

名古屋市立大学経済学会

オイコノミカ

第 46 巻 第 3 号

ネットワーク外部性の存在する製品の 互換性に関するモデル分析

神 山 眞 一

平成 22 年 2 月 1 日 発行

ネットワーク外部性の存在する製品の 互換性に関するモデル分析

神 山 眞 一

1. はじめに

ネットワーク外部性に関する研究は, Katz and Shapiro[6]が問題提起して以来, 多数行われてきた. そして, 今日においては経済学の教科書においても取り上げられるようになった. ネットワーク外部性の存在する財は, 情報財を始めとして多数存在し, 市場メカニズムを阻害する要因¹⁾として対応策等を十分に究明すべきではあるが, これまでの研究は, ネットワーク外部性の存在する場合, 販売量・シェアや価格等がどのようなになるかについてのものが大部分である.

本稿は, ネットワーク外部性の存在する財を独占的に供給する企業が, 性能や使い易さ等の面で旧製品よりも優れた新製品を順次発売しようとしている状況において, 新旧製品の互換性に関するいくつかの戦略が選択できるとき, 最適価格, 利潤 (生産者余剰), 消費者余剰, 社会的総余剰等について各互換戦略の優劣を比較することを目的としている. この方向での研究としては, Choi[1], Choi[2], Haruvy and Prasad[3], Waldman[9]などがある. これらの研究では, すべての消費者が同質的であるとの想定の下で, 戦略比較を行っている. これに対して本稿では, 消費者は異質的であるとの想定, すなわち当該財に対する価値判断が消費者毎に異なるとの, より一般的な想定の下で分析を行っている. 消費者の異質性が消費者行動に与える影響を分析した研究としては, 神山[4], 神山[5], Katz and Shapiro[6], 佐野・神山[7]等がある. さらに, 神山[5], Katz and Shapiro[6]等においては当該財に対する価値判断が一様分布であるとの想定の下で分析が行われている. 一様分布以外の分布を想定した分析としては神山[4], 佐野・神山[7]等があるがそれほど多くはない. 本稿では, 三角形型の分布を想定している. この想定は, 当該財の価値を高く評価する消費者は少なく, 低く評価する消費者が多いことを意味し, 多くの製品の普及率が普及開始当初には指数関数的に増加することを考慮したものである.

ネットワーク外部性による消費者の便益の定式化については, ネットワークサイズの線形関数とする場合が多く, 非線形関数で定式化する場合はいくつかある. 本稿ではネットワークサイズに関する限界便益が逓減するとの想定の下, 佐野・神山[7]等と同様に便益がネットワークサイズの平方根に比例するとの仮定をおいて分析を行っている.

製品の永続性を考えたとき, 製品の世代交代が無限に続くと考えるオーバーラッピングジェネ

1) ネットワーク外部性が市場メカニズムを阻害する事例についてはO.シャイ[8]に詳しい.

レーションモデルを分析することが適切と考えるが、本稿ではオーバーラッピングジェネレーションモデルの前段階として3期間モデルを考えることとする。さらに、モデル構築は理論的に行うが、企業の最適政策を解析的に究明することが困難であることから、コンピュータシミュレーションにより最適解を求めている。

旧製品に比して機能や使い易さ等の面で性能アップした新製品を発売しようとしている企業を考える。この企業の製品に対する競合品は存在しないものとする。すなわち、この企業はその製品について独占的供給者である。このとき、当該企業の戦略としては次のものが考えられる。

(1) 完全互換戦略

部品や消耗品さらには周辺機器等あるいは作成したファイル等が旧製品とまったく同様に使用可能な新製品を発売する戦略

(2) 完全非互換戦略

部品や消耗品さらには周辺機器等が旧製品とはまったく異なったものとなる新製品、あるいは新旧製品で作成したファイル等を相互に使用することが不可能な新製品を発売する戦略

(3) バージョンアップ戦略

完全非互換ではあるが、旧製品所有者に安価な料金を新製品への買い換え権を与えたり、旧製品を新製品と互換的に使用可能とするようなアダプタを新製品と同時に発売する戦略
これら3戦略以外にも色々なバリエーションを考えることは可能であるが、本稿では上記3戦略のみを分析対象とする。

2. ネットワーク外部性の存在する製品に対する需要

第1期に製品1、第2期に製品2、第3期に製品3を販売する3期モデルを考える。なお、製品1よりも製品2、製品2よりも製品3の方が性能がアップしているものとする。また、ここで取り扱う製品はネットワーク外部性をもつものとする。

消費者総数は N であり、計画期間中に増減しないものとする。製品1購入者数が N_{11} であるものとし、製品1所有者中製品2へと買い換える者の数を N_{12} とすれば、買い換えない者の数は $N_{11} - N_{12}$ となる。製品2の新規購入者数を N_{22} とすれば、買い換えを含めた製品2購入者数は $N_{12} + N_{22}$ となる。さらに、製品1購入者で製品2へ買い換えさらに製品3へと買い換える者の数を N_{123} とすれば、製品1購入者で製品2へ買い換えしたが製品3へは買い換えない者の数は $N_{12} - N_{123}$ となる。製品1購入者で製品2への買い換えを行わず製品3へと買い換える者の数を N_{13} とすれば、製品1購入者で製品2へも製品3へも買い換えない者の数は $N_{11} - N_{12} - N_{13}$ となる。製品2新規購入者で製品3へと買い換える者の数を N_{23} とすれば、製品2新規購入者で製品3へ買い換えない者の数は $N_{22} - N_{23}$ となる。製品3を新規に購入する者の数を N_{33} とすれば、買い換えを含めた製品3購入者数は $N_{123} + N_{13} + N_{33}$ となる。

独占的企業が新製品に対していかなる戦略をとるとしても、製品 1 のネットワークサイズは N_{11} である。また、新製品の方が旧製品よりも性能が優れていることから、旧製品から新製品へと買い換えた者は、旧製品を使用しなくなると考えられる²⁾。したがって、各状況の消費者数をまとめると次表のようになる

第 1 期	第 2 期	第 3 期
製品 1 新規購入者 N_{11}	製品 2 へ買換者 N_{12}	製品 3 へ買換者 N_{123}
		製品 2 継続使用者 $N_{12} - N_{123}$
	製品 1 継続使用者 $N_{11} - N_{12}$	製品 3 へ買換者 N_{13}
		製品 1 継続使用者 $N_{11} - N_{12} - N_{13}$
未購入者	製品 2 新規購入者 N_{22}	製品 3 へ買換者 N_{23}
		製品 2 継続使用者 $N_{22} - N_{23}$
		製品 3 新規購入者 N_{33}

なお、上表における各消費者数は、企業の戦略によって異なる値をとることになるので、完全互換戦略、完全非互換戦略、バージョンアップ戦略それぞれの場合を上付文字 F 、 N 、 V で表す。すなわち、 N_{12}^F 、 N_{12}^N 、 N_{12}^V などと表示することとする。

(1) 完全互換戦略の場合

旧製品所有者も新製品購入者も同じネットワークに属することになるので、ネットワークは唯一であり、そのネットワークサイズは第 1 期に N_{11} 、第 2 期に $M_2^F = N_{11} + N_{22}^F$ 、第 3 期に $M_3^F = N_{11} + N_{22}^F + N_{33}^F$ となる。

(2) 完全非互換戦略の場合

旧製品の使用者と新製品の使用者は別のネットワークを構成することになり、製品 1 のネットワークサイズは第 1 期に N_{11} 、第 2 期に $M_{21}^N = N_{11} - N_{12}^N$ 、第 3 期に $M_{31}^N = N_{11} - N_{12}^N - N_{13}^N$ 、製品 2 のネットワークサイズは第 2 期に $M_{22}^N = N_{12}^N + N_{22}^N$ 、第 3 期に $M_{32}^N = N_{12}^N - N_{123}^N + N_{22}^N - N_{23}^N$ 、製品 3 のネットワークサイズは第 3 期に $M_{33}^N = N_{123}^N + N_{13}^N + N_{23}^N + N_{33}^N$ となる。

(3) バージョンアップ戦略の場合

完全非互換戦略の場合との差はバージョンアップ製品購入価格のみであるので、完全非互換戦略の場合と同様に、製品 1 のネットワークサイズは第 1 期に N_{11} 、第 2 期に $M_{21}^V = N_{11} - N_{12}^V$ 、第 3 期に $M_{31}^V = N_{11} - N_{12}^V - N_{13}^V$ 、製品 2 のネットワークサイズは第 2 期に $M_{22}^V = N_{12}^V + N_{22}^V$ 、第 3 期に $M_{32}^V = N_{12}^V - N_{123}^V + N_{22}^V - N_{23}^V$ 、製品 3 のネットワークサイズは第 3 期に $M_{33}^V = N_{123}^V + N_{13}^V + N_{23}^V + N_{33}^V$ となる。

2) ここでは、新製品に買い換えた者が所有する旧製品は中古品として転売されることなく廃棄されるものとする。

ネットワーク外部性による消費者の便益は、消費者ないし製品の新旧に依らずそのネットワークサイズによってのみ決定されるものとする．ネットワークサイズが y である製品のネットワーク外部性による便益の価値評価額が $v(y)$ で表されるものとし、 $v(y)$ を外部性関数と呼ぶことにする．ネットワークサイズが大きくなれば、ネットワーク外部性による便益の価値評価額も大きくなると考えられるので、外部性関数 $v(y)$ は y に関して増加関数となる．また、ネットワークサイズが 0 であるとき、ネットワーク外部性による便益は存在しないので、 $v(0)=0$ となる．

消費者は、製品の新旧に依らずネットワーク外部性による便益の価値評価額に関しては同質的であるとしたが、本稿で分析対象としている製品に対する支払意思に関しては異質的であるものとする．すなわち、ネットワークサイズが y である製品に対する支払意思が $r+v(y)$ であるとしたとき、 r が消費者毎に異なるものとする．ここで、支払意思 $r+v(y)$ は、当該の製品を購入することで消費者が得ることのできる効用の価値評価額とみなすことができ、その価値評価額がその財固有の価値評価額 r とネットワーク外部性による便益の価値評価額 $v(y)$ との和で表せることを意味している．したがって、 r が消費者毎に異なることは、財固有の価値評価額が消費者毎に異なることを意味し、自然な想定と考えられる．

支払意思が負であることは、その財を入手することで負の効用を得ることを意味し、ここでの問題に関しては考慮する必要のない状況と考えられる．したがって、支払意思 $r+v(y)$ は非負、すなわち、 $r+v(y) \geq 0$ であるものと想定できる．さらに、 $y=0$ においても前式が成り立つとすれば、 $r \geq 0$ であるものと想定できる．また、財固有の価値評価額 r には上限が存在することも自然な想定であろう．この上限を A で表すとき、 r は範囲 $[0, A]$ 内に分布することになる．

しかし、本稿で考慮している新旧製品はその性能に関して差があることから、財固有の価値評価額 r にも差があることになる．製品 i に対する価値評価額を r_i とし、 r_i は範囲 $[0, A_i]$ 内で図 2.1 のように三角型に分布するものとする．

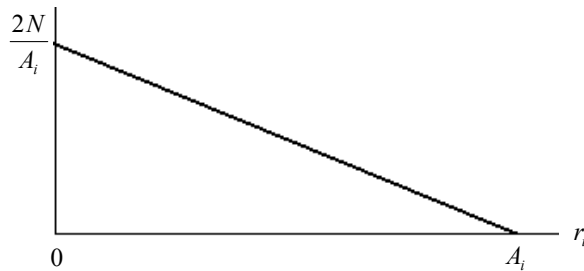


図 2.1 財固有の価値評価額の分布

多くの製品の普及率が普及開始当初には指数関数的に増加することを考慮したものである．このとき、価値評価額が r_* ($r_* \in [0, A_i]$) 以上である消費者数 N_* は

$$N_* = N(1 - r_* / A_i)^2 \quad (2.1)$$

となる．さらに，新製品の方が旧製品より性能がアップしていることから， $a > 1$ なる a に対して $A_{i+1} = aA_i > A_i$ が成り立つと仮定する．さらに，同一の消費者による新旧製品に対する価値評価額は，それぞれの分布範囲中の同一の位置にあるものと仮定する．すなわち，旧製品について r_i の価値を評価する消費者は，新製品について $r_{i+1} = ar_i$ の価値を評価すると仮定する．したがって， $A_1 = A$ ， $r_1 = r$ とすれば $A_2 = aA$ ， $A_3 = a^2A$ ， $r_2 = ar$ ， $r_3 = a^2r$ となる．

次に

- ・第1期に製品1を購入する限界消費者の価値評価額（以下「限界価値評価額」という）を r_{11}
- ・第1期に製品1を購入し第2期に製品2に買い換える限界消費者の価値評価額を r_{12}
- ・製品1を購入しなかったが第2期に製品2を新規購入する限界消費者の価値評価額を r_{22}
- ・第1期に製品1を購入し第2期に製品2に買い換えさらに第3期に製品3に買い換える限界消費者の価値評価額を r_{123}
- ・第1期に製品1を購入し第2期に製品2に買い換えなかったが第3期に製品3に買い換える限界消費者の価値評価額を r_{13}
- ・製品1を購入しなかったが第2期に製品2を新規購入し第3期に製品3に買い換える限界消費者の価値評価額を r_{23}
- ・製品1も製品2も購入しなかったが第3期に製品3を新規購入する限界消費者の価値評価額を r_{33}

としたとき，各消費者数と限界価値の関係は図2.2のようになる．

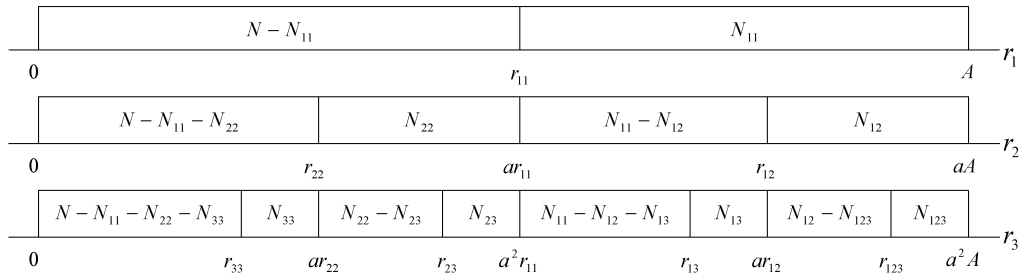


図2.2 消費者数と限界価値の関係

2.1 第1期における消費者の行動

第1期における消費者の行動は，企業の戦略の如何にかかわらず唯一なものである．

(1) 製品1の価格が P_1 であるものとする．このとき，製品1に対する価値評価額が $r_1 + v(N_{11}) \geq P_1$ となる消費者は，製品1を購入することになる．しかし，消費者が購入行動を決定する際にネットワークサイズ N_{11} についての正確な情報を知ることはできない．そこで，

消費者はその値についての期待値 N_{11}^e をもとに購入行動を決定するものとする．このとき

$$r_{11}^e = P_1 - v(N_{11}^e) \quad (2.2)$$

となり次の補題が得られる．ただし、 r_{11}^e は、期待ネットワークサイズ N_{11}^e により定まる値であることを意味しており、ネットワークサイズが実現値 N_{11} になったときは $r_{11} = P_1 - v(N_{11})$ と表すことにする．

$$\text{補題 1} \quad N_{11} = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{11}^e > A \\ N\{1 - r_{11}^e / A\}^2 & \text{if } A \geq r_{11}^e \geq 0 \\ 1 & \text{if } 0 > r_{11}^e \end{cases}$$

2.2 完全互換戦略下での第2期における消費者の行動

完全互換戦略のとき、製品2の期待ネットワークサイズは $M_2^{Fe} = N_{11} + N_{22}^{Fe}$ となるので、第2期において、製品1ないし2を使用する消費者のネットワーク外部性による便益の価値評価額は $v(M_2^{Fe})$ となる．したがって、製品1使用による便益の価値評価額は $r_1 + v(M_2^{Fe})$ であり、製品2を購入ないし製品2に買い換えた消費者の製品2の価値評価額は $r_2 + v(M_2^{Fe})$ となる．なお、 N_{22}^{Fe} は完全互換戦略下での製品2新規購入者数の期待値であり、 N_{11} は第1期での実現値である．

(1) 製品2の価格を P_2^F としたとき、 $r_1 \geq r_{11}$ であり³⁾、製品1を購入した消費者で $r_2 + v(M_2^{Fe}) - \{r_1 + v(M_2^{Fe})\} = r_2 - r_1 \geq P_2^F$ となる消費者は、買い換えることで効用が増すことから、製品2へと買い換えることになるので

$$r_{12}^F = \frac{a}{a-1} P_2^F \quad (2.3)$$

となり次の補題がえられる．

$$\text{補題 2} \quad N_{12}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{12}^F > aA \\ N\{1 - r_{12}^F / (aA)\}^2 & \text{if } aA \geq r_{12}^F \geq ar_{11} \\ N_{11} & \text{if } ar_{11} > r_{12}^F \end{cases}$$

(2) $r_{11} > r_1$ であり、製品1を購入しなかった消費者で $r_2 + v(M_2^{Fe}) \geq P_2^F$ となる消費者は、製品2を新規に購入することになるので

$$r_{22}^{Fe} = P_2^F - v(M_2^{Fe}) \quad (2.4)$$

となり次の補題がえられる．

3) 第1期においては $r_{11}^e = P_1 - v(N_{11}^e)$ のように期待ユーザー数 N_{11}^e を用いたが、第2期においては第1期のユーザー数が確定しているため $r_{11} = P_1 - v(N_{11})$ を用いている．その他のユーザー数についても同様である．

$$\text{補題 3} \quad N_{22}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{22}^{Fe} > ar_{11} \\ N\{1 - r_{22}^{Fe}/(aA)\}^2 & \text{if } ar_{11} \geq r_{22}^{Fe} \geq 0 \\ N - N_{11} & \text{if } 0 > r_{22}^{Fe} \end{cases}$$

2.3 完全互換戦略下での第3期における消費者の行動

完全互換戦略のとき、第3期における製品の期待ネットワークサイズは $M_3^{Fe} = N_{11} + N_{22}^F + N_{33}^{Fe}$ となるので、第3期において、新旧いずれかの製品使用者のネットワーク外部性による便益の価値評価額は $v(M_3^{Fe})$ となる。したがって、製品1ないし製品2を継続使用したときの便益の価値評価額は $r_1 + v(M_3^{Fe})$ ないし $r_2 + v(M_3^{Fe})$ であり、製品3を購入ないし製品3に買い換えたときの製品3の価値評価額は $r_3 + v(M_3^{Fe})$ となる。

(1) 製品3の価格を P_3^F としたとき、 $r_2 \geq r_{12}^F$ であり製品1の購入者で製品2に買い換えた消費者で $r_3 + v(M_3^{Fe}) - \{r_2 + v(M_3^{Fe})\} = r_3 - r_2 \geq P_3^F$ となる消費者は、買い換えることで効用が増すことから、製品3へ買い換えることになるので

$$r_{123}^F = \frac{a}{a-1} P_3^F \quad (2.5)$$

となり次の補題がえられる。

$$\text{補題 4} \quad N_{123}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{123}^F > a^2 A \\ N\{1 - r_{123}^F/(a^2 A)\}^2 & \text{if } a^2 A \geq r_{123}^F \geq ar_{12}^F \\ N_{12}^F & \text{if } ar_{12}^F > r_{123}^F \end{cases}$$

(2) $r_{12}^F > r_2 \geq ar_{11}$ であり製品1を購入したが製品2に買い換えなかった消費者で、 $r_3 + v(M_3^{Fe}) - \{r_1 + v(M_3^{Fe})\} = r_3 - r_1 \geq P_3^F$ となる消費者は、買い換えることで効用が増すことから、製品3へ買い換えることになるので

$$r_{13}^F = \frac{a^2}{a^2-1} P_3^F \quad (2.6)$$

となり次の補題がえられる。

$$\text{補題 5} \quad N_{13}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{13}^F > ar_{12}^F \\ N\{1 - r_{13}^F/(a^2 A)\}^2 - N_{12}^F & \text{if } ar_{12}^F \geq r_{13}^F \geq a^2 r_{11} \\ N_{11} - N_{12}^F & \text{if } a^2 r_{11} > r_{13}^F \end{cases}$$

(3) $ar_{11} > r_2 \geq r_{22}^F$ であり製品1を購入せず製品2を新規に購入した消費者で $r_3 + v(M_3^{Fe}) - \{r_2 +$

$v(M_3^{Fe})\} = r_3 - r_2 \geq P_3^F$ となる消費者は、買い換えることで効用が増すことから、製品 3 へ買い換えることになるので

$$r_{23}^F = \frac{a}{a-1} P_3^F \quad (2.7)$$

となり次の補題がえられる。

$$\text{補題 6} \quad N_{23}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{23}^F > a^2 r_{11}^F \\ N\{1 - r_{23}^F / (a^2 A)\}^2 - N_{11} & \text{if } a^2 r_{11}^F \geq r_{23}^F \geq ar_{22}^F \\ N_{22}^F & \text{if } ar_{22}^F > r_{23}^F \end{cases}$$

(4) $r_{22}^F > r_2$ であり製品 1 も 2 も購入しなかった消費者で、 $r_3 + v(M_3^{Fe}) \geq P_3^F$ となる消費者は、製品 3 を新規に購入することになるので

$$r_{33}^{Fe} = P_3^F - v(M_3^{Fe}) \quad (2.8)$$

となり次の補題がえられる⁴⁾。

$$\text{補題 7} \quad N_{33}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{33}^{Fe} > ar_{22}^F \\ N\{1 - r_{33}^{Fe} / (a^2 A)\}^2 - M_2^F & \text{if } ar_{22}^F \geq r_{33}^{Fe} \geq 0 \\ N - M_2^F & \text{if } 0 > r_{33}^{Fe} \end{cases}$$

2. 4 完全非互換戦略下での第 2 期における消費者の行動

完全非互換戦略のとき、第 2 期において製品 1 と製品 2 それぞれの期待ネットワークサイズは $M_{21}^{Ne} = N_{11} - N_{12}^{Ne}$ と $M_{22}^{Ne} = N_{12}^{Ne} + N_{22}^{Ne}$ となるので、第 2 期において製品 2 に買い換えず製品 1 を使用し続ける消費者のネットワーク外部性による便益の価値評価額は $v(M_{21}^{Ne})$ となる。したがって、製品 1 使用による便益の価値評価額は、第 1 期の $r_1 + v(N_{11})$ から第 2 期の $r_1 + v(M_{21}^{Ne})$ へと減少することになる。

(1) 一方、製品 1 購入者ではあるが $r_2 + v(M_{22}^{Ne}) - \{r_1 + v(M_{21}^{Ne})\} \geq P_2^N$ となる消費者は、第 2 期において製品 2 へと買い換えることで効用が増すことから、製品 2 へと買い換えることになるので

$$r_{12}^{Ne} = \frac{a}{a-1} \{P_2^N - v(M_{22}^{Ne}) + v(M_{21}^{Ne})\} \quad (2.9)$$

となり次の補題がえられる。

4) 第 2 期においては期待ネットワークサイズ $M_2^{Fe} = N_{11} + N_{22}^{Fe}$ を用いたが、第 3 期においては第 2 期のネットワークサイズが確定しているので $M_2^F = N_{11} + N_{22}^F$ を用いている。その他のネットワークサイズについても同様である。

$$\text{補題 8} \quad N_{12}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{12}^{Ne} > aA \\ N\{1 - r_{12}^{Ne}/(aA)\}^2 & \text{if } aA \geq r_{12}^{Ne} \geq ar_{11} \\ N_{11} & \text{if } ar_{11} > r_{12}^{Ne} \end{cases}$$

(2) さらに, $r_{11} > r_1$ であり製品 1 を購入しなかった消費者で, $r_2 + v(M_{22}^{Ne}) \geq P_2^N$ となる消費者は, 製品 2 を新規に購入することになるので

$$r_{22}^{Ne} = P_2^N - v(M_{22}^{Ne}) \quad (2.10)$$

となり次の補題がえられる.

$$\text{補題 9} \quad N_{22}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{22}^{Ne} > ar_{11} \\ N\{1 - r_{22}^{Ne}/(aA)\}^2 - N_{11} & \text{if } ar_{11} \geq r_{22}^{Ne} \geq 0 \\ N - N_{11} & \text{if } 0 > r_{22}^{Ne} \end{cases}$$

2.5 完全非互換戦略下での第 3 期における消費者の行動

完全非互換戦略のとき, 第 3 期において製品 1, 2 と 3 の期待ネットワークサイズはそれぞれ $M_{31}^{Ne} = N_{11} - N_{12}^N - N_{13}^{Ne}$, $M_{32}^{Ne} = N_{12}^N - N_{123}^{Ne} + N_{22}^N - N_{23}^{Ne}$ と $M_{33}^{Ne} = N_{123}^{Ne} + N_{13}^{Ne} + N_{23}^{Ne} + N_{33}^{Ne}$ になるので, 第 3 期において製品 3 に買い換えず製品 1 ないし製品 2 を使用し続ける消費者の便益の価値評価額は $r_1 + v(M_{31}^{Ne})$ ないし $r_2 + v(M_{32}^{Ne})$ となり, 製品 3 を購入ないし製品 3 に買い換えた消費者の便益の価値評価額は $r_3 + v(M_{33}^{Ne})$ となる.

(1) 製品 3 の価格を P_3^N としたとき, $r_2 \geq r_{12}^N$ であり製品 1 購入者で製品 2 に買い換えた消費者で, $r_3 + v(M_{33}^{Ne}) - \{r_2 + v(M_{32}^{Ne})\} \geq P_3^N$ となる消費者は, 買い換えることで効用が増すことから, 製品 3 へ買い換えることになるので

$$r_{123}^{Ne} = \frac{a}{a-1} \{P_3^N - v(M_{33}^{Ne}) + v(M_{32}^{Ne})\} \quad (2.11)$$

となり次の補題がえられる.

$$\text{補題 10} \quad N_{123}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{123}^{Ne} > a^2 A \\ N\{1 - r_{123}^{Ne}/(a^2 A)\}^2 & \text{if } a^2 A \geq r_{123}^{Ne} \geq ar_{12}^N \\ N_{12}^N & \text{if } ar_{12}^N > r_{123}^{Ne} \end{cases}$$

(2) $r_{12}^N > r_2 \geq ar_{11}$ であり製品 1 を購入したが製品 2 に買い換えなかった消費者で, $r_3 + v(M_{33}^{Ne}) - \{r_1 + v(M_{31}^{Ne})\} \geq P_3^N$ となる消費者は, 買い換えることで効用が増すことから

$$r_{13}^{Ne} = \frac{a^2}{a^2 - 1} \{P_3^N - v(M_{33}^{Ne}) + v(M_{31}^{Ne})\} \quad (2.12)$$

となり次の補題がえられる。

$$\text{補題11} \quad N_{13}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{13}^{Ne} > ar_{12}^N \\ N\{1 - r_{13}^{Ne}/(a^2 A)\}^2 - N_{12}^N & \text{if } ar_{12}^N \geq r_{13}^{Ne} \geq a^2 r_{11} \\ N_{11} - N_{12}^N & \text{if } a^2 r_{11} > r_{13}^{Ne} \end{cases}$$

(3) $ar_{11} > r_2 \geq r_{22}^N$ であり製品 2 を新規に購入した消費者で $r_3 + v(M_{33}^{Ne}) - \{r_2 + v(M_{32}^{Ne})\} \geq P_3^N$ となる消費者は、買い換えることで効用が増すことから、製品 3 へ買い換えることになるので

$$r_{23}^{Ne} = \frac{a}{a - 1} \{P_3^N - v(M_{33}^{Ne}) + v(M_{32}^{Ne})\} \quad (2.13)$$

となり次の補題がえられる。

$$\text{補題12} \quad N_{23}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{23}^{Ne} > a^2 r_{11} \\ N\{1 - r_{23}^{Ne}/(a^2 A)\}^2 - N_{11} & \text{if } a^2 r_{11} \geq r_{23}^{Ne} \geq ar_{22}^N \\ N_{22}^N & \text{if } ar_{22}^N > r_{23}^{Ne} \end{cases}$$

(4) $r_{22}^N > r_2$ であり製品 1 も 2 も購入しなかった消費者で $r_3 + v(M_{33}^{Ne}) \geq P_3^N$ となる消費者は、製品 3 を新規に購入することになるので、次のようになる。

$$r_{33}^{Ne} = P_3^N - v(M_{33}^{Ne}) \quad (2.14)$$

$$\text{補題13} \quad N_{33}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{33}^{Ne} > ar_{22}^N \\ N\{1 - r_{33}^{Ne}/(a^2 A)\}^2 - N_{11} - N_{22}^N & \text{if } ar_{22}^N \geq r_{33}^{Ne} \geq 0 \\ N - N_{11} - N_{22}^N & \text{if } 0 > r_{33}^{Ne} \end{cases}$$

2.6 バージョンアップ戦略下での第 2 期における消費者の行動

バージョンアップ戦略のときは、新規購入者の価格を P_2^N から P_2^V へ、買い換え者に対する価格を P_2^N から P_2^A へと変更することで完全非互換戦略の場合と同様に求められる。したがって次のようになる。

$$\text{補題14} \quad N_{12}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{12}^{Ve} > aA \\ N\{1 - r_{12}^{Ve}/(aA)\}^2 & \text{if } aA \geq r_{12}^{Ve} \geq ar_{11} \\ N_{11} & \text{if } ar_{11} > r_{12}^{Ve} \end{cases}$$

ただし $r_{12}^{Ve} = \frac{a}{a - 1} \{P_2^A - v(M_{22}^{Ve}) + v(M_{21}^{Ve})\}$ である。

$$\text{補題15} \quad N_{22}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{22}^{Ve} > ar_{11} \\ N\{1 - r_{22}^{Ve}/(aA)\}^2 - N_{11} & \text{if } ar_{11} \geq r_{22}^{Ve} \geq 0 \\ N - N_{11} & \text{if } 0 > r_{22}^{Ve} \end{cases}$$

ただし $r_{22}^{Ve} = P_2^V - v(M_{22}^{Ve})$ である.

2.7 バージョンアップ戦略下での第3期における消費者の行動

バージョンアップ戦略のときは、新規購入者の価格を P_3^N から P_3^V へ、買い換え者に対する価格を P_3^N から P_3^A へと変更することで完全非互換戦略の場合と同様の結果が求められる。したがって以下の補題が得られる.

$$\text{補題16} \quad N_{123}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{123}^{Ve} > a^2 A \\ N\{1 - r_{123}^{Ve}/(a^2 A)\}^2 & \text{if } a^2 A \geq r_{123}^{Ve} \geq ar_{12}^V \\ N_{12}^V & \text{if } ar_{12}^V > r_{123}^{Ve} \end{cases}$$

ただし $r_{123}^{Ve} = \frac{a}{a-1} \{P_3^A - v(M_{33}^{Ve}) + v(M_{32}^{Ve})\}$ である.

$$\text{補題17} \quad N_{13}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{13}^{Ve} > ar_{12}^V \\ N\{1 - r_{13}^{Ve}/(a^2 A)\}^2 - N_{12}^V & \text{if } ar_{12}^V \geq r_{13}^{Ve} \geq a^2 r_{11} \\ N_{11} - N_{12}^V & \text{if } a^2 r_{11} > r_{13}^{Ve} \end{cases}$$

ただし $r_{13}^{Ve} = \frac{a^2}{a^2-1} \{P_3^A - v(M_{33}^{Ve}) + v(M_{31}^{Ve})\}$ である.

$$\text{補題18} \quad N_{23}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{23}^{Ve} > a^2 r_{11} \\ N\{1 - r_{23}^{Ve}/(a^2 A)\}^2 - N_{11} & \text{if } a^2 r_{11} \geq r_{23}^{Ve} \geq ar_{22}^V \\ N_{22}^V & \text{if } ar_{22}^V > r_{23}^{Ve} \end{cases}$$

ただし $r_{23}^{Ve} = \frac{a}{a-1} \{P_3^A - v(M_{33}^{Ve}) + v(M_{32}^{Ve})\}$ である.

$$\text{補題19} \quad N_{33}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } r_{33}^{Ve} > ar_{22}^V \\ N\{1 - r_{33}^{Ve}/(a^2 A)\}^2 - N_{11} - N_{22}^V & \text{if } ar_{22}^V \geq r_{33}^{Ve} \geq 0 \\ N - N_{11} - N_{22}^V & \text{if } 0 > r_{33}^{Ve} \end{cases}$$

ただし $r_{33}^{Ve} = P_3^V - v(M_{33}^{Ve})$ である.

3. 消費者行動のモデル分析

ネットワーク外部性による便益は、現実には存在するネットワークサイズによって得られるものであることから、購入行動決定段階においては、将来において実現するかもしれないネットワークサイズよりも既に実現されているネットワークサイズが重視されると考えられる。すなわち、購入行動決定段階に考慮されるべき期待ネットワークサイズは、その段階で実現されているネットワークサイズよりも大幅に大きな値になることはなく、実現されたネットワークサイズに近い値になると考えられる。したがって、第1期当初に新規購入を計画している消費者にとっての期待ネットワークサイズ N^0 は、新規購入者が未だ存在しない状況と考えたとき、0 とみなされるものと考えられる。この段階で新規購入を決定する消費者は、条件 $A \geq P$ が成り立つときに、その製品に対する価値評価額が $[P, A]$ の範囲内にある消費者となる。これら第1段階の新規購入が実施されると、その購入者が新規購入者ネットワークを構成することになる。第2段階においては、第1段階での購入者により構成された実現ネットワークサイズを期待ネットワークサイズ N^1 として、価値評価額が $[P - v(N^1), P]$ の範囲内にある消費者が新規購入を決定すると考えられる。以下同様な現象が収束するまで繰り返され、収束した均衡状態においては実現したネットワークサイズと期待ネットワークサイズが一致することになる。なお、この均衡状態に達するまでにはかなりの時間がかかると思われるが、本稿では、各期内にこの均衡が達成されるのものと仮定（以下「期間内均衡達成仮定」と呼ぶ。）し、以下においては実現ネットワークサイズと期待ネットワークサイズが一致する均衡状態について分析を行うこととする。さらに、ネットワーク外部性による便益の価値評価額が次式ようになると仮定する。

$$v(x) = B\sqrt{\frac{x}{N}} \quad (3.1)$$

この仮定は、 $v(0) = 0$ 、 $dv(x)/dx > 0$ 、 $d^2v(x)/dx^2 < 0$ であることを意味し、現実には即した仮定であると考えられる。また、以下では記述の簡略化のため次のようにする。

$$n_{**}^{\#} = \frac{N^{\#}}{N}, \quad m_{**}^{\#} = \frac{M^{\#}}{N}, \quad b = \frac{B}{A}, \quad p_{*}^{\#} = \frac{P^{\#}}{A} \quad (3.2)$$

ここで、 $n_{**}^{\#}$ は消費者全体に対する比率であり、市場占有率とみなすことができる。

3.1 第1期における消費者の行動

$u_{11}^e = 1 - r_{11}^e / A = 1 - p_1 + b\sqrt{n_{11}^e}$ としたとき、(3.1)式および(3.2)式より補題1は次のように書き直される。

$$n_{11} = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > u_{11}^e \\ u_{11}^{e^2} & \text{if } 1 \geq u_{11}^e \geq 0 \\ 1 & \text{if } u_{11}^e > 1 \end{cases} \quad (3.3)$$

$p_1 \geq 1$ であることは、 $P_1 \geq A$ すなわち製品 1 の価格が製品 1 の最大価値評価額以上であることを意味し、このような製品の購入者は存在しないことになるので、一般性を失うことなく $1 > p_1$ が仮定できる。また、 $b > p_1$ であることは、 $B > P_1$ すなわち全消費者が製品 1 を購入したときのネットワーク外部性による便益が価格以上であることになり、財固有の価値如何に関わらず全消費者が製品 1 を購入することを意味する。このような状況は考えにくいので、一般性を失うことなく $p_1 \geq b$ が仮定できる。したがって、

$$1 \geq p_1 \geq b \quad (3.4)$$

が成り立つことを仮定する。

$1 \geq p_1$ であるとき $u_{11}^e \geq 0$ が成り立ち、 $1 \geq u_{11}^e$ であるならば (3.3) 式より $\sqrt{n_{11}} = u_{11}^e$ となる。さらに、最終的には $n_{11}^e = n_{11}$ になる⁵⁾ ので $n_{11} = \{(1 - p_1)/(1 - b)\}^2$ となる。なお、 $p_1 \geq b$ であるときは $1 \geq n_{11}$ となるので次の系が得られる。

系 1 仮定 (3.4) が成り立つとき⁶⁾、次のようになる。

$$n_{11} = \left\{ \frac{1 - p_1}{1 - b} \right\}^2, \quad u_{11} = \frac{1 - p_1}{1 - b} = \sqrt{n_{11}} \quad (3.5)$$

3.2 完全互換戦略下での第 2 期における消費者の行動

補題 2 は次のように書き直される。

$$\text{系 2} \quad n_{12}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > u_{12}^F \\ u_{12}^{F^2} & \text{if } u_{11} \geq u_{12}^F \geq 0 \\ n_{11} & \text{if } u_{12}^F \geq u_{11} \end{cases} \quad (3.6)$$

ただし、 $u_{12}^F = 1 - r_{12}^F / (aA) = 1 - p_2^F / (a - 1)$ である。

$u_{22}^{Fe} = 1 - r_{22}^{Fe} / (aA) = 1 - (p_2^F - b\sqrt{m_2^{Fe}}) / a$ としたとき、補題 3 は次のように書き直される。

$$n_{22}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{11} > u_{22}^{Fe} \\ u_{22}^{Fe^2} - n_{11} & \text{if } 1 \geq u_{22}^{Fe} \geq u_{11} \\ 1 - n_{11} & \text{if } u_{22}^{Fe} > 1 \end{cases} \quad (3.7)$$

5) 3 期の当初は $n_{11}^e = 0$ であると考えられる。このとき $u_{11}^e = 1 - p_1 \leq 0$ であれば (3.3) 式より $n_{11} = 0$ となる。一方 $u_{11}^e = 1 - p_1 > 0$ であるときは (3.3) 式より $n_{11} > 0$ となる。すなわち製品 1 がある程度購入されることになり、その購入量が期待購入量 n_{11}^e となる。 n_{11} は n_{11}^e に関して増加関数であるので、 n_{11} はさらに増加する。購入量が増えることで期待購入量が増加し、期待購入量の増加が購入量をさらに増加させる繰り返しが継続され、 $n_{11}^e = n_{11}$ すなわち $n_{11} = (1 - p_1 + b\sqrt{n_{11}})^2$ が成り立つまで繰り返されると考えられる。ただし、 $n_{11} = 1$ が成り立つまで増加すると、すべての消費者が購入してしまったことになり、それ以上購入量は増加しない。以下の場合も同様であるので、説明を省略する。

6) $u_{11} = 1 - p_1 + b\sqrt{n_{11}}$ すなわち u_{11}^e の実現値を u_{11} で表す。以下同様である。

$1 \geq u_{22}^{Fe} \geq \sqrt{n_{11}}$ であるとき、最終的に $n_{22}^{Fe} = n_{22}^F$ となるので $\sqrt{m_2^F} = \sqrt{n_{11} + n_{22}^F} = 1 - (p_2^F - b\sqrt{m_2^F})/a$ すなわち $\sqrt{m_2^F} = (a - p_2^F)/(a - b)$ となり、 $n_{22}^F = \{(a - p_2^F)/(a - b)\}^2 - n_{11}$ となる。このとき、 $u_{22}^F = (a - p_2^F)/(a - b)$ であるので、 $p_2^F \geq b$ であれば $1 \geq u_{22}^F$ となる。なお、 $a \geq p_2^F$ が成り立つことは自明としてきたが改めて

$$a \geq p_2^F \geq b \quad (3.8)$$

が成り立つことを仮定する。

系 3 仮定 (3.8) が成り立つとき

$$n_{22}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{11} > u_{22}^F \\ u_{22}^{F^2} - n_{11} & \text{if } u_{22}^F \geq u_{11} \end{cases} \quad (3.9)$$

ただし、 $u_{22}^F = (a - p_2^F)/(a - b)$ である。

3.3 完全互換戦略下での第3期における消費者の行動

補題 4～6 は次のように書き直される。

$$\text{系 4} \quad n_{123}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > u_{123}^F \\ u_{123}^{F^2} & \text{if } u_{12}^F \geq u_{123}^F \geq 0 \\ n_{12}^F & \text{if } u_{123}^F > u_{12}^F \end{cases} \quad (3.10)$$

ただし、 $u_{123}^F = 1 - r_{123}^F/(a^2 A) = 1 - p_3^F/\{a(a-1)\}$ である。

$$\text{系 5} \quad n_{13}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{12}^F > u_{13}^F \\ u_{13}^{F^2} - n_{12}^F & \text{if } u_{11} \geq u_{13}^F \geq u_{12}^F \\ n_{11} - n_{12}^F & \text{if } u_{13}^F > u_{11} \end{cases} \quad (3.11)$$

ただし、 $u_{13}^F = 1 - r_{13}^F/(a^2 A) = 1 - p_3^F/(a^2 - 1)$ である。

$$\text{系 6} \quad n_{23}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{11} > u_{23}^F \\ u_{23}^{F^2} - n_{11} & \text{if } u_{22}^F \geq u_{23}^F \geq u_{11} \\ n_{22}^F & \text{if } u_{23}^F > u_{22}^F \end{cases} \quad (3.12)$$

ただし、 $u_{23}^F = 1 - r_{23}^F/(a^2 A) = 1 - p_3^F/\{a(a-1)\}$ である。

$u_{33}^{Fe} = 1 - r_{33}^{Fe}/(a^2 A) = 1 - \{p_3^F - b\sqrt{m_3^{Fe}}\}/a^2$ としたとき、補題 7 は次のように書き直される。

$$n_{33}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{22}^F > u_{33}^{Fe} \\ u_{33}^{Fe^2} - m_2^F & \text{if } 1 \geq u_{33}^{Fe} \geq u_{22}^F \\ 1 - m_2^F & \text{if } u_{33}^{Fe} > 1 \end{cases} \quad (3.13)$$

$1 \geq u_{33}^{Fe} \geq u_{22}^F$ であるとき、最終的に $n_{33}^{Fe} = n_{33}^F$ になるので、(3.13) 式より

$\sqrt{m_3^F} = \sqrt{m_2^F + n_{33}^F} = u_{33}^F = 1 - \{p_3^F - b\sqrt{m_3^F}\} / a^2$
すなわち $\sqrt{m_3^F} = (a^2 - p_3^F) / (a^2 - b)$ となり, $n_{33}^F = \{(a^2 - p_3^F) / (a^2 - b)\}^2 - m_2^F$ となる. このとき,
 $u_{33}^F = (a^2 - p_3^F) / (a^2 - b)$ であるので, $p_3^F \geq b$ であれば $1 \geq u_{33}^F$ となる. なお, $a^2 \geq p_3^F$ が成り立つ
ことは自明としてきたが改めて

$$a^2 \geq p_3^F \geq b \quad (3.14)$$

が成り立つことを仮定する. このとき, 次の系が成り立つ.

系 7 仮定 (3.14) が成り立つとき

$$n_{33}^F = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{22}^F > u_{33}^F \\ u_{33}^{F^2} - m_2^F & \text{if } u_{33}^F \geq u_{22}^F \end{cases} \quad (3.15)$$

ただし, $u_{33}^F = (a^2 - p_3^F) / (a^2 - b)$ である.

3.4 完全非互換戦略下での第2期における消費者の行動

補題 8 と 9 は次のように書き直される.

$$\text{系 8} \quad n_{12}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > u_{12}^{Ne} \\ u_{12}^{Ne^2} & \text{if } u_{11} \geq u_{12}^{Ne} \geq 0 \\ n_{11} & \text{if } u_{12}^{Ne} > u_{11} \end{cases} \quad (3.16)$$

ただし, $u_{12}^{Ne} = 1 - r_{12}^{Ne} / (aA) = 1 - \{p_2^N - b\sqrt{m_{22}^{Ne}} + b\sqrt{m_{21}^{Ne}}\} / (a - 1)$ である.

$$\text{系 9} \quad n_{22}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{11} > u_{22}^{Ne} \\ u_{22}^{Ne^2} - n_{11} & \text{if } 1 \geq u_{22}^{Ne} \geq u_{11} \\ 1 - n_{11} & \text{if } u_{22}^{Ne} > 1 \end{cases} \quad (3.17)$$

ただし, $u_{22}^{Ne} = 1 - r_{22}^{Ne} / (aA) = 1 - \{p_2^N - b\sqrt{m_{22}^{Ne}}\} / a$ である.

(3.16) 式と (3.17) 式において, n_{12}^N と n_{22}^N は相互依存関係にあるため, 第 5 節において数値的に解くこととする. なお, $m_{21}^{Ne} = n_{11} - n_{12}^{Ne}$ と $m_{22}^{Ne} = n_{12}^{Ne} + n_{22}^{Ne}$ であるので, 期待ネットワークサイズ n_{12}^{Ne} が増加すれば現実の購入量 n_{12}^N と n_{22}^N は増加し, 同様に n_{22}^{Ne} が増加すれば n_{12}^N と n_{22}^N が増加する.

3.5 完全非互換戦略下での第3期における消費者の行動

補題 10～13 は次のように書き直される.

$$\text{系 10} \quad n_{123}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > u_{123}^{Ne} \\ u_{123}^{Ne^2} & \text{if } u_{12}^N \geq u_{123}^{Ne} \geq 0 \\ n_{12}^N & \text{if } u_{123}^{Ne} > u_{12}^N \end{cases} \quad (3.18)$$

ただし, $u_{123}^{Ne} = 1 - r_{123}^{Ne} / (a^2 A) = 1 - \{p_3^N - b\sqrt{m_{33}^{Ne}} + b\sqrt{m_{32}^{Ne}}\} / \{a(a-1)\}$ である.

$$\text{系11} \quad n_{13}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{12}^N > u_{13}^{Ne} \\ u_{13}^{Ne^2} - n_{12}^N & \text{if } u_{11} \geq u_{13}^{Ne} \geq u_{12}^N \\ n_{11} - n_{12}^N & \text{if } u_{13}^{Ne} > u_{11} \end{cases} \quad (3.19)$$

ただし, $u_{13}^{Ne} = 1 - r_{13}^{Ne} / (a^2 A) = 1 - \{p_3^N - b\sqrt{m_{33}^{Ne}} + b\sqrt{m_{31}^{Ne}}\} / (a^2 - 1)$ である.

$$\text{系12} \quad n_{23}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{11} > u_{23}^{Ne} \\ u_{23}^{Ne^2} - n_{11} & \text{if } u_{22}^N \geq u_{23}^{Ne} \geq u_{11} \\ n_{22}^N & \text{if } u_{23}^{Ne} > u_{22}^N \end{cases} \quad (3.20)$$

ただし, $u_{23}^{Ne} = 1 - r_{23}^{Ne} / (a^2 A) = 1 - \{p_3^N - b\sqrt{m_{33}^{Ne}} + b\sqrt{m_{32}^{Ne}}\} / \{a(a-1)\}$ である.

$$\text{系13} \quad n_{33}^N = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{22}^N > u_{33}^{Ne} \\ u_{33}^{Ne^2} - n_{11} - n_{22}^N & \text{if } 1 \geq u_{33}^{Ne} \geq u_{22}^N \\ 1 - n_{11} - n_{22}^N & \text{if } u_{33}^{Ne} > 1 \end{cases} \quad (3.21)$$

ただし, $u_{33}^{Ne} = 1 - r_{33}^{Ne} / (a^2 A) = 1 - \{p_3^N - b\sqrt{m_{33}^{Ne}}\} / a^2$ である.

(3.18)～(3.21)式において, n_{123}^N , n_{13}^N , n_{23}^N と n_{33}^N は相互依存関係にあるため, 第5節において数値的に解くこととする. なお, $m_{31}^{Ne} = n_{11} - n_{12}^N - n_{13}^{Ne}$, $m_{32}^{Ne} = n_{12}^N - n_{123}^N + n_{22}^N - n_{23}^{Ne}$ と $m_{33}^{Ne} = n_{123}^N + n_{13}^{Ne} + n_{23}^{Ne} + n_{33}^{Ne}$ であるので, 期待ネットワークサイズ n_{123}^{Ne} , n_{13}^{Ne} , n_{23}^{Ne} , n_{33}^{Ne} の増加は, それぞれが現実の購入量 n_{123}^N , n_{13}^N , n_{23}^N , n_{33}^N の増加を引き起こすことは明らかであろう.

3.6 バージョンアップ戦略下での第2期における消費者の行動

補題14と15は次のように書き直される.

$$\text{系14} \quad n_{12}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > u_{12}^{Ve} \\ u_{12}^{Ve^2} & \text{if } u_{11} \geq u_{12}^{Ve} \geq 0 \\ n_{11} & \text{if } u_{12}^{Ve} > u_{11} \end{cases} \quad (3.22)$$

ただし, $u_{12}^{Ve} = 1 - r_{12}^{Ve} / (aA) = 1 - \{p_2^A - b\sqrt{m_{22}^{Ve}} + b\sqrt{m_{21}^{Ve}}\} / (a-1)$ である.

$$\text{系15} \quad n_{22}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{11} > u_{22}^{Ve} \\ u_{22}^{Ve^2} - n_{11} & \text{if } 1 \geq u_{22}^{Ve} \geq u_{11} \\ 1 - n_{11} & \text{if } u_{22}^{Ve} > 1 \end{cases} \quad (3.23)$$

ただし, $u_{22}^{Ve} = 1 - r_{22}^{Ve} / (aA) = 1 - \{p_2^V - b\sqrt{m_{22}^{Ve}}\} / a$ である.

(3.22)式と(3.23)式において、 n_{12}^V と n_{22}^V は相互依存関係にあるため、第5節において数値的に解くこととする。なお、 $m_{21}^{Ve} = n_{11} - n_{12}^{Ve}$ と $m_{22}^{Ve} = n_{12}^{Ve} + n_{22}^{Ve}$ であるので、期待ネットワークサイズ n_{12}^{Ve} と n_{22}^{Ve} の増加は、それぞれが現実の購入量 n_{12}^V と n_{22}^V の増加を引き起こすことは明らかであろう。

3.7 バージョンアップ換戦略下での第3期における消費者の行動

補題16～19は次のように書き直される。

$$\text{系16} \quad n_{123}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > u_{123}^{Ve} \\ u_{123}^{Ve^2} & \text{if } u_{12}^V \geq u_{123}^{Ve} \geq 0 \\ n_{12}^V & \text{if } u_{123}^{Ve} > u_{12}^V \end{cases} \quad (3.24)$$

ただし、 $u_{123}^{Ve} = 1 - r_{123}^{Ve} / (a^2 A) = 1 - \{p_3^A - b\sqrt{m_{33}^{Ve}} + b\sqrt{m_{32}^{Ve}}\} / \{a(a-1)\}$ である。

$$\text{系17} \quad n_{13}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{12}^V > u_{13}^{Ve} \\ u_{13}^{Ve^2} - n_{12}^V & \text{if } u_{11}^V \geq u_{13}^{Ve} \geq u_{12}^V \\ n_{11} - n_{12}^V & \text{if } u_{13}^{Ve} > u_{11}^V \end{cases} \quad (3.25)$$

ただし、 $u_{13}^{Ve} = 1 - r_{13}^{Ve} / (a^2 A) = 1 - \{p_3^A - b\sqrt{m_{33}^{Ve}} + b\sqrt{m_{31}^{Ve}}\} / (a^2 - 1)$ である。

$$\text{系18} \quad n_{23}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{11}^V > u_{23}^{Ve} \\ u_{23}^{Ve^2} - n_{11} & \text{if } u_{22}^V \geq u_{23}^{Ve} \geq u_{11}^V \\ n_{22}^V & \text{if } u_{23}^{Ve} > u_{22}^V \end{cases} \quad (3.26)$$

ただし、 $u_{23}^{Ve} = 1 - r_{23}^{Ve} / (a^2 A) = 1 - \{p_3^A - b\sqrt{m_{33}^{Ve}} + b\sqrt{m_{32}^{Ve}}\} / \{a(a-1)\}$ である。

$$\text{系19} \quad n_{33}^V = \begin{cases} 0 & \text{if } u_{22}^V > u_{33}^{Ve} \\ u_{33}^{Ve^2} - n_{11} - n_{22}^V & \text{if } 1 \geq u_{33}^{Ve} \geq u_{22}^V \\ 1 - n_{11} - n_{22}^V & \text{if } u_{33}^{Ve} > 1 \end{cases} \quad (3.27)$$

ただし、 $u_{33}^{Ve} = 1 - r_{33}^{Ve} / (a^2 A) = 1 - \{p_3^V - b\sqrt{m_{33}^{Ve}}\} / a^2$ である。

(3.24)～(3.27)式において、 n_{123}^V 、 n_{13}^V 、 n_{23}^V と n_{33}^V は相互依存関係にあるため、第5節において数値的に解くこととする。なお、 $m_{31}^{Ve} = n_{11} - n_{12}^V - n_{13}^{Ve}$ 、 $m_{32}^{Ve} = n_{12}^V - n_{123}^{Ve} + n_{22}^V - n_{23}^{Ve}$ と $m_{33}^{Ve} = n_{123}^{Ve} + n_{13}^{Ve} + n_{23}^{Ve} + n_{33}^{Ve}$ であるので、期待ネットワークサイズ n_{123}^{Ve} 、 n_{13}^{Ve} 、 n_{23}^{Ve} 、 n_{33}^{Ve} の増加は、それぞれが現実の購入量 n_{123}^V 、 n_{13}^V 、 n_{23}^V 、 n_{33}^V の増加を引き起こすことは明らかであろう。

4. 企業の最適価格

本稿においては、製品 i を生産するための限界費用が一定値 C_i であるものと仮定し、製品 i を生産するための固定費を Z_i 、製品 i の生産による当該企業の利潤を Π_i とする。さらに、記述の簡単化のため次のようにする。

$$c_i = \frac{C_i}{A}, \quad z_i = \frac{Z_i}{AN}, \quad \pi_i = \frac{\Pi_i}{AN} \quad (4.1)$$

企業が各期の利潤最大化を追求して期ごとの最適価格を求めるとした場合、期ごとに価格が変動することになる。しかし、互換性が問題となる製品においてバージョンごとに価格が変化することは少なく、ほぼ同一の価格である場合が多い。このことは、企業が長期戦略の下に、長期的な総利潤の最大化を図っているためであると考えられる。

このことから、本稿においては、企業が総利潤すなわち $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3$ を最大化するように均一価格を設定するものと仮定する。前節までにおいては、各期の価格を p_1 , p_2 , p_3 としてきたが、以下では $p = p_1 = p_2 = p_3$ であるものとする。なお、企業戦略ごとに最適価格は異なるものとし、完全互換戦略の場合の均一価格を p^F 、完全非互換戦略の場合 p^N 、バージョンアップ戦略の場合 p^V とする。ただし、バージョンアップ戦略の場合のバージョンアップ価格は、新規購入価格 p^V とは異なる p^A であるものとする。

4.1 完全互換戦略下での企業の最適価格

第1期における製品1生産のための限界費用が一定値 C_1 であるものと仮定したとき、総生産費用は $Z_1 + C_1 N_{11}^F$ となる。ただし、 Z_1 は固定費である。このとき、当該企業の第1期の利潤は系1より

$$\pi_1^F = (p^F - c_1)n_{11}^F - z_1 = (p^F - c_1) \left\{ \frac{1 - p^F}{1 - b} \right\}^2 - z_1 \quad (4.1)$$

となる。第2期における製品2生産のための限界費用が一定値 C_2^F であるものと仮定したとき、総生産費用は $Z_2^F + C_2^F (N_{12}^F + N_{22}^F)$ となる。ただし、 Z_2^F は固定費である。このとき、当該企業の第2期の利潤は

$$\pi_2^F = (p^F - c_2^F)(n_{12}^F + n_{22}^F) - z_2^F \quad (4.2)$$

となる。第3期における製品3生産のための限界費用が一定値 C_3^F であるものとしたとき、総生産費用は $Z_3^F + C_3^F M_{33}^F$ となる。ただし、 Z_3^F は固定費用であり、 $M_{33}^F = N_{123}^F + N_{13}^F + N_{23}^F + N_{33}^F$ である。このとき、当該企業の利潤は

$$\pi_3^F = (p^F - c_3^F)m_{33}^F - z_3^F \quad (4.3)$$

となる。

企業は、第1期、第2期、第3期の利潤の総和を最大化するような価格戦略をとるので

$$\begin{aligned}\pi^F &= \pi_1^F + \pi_2^F + \pi_3^F \\ &= (p^F - c_1) \left\{ \frac{1-p^F}{1-b} \right\}^2 + (p^F - c_2^F)(n_{12}^F + n_{22}^F) + (p^F - c_3^F)m_{33}^F - z_1 - z_2^F - z_3^F\end{aligned}\quad (4.4)$$

を最大にするように、系 2～7 のもとで p^F を決定することになる。

4.2 完全非互換戦略下での企業の最適価格

前項の場合と同様に、当該企業の第 1 期の利潤は

$$\pi_1^N = (p^N - c_1)n_{11}^N - z_1 = (p^N - c_1) \left\{ \frac{1-p^N}{1-b} \right\}^2 - z_1 \quad (4.5)$$

となる。第 2 期における製品 2 生産のための限界費用が一定値 C_2^N であるものと仮定したとき、総生産費用は $Z_2^N + C_2^N(N_{12}^N + N_{22}^N)$ となる。ただし Z_2^N は固定費用である。このとき、当該企業の利潤は

$$\pi_2^N = (p^N - c_2^N)(n_{12}^N + n_{22}^N) - z_2^N \quad (4.6)$$

となる。第 3 期における製品 3 生産のための限界費用が一定値 C_3^N であるものと仮定したとき、総生産費用は $Z_3^N + C_3^N M_{33}^N$ となる。ただし Z_3^N は固定費用であり、 $M_{33}^N = N_{123}^N + N_{13}^N + N_{23}^N + N_{33}^N$ である。このとき、当該企業の利潤は

$$\pi_3^N = (p^N - c_3^N)m_{33}^N - z_3^N \quad (4.7)$$

となる。

企業は、第 1 期、第 2 期、第 3 期の利潤の総和を最大化するような価格戦略をとるので

$$\begin{aligned}\pi^N &= \pi_1^N + \pi_2^N + \pi_3^N \\ &= (p^N - c_1) \left\{ \frac{1-p^N}{1-b} \right\}^2 + (p^N - c_2^N)(n_{12}^N + n_{22}^N) + (p^N - c_3^N)m_{33}^N - z_1 - z_2^N - z_3^N\end{aligned}\quad (4.8)$$

を最大にするように、系 8～13 のもとで p^N を決定することになる。

4.3 バージョンアップ戦略下での企業の最適価格

前々項の場合と同様に、当該企業の第 1 期の利潤は

$$\pi_1^V = (p^V - c_1)n_{11}^V - z_1 = (p^V - c_1) \left\{ \frac{1-p^V}{1-b} \right\}^2 - z_1 \quad (4.9)$$

となる。第 2 期における製品 2 生産および製品 2 へのバージョンアップ製品生産のための限界費用が一定値 C_2^V および C_2^A であると仮定したとき、総生産費用は $Z_2^V + C_2^A N_{12}^V + C_2^V N_{22}^V$ となる。ただし Z_2^V は固定費用であり、製品 2 およびそのバージョンアップ製品についての研究開発費等は不可分であるため固定費は唯一であるものとする。このとき、当該企業の利潤は

$$\pi_2^V = (p^A - c_2^A)n_{12}^V + (p^V - c_2^V)n_{22}^V - z_2^V \quad (4.10)$$

となる。第 3 期における製品 3 生産および製品 3 へのバージョンアップ製品生産のための限界費

用が一定値 C_3^V および C_3^A であると仮定したとき、総生産費用は $Z_3^V + C_3^A M_{33}^A + C_3^V N_{33}^V$ となる。ただし Z_3^V は固定費用であり、製品 3 およびそのバージョンアップ製品についての研究開発費等は不可分であるため固定費は唯一であるものとする。また、 $M_{33}^A = N_{123}^V + N_{13}^V + N_{23}^V$ である。このとき、当該企業の利潤は

$$\pi_3^V = (p^A - c_3^A)m_{33}^A + (p^V - c_3^V)n_{33}^V - z_3^V \quad (4.11)$$

となる。

企業は、第 1 期、第 2 期、第 3 期の利潤の総和を最大化するような価格戦略をとるので

$$\begin{aligned} \pi^V &= \pi_1^V + \pi_2^V + \pi_3^V \\ &= (p^V - c_1^V) \left\{ \frac{1 - p^V}{1 - b} \right\}^2 + (p^A - c_2^A)n_{12}^V + (p^V - c_2^V)n_{22}^V \\ &\quad + (p^A - c_3^A)m_{33}^A + (p^V - c_3^V)n_{33}^V - z_1^V - z_2^V - z_3^V \end{aligned} \quad (4.12)$$

を最大にするように、系 14～19 のもとで p^V と p^A を決定することになる。

(4.4) 式、(4.8) 式、(4.12) 式を最大化すべきであるが、制約条件（系 2～19）における場合分けが非常に多く、Karushy-Kuhn-Tucker 条件等を解析的に解くことが困難であるため、次節において数値シミュレーションにより最適解を求めることとする。

5. 数値シミュレーションによる企業の最適価格と販売量

ここでは、前節で論じた企業の最適価格を数値シミュレーションにより求めるものとする。

本稿の目的は、各企業戦略の比較であるため、差を設けることで比較が困難となるパラメータ限界費用と固定費用については、3 戦略共に同じ値であると仮定する。すなわち、 $c_2 = c_2^F = c_2^N = c_2^V = c_2^A$ 、 $z_2 = z_2^F = z_2^N = z_2^V = z_2^A$ 、 $c_3 = c_3^F = c_3^N = c_3^V = c_3^A$ 、 $z_3 = z_3^F = z_3^N = z_3^V = z_3^A$ であるものとする。なお、戦略ごとに固定費用に差がないと仮定したことから、固定費用がどのような値であったとしても、 z^F 、 z^N と z^V の比較においては影響を与えないことになる。したがって、戦略ごとの総利潤を比較することは生産者余剰を比較することと同等となる。

さらに、財固有の価値評価額が $r_3 = ar_2 = a^2r_1$ であることから、限界費用についても同様に $c_3 = ac_2 = a^2c_1$ であるものと仮定する。この仮定は、財固有の価値評価額が増加することは財に機能が付加されたことを意味し、機能を付加するためには費用が増加するであろうとの想定に基づいたものである。

以上のように単純化することで、設定すべきパラメータは、 a 、 b と c_1 の 3 つになる。財固有の価値評価額の増加率 a を 1.01 から 1.50 まで 0.01 きざみの 50 通りに変化させることとする。 a の上限を 1.50 としたが、このことは第 3 期の製品価値が第 1 期の製品価値の 2.25 以下であることを意味し、さほど妥当性を欠かない仮定と考えられる。ネットワーク外部性による便益の増加

係数 b は0.01から0.50まで0.01きざみの50通りに変化させることとする．(3.1)式と(3.2)式によれば， b は，全消費者が製品を購入したときのネットワーク外部性による便益 B が最大価値評価額 A に占める割合であり，上限を0.50としたことは妥当な仮定であると考えられる．さらに，限界費用 C_1 が最大価値評価額 A に占める割合である c_1 も0.01から0.50まで0.01きざみの50通りに変化させることとする．

3つのパラメータをそれぞれ50通りに変化させることで，総計125,000通りの場合を数値計算することになる．なお，3種類の戦略それぞれについて125,000通りを数値計算するので，合計375,000通りのそれぞれについて最適価格を求める数値計算が必要となる．

5.1 ネットワークサイズの収束計算

完全非互換戦略とバージョンアップ戦略の場合，系8～19から明らかなように，個々の最適価格計算において，期待ネットワークサイズが現実のネットワークサイズに一致するまでの収束計算が求められる．すべての場合において，当初の期待ネットワークサイズは0であるものとする．期待ネットワークサイズが0であるときネットワーク外部性による便益の期待値も0である．しかし，財固有の価値額と価格との関係で財が購入されれば，その購入量が期待ネットワークサイズとなり，期待ネットワークサイズが増加することでネットワーク外部性による便益の期待値も増加し，さらなる財の購入が促進され，この正のフィードバックが収束するまで繰り返されると考えられる．しかし，期待ネットワークサイズが0であるとき，財固有の価値額と価格との関係で財が購入されないとすれば，期待ネットワークサイズも0のままであり，購入量すなわち現実のネットワークサイズも0となる．

パラメータが $a = 1.25$ ， $b = 0.25$ と $c_1 = 0.25$ である場合について収束状況を例示すれば以下のようになる．

完全非互換戦略の場合，最適価格は $p^N = 0.6959996$ であり，各購入量は $n_{11}^N = 0.1642955$ ， $n_{12}^N = 0$ ， $n_{22}^N = 0.0883640$ ， $n_{123}^N = 0$ ， $n_{13}^N = 0$ ， $n_{23}^N = 0$ ， $n_{33}^N = 0.1191966$ となり， n_{22}^N と n_{33}^N の収束状況は次図のようになる．

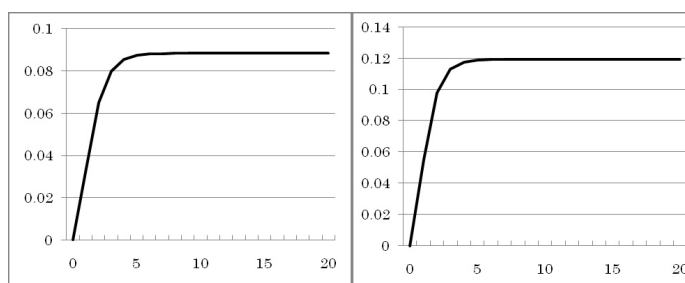


図4.1 n_{22}^N の収束状況

図4.2 n_{33}^N の収束状況

バージョンアップ戦略の場合、最適価格は $p^V = 0.6922472$ と $p^A = 0.4437574$ であり、各購入量は $n_{11}^V = 0.1683765$, $n_{12}^V = 0$, $n_{22}^V = 0.0867625$, $n_{123}^V = 0$, $n_{13}^V = 0.1683777$, $n_{23}^V = 0$, $n_{33}^V = 0.1668388$ となり、 n_{22}^V , n_{13}^V と n_{33}^V の収束状況は図4.3～4.5のようになる。

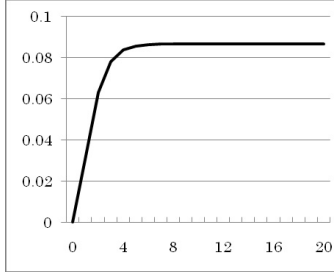


図4.3 n_{22}^V の収束状況

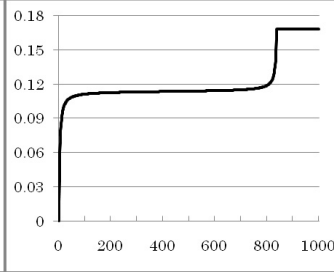


図4.4 n_{13}^V の収束状況

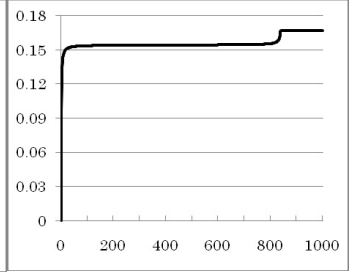


図4.5 n_{33}^V の収束状況

図4.1～4.3に示すように、収束計算は20回程度の繰り返しで収束する場合も多いが、図4.4と図4.5のように1000回程度繰り返さなければ収束しない場合もある。その違いは、同一の期の購入量で非零のものの個数に依存している。非零となる購入量が1個の場合（図4.1～4.3の場合）は、早い段階で収束するが、図4.4と図4.5の場合のように非零となる購入量が複数の場合は、多数の繰り返しが必要である。

5.2 最適価格の数値解

それぞれの戦略において、それぞれのパラメータの組み合わせについて、生産者余剰（利潤＋固定費用）を最大化する価格を求める必要がある。

一般的には最急降下法等の非線形最大化手法が用いられるが、本稿のモデルの場合は、価格に対する生産者余剰の変化が特異であるため、これらの手法を用いることが適切ではない。このことから、本稿では「しらみつぶし」法とでも言うべき総当たりの手法を用いて最適価格を求めている。

パラメータが $a = 1.25$, $b = 0.25$ と $c_1 = 0.25$ である場合について価格と生産者余剰の関係を例示すれば次のようになる。

完全互換戦略の場合、価格 p^F と生産者余剰 $\pi_1^F + z_1 + \pi_2^F + z_2^F + \pi_3^F + z_3^F$ との関係は図4.6のようになり、最適価格は $p^{F*} = 0.75506$ となる。

完全非互換戦略の場合、価格 p^N と生産者余剰 $\pi_1^N + z_1 + \pi_2^N + z_2^N + \pi_3^N + z_3^N$ との関係は図4.7のようになり、最適価格は $p^{N*} = 0.69600$ となる。

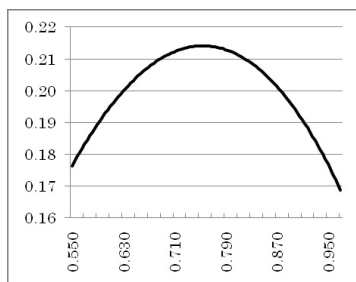


図4.6 価格と生産者余剰との関係

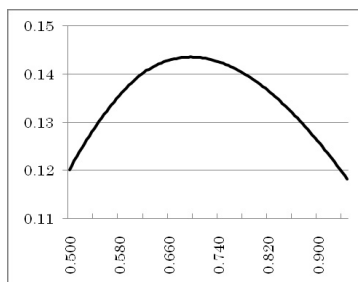


図4.7 価格と生産者余剰との関係

バージョンアップ戦略の場合、価格 p^V および p^A と生産者余剰 $\pi_1^V + z_1 + \pi_2^V + z_2 + \pi_3^V + z_3$ との関係は図4.8のようになり、最適価格は $p^V = 0.69225$ および $p^A = 0.44376$ となる。

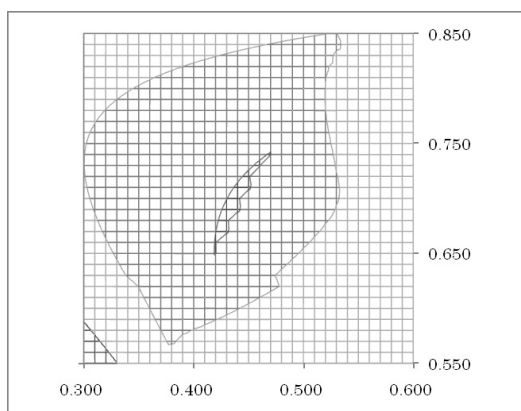


図4.8 バージョンアップ戦略のときの価格と生産者余剰

ただし、図4.8の横軸は p^A であり縦軸は p^V である。生産者余剰は「等高線」で示されており、1番内側の等高線は0.16を意味し、2番目と3番目はそれぞれ0.14と0.12を意味する。

5.3 異常値の削除

ここでは、375,000通りの数値計算結果の内、異常と思われるものを削除することにする。

まず、生産者余剰を最大化する価格が非常に安価で、 n_{11} が1（全消費者が製品1を購入することになる）ないし1に近く、 n_{22} および n_{33} が0となる場合、すなわち第2期および第3期において製品が新規に購入されない場合を除外する。このような状況は、36,970通りの組み合わせにおいて発生し、 a が小さく限界費用 c_1 が小さいときに発生する。 a が小さいときは、第2期および第3期の製品の固有の価値が第1期製品に比して高くなく、第2期および第3期の製品が消費者にとってさほど魅力的でないため、新規購入が起りにくい。このことを考慮して、限界費用が小さいので企業は安い価格を設定して第1期に多量に販売する戦略を採用するためと考えら

れる。

逆に、価格が高価で n_{11} が 0（第 1 期において製品 1 が全く売れないことになる）となる場合も異常と考え除外する。このような状況は、14,896 通りの組み合わせにおいて発生し、 a が大きく限界費用 c_1 も大きいときに発生する。限界費用が大きいので価格をあまり下げられないが、 a が大きいので価格を上げて第 2 期ないし第 3 期での販売が見込まれるため、第 1 期での販売がなかったとしても総利潤を大きくできるためと考えられる。

さらに、本稿では $n_{22} = 0$ および $n_{33} = 0$ となる場合も異常値と考える。 $n_{22}^F = 0$ となる場合は 876 通り、 $n_{22}^N = 0$ および $n_{22}^V = 0$ となるのはそれぞれ 59,096 通りおよび 59,166 通りである。 $n_{33}^F = 0$ となる場合は 876 通り、 $n_{33}^N = 0$ および $n_{33}^V = 0$ となるのはそれぞれ 36,928 通りおよび 27,991 通りである。

上記で異常値とした場合は、総利潤の観点からは合理性のある状況と考えられるが、現実問題としては認めがたい状況であり、本稿では異常状態とした。

125,000 通りのパラメータの組み合わせの内、非現実的な結果をもたらすため異常としたものを除いた残りの組み合わせは 48,161 通りであった。48,161 通りのパラメータの組み合わせを付録 A に示した。付録 A に示した 50 個の図は、それぞれが a の値それぞれに対応したものであり、横軸がネットワーク外部性による便益にかかる係数 b 、縦軸が限界費用 c_1 を表す。それぞれのパラメータ値が許容されるものである場合をプロットした散布図であり、空白にしてある点は、異常値として削除したパラメータの組み合わせを意味する。

付録 A の各図から明らかなように、付録 B に示した a と b の場合は c_1 の値にかかわらず異常値となる。すなわち、 a が小さい場合は、 b も小さくなければならないことを意味する。さらに、付録 C に示した a と c_1 の場合は b の値にかかわらず異常値となる。すなわち、 a が大きい場合は、 c_1 は小さくなければならないことを意味する。これら以外にも、右下および左上の領域において異常値となる。すなわち、 b が大きく c_1 が小さい場合および b が小さく c_1 が大きい場合に異常値となる。

5.4 最適価格

許容された 48,161 通りのパラメータについて求められた最適価格の統計は次の通りである。

(1) 完全互換戦略の場合の最適価格 p^F

最大値： 0.99959
 最小値： 0.36038,
 平均値： 0.77761
 標準偏差： 0.11716
 中位数： 0.78865

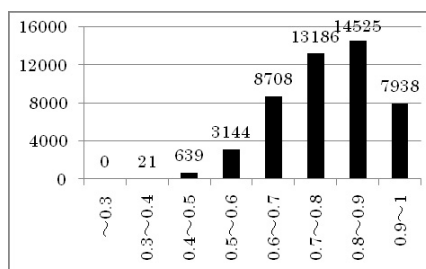


図4.9 p^F の度数分布

また、度数分布は図4.9のようになる。

これらの最適価格は、パラメータに応じて変化することから、パラメータに対して回帰した結果は次のようになる。

$$p^F = -0.346664 + 0.685087a + 0.060021b + 0.839158c_1$$

$$(-159.58) \quad (430.20) \quad (39.97) \quad (596.21) \quad (5.1)$$

$$\overline{R}^2 = 0.9202, \quad s = 0.03310$$

上式において係数はすべて正である。このことは、 a と b の増加は消費者の便益を増加させることからより高い価格を設定しても販売可能であることを反映しており、 c_1 の増加は価格を高くしなければ生産者余剰（利潤）を確保できないことに対応しており、現実と一致した状況を示している。

(2) 完全非互換戦略の場合の最適価格 p^N

最大値： 0.99992
 最小値： 0.28746 ,
 平均値： 0.70573
 標準偏差： 0.13533
 中位数： 0.71597

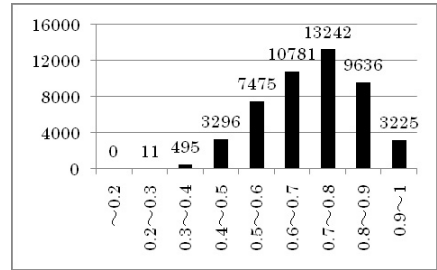


図4.10 p^N の度数分布

また、度数分布は図4.10のようになる。

これらの最適価格をパラメータに対して回帰した結果は次のようになる。

$$p^N = -0.300706 + 0.560025a - 0.0400108b + 1.06717c_1$$

$$(-98.81) \quad (251.00) \quad (-19.04) \quad (543.20) \quad (5.2)$$

$$\overline{R}^2 = 0.8824, \quad s = 0.04641$$

上式において注目すべきことは b の係数が負なことであり、興味深い結果であろう。

(3) バージョンアップ戦略の場合の最適価格 p^V

最大値： 0.99999
 最小値： 0.34906 ,
 平均値： 0.71713
 標準偏差： 0.12026
 中位数： 0.72490

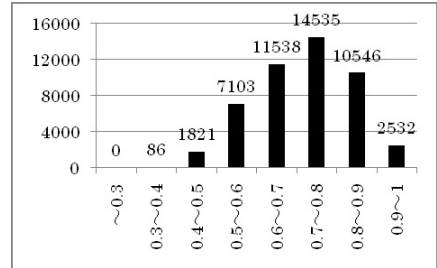


図4.11 p^V の度数分布

また、度数分布は図4.11のようになる。

これらの最適価格をパラメータに対して回帰した結果は次のようになる。

$$p^V = -0.34163 + 0.62605a - 0.053742b + 0.95077c_1$$

$$(-142.17) \quad (355.39) \quad (-32.35) \quad (610.68) \quad (5.3)$$

$$\overline{R}^2 = 0.9073, \quad s = 0.03662$$

上式において注目すべきことは、 p^N の場合と同様に b の係数が負なことである。

(4) バージョンアップ戦略の場合の最適価格 p^A

最大値： 0.93452
 最小値： 0.01632 ,
 平均値： 0.50576
 標準偏差： 0.19540
 中央値： 0.50245

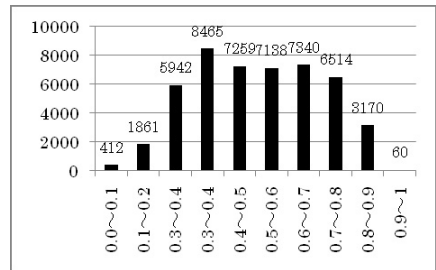


図4.12 p^A の度数分布

また、度数分布は図4.12のようになる。

これらの最適価格をパラメータに対して回帰した結果は次のようになる。

$$p^A = -1.64819 + 1.45771a - 0.0096187b + 0.98202c_1 \quad (5.4)$$

(-262.74) (316.99) (-2.218) (241.62)

$$\bar{R}^2 = 0.7607, \quad s = 0.09560$$

上式において注目すべきことは、 p^N と p^V の場合と同様に b の係数が負なことである。

5.5 最適価格の比較

異常値を除いた48,161通りのパラメータそれぞれについて、最適価格の比較を行った結果は次の通りである。

- | | | | |
|-------------------------|----------|----------------------|---------|
| a) $p^F \geq p^N$ となる場合 | 46,946通り | b) $p^F < p^N$ となる場合 | 1,215通り |
| c) $p^F \geq p^V$ となる場合 | 46,245通り | d) $p^F < p^V$ となる場合 | 1,916通り |
| e) $p^V \geq p^N$ となる場合 | 38,487通り | f) $p^V < p^N$ となる場合 | 9,674通り |

さらに、 $p^F \geq p^V \geq p^N$ となる場合が最も多く36,722通りであった。この結果より、比較的多いパターンを読み取ることはできるが、絶対的な大小を読み取ることはできない。

バージョンアップ戦略においては、新規購入者に対する価格 p^V と、旧製品使用者が新製品に更新する際のバージョンアップ価格 p^A とに差を設けている。以下では、新製品価格に対してバージョンアップ価格をどの程度にするかについて検討を行う。

数値計算を行った48,161通りのパラメータにおいて、両最適価格の比率 p^A/p^V の平均値は0.69113であり、標準偏差は0.21697であった。すなわち、バージョンアップ価格を新製品価格の70%程度にするのが平均的に最適であるということになる。

さらに、48,161個の比率 p^A/p^V をヒストグラムで示したのが図4.13であり、 $p^A/p^V = 1$ すな

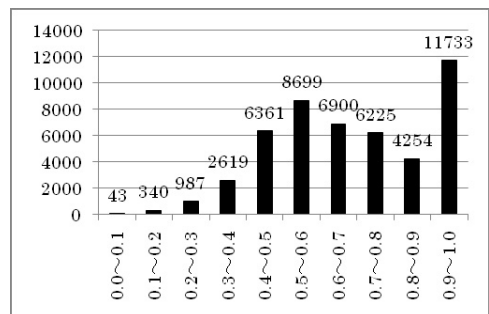


図4.13 p^A/p^V の度数分布

わち $p^A = p^V$ である場合を除けば、0.5～0.6の範囲に入る場合が最も多かった。 p^A / p^V をパラメータに対して回帰した結果は次のようになる。

$$p^A / p^V = -1.42950 + 1.51958a + 13.37099b^7 + 0.540357c_1$$

$$(-171.86) \quad (257.99) \quad (17.35) \quad (102.23) \quad (5.5)$$

$$\overline{R}^2 = 0.6133, \quad s = 0.1350$$

この場合、適合度は必ずしも高くはないが、バージョンアップ価格 p^A を決定する際の一つの指標になると考えられる。

5.6 各期の販売量

各期の販売量の基本統計は表5.1のようになる。ただし、市場占有率は各期の新規購入者の総和 $n_{11}^F + n_{22}^F + n_{33}^F$ を意味している。

この結果において、まず目につくことは、完全互換戦略と完全非互換戦略において n_{12}^F , n_{123}^F , n_{23}^F , n_{12}^N , n_{123}^N , n_{23}^N が48,161通りのパラメータのすべてで0になることである。さらに、バージョンアップ戦略においても n_{12}^V , n_{123}^V , n_{23}^V の中位数が0であり、半数以上の場合において0となっている。このことは、第1期新規購入者が第2期に、第2期新規購入者が第3期に新製品に買い換えることがないことを意味している。逆に企業側から言えば、これらの買い換えを見込まなくとも生産者余剰を最大化できることを意味しており、注目できる結果と思われる。なお、 n_{12} が0であるので、当然 n_{123} も0である。

さらに、完全互換戦略と完全非互換戦略において n_{13}^F と n_{13}^N の中位数が0であることから、半数以上の場合で第1期新規購入者が第3期に新製品に買い換えることがないことになる。

最大値、平均値、中位数から判断すれば $n_{11}^N > n_{11}^V > n_{11}^F$, $n_{22}^F > n_{22}^V > n_{22}^N$, $n_{33}^F > n_{33}^N$, $n_{33}^F > n_{33}^V$ が成り立つと思われる。さらに、市場占有率は完全互換戦略の場合が最も多く、完全非互換戦略とバージョンアップ戦略については大小の判断が困難である。

48,161通りのパラメータごとに集計すれば次のようになる。

$$\begin{aligned} n_{11}^N > n_{11}^V &: 38,490(79.9\%), & n_{11}^N > n_{11}^F &: 46,947(97.5\%) \\ n_{11}^V > n_{11}^F &: 46,246(96.0\%), & n_{11}^N > n_{11}^V > n_{11}^F &: 36,724(76.3\%) \\ n_{22}^F > n_{22}^V &: 32,141(66.7\%), & n_{22}^F > n_{22}^N &: 33,915(70.4\%) \\ n_{22}^V > n_{22}^N &: 37,725(78.3\%), & n_{22}^F > n_{22}^V > n_{22}^N &: 25,255(52.4\%) \\ n_{33}^F > n_{33}^N &: 48,161(100\%), & n_{33}^F > n_{33}^V &: 48,161(100\%) \\ n_{33}^V > n_{33}^N &: 44,500(92.4\%) \end{aligned}$$

このことから、ほぼ $n_{11}^N > n_{11}^V > n_{11}^F$, $n_{22}^F > n_{22}^V > n_{22}^N$, $n_{33}^F > n_{33}^V > n_{33}^N$ が成り立つと考えられる。さらに、市場占有率については次のようになり

$$\begin{aligned} \text{完全互換戦略} > \text{完全非互換戦略} &: & 47,399(98.4\%) \\ \text{完全互換戦略} > \text{バージョンアップ戦略} &: & 47,336(98.3\%) \end{aligned}$$

完全非互換戦略＞バージョンアップ戦略： 25,690(53.3%)

完全互換戦略の場合に新規販売量が最大になると言えるが、完全非互換戦略とバージョンアップ戦略については優位な差が認められない。

この結果によれば、完全互換戦略の場合は第1期の販売よりも第2期および第3期の販売を重視しており、完全非互換戦略の場合は第1期の販売だけを重視していることとなる。さらに、バージョンアップ戦略の場合は、第1期、第2期、第3期にバランスよく販売することとなる。

表5.1 販売量の基本統計

	最大値	最小値	平均値	標準偏差	中位数
n_{11}^F	0.417419	5.18981E-07	0.0821105	0.0668813	0.0667458
n_{12}^F	0	0	0	0	0
n_{22}^F	0.332582	4.44354E-03	0.134581	0.0589218	0.128456
n_{123}^F	0	0	0	0	0
n_{13}^F	0.237931	0	0.0215037	0.0420796	0
n_{23}^F	0	0	0	0	0
n_{33}^F	0.555294	8.93155E-03	0.273874	0.107480	0.272927
市場占有率	0.973352	0.119999	0.490566	0.163748	0.470512
n_{11}^N	0.702857	7.12893E-09	0.144578	0.109267	0.119242
n_{12}^N	0	0	0	0	0
n_{22}^N	0.270452	0	0.112925	0.054326	0.110491
n_{123}^N	0	0	0	0	0
n_{13}^N	0.702857	0	0.064321	0.107238	0
n_{23}^N	0	0	0	0	0
n_{33}^N	0.400582	4.55879E-03	0.131510	0.0547475	0.125983
市場占有率	0.887333	0.115845	0.389013	0.145021	0.359421
n_{11}^V	0.439778	1.76837E-10	0.129745	0.086340	0.113454
n_{12}^V	0.439778	0	0.0214287	0.068869	0
n_{22}^V	0.290115	3.49071E-4	0.122176	0.0579279	0.118405
n_{123}^V	0.439778	0	0.0214287	0.0688687	0
n_{13}^V	0.432331	0	0.0770870	0.0915592	0.0397204
n_{23}^V	0.290115	0	0.0220467	0.0642310	0
n_{33}^V	0.299734	4.55795E-3	0.135065	0.0494430	0.139788
市場占有率	0.716800	0.115845	0.386985	0.130564	0.379065

6. 余剰による戦略比較

6.1 企業の最適戦略

異常値を除いた48,161通りのパラメータそれぞれについての生産者余剰の基本統計は表6.1のようになる。なお、 $\tilde{\pi}$ は生産者余剰を表し、利潤 π に固定費を加えたものである。

表6.1 生産者余剰の基本統計

	最大値	最小値	平均値	標準偏差	中位数
$\tilde{\pi}_1^F$	0.154796	3.3193E-7	0.0404799	0.0330941	0.0310453
$\tilde{\pi}_2^F$	0.196425	0.0007631	0.0629228	0.0364228	0.0579937
$\tilde{\pi}_3^F$	0.424975	0.0014887	0.107483	0.0738618	0.0911949
$\tilde{\pi}^F$	0.744530	0.0210957	0.210886	0.125962	0.184317
$\tilde{\pi}_1^N$	0.320267	0	0.0614747	0.0468509	0.0493507
$\tilde{\pi}_2^N$	0.101886	0	0.0430070	0.0239334	0.0420183
$\tilde{\pi}_3^N$	0.403763	7.4533E-4	0.0566025	0.0570956	0.0367979
$\tilde{\pi}^N$	0.724029	0.020049	0.161084	0.105168	0.133735
$\tilde{\pi}_1^V$	0.200147	0	0.0575099	0.0401087	0.0477392
$\tilde{\pi}_2^V$	0.260348	8.7583E-05	0.0537448	0.0411569	0.0462975
$\tilde{\pi}_3^V$	0.282381	7.4533E-04	0.0597801	0.0480619	0.0441307
$\tilde{\pi}^V$	0.727751	0.020049	0.1710348	0.114153	0.141858

平均値, 中位数から判断すれば $\tilde{\pi}_1^N > \tilde{\pi}_1^V > \tilde{\pi}_1^F$, $\tilde{\pi}_2^F > \tilde{\pi}_2^V > \tilde{\pi}_2^N$, $\tilde{\pi}_3^F > \tilde{\pi}_3^V > \tilde{\pi}_3^N$, $\tilde{\pi}^F > \tilde{\pi}^V > \tilde{\pi}^N$ が成り立つと思われる。すなわち, 第2期, 第3期, 総計の生産者余剰は

完全互換戦略 > バージョンアップ戦略 > 完全非互換戦略

の順になる。なお, 第1期のみは逆の順になる。48,161通りのパラメータごとに集計すれば次のようになる。

$\tilde{\pi}_1^N > \tilde{\pi}_1^V$: 34,493 (79.9%),	$\tilde{\pi}_1^N > \tilde{\pi}_1^F$: 46,947 (97.5%)
$\tilde{\pi}_1^V > \tilde{\pi}_1^F$: 46,246 (96.0%),	$\tilde{\pi}_1^N > \tilde{\pi}_1^V > \tilde{\pi}_1^F$: 35,364 (73.4%)
$\tilde{\pi}_2^F > \tilde{\pi}_2^V$: 40,953 (85.0%),	$\tilde{\pi}_2^F > \tilde{\pi}_2^N$: 46,599 (96.8%)
$\tilde{\pi}_2^V > \tilde{\pi}_2^N$: 39,463 (81.9%),	$\tilde{\pi}_2^F > \tilde{\pi}_2^V > \tilde{\pi}_2^N$: 30,693 (63.7%)
$\tilde{\pi}_3^F > \tilde{\pi}_3^V$: 47,750 (99.1%),	$\tilde{\pi}_3^F > \tilde{\pi}_3^N$: 48,043 (99.8%)
$\tilde{\pi}_3^V > \tilde{\pi}_3^N$: 41,533 (86.2%),	$\tilde{\pi}_3^F > \tilde{\pi}_3^V > \tilde{\pi}_3^N$: 41,004 (85.1%)
$\tilde{\pi}^F > \tilde{\pi}^V$: 47,297 (98.2%),	$\tilde{\pi}^F > \tilde{\pi}^N$: 48,159 (100.0%)
$\tilde{\pi}^V > \tilde{\pi}^N$: 48,161 (100%),	$\tilde{\pi}^F > \tilde{\pi}^V > \tilde{\pi}^N$: 47,295 (98.2%)

本稿では生産者余剰を最大化するように企業が行動すると仮定しているので、各期における生産者余剰の多少はそれほど重要ではない。総計において $\tilde{\pi}^V > \tilde{\pi}^N$ は、モデルから明らかなことである。さらに、 $\tilde{\pi}^F > \tilde{\pi}^V$ と $\tilde{\pi}^F > \tilde{\pi}^N$ および $\tilde{\pi}^F > \tilde{\pi}^V > \tilde{\pi}^N$ もほぼ満たされると考えられる。若干満たさないケースも存在するが、これらは計算誤差によるものと考えられる。本稿でのシミュレーションにおいては、収束判定および最適価格の数値計算において、 10^{-8} 程度の判定基準を用いた。それでもクロック周波数が 2.66GHz のパソコンで 1000 時間を超える計算時間を要した。さらに精度を高めた計算が求められるが、今後の課題とさせていただきたい。

このように推測すると、生産者余剰の大小により戦略を比較したとき、完全互換戦略を採用したときに生産者余剰が最も大きくなり、次にバージョンアップ戦略となり、完全非互換戦略を採用すると生産者余剰が最も少なくなるとの結論が得られた。

6.2 消費者余剰による戦略比較

消費者余剰は、購入時においてのみ発生すると仮定する。旧製品を使用し続けることによって得られる便益を消費者余剰に加えないこととする。

図 2.1 より、第 1 期において財固有の価値評価額が r から $r + dr$ の間に $N(2A - 2r - dr)dr / A^2$ 人の消費者が存在することとなる。限界価値を r_0 としたとき、 r と評価した者の余剰は $r - r_0$ であり、これらの者が $N(2A - 2r - dr)dr / A^2$ 人いるので、消費者余剰は

$$\int_{r_0}^A 2 \frac{N}{A^2} (A - r)(r - r_0) dr = \frac{N(A - r_0)^3}{3A^2} \quad (6.1)$$

となる。さらに、(4.1) 式の簡単化に合わせる単位を揃えると第 1 期の消費者余剰は

$$\frac{N(A - r_0)^3}{3A^2 AN} = \frac{1}{3} (1 - \tilde{r}_0)^3 \quad (6.2)$$

となる。ただし、 $\tilde{r}_0 = r_0 / A$ である。同様に第 2 期の消費者余剰は

$$\frac{N(aA - r_0)^3}{3(aA)^2 AN} = \frac{1}{3a^2} (a - \tilde{r}_0)^3 \quad (6.3)$$

第 3 期の消費者余剰は

$$\frac{N(a^2 A - r_0)^3}{3(a^2 A)^2 AN} = \frac{1}{3a^4} (a^2 - \tilde{r}_0)^3 \quad (6.4)$$

となる。なお、各限界価値は以下ようになる。

$$\tilde{r}_{11}^F = p^F - b\sqrt{n_{11}^F}, \quad \tilde{r}_{12}^F = \frac{a}{a-1} p^F, \quad \tilde{r}_{22}^F = p^F - b\sqrt{m_2^F}, \quad \tilde{r}_{123}^F = \frac{a}{a-1} p^F$$

$$\tilde{r}_{13}^F = \frac{a^2}{a^2-1} p^F, \quad \tilde{r}_{23}^F = \tilde{r}_{123}^F, \quad \tilde{r}_{33}^F = p^F - b\sqrt{m_3^F}$$

ただし、 $m_2^F = n_{12}^F + n_{22}^F$ 、 $m_3^F = n_{123}^F + n_{13}^F + n_{23}^F + n_{33}^F$ である。

$$\tilde{r}_{11}^N = p^N - b\sqrt{n_{11}^N}, \quad \tilde{r}_{12}^N = \frac{a}{a-1} \{p^N - b\sqrt{m_{22}^N} + b\sqrt{m_{21}^N}\}, \quad \tilde{r}_{22}^N = p^N - b\sqrt{m_{22}^N}$$

$$\tilde{r}_{123}^N = \frac{a}{a-1} \{p^N - b\sqrt{m_{33}^N} + b\sqrt{m_{32}^N}\}, \quad \tilde{r}_{13}^N = \frac{a^2}{a^2-1} \{p^N - b\sqrt{m_{33}^N} + b\sqrt{m_{31}^N}\}$$

$$\tilde{r}_{23}^N = \tilde{r}_{123}^N, \quad \tilde{r}_{33}^N = p^N - b\sqrt{m_{33}^N}$$

ただし, $m_{21}^N = n_{11}^N - n_{12}^N$, $m_{22}^N = n_{12}^N + n_{22}^N$, $m_{31}^N = n_{11}^N - n_{12}^N - n_{13}^N$, $m_{32}^N = n_{12}^N - n_{123}^N + n_{22}^N - n_{23}^N$, $m_{33}^N = n_{123}^N + n_{13}^N + n_{23}^N + n_{33}^N$ である。

$$\tilde{r}_{11}^V = p^V - b\sqrt{n_{11}^V}, \quad \tilde{r}_{12}^V = \frac{a}{a-1} \{p^A - b\sqrt{m_{22}^V} + b\sqrt{m_{21}^V}\}, \quad \tilde{r}_{22}^V = p^V - b\sqrt{m_{22}^V}$$

$$\tilde{r}_{123}^V = \frac{a}{a-1} \{p^A - b\sqrt{m_{33}^V} + b\sqrt{m_{32}^V}\}, \quad \tilde{r}_{13}^V = \frac{a^2}{a^2-1} \{p^A - b\sqrt{m_{33}^V} + b\sqrt{m_{31}^V}\}$$

$$\tilde{r}_{23}^V = \tilde{r}_{123}^V, \quad \tilde{r}_{33}^V = p^V - b\sqrt{m_{33}^V}$$

ただし, $m_{21}^V = n_{11}^V - n_{12}^V$, $m_{22}^V = n_{12}^V + n_{22}^V$, $m_{31}^V = n_{11}^V - n_{12}^V - n_{13}^V$, $m_{32}^V = n_{12}^V - n_{123}^V + n_{22}^V - n_{23}^V$, $m_{33}^V = n_{123}^V + n_{13}^V + n_{23}^V + n_{33}^V$ である。

(6.2)式～(6.4)式の消費者余剰は、限界価値 \tilde{r}_0 以上のすべての者の消費者余剰である。第2期における新規購入者 n_{22} のように第1期での新規購入者 n_{11} 以外の者となることから、(6.2)式～(6.4)式の消費者余剰からすでに購入済みの者の消費者余剰を控除する必要がある。ちなみに n_{22} の消費者余剰は(6.3)式より次のようになる。

$$\frac{1}{3a^2}(a - \tilde{r}_{22})^3 - \frac{1}{3a^2}(a - a\tilde{r}_{11})^3 \quad (6.5)$$

48,161通りのパラメータそれぞれについての消費者余剰の基本統計は表6.2のようになる。

最大値, 平均値, 中位数から判断すれば, 消費者余剰総計は生産者余剰とは異なり

バージョンアップ戦略>完全非互換戦略>完全互換戦略

となる。注目すべきことは完全非互換戦略の場合の消費者余剰が完全互換戦略の場合の消費者余剰よりも大きいことである。このことは、ここでの消費者余剰の定義によるところが大きいと考えられる。すなわち、完全互換の場合は、完全非互換の場合に比して買換が起こり難く、購入時にのみ消費者余剰が発生するとしたことから、余剰が少なく計算されと考えられる。旧製品を使用し続けることによる利得が反映されていないことによるものであり、このような状況にも対応可能な新たな余剰の概念が必要と思われる。

表6.2 消費者余剰の基本統計

	最大値	最小値	平均値	標準偏差	中位数
n_{11}^F	0.0898952	0	0.00971167	0.0111874	0.00574797
n_{12}^F	0	0	0	0	0
n_{22}^F	0.109004	2.2567E-04	0.0317644	0.0205681	0.0261746
n_{123}^F	0	0	0	0	0
n_{13}^F	0.0976020	0	0.0060592	0.0139878	0
n_{23}^F	0	0	0	0	0
n_{33}^F	0.0576326	7.3978E-04	0.0205058	0.0105837	0.0185572
消費者余剰計	0.268720	0.00852508	0.0680411	0.0450944	0.0551798
n_{11}^N	0.196417	0	0.0220830	0.0241252	0.0137254
n_{12}^N	0	0	0	0	0
n_{22}^N	0.990777	0	0.0329871	0.0213469	0.0276931
n_{123}^N	0	0	0	0	0
n_{13}^N	0.511234	0	0.0319303	0.0644184	0
n_{23}^N	0	0	0	0	0
n_{33}^N	0.138864	7.3807E-04	0.0235695	0.0174201	0.0183112
消費者余剰計	0.844504	0.0078081	0.110570	0.108504	0.0656571
n_{11}^V	0.0972142	0	0.0181409	0.168525	0.127382
n_{12}^V	0.272685	0	0.00750368	0.0278245	0
n_{22}^V	0.166637	6.6816E-04	0.0452352	0.0309671	0.368072
n_{123}^V	0.185241	0	0.0047730	0.0176486	0
n_{13}^V	0.253178	0	0.0156091	0.0367146	0.00640413
n_{23}^V	0.160713	0	0.00421287	0.0153820	0
n_{33}^V	0.247169	7.8343E-04	0.0715183	0.0438917	0.0640026
消費者余剰計	0.946328	0.0134006	0.176993	0.135718	0.143428

48,161通りのパラメータごとに消費者余剰総計を比較すれば次のようになる。

バージョンアップ戦略＞完全互換戦略となる場合	48,161 (100%)
バージョンアップ戦略＞完全非互換戦略となる場合	47,248 (98.1%)
バージョンアップ戦略＜完全非互換戦略となる場合	913 (1.9%)
完全非互換戦略＞完全互換戦略となる場合	43,799 (90.9%)
完全非互換戦略＜完全互換戦略となる場合	4,362 (9.1%)

個別集計結果からも、消費者余剰総計についてはほぼバージョンアップ戦略＞完全非互換戦略＞完全互換戦略なる関係があると思われる。

6.3 社会的総余剰による戦略比較

異常値を除いた48,161通りのパラメータそれぞれについての社会的総余剰の基本統計は表6.3のようになる。

表6.3 社会的総余剰の基本統計

		最大値	最小値	平均値	標準偏差	中位数
完全互換戦略	第1期	0.236151	3.3206E-07	0.0501916	0.0435453	0.0371501
	第2期	0.283025	0.00120964	0.0946872	0.0566528	0.0842408
	第3期	0.524886	0.00222851	0.134048	0.0950298	0.109723
	余剰合計	0.941477	0.0338874	0.278927	0.169844	0.239384
完全非互換戦略	第1期	0.509232	0	0.0835578	0.0701922	0.0630668
	第2期	0.197090	0	0.0759942	0.0441714	0.0709173
	第3期	1.043248	0.00148340	0.112102	0.134969	0.0549703
	余剰合計	1.551085	0.0331664	0.271654	0.210587	0.200442
バージョンアップ戦略	第1期	0.279969	0	0.0756508	0.0563157	0.0605730
	第2期	0.690894	9.6145E-04	0.106484	0.0913411	0.0837054
	第3期	0.748143	0.00152876	0.165893	0.124140	0.138406
	余剰合計	1.674079	0.0334496	0.348028	0.245692	0.286907

最大値、平均値、中位数から判断したとき、社会的総余剰はバージョンアップ戦略のときが最も大きい。完全互換戦略と完全非互換戦略については優劣を付け難いと思われる。なお、第1期に限れば完全非互換戦略が最も社会的総余剰が大きい。

48,161通りのパラメータごとに社会的総余剰総計を比較すれば次のようになる。

バージョンアップ戦略＞完全互換戦略となる場合	39,817 (82.7%)
バージョンアップ戦略＜完全互換戦略となる場合	8,344 (17.3%)
バージョンアップ戦略＞完全非互換戦略となる場合	47,582 (98.8%)
バージョンアップ戦略＜完全非互換戦略となる場合	579 (1.2%)
完全互換戦略＞完全非互換戦略となる場合	37,610 (78.1%)
完全互換戦略＜完全非互換戦略となる場合	10,551 (21.9%)

この結果からも社会的総余剰の観点からはバージョンアップ戦略が最も優れた戦略と言えるであろう。少なくとも完全非互換戦略よりは優れていると言えるであろう。さらに、例外もあるが社会的総余剰については

バージョンアップ戦略＞完全互換戦略＞完全非互換戦略

なる関係があると考えられる。

7. おわりに

本稿においては、ネットワーク外部性の存在する新旧製品を独占的に供給する企業が、採用する可能性のある製品互換戦略、すなわち完全互換戦略、完全非互換戦略、バージョンアップ戦略それぞれについてシミュレーション分析を行い、各戦略を採用したときの最適価格、販売量、生産者余剰、消費者余剰、社会的総余剰の比較を行った。最適価格については

完全互換戦略>バージョンアップ戦略>完全非互換戦略

の順になるとの結果が得られた。さらに、バージョンアップ戦略採用時にバージョンアップ価格を新製品価格の70%程度にすることが最適であるとの結論も得られた。販売量については、完全互換戦略の場合に最も販売量が多くなるが、完全非互換戦略とバージョンアップ戦略の間には大きな差がないとの結果が得られた。

生産者余剰は

完全互換戦略>バージョンアップ戦略>完全非互換戦略

消費者余剰は

バージョンアップ戦略>完全非互換戦略>完全互換戦略

そして社会的総余剰は

バージョンアップ戦略>完全互換戦略>完全非互換戦略

の順になるとの結果が得られた。戦略の選択は企業が行い、生産者余剰（利潤）を最大化するため完全互換戦略が採用すると考えられる。しかし、社会的総余剰の観点からはバージョンアップ戦略が最も優れており、最適な戦略が一致しないことになる。社会的総余剰の観点を重視し、企業にバージョンアップ戦略を採択させるためには何らかの政策が必要になると考えられる。

ここでの分析においては、バージョンアップ戦略の場合の消費者余剰が他の戦略の場合に対して大きな差を示していた。このため社会的総余剰についてバージョンアップ戦略が最良となった。本文中でも触れたが、消費者余剰の定義を変えれば異なる結果が得られる可能性もある。すなわち、旧製品を使い続ける者の余剰を定義できれば、生産者余剰と同様に社会的総余剰についても完全互換戦略が最良となる可能性がある。

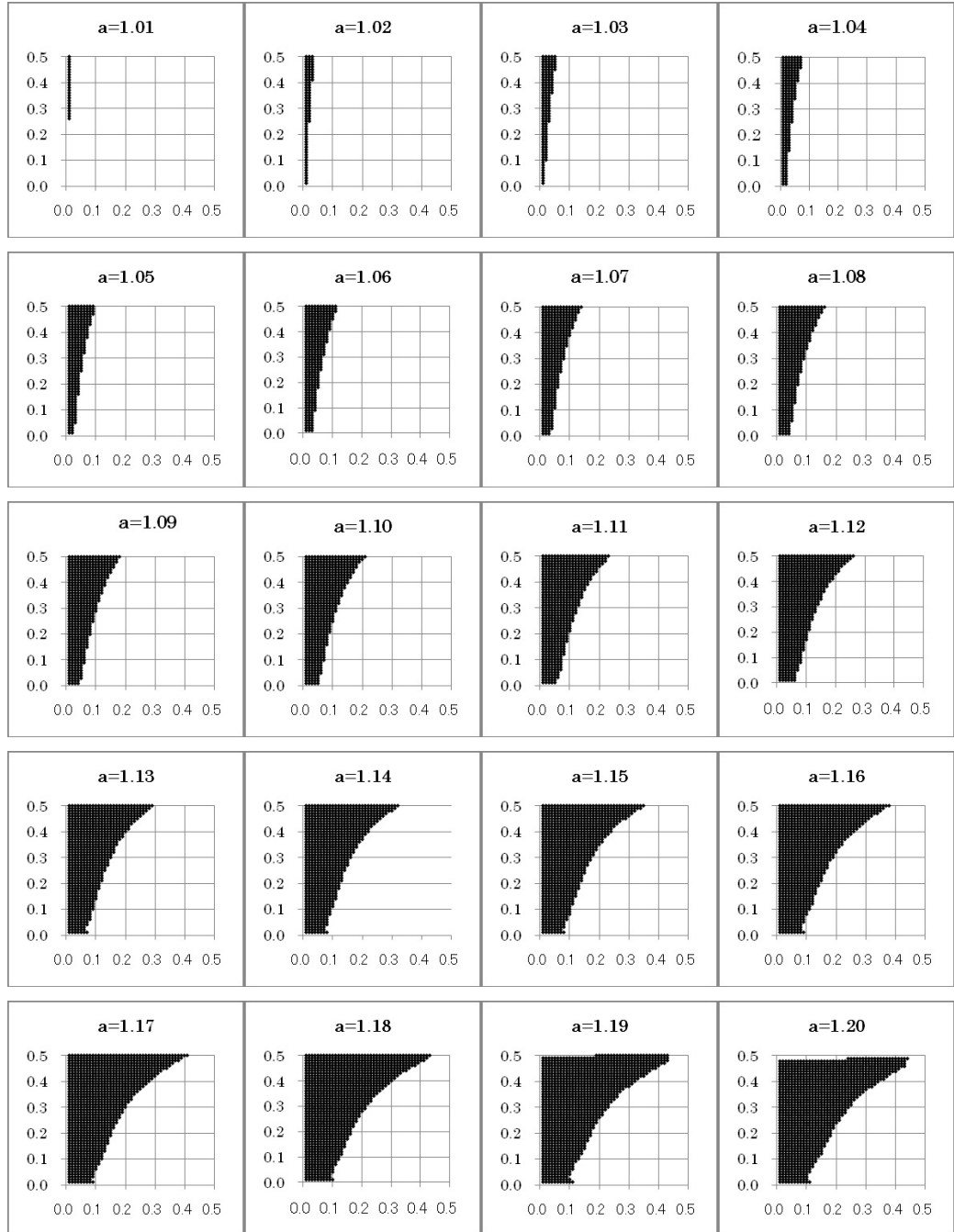
本稿では、分析の簡単化のために、かなり大胆なモデルの単純化を行っている。より一般化されたモデルを用いた分析は、今後の課題とさせて頂きたい。さらに、より精度の高いシミュレーションも今後の検討課題とさせて頂きたい。

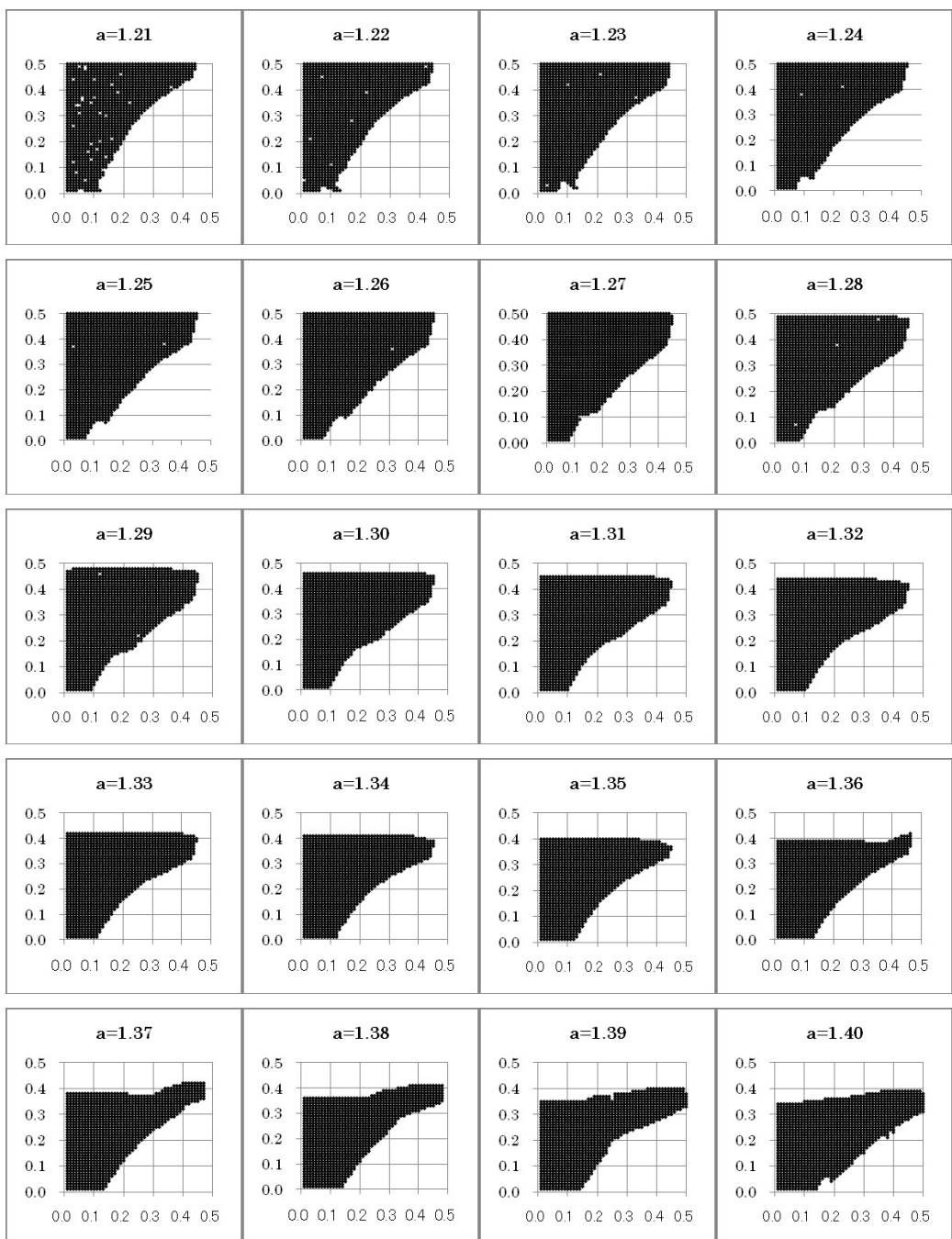
参考文献

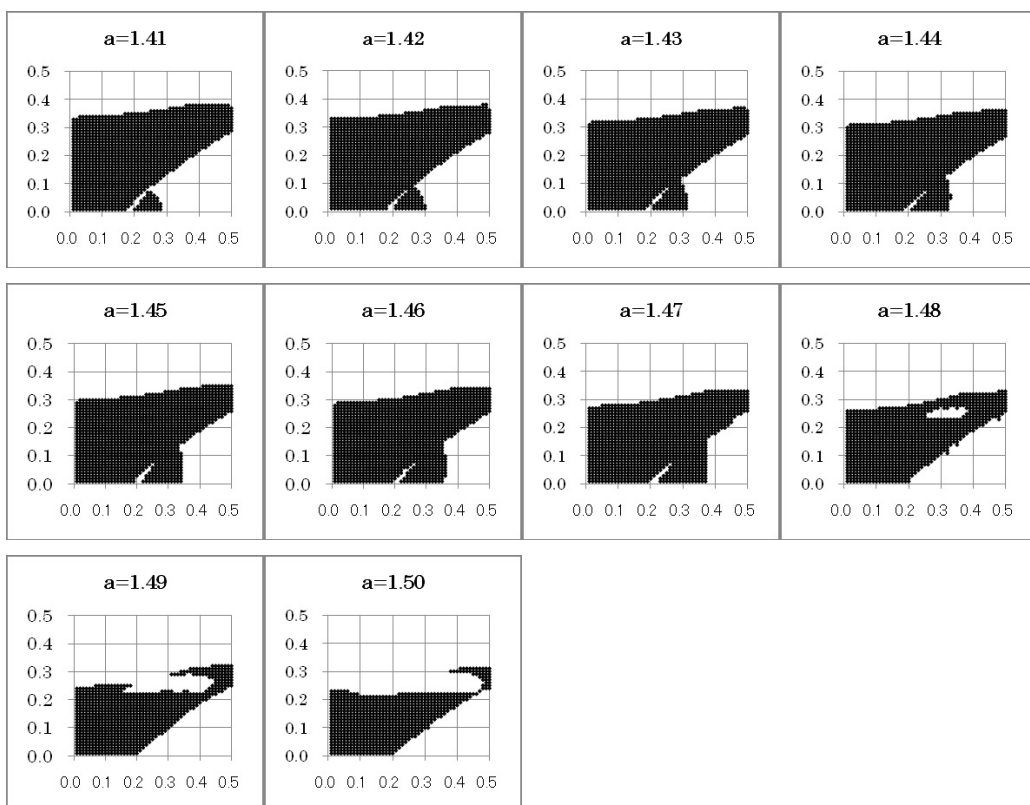
- [1] Choi, J.P., "Network Externality, Compatibility Choice, and Planned Obsolescence", *J. of Industrial Economics*, Vol.12, No.2, 1994, pp.167-182.
- [2] Choi, J.P., "Irreversible Choice of Uncertain Technologies with Network Externalities", *RAND J. of Economics*, Vol.25, No.3, 1994, pp.382-401.
- [3] Haruvy, E. and A.Prasad, "Optimal product strategies in the presence of network externalities", *Information Economics and Policy*, Vol.10, No.4, 1998, pp.489-499.
- [4] 神山眞一, 「ネットワーク外部性の存在する市場に関する一つのモデル分析」, 『オイコノミカ』, 第30巻第2号, 1993年, pp.1-24.
- [5] 神山眞一, 「ネットワーク外部性下での最適企業戦略に関するモデル分析」, 『オイコノミカ』, 第32巻第1号, 1995年, pp.77-98.
- [6] Katz, M.L. and C.Shapiro, "Network Externalities, Competition and Compatibility", *American Economic Review*, Vol.75, No.3, 1985, pp.424-440.
- [7] 佐野泰久・神山眞一, 「ネットワーク外部性の存在する市場での企業の行動」, 『オイコノミカ』, 第36巻第3・4合併号, 2000年, pp.143-156.
- [8] O. シャイ著, 吉田和男監訳, 『ネットワーク産業の経済学』, シュプリンガー・フェアラーク東京, 2003年.
- [9] Waldman, M., "A New Perspective on Planned Obsolescence", *Quarterly J. of Economics*, Vol.108, 1993, pp.273-284.

付録A

次の各図は，許容されるパラメータ値をプロットした散布図であり，空白にしてある点は，異常値として削除したパラメータの組み合わせを意味する．各図の横軸はネットワーク外部性による便益にかかる係数 b ，縦軸は限界費用 c_1 である．







付録B

付録Aにおいて、 c_1 の値にかかわらず異常となる a と b の組み合わせ

a	b	a	b	a	b	a	b
1.01	0.02以上	1.11	0.23以上	1.21	0.44以上	1.31	0.45以上
1.02	0.04以上	1.12	0.26以上	1.22	0.44以上	1.32	0.45以上
1.03	0.06以上	1.13	0.29以上	1.23	0.44以上	1.32	0.45以上
1.04	0.07以上	1.14	0.32以上	1.24	0.45以上	1.33	0.45以上
1.05	0.09以上	1.15	0.35以上	1.25	0.45以上	1.34	0.45以上
1.06	0.11以上	1.16	0.38以上	1.26	0.45以上	1.35	0.45以上
1.07	0.14以上	1.17	0.41以上	1.27	0.45以上	1.36	0.46以上
1.08	0.16以上	1.18	0.43以上	1.28	0.45以上	1.37	0.47以上
1.09	0.18以上	1.19	0.43以上	1.29	0.45以上	1.38	0.48以上
1.10	0.21以上	1.20	0.44以上	1.30	0.45以上		

付録C

付録Aにおいて、 b の値にかかわらず異常となる a と c_1 の組み合わせ

a	c_1	a	c_1	a	c_1	a	c_1
1.28	0.50	1.34	0.42以上	1.40	0.40以上	1.46	0.35以上
1.29	0.49以上	1.35	0.41以上	1.41	0.39以上	1.47	0.34以上
1.30	0.47以上	1.36	0.43以上	1.42	0.39以上	1.48	0.34以上
1.31	0.46以上	1.37	0.43以上	1.43	0.38以上	1.49	0.33以上
1.32	0.45以上	1.38	0.42以上	1.44	0.37以上	1.50	0.32以上
1.33	0.43以上	1.39	0.41以上	1.45	0.36以上		

(2010年 1 月12日受領)

平成22年 2 月 1 日発行

編集者 名古屋市立大学経済学会
名古屋市瑞穂区瑞穂町字山の畑 1

印刷所 ㈱正鶴堂