

サポーターティング・サービスを伴う耐久財独占と 過剰なモデル・チェンジ

加藤 浩

This paper considers the products which are composed of hardware and software. Hardware is durable and supplied by the monopolist, whereas software is non-durable and supplied by monopolistic competitive firms. The monopolist may introduce hardware of new model into the market in order to make the consumers renew their old one. But this may be undesirable from the social viewpoint, because new hardware needs development of new software and this development cost may be socially wasteful. Such wastefulness will be much strengthen when old software doesn't work in new hardware, that is, *incompatible*. The purpose of this paper is to indicate the condition in which the excessive model change can occur, especially by explaining with the development cost and the degree of product differentiation of software.

1. はじめに

現代産業の基幹を担う製品であるパソコンやCDプレイヤー、テレビゲーム機器の特徴は、補完製品であるソフトウェア(サポーターティング・サービス (supporting service)) を媒介して消費者にサービスを提供するという、ハードウェアとしての役割を持っている点である。このような製品は耐久性を持つため、他の耐久消費財と同様、時間を通じて独占力が低下してしまうという問題 (Coase の推測 (Coase(1972))) に販売企業は直面する。それゆえこれらの産業では、独占力を維持するためにモデル・チェンジが頻繁に行われ、消費者の買い替えを促したり新規需要を獲得することに努力が払われている。しかし、中には社会的な見地から、あまりにも急速なモデル・チェンジが行われていると言わざるを得

ないケースも見受けられる。これは、新しいハードの登場がそれに対応する新しいソフトを必要とし、そのための開発費用が社会的浪費となりうるからである。この問題は、既存のソフトが新しいハードでは機能しない場合、すなわち新しいハードに互換性 (compatibility) がない場合はさらに顕著となる。したがって、サポーターティング・サービスを伴う耐久財を分析するときには、ハード産業だけではなくソフト産業の状況にも着目することが重要である。本稿は、このような分析を可能にするサポーターティング・サービス・アプローチ (以下 SSA と略す) を用いて、耐久財独占企業による新しいハードの導入決定、及び互換性の選択についての条件式を導出する。さらには、社会的厚生観点からは新しいハードを導入することは望ましくないにも関わらず、独占企業によって導入されてしまうとい

*この論文は、名古屋大学大学院経済学研究科博士後期課程の修了に際して、研究成果の一部をまとめたものである。(編集委員会)

う意味で過剰なモデル・チェンジが、どのような状況において起こり得るかについての指針を提示する。

上述の製品を含めて、一般的に製品の価値が購入する消費者数によって決定されるとき、その製品はネットワーク外部性(network externality)を持つという。ネットワーク外部性を有する耐久財のモデル・チェンジの決定条件と、その社会的最適性を論じた最初の研究が Waldman (1993) である。この研究では、通信・通話機器のように、製品から得られる効用がそれを購入した消費者数により増加するという外部性が存在する耐久財を扱い(このような定式化をネットワーク外部性アプローチという)、互換性のない新しい製品を逐次的に導入する独占企業を考えている。そして、消費者の買い替えを目的としているために、モデル・チェンジが過剰となる可能性があることを指摘した。Choi (1994) では同様のアプローチで、既存製品との間に互換性を持たせるかどうかを選択できる状況を新たに想定した。互換性がないと、既存製品からは新製品のネットワーク外部性を得ることができないことから、既存製品を陳腐化し新製品の価値を高めるために、新しい製品と既存製品の間互換性を持たせないことが示されている。

一方で、冒頭で挙げた製品は、ハードとソフトが別々の主体によって供給され、ネットワーク効果は対応するソフトの多様性(variety)で決定される。SSA はこのような製品をモデル化するものであり、Chou and Shy (1990), Church and Gandel (1992 b), (1993) が研究の端緒である。彼らの研究の関心は、互換性がない2つのハードが同一期間で競合するとき、それぞれの市場シェアが

どのように決定されるか、またどちらかのハードのシェアが100%となり事実上の規格化(de facto standard)が起こり得るかを検討するものである。

この論文では、耐久財を想定しSSAを動学化するとともに¹⁾、既存のハードを陳腐化し消費者の買い替えを促すために、新しいハードを導入する独占企業の行動に焦点を当てる。ここで考える新しいハードは既存ハードと技術上異なるもので、新しいハードに対応するソフトは既存ハードでは機能しない。ただし、互換性を持たせることで、既存ソフトは新しいハードでも利用できる。このような設定の下で、独占企業の互換性選択と新しいハードの導入決定、及びその社会的最適性に関して以下のような結果を導き出した。まず、独占企業による互換性の選択は、既存ソフトと新しいソフトの間にある製品差別化の程度のみ依存し、両ソフトの差別化が大きいつきに互換性を持たせることが最適である。これは、ハード産業及びソフト産業の生産技術や市場構造に依存しないため、社会的に見ても最適な選択となっている。一方、新しいハードの導入決定は、ソフトの開発費用とソフトの製品差別化の程度に依存する。過剰なモデル・チェンジが生じる状況は、既存ソフトが新しいハードで利用できず(互換性がない)、新しいソフトの開発費用が既存ソフトの開発費用より大きいとき、また既存ソフトの開発費用そのものが大きいとき、さらにソフトの製品差別化が小さいときであることが示される。

本稿の構成は以下の通りである。まず2節ではモデルの設定を行い、3節では互換性の選択について、4節では新しいハードの導入決定についてそれぞれ検討する。5節では厚

生分析を行い、独占企業による互換性選択及び新製品導入決定の社会的最適性を検討する。6節は結語と今後の課題について言及する。

2. モデルの設定

本稿で想定する製品はハードとソフトから構成され、消費者は両者を組み合わせることで初めて効用を得る。以下では、ハードとソフトを組み合わせた製品をシステムと呼ぶことにする。ハードとソフトはそれぞれ別々の企業により供給される。ハードは無限の耐久性を持っているので無限時間機能するが、ソフトは非耐久財であり1単位時間しかサービスを提供しないため、消費者は毎時点ソフトを購入する必要がある。ハード A 、ハード B の2種類のハードを考え、それぞれに対応する専用ソフト(ソフト A 、ソフト B と呼称する)が存在するという意味で両ハードは技術的に異なっている。ハードを生産・販売する独占企業は、これら2つのハードを逐次的に市場に導入する。まず、0時点において独占企業はハード A を導入し、その後 T 時点においてハード B を市場に導入する。その際、独占企業はハード B の販売価格を決定すると同時に、既存ソフト A をハード B に対応させるかどうかという互換性についての選択も行う。ここでいう互換性とは後方的な互換性 (backward compatibility) を意味しており、既存ソフト A は新しいハード B においても使用できるが、逆に新しいソフト B は既存ハード A には対応しないというものである²⁾。独占企業は限界費用、固定費用ともにゼロで生産する。

ソフト産業は独占的競争状態にあり、各企

業は毎時点参入決定を行い製品差別化されたソフトを生産・販売する。ソフト生産の限界費用は c で一定であり、ソフト s ($s=A, B$) の開発費用(固定費用)は F_s で与えられる。ただし、ある時点で参入したソフト企業が以降もソフトを生産するときは、再び開発費用を支払わなくてはならないものと仮定する。つまり、ソフト企業にとり過去に開発費用を支払い生産を行ったかどうかは現在の状態には何ら影響を与えず、利潤最大化問題は静学的になるのである。

消費者は選好について同質的であり、毎時間同じ水準の所得 I が与えられ、ハードは導入された時点で1単位だけ購入し、ソフトは各企業から毎時点複数個購入する。消費者の効用はソフトの多様性に依存しており、CES型の選好を持つものとする(具体的な形は次節で与える)。さらに消費者の人口を1に基準化する。

3. 互換性の選択

この節では、新しいハード B を市場に導入する際に決定される、ハードの販売価格と互換性の選択について検討する。ここで、消費者は過去にハード A を購入しているものとし、消費者にハード B へ買い替えさせるように販売価格が決定される。以下では、ハード B が互換性を持つか否かで問題を分けて考える。

3.1 互換性がないとき

(1) システム B について

互換性がないときはソフト B のみがハード B に対応する。ソフト B を販売する企業が N_B あり、消費者はそれぞれの企業から価

格 ρ_i^B で x_i^B ($i=1, \dots, N_B$) 単位だけ購入する。このときシステム B から得る単位時間当りの効用を次のように与える。

$$zX_B = z \left(\sum_{i=1}^{N_B} (x_i^B)^{\frac{1}{\sigma}} \right)^{\sigma}, \sigma > 1. \quad (1)$$

ここで、 $\sigma/(\sigma-1)$ はソフト間の代替の弾力性を意味し³⁾、各ソフトの製品差別化が小さいほど代替が容易なので、定数 σ はソフトの製品差別化の大きさを表す変数であると解釈できる⁴⁾。また、(1) 式は各ソフトが対称的に差別化されていることを意味する。さらに、 $z > 1$ はハード A と比べてときに、ハード B の性能がどれだけ向上しているかを表わすパラメータであり、消費者はハードの性能向上により消費インデックス (consumption index) X_B に対して z 倍の効用を得ることになる。

分析の簡単化のために、消費者は毎時間同じ量のソフトを購入するものとし、 T 時点においてハードとソフトの購入計画を立てるものとする。したがって、異時点間の効用は次のようになる。

$$u_B = \int_0^{\infty} e^{-rt} z X_B dt = \frac{z}{r} \left(\sum_{i=1}^{N_B} (x_i^B)^{\frac{1}{\sigma}} \right)^{\sigma}. \quad (2)$$

ただし r は利子率を表わす。また、ハード B の価格が p_B であるとき、異時点間の予算制約式は次のようになる。

$$\sum_{i=1}^{N_B} \rho_i^B x_i^B + r p_B = I. \quad (3)$$

消費者は (3) 式を制約として、(2) 式を最大化するようにソフトの購入量を決定する。ここで価格インデックス (price index)

$$q_B \equiv \left(\sum_{i=1}^{N_B} (\rho_i^B)^{\frac{1}{1-\sigma}} \right)^{1-\sigma} \quad (4)$$

を定義すると⁵⁾、1 階の条件からソフトの需要関数

$$x_i^B = \frac{q_B \sigma^{-1}}{(\rho_i^B)^{\sigma-1}} (I - r p_B) \quad (i=1, \dots, N_B) \quad (5)$$

を得る。これを (2) 式に代入することで間接効用関数が求まる。つまり、

$$V_B \equiv \frac{z(I - r p_B)}{r q_B}. \quad (6)$$

特に、ソフトウェア価格が対称であるとき ($\rho_B = \rho_i^B$ ($i=1, \dots, N_B$)) の間接効用関数は、

$$V_B = \frac{z N_B \sigma^{-1} (I - r p_B)}{r \rho_B}. \quad (7)$$

この式より、消費者の効用はソフトの多様性 N_B の増加関数であり、製品差別化の程度 σ が大きいほど多様性から得られる効用は大きくなることが分かる⁶⁾。

次にソフト産業の均衡について検討する。ソフト B を販売する企業 i ($i=1, \dots, N_B$) の単位時間当りの利潤は次式で与えられる。

$$\omega_i^B = (\rho_i^B - c) x_i^B - F_B \quad (i=1, \dots, N_B). \quad (8)$$

ソフトの需要関数は (5) 式であり、独占的競争においては各企業は q_B を所与として価格を決定する。利潤最大化の 1 階の条件から、対称均衡価格

$$\rho_i^B = \sigma c \quad (i=1, \dots, N_B) \quad (9)$$

が導かれる⁷⁾。さらに、自由参入条件(利潤ゼロ条件) から均衡企業数

$$N_B = \frac{(\sigma-1)(I - r p_B)}{\sigma F_B} \quad (10)$$

を得る。これより、システム B から得る効用は次式として導かれる。

$$V_B = \frac{z(\sigma-1)\sigma^{-1}(I - r p_B)\sigma}{r c \sigma^{\sigma} F_B^{\sigma-1}}. \quad (11)$$

(2) システム A について

消費者がハード B に買い替えず、引き続きシステム A を使用するときを考える。既にハード A を購入しているので、所得はすべてソフトの購入のみに当てられる。これを考慮

に入れてシステム B と同様の計算を行うと、ソフト A の価格、ソフト A 産業の均衡企業数、及びシステム A が与える効用について、次の結果を得る。

$$\rho_i^A = \sigma c \quad (i=1, \dots, N_A), \quad (12)$$

$$N_A = \frac{(\sigma-1)I}{\sigma F_A}, \quad (13)$$

$$V_A' = \frac{(\sigma-1)^{\sigma-1} I \sigma}{r c \sigma^{\sigma} F_A^{\sigma-1}}. \quad (14)$$

(3) ハード B の価格について

消費者は $V_B \geq V_A'$ ならばハード B に買い替える。したがって、独占企業は $V_A' = V_B$ となるようにハード B の販売価格を決定する。つまり、

$$p_B^H = \frac{I}{r} \left\{ 1 - \frac{1}{z^{\frac{1}{\sigma}}} \left(\frac{F_B}{F_A} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right\} \quad (15)$$

となる (IC は非互換性を示す)。この式より、ソフトの開発費用とハードの価格との相関関係が明らかになる。ソフト B の開発費用が低いほどソフト B の企業数は増え、ソフトの多様性増加によりシステム B が与える効用は高くなるため、ハード B の価格は上昇する。同様の理由で、ソフト A の開発費用が低いほどシステム A の魅力が高くなることから、消費者にハード B への買い替えを促すために、ハード B の販売価格は低くなる。

3.2 互換性があるとき

(1) システム B について

互換性があるときは、ソフト A もハード B で利用できる。両ソフトを使用するときシステム B から得る効用を次のように定義する。

$$u_B = \frac{z}{r} (X_A^{\frac{1}{\varepsilon}} + X_B^{\frac{1}{\varepsilon}})^{\varepsilon}, \quad \varepsilon > 1. \quad (16)$$

ただし、

$$X_s = \left(\sum_{i=1}^{N_s} (x_i^s)^{\frac{1}{\sigma}} \right)^{\sigma} \quad (s=A, B). \quad (17)$$

この効用は、ソフト A 全般とソフト B 全般との間にある製品差別化の大きさを定数 ε によって考慮したものとなっている。具体的には、ソフト A と比べてソフト B には、どの程度新しい機能や特徴が追加されているかを測るものが ε であると解釈できる。特に $\varepsilon \rightarrow 1$ のときは、消費者にとり両ソフトの間に差異は認められないことになる。

効用関数が (16) 式で与えられるとき、異時点間の予算制約式として次のようなものを考えればよい⁸⁾。

$$q_A X_A + q_B X_B = I - r p_B. \quad (18)$$

ただし、 q_s はソフト s ($s=A, B$) の価格インデックスである。消費者は (18) 式を制約として、(16) 式を X_A, X_B について最大化する。

1 階の条件より

$$X_s = \frac{q_s^{\frac{1}{1-\varepsilon}}}{q_A^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + q_B^{\frac{1}{1-\varepsilon}}} (I - r p_B) \quad (s=A, B). \quad (19)$$

このとき間接効用関数は以下のようにになる。

$$V_B = \frac{z}{r} (q_A^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + q_B^{\frac{1}{1-\varepsilon}})^{\varepsilon-1} (I - r p_B). \quad (20)$$

ソフト s ($s=A, B$) を販売する企業 i の利潤は次のようになる。

$$\omega_i^s = (\rho_i^s - c) x_i^s - F_s \quad (i=1, \dots, N_s; s=A, B). \quad (21)$$

また、ソフト s に対する需要が次式として導かれる⁹⁾。

$$x_i^s = \frac{q_s^{\frac{1}{1-\varepsilon}}}{(q_A^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + q_B^{\frac{1}{1-\varepsilon}}) \left(\frac{q_s}{\rho_i^s} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}} (I - r p_B) \quad (i=1, \dots, N_s; s=A, B). \quad (22)$$

各企業は q_A, q_B を所与として価格を決定するので、利潤最大化の条件から均衡価格は次のようになる。

$$\rho_i^s = \sigma c \quad (i=1, \dots, N_s; s=A, B). \quad (23)$$

さらに、自由参入条件より均衡企業数が求ま

り,

$$N_s = \frac{(\sigma-1)(I-rp_B)}{\sigma} \frac{F_s^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} \quad (s=A, B). \quad (24)$$

これよりシステム B の間接効用関数は以下の式で表わされる。

$$V_B = \frac{z(\sigma-1)^{\sigma-1}(I-rp_B)^\sigma}{rc\sigma^\sigma(F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\sigma-\epsilon}}. \quad (25)$$

(2) ハード B の価格について

ハード B の価格は $V_A' = V_B$ によって決定され、以下ようになる (C は互換性を示す)。

$$P_B^C = \frac{I}{r} \left\{ 1 - \frac{1}{z^{\frac{1}{\sigma}}} \frac{(F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} \right\}. \quad (26)$$

この場合もソフト B の開発費用の低下はハード B の価格を上昇させる。他方、ソフト A の開発費用が低下するとシステム A の効用が高くなり、ハード B の価格を低下させるものの、同時にハード B でもソフト A が対応しているので、システム B の効用も高くなりハード B の価格を上昇させる。全体としては前者の効果が後者を支配しており、ハード B の価格はソフト A の開発費用の増加関数となる。また (15), (26) 両式より、ハード B に対応するソフトの開発費用は、互換性がないときは $F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$ 、互換性があるときは $(F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$ という具合に、ソフトの製品差別化が考慮された形でハード価格に反映することが分かる。

3.3 互換性の選択

生産費用を無視しているため、独占企業の利潤はハード B の価格に等しい。したがって、独占企業がハード B に互換性を持たせるための条件は $p_B^C > p_B^I$ であり、(15), (26) 両式

を代入すると、

$$F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} > (F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \quad (27)$$

となる。この不等式は $\sigma < \epsilon$ であるならば必ず成立する。これより次の命題を得る。

命題 1 (互換性の選択)

- i) $\sigma < \epsilon$ のとき、独占企業はハード B に互換性を持たせる。
- ii) $\sigma > \epsilon$ のとき、独占企業はハード B に互換性を持たせない。

つまり、ソフト A とソフト B が大きく差別化されているならば、消費者は両ソフトを万遍なく消費することで高い効用を得るので、より高い利潤を獲得するために独占企業はハード B に互換性を持たせる。逆に、ソフト A とソフト B の違いが小さく、むしろソフト B 内での差別化の方が大きいならば、ソフト B への需要を増加させるためにハード B に互換性を持たせず、ソフト B の企業数を増加させハード B の魅力を高めることができる。ここでの重要な点は、互換性の選択がソフト企業の技術条件によって決定されるのではなく、消費者の選好 (製品差別化に関する認識) のみに依存するという点である。

4. ハード B 導入の決定

4.1 システム A について

次に分析の視点を 0 時点に戻し、システム A について考えることにしよう。ハード A の価格を p_A としたとき、消費者によるシステム A の購入決定問題は次のようになる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max} \int_0^T e^{-rt} X_A dt = \frac{1-e^{-rT}}{r} \left(\sum_{i=1}^{N_A} (x_i^A)^{\frac{1}{\sigma}} \right)^{\sigma} \quad (28) \\ \text{s. t.} \quad \sum_{i=1}^{N_A} \rho_i^A x_i^A + \frac{r}{1-e^{-rT}} p_A = I. \quad (29) \end{array} \right.$$

これを解くことにより、システム A が与える効用が次の式として定まる。

$$V_A \equiv \frac{1-e^{-rT}}{r} \frac{(\sigma-1)^{\sigma-1} \left(I - \frac{r}{1-e^{-rT}} p_A \right)^{\sigma}}{c \sigma^{\sigma} F_A^{\sigma-1}}. \quad (30)$$

一方、システムを購入しないときに得る単位時間当りの効用(留保効用)は I に等しいので¹⁰⁾、ハード A の価格は $V_A = (1-e^{-rT})I/r$ によって決定される。したがって、

$$p_A = \frac{1-e^{-rT}}{r} \left\{ I - \frac{\sigma(cI)^{\frac{1}{\sigma}} F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{(\sigma-1)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} \right\}. \quad (31)$$

4.2 ハード B 導入の決定

続いて、独占企業によって決定される新しいハード B を導入するタイミングについて考える。ここで、T 時点においてハード B を導入するとき要する費用を $g(T)$ で表わす。ただし、 $g' < 0, g'' > 0, g(0) = \infty, g(\infty) = 0, g'(0) = -\infty, g'(\infty) = 0$ を満たす。これはハードの開発にかかる費用であり、ハード A 導入直後に新たにハード B を導入することは開発や販売促進のために莫大な費用を必要とするが、導入に時間をかけるほどその費用は低下していくと解釈する。互換性のあるハード B が導入されるとき (Π_1)、互換性のないハード B が導入されるとき (Π_2) のそれぞれの総利潤は、次のようになる。

$$\Pi_1 = p_A + e^{-rT} \{ p_B^c - g(T) \}, \quad (32)$$

$$\Pi_2 = p_A + e^{-rT} \{ p_B^c - g(T) \}. \quad (33)$$

独占企業は $\sigma < \varepsilon$ のときは Π_1 を、 $\sigma > \varepsilon$ のときは Π_2 をそれぞれ T について最適化する。これを計算することで、ハード B の導入時点

に関して次の命題を得る。

命題 2 (ハード B 導入の決定)

独占企業がハード B を導入する時間 T^* は次式を満たす。

$$\begin{aligned} \text{i) } \sigma < \varepsilon \text{ のとき} \\ rg(T^*) - g'(T^*) \\ &= \frac{\sigma(cI)^{\frac{1}{\sigma}} F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{(\sigma-1)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} - \frac{I}{z^{\frac{1}{\sigma}}} \frac{(F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}, \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \text{ii) } \sigma > \varepsilon \text{ のとき} \\ rg(T^*) - g'(T^*) \\ &= \frac{\sigma(cI)^{\frac{1}{\sigma}} F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{(\sigma-1)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} - \frac{I}{z^{\frac{1}{\sigma}}} \left(\frac{F_B}{F_A} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}. \end{aligned} \quad (35)$$

ここで、両式の左辺 $rg - g'$ は正であり、T の減少関数である。また、 $rg(0) - g'(0) = \infty$ であるため、 $T^* > 0$ であることが保証される。ただし、右辺が負であるときは $T^* = \infty$ としてハード B は導入されないものと解釈する。命題 2 より、新しいハードの導入時点は、既存ソフトと新しいソフトの開発費用の水準に依存して決定されることが分かる。(34), (35) 両式の右辺は F_A の増加関数及び F_B の減少関数であるから、ソフト A の開発費用が高いほど、またソフト B の開発費用が低いほど、新ハード導入の時間は早まることになる。

5. 厚生分析

この節では、独占企業が行う互換性選択とハード B 導入決定について社会的な観点から最適性を検討する。中央計画者は、ハード企業とソフト企業の利潤の合計がゼロであるという制約の下(収支ゼロ制約 (break-even constraint)) で、消費者余剰を最大にするよ

うにソフト企業数, ソフト価格及びハード価格を決定する¹¹⁾。ただし, ソフトの需要に関しては消費者の最適化行動から得られるものとするので, 次善解を考えていることになる。さらに, 中央計画者は, 次善解で達成される消費者余剰 (これは同時に社会的余剰でもある) が最大となるように, 互換性の選択とハード B の導入時点の決定を行う。

5.1 互換性選択の社会的最適性

(1) 互換性がないとき

中央計画者は次のような問題を考える。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max}_{\rho_B, N_B, p_B} V_B = \frac{zN_B^{\sigma-1}(I - r p_B)}{r p_B} \quad (36) \\ \text{s. t. } r p_B + N_B(\rho_B - c)x_B - N_B F_B = 0 \quad (37) \\ x_B = \frac{I - r p_B}{N_B \rho_B} \quad (38) \end{array} \right.$$

企業の対称性から, ここでは各ソフト企業は同じ価格 ρ_B を提示するものとしている。(36)式は間接効用関数, (37)式は収支ゼロ制約, (38)式はソフト需要の制約式である。この問題を解くことにより, 以下にある社会的最適解に関する条件式を得る。

$$\rho_B^0 = \frac{c\sigma(I - r p_B^0)}{I}, \quad (39)$$

$$N_B^0 = \frac{(\sigma-1)I}{\sigma F_B}. \quad (40)$$

ただし上付き文字の 0 は社会的最適解を表わす。このとき, 社会的余剰は次のようになる。

$$W_B^{IC} \equiv \frac{z(\sigma-1)^{\sigma-1} I^\sigma}{r c \sigma^\sigma F_B^{\sigma-1}}. \quad (41)$$

(2) 互換性があるとき

中央計画者の問題は次のようになる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max}_{\rho_A, N_A, \rho_B, N_B, p_B} V_B = \frac{z}{r} (N_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \rho_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \\ \quad + N_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \rho_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\sigma-1} (I - r p_B) \quad (42) \\ \text{s. t. } r p_B + N_A(\rho_A - c)x_A + N_B(\rho_B - c)x_B \\ \quad - N_A F_A - N_B F_B = 0 \quad (43) \\ x_s = \frac{N_s^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \rho_s^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{N_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \rho_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + N_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \rho_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} (I - r p_B) \\ \quad (s=A, B). \quad (44) \end{array} \right.$$

この問題を解くことにより, 以下の条件式を得る。

$$\rho_s^0 = \frac{c\sigma(I - r p_B^0)}{I} \quad (s=A, B), \quad (45)$$

$$N_s^0 = \frac{(\sigma-1)IF_s^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{\sigma(F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})} \quad (s=A, B). \quad (46)$$

このとき, 社会的余剰は次式として与えられる。

$$W_B^C \equiv \frac{z(\sigma-1)^{\sigma-1} I^\sigma}{r c \sigma^\sigma (F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\sigma-\epsilon}}. \quad (47)$$

よって, 互換性選択の社会的最適条件は,

$$W_B^C > W_B^{IC} \Leftrightarrow F_B^{\sigma-1} > (F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\sigma-\epsilon} \quad (48)$$

となり, この不等式は(27)式と同じであることが分かる。したがって, 独占企業による互換性の選択は社会的に見ても望ましいものとなっている。これは, 互換性の選択が消費者の選好のみに依存しており, 企業の販売行動によって歪められるものではないからである。

命題 3 (互換性選択の社会的最適性)

独占企業による互換性の選択は社会的に見ても最適である。

5.2 ハード B 導入の社会的最適性

先ほどと同様の定式化により, システム A が与える社会的余剰は次のようになる。

$$W_A \equiv \frac{1 - e^{-rT}}{r} \frac{(\sigma-1)^{\sigma-1} I^\sigma}{c \sigma^\sigma F_A^{\sigma-1}}. \quad (49)$$

よって, 互換性のあるハード B が導入される

とき (W_1), 互換性のないハード B が導入されるとき (W_2) のそれぞれの社会的余剰の割引現在価値和は次のようになる。

$$W_1 = W_A + e^{-rT} \{W_B^c - g(T)\}, \quad (50)$$

$$W_2 = W_A + e^{-rT} \{W_B^c - g(T)\}. \quad (51)$$

したがって, $\sigma < \varepsilon$ のときは W_1 を, $\sigma > \varepsilon$ のときは W_2 を最大化するようにハード B の導入時点 T が決定される。これより以下の命題を得る。

命題 4 (ハード B 導入の社会的最適条件)

ハード B を導入することが社会的に見て望ましい時間 T^0 は次式を満たす。

i) $\sigma < \varepsilon$ のとき

$$rg(T^0) - g'(T^0) = \frac{z(\sigma-1)^{\sigma-1} I^\sigma}{c\sigma^\sigma (F_A^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + F_B^{\frac{\sigma-1}{\sigma}})^{\sigma-\varepsilon}} - \frac{(\sigma-1)^{\sigma-1} I^\sigma}{c\sigma^\sigma F_A^{\sigma-1}}, \quad (52)$$

ii) $\sigma > \varepsilon$ のとき

$$rg(T^0) - g'(T^0) = \frac{z(\sigma-1)^{\sigma-1} I^\sigma}{c\sigma^\sigma F_B^{\sigma-1}} - \frac{(\sigma-1)^{\sigma-1} I^\sigma}{c\sigma^\sigma F_A^{\sigma-1}}. \quad (53)$$

この場合も (52), (53) 式の右辺は F_A の増加関数及び F_B の減少関数となり, ソフト A の開発費用が高いほど, またソフト B の開発費用が低いほど, 早い時期に新しいハードを導入することが社会的に見て望ましい。

以上の分析により, ハード B の導入時点に関して独占企業と中央計画者との間にある意思決定の乖離が明らかになる。まず, (52) 式の右辺は常に正であるので, 互換性があるときは中央計画者は有限時間内にハード B を導入する。その一方で, 互換性がないときは (53) 式から, $z^{1/(\sigma-1)} F_A \leq F_B$ が成り立つならば右辺は非正となるため, ハード B を導入する

ことはない ($T^0 = \infty$)。ところが, (35) 式から,

$$\frac{F_B}{F_A} < \frac{z^{\frac{1}{\sigma-1}} c^{\frac{1}{\sigma-1}} \sigma^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}}{I(\sigma-1)} F_A \quad (54)$$

であるならば, 独占企業は有限時間内にハード B を導入してしまう。これらの関係式から, 社会的に見て導入することが望ましくない新しいハードが, 独占企業により市場へ導入されてしまうという, 過剰なモデル・チェンジが生じる状況がソフトの開発費用とソフトの製品差別化によって説明される。これを命題 5 としてまとめる。

命題 5 (過剰なモデル・チェンジ)

以下の条件が満たされるとき, 新しいハードを導入することは社会的に見て望ましくなくとも関わらず, 独占企業が導入してしまうという, 過剰なモデル・チェンジが生じ得る。

i) 互換性がなく, ソフト A がハード B では使用できない。

ii) ハードの性能で基準化した ($z^{1/(\sigma-1)}$ で調整した) ソフト B の開発費用が, ソフト A の開発費用よりも高い。

iii) ソフトの開発費用の比 F_B/F_A が, (54) 式右辺で示される値よりも小さい。この値は, ソフト A の開発費用が大きいほど, また製品差別化の程度が小さいほど大きくなるので, それだけ過剰なモデル・チェンジが生じやすくなる。

(34) 式と (52) 式, もしくは (35) 式と (53) 式を比較すると明らかであるが, ハード A に対応するソフトの (製品差別化の程度で基準化した) 開発費用と比較して, 新しいハードが導入される決定要因は, 中央計画者の場合はハード B に対応するソフトの開発費用であるが, 独占企業の場合はハード B に対応す

るソフトの開発費用と、ハード A のそれとの比率となっている。これは、独占企業が消費者の買い替えを促すことを目的として新しいハードを導入しているため、ハード B からの収入がシステム A の効用にも依存するからである。したがって、互換性の有無に関係なく、ソフト A の開発費用が高いほど、中央計画者に比べて独占企業はハード B の導入に関してバイアスがかかることになる。とりわけ問題となるのは、互換性がないときに、中央計画者はハード B を導入しないが(命題 5 ii)によって条件付けられる)、独占企業は導入する(命題 5 iii)によって条件付けられる)という状況が生じてしまうような、ソフトの開発費用の水準が存在することである。(54)式の右辺は σ の減少関数であるから¹²⁾、ソフトの差別化が小さいほどこのようなバイアスは強くなる。

6. ま と め

本稿の目的は、ハードの価値が対応するソフトの多様性で決定されるという SSA に基づき耐久財市場をモデル化することで、ハード企業による互換性の選択及び新しいハードの導入時点の意思決定と、その社会的最適性について検討するものであった。特に後者に関しては、過剰なモデル・チェンジが生じる状況に焦点を当て、ソフトの開発費用とソフトの製品差別化の程度によって説明することを試みたのである。

本稿の研究を発展させる方向として、ハード企業がソフト企業を垂直的に統合しているケースを考えることは興味深いであろう¹³⁾。Whinston (1990) では、抱き合わせ販売 (tying) によりハード市場の独占力を梃子

(leverage)として用いることで、競争的なソフト市場を独占化することが可能であることが指摘されている。この事実を踏まえると、新しいハードの導入が消費者の買い替えを促すことを目的にするだけではなく、ソフト市場を独占化するために行われると捉えることができるのではなからうか? 事実、Microsoft 社の事例では、新しい OS(新しい OS を搭載したハード)を導入することで、ブラウザ・ソフト市場を独占化することに成功したのである。この可能性を理論的に説明することは有意義な研究であると思われる。

注

- 1) 補完製品を伴う耐久財をモデル化した研究は数が少ない。その幾つかを以下に挙げる。Kühn and Padilla (1996) は、耐久財と非耐久財である補完製品を同時に販売する独占企業を考えた。Bensaid and Lesne (1996) は、ネットワーク外部性を持つ耐久財を扱っている。いずれも Coase の推測が成立しないことを示した研究である。さらには、製品購入後のメンテナンスも一種の補完製品である。これに関しては Schmalensee (1974), Mann (1992) を参照されたい。
- 2) より現実的には、既存ソフトの一部しか対応しないという部分的互換性 (partial compatibility) を考えるべきかもしれない。この点に関しては Chou and Shy (1993) が詳しい。
- 3) この場合の代替の弾力性は、ある 2 つのソフトに関する、相対価格 (限界代替率) の変化率と相対需要の変化率との比率のことである。
- 4) あるいは、 σ はソフトの多様性に対する選好であり、 σ が大きいほど消費者は豊富なソフトの種類に対して、大きな満足を得ると解釈できる。
- 5) 価格インデックスは、効用 (1) 式を一定とした制約の下での (単位時間当りの) 支出最小化問題 (双対問題) のラグランジュ乗数と等しい。つまり、価格インデックス q_B は、 X_B が 1 単位変化した

- ときの最小支出の変化分を表わす。
- 6) このようにして、ソフト産業が規模に関する収穫逓増に従うならば、ハードはネットワーク外部性を示すのである (Chou and Shy (1990))。
 - 7) マークアップ率は $(\rho - c)/\rho = \sigma - 1$ となり、製品差別化が大きいほどマークアップ率は大きくなる。
 - 8) 証明は紙面の制約上省略させていただく。詳細は加藤浩「耐久消費財のミクロ経済分析～価格決定と独占力維持について～」2003年度博士学位取得論文、第5章付録に記述してある。以降の割愛された証明についても同様である。
 - 9) 導出方法は紙面の制約上省略させていただく。
 - 10) 詳細な議論は紙面の制約上割愛させていただくが、簡単に説明すると次のようになる。ここでは、ニューメレールとシステムからの効用について完全代替な効用関数を考えているので、最適化行動ではどちらか一方のみに支出される。したがって、システムを購入しないときは所得のすべてがニューメレールに当てられる。
 - 11) 中央計画者がソフト企業数、ソフト価格及びハード価格を規制でき、ハード企業とソフト企業に補助金を与えることは認めないが、両企業間での内部補助金 (cross-subsidization) は認めると解釈する。
 - 12) 証明は紙面の制約上省略させていただく。
 - 13) 寡占ハード企業によるソフト企業を統合する誘因については、Church and Gandal (1992 a) で研究されている。

参考文献

- Bensaid, B. and P. Lesne., (1996) "Dynamic Monopoly Pricing with Network Externality.", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 14, pp. 837-855.
- Choi, J., (1994) "Network Externality, Compatibility Choice and Planned Obsolescence.", *Journal of Industrial Economics*, Vol. 42, pp. 167-182.
- Chou, C. and O. Shy., (1990) "Network Effects without Network Externalities.", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 8, pp. 259-270.
- Chou, C. and O. Shy., (1993) "Partial Compatibility and Supporting Service.", *Economics Letters*, Vol. 41, pp. 193-197.
- Church, J. and N. Gandal., (1992a) "Integration, Complementary Products, and Variety.", *Journal of Economics and Management Strategy*, Vol. 1, pp. 651-676.
- Church, J. and N. Gandal., (1992b) "Network Effects, Software Provision and Standardization.", *Journal of Industrial Economics*, Vol. 40, pp. 85-103.
- Church, J. and N. Gandal., (1993) "Complementary Network Externalities and Technological Adoption.", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 11, pp. 239-260.
- Coase, R., (1972) "Durability and Monopoly.", *Journal of Law and Economics*, Vol. 15, pp. 143-149.
- Kühn, K. and J. Padilla., (1996) "Product Line Decisions and the Coase Conjecture.", *Rand Journal of Economics*, Vol. 27, pp. 391-414.
- Mann, D., (1992) "Durable Goods Monopoly and Maintenance.", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 10, pp. 65-79.
- Schmalensee, R., (1974) "Market Structure, Durability, and Maintenance Effort.", *Review of Economic Studies*, Vol. 41, pp. 277-287.
- Waldman, M., (1993) "A New Perspective on Planned Obsolescence.", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 108, pp. 273-283.
- Whinston, M., (1990) "Tying, Foreclosure, and Exclusion.", *American Economic Review*, Vol. 80, pp. 837-859.
- (名古屋大学大学院経済学研究科博士後期課程)