{[1-4(2\pi-1)^2\kappa^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)^2]},$$

$$(28) \quad \frac{\partial^2 E\Pi}{\partial p_1^O \partial p_1^N} = 2\gamma + \gamma \frac{\partial}{\partial p_1^N} \frac{32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)}{[1-4(2\pi-1)^2\kappa^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)^2]}.$$

ここで  $1-4(2\pi-1)^2\kappa^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)^2 = 1 - \{(2\pi-1)(2\kappa x_1^N)\}^2 \equiv \Lambda$  と表すと,

$$(29) \quad \frac{\partial}{\partial p_1^O} \frac{32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)}{[1-4(2\pi-1)^2\kappa^2(\pi-\gamma a^O - p_1^N + \gamma p_1^O)^2]} \\ = \frac{32\kappa^2\pi^2(1-\pi)^2\gamma\{\Lambda^5 - \{2(2\pi-1)(2\kappa x_1^N)\}^2\}}{\Lambda^7}.$$

(29) 式の右辺の値は,  $\pi=0, \pi=1$  のときはゼロとなり,  $\pi=1/2$  の時は  $2\kappa^2\gamma$  に等しい。よって

$$(26)' \quad \left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial (p_1^0)^2} \right|_{\pi=0} = -2, \quad \left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial (p_1^0)^2} \right|_{\pi=1} = -2,$$

$$\left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial (p_1^0)^2} \right|_{\pi=1/2} = -2 + 2\kappa^2\gamma < 2(\kappa^2 - 1) < 0 \quad \text{if } \kappa < 1.$$

次に

$$(30) \quad \frac{\partial}{\partial p_1^N} \frac{32\kappa^2(\pi)^2(1-\pi)^2(\pi-\gamma a^0 - p_1^N + \gamma p_1^0)}{[1-4(2\pi-1)^2\kappa^2(\pi-\gamma a^0 - p_1^N + \gamma p_1^0)^2]^2}$$

$$= \frac{32\kappa^2\pi^2(1-\pi)^2\{-\Lambda^5 + \{2(2\pi-1)(2\kappa x_1^N)\}^2\}}{\Lambda^7}.$$

(30) 式の右辺の値は、 $\pi=0, \pi=1$ のときはゼロとなり、 $\pi=1/2$ の時は $-2\kappa^2$ に等しい。よって

$$(27)' \quad \left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial (p_1^N)^2} \right|_{\pi=0} = -2, \quad \left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial (p_1^N)^2} \right|_{\pi=1} = -2,$$

$$\left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial (p_1^N)^2} \right|_{\pi=1/2} = -2 - 2\kappa^2 < 0.$$

さらに

$$(28)' \quad \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial p_1^0 \partial p_1^N} = 2\gamma + \gamma \frac{32\kappa^2\pi^2(1-\pi)^2\{-\Lambda^5 + \{2(2\pi-1)(2\kappa x_1^N)\}^2\}}{\Lambda^7}.$$

$$(28)'' \quad \left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial p_1^0 \partial p_1^N} \right|_{\pi=0} = 2\gamma, \quad \left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial p_1^0 \partial p_1^N} \right|_{\pi=1} = 2\gamma,$$

$$\left. \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial p_1^0 \partial p_1^N} \right|_{\pi=1/2} = 2\gamma - 2\gamma\kappa^2 = 2\gamma(1-\kappa^2) > 0.$$

そして

$$\frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial (p_1^0)^2} \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial (p_1^N)^2} - \left( \frac{\partial^2 \text{E}\Pi}{\partial p_1^0 \partial p_1^N} \right)^2 \equiv Z \quad \text{と表し, } \pi=0, \pi=1, \pi=1/2 \text{の時} Z \text{の値を求めると}$$

$$(31) \quad Z|_{\pi=0} = Z|_{\pi=1} = 4(1-\gamma^2) > 0,$$

$$Z|_{\pi=1/2} = 4(1-\kappa^2)(1+\kappa^2) - 4\gamma(1-\kappa^2)^2$$

$$= 4(1-\kappa^2)\{(1+\kappa^2) - \gamma(1-\kappa^2)\}$$

$$> 4(1-\kappa^2)\{(1+\kappa^2) - (1-\kappa^2)\}$$

$$= 8\kappa^2(1-\kappa^2) > 0. //$$

以上、(26)', (27)', (28)', (31) より、期待利潤関数 (15) は  $p_1^0$  と  $p_1^N$  に関して凹関数である。

(成蹊大学経済学部教授)



## 参考文献

- Aghion, P., P. Bolton, C. Harris, and B. Jullien (1991), "Optimal Learning by Experimentation," *Review of Economic Studies*, 58, 621-654.
- Aghion, P., M. Espinosa, and B. Jullien (1993), "Dynamic duopoly with learning through market experimentation," *Economic Theory*, 3, 517-539.
- Balvers, R., and T. Cosimano (1990), "Actively Learning about Demand and the Dynamics of Price Adjustment," *Economic Journal*, 100, 882-898.
- Braden, D., and S. Oren (1994), "Nonlinear Pricing to Produce Information," *Marketing Science*, 13, 310-326.
- Easley, D., and N. Kiefer (1988), "Controlling a Stochastic Process with Unknown Parameters," *Econometrica*, 56, 1045-1064.
- Fishman, M., and K. Hagerty (1989), "Disclosure Decisions by Firms and the Competition for Price Efficiency," *Journal of Finance*, 44, 633-646.
- Friedman, J. (1986), *Game Theory with Applications to Economics* (Oxford: Oxford University Press).
- Grossman, S., R. Kihlstrom, and L. Mirman (1977), "A Bayesian Approach to the Production of Information and Learning by Doing," *Review of Economic Studies*, 44, 533-547.
- Harrington, J. (1995), "Experimentation and Learning in a Differentiated Products Duopoly," *Journal of Economic Theory*, 66, 275-288.
- Hirao, Y., M. Krishnan, and J. Weinberg (1992), "Rivalry with Two-Sided Learning," Purdue University Economics Working Papers 1028, Purdue University.
- Holmstrom, B. (1985), "The Provision of Services in a Market Economy," in Inman, R., ed., *Managing the Service Economy: Prospects and Problems*, Cambridge University Press, 183-213.
- Kihlstrom, R. (1974), "A Bayesian Model of Demand for Information about Product Quality," *International Economic Review*, 15, 99-118.
- Lazear, E. (1986), "Retail Pricing and Clearance Sales," *American Economic Review*, 76, 14-32.
- McLennan, A. (1984), "Price Dispersion and Incomplete Learning in the Long Run," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 7, 331-347.
- Mirman, L., L. Samuelson, and E. Schlee (1994), "Strategic Information Manipulation in Duopolies," *Journal of Economic Theory*, 62, 363-384.
- Rob, R. (1991), "Learning and Capacity Expansion under Demand Uncertainty," *Review of Economic Studies*, 58, 655-675.
- Rothschild, M. (1974), "A Two-Armed Bandit Theory of Market Pricing," *Journal of Economic Theory*, 9, 185-202.