

ネットワーク間障壁が製品普及におよぼす影響* —マルチエージェント型ネットワーク外部性モデルを用いて—

The Effect of Barrier between Networks on Product Diffusion —Using the Multi-agent type Model of Network Externalities—

岡 本 隆

Takashi OKAMOTO

〈要 約〉

情報ネットワーク関連の製品は、ネットワーク外部性が存在するため、特定製品がデファクト・スタンダードになりがちである。これはネットワーク外部性の理論が示すところであり、現実の市場においてもしばしば観察される。しかしかつての日本のパソコン市場では、日本以外のパソコン市場におけるデファクト・スタンダードとは異なる独自の規格が市場を支配していた。この原因は、日本語が障壁となっていたためといわれている。本稿では、かつてのパソコン市場のように、製品が形成するネットワーク間にネットワーク外部性の影響を妨げる障壁が存在する場合を対象とし、障壁が製品の普及におよぼす影響を考察する。その際、これまでのネットワーク外部性のモデルを、個人間の心的近接要因を導入したマルチエージェント型のモデルへ拡張し、シミュレーションによる検討を行う。その結果、障壁内の独占的状态が障壁の高さにより不連続に変化すること、および個人間心的近接要因が障壁内の独占的状态を保持する特徴が示される。

1 はじめに

パソコンをはじめとする情報関連の製品は、今日の社会において必要不可欠なものとなっている。文書の作成、表計算の活用、データの整理はもちろん、電子メールの送受信あるいはウェブサイトの閲覧など、職場に限らず家庭においても、情報関連の製品は私たちの生活に深く浸透しているように思われる。特にパソコンは、低価格化およびインターフェースの改善もあり、かつての専門家のものであるという位置づけから、大衆化しつつあるといってもいいのではないだろうか。

情報関連製品の代表ともいえるパソコンだが、日本のパソコン市場を考えると、十数年前および現在の各々の時期において、デファクト・スタンダードといえるパソコンの規格があった。1990年代初頭までの日本で多く利用されていたパ

ソコン、すなわち PC-98シリーズのパソコンは日本市場の独特の規格であり、当時の日本のパソコン市場は、世界のパソコン市場とは異なる「特殊市場」であったと言われている。価格面などで比較優位のある PC/AT 互換パソコンと呼ばれる製品が世界で普及していたが、日本市場ではあまり受け入れられなかった。しかし1990年代半ばあたりから日本でもこの PC/AT 互換パソコンが急激に普及し、まもなく、数年前までデファクト・

* 本稿は、博士学位論文（2002年3月：大阪大学）の一部を、大幅に加筆・修正したものである。本稿の執筆にあたり、真田英彦教授をはじめ大阪大学大学院経済学研究科真田研究室の諸先生方には、研究の細部にわたって御指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表明する。なお、ありうべき誤謬の全ては、筆者に帰すものである。また、本研究の一部は、科学研究費補助金（奨励研究 A：課題番号 12730078）の助成を受けた。感謝の意を表する次第である。

スタンダードであったPC-98シリーズのパソコンを店頭で見つけることは困難になった。このようにデファクト・スタンダードの入れ替わりがごく短期間のうちに行われ、その変化は劇的ともいえるものであった。

かつての日本のパソコン市場における特殊化およびデファクト・スタンダード逆転の主な原因は、一般にパソコンにおける日本語処理機構の有無にあると言われている。いわば日本語が、日本のパソコン市場と海外の市場とを隔てる障壁として機能し、日本のパソコンの特殊性を保持したと考えられる。そして、その障壁が無くなると、世界のパソコンと同じ競争状態にさらされたといえる。本稿では、製品普及の特殊性を生むこの障壁に注目した。

パソコンのような情報関連の製品にはネットワーク外部性が存在し、このネットワーク外部性が製品の普及に大きく影響をおよぼすことは広く知られている。各々の規格のパソコンはネットワーク外部性に関連する、物理的あるいは仮想的なネットワークを形成している。パソコン市場の場合、日本においてPC-98シリーズが形成していたネットワークと海外においてPC/AT互換パソコンが形成していたネットワークが存在していたが、日本語が両ネットワークを隔てる障壁になっており、障壁内での「特殊」な製品の独占的な地位を保持したと思われる。つまりこの障壁はネットワーク外部性の影響を妨げる障壁であるといえる。ネットワーク間にこのような障壁が存在し、障壁内で特殊な製品が独占的な状態にある場合、障壁の高さと独占的な状態の保持の関係を明らかにすることは、製品の普及戦略を策定する際に有益であろう。

さらにパソコンに存在するネットワーク外部性には、これまで想定されていたような市場全体の状態に起因するものだけでなく、個人が身近に感じる他の個人の状態に起因するものも存在する。個人が認識する近さによって大きさが変化するネットワーク外部性の存在は、製品の普及に特異な影響をおよぼすと考えられる。

そこで本稿では、個人間の心的な近接性に基づ

くネットワーク外部性を導入した製品普及モデルを提案し、加えてネットワーク間に存在する障壁の要因を導入することにより、障壁が製品の普及に与える影響を検討する。ここでは個人間の複雑な相互依存関係をモデル化するため、マルチエージェント型のネットワーク外部性モデルを構築し、シミュレーションを行う。その結果、ネットワーク間に存在する障壁内の独占的狀態が障壁の高さにより不連続に変化すること、および個人間の心的近接要因が障壁内の独占的狀態を保持する特徴が示される。

2 日本のパソコン市場におけるネットワーク間の障壁

2.1 日本のパソコン市場の変遷

今日、パソコンは非常に身近な存在になっている。内閣府経済社会総合研究所の消費動向調査¹によると、2002年3月末の世帯当たりパソコン普及率は57.2%であり、前年同期に比べ7.1ポイント普及率が上昇している。1993年3月末の世帯当たり普及率が11.9%であったことを考えると、10年足らずの間に急速に普及したことが伺われる。

一般世帯への普及が進みつつあるパソコンの市場であるが、この20年あまりの間に市場の中身は大きく変化している。日本のパソコン産業におけるパソコンの企業別販売数量市場占有率の推移を見ると、NECの市場占有率に互換機を発売したセイコーエプソンの市場占有率を足し合わせたNEC系市場占有率は、「1980年代前半は右上がり、80年代後半から90年代初めまで横ばいに近くなり、その後は右下がりの傾向にあることがわかる。」(高松,2000)このNEC系パソコンの市場占有率の変動は、これまでの日本のパソコン市場における競争の変化を端的に表している。高松(2000)によると、日本のパソコン市場は大きく三期に分けられるという。すなわち、第1期は1976年から1984年までであり「市場創始期」と呼ぶ。そして第2期は1985年から1992年までの「クロ-

¹ <http://www.esri.cao.go.jp/>

ズド標準期」, 第3期は1993年以降の「オープン競争期」である。

第1期の「市場創始期」は、日本のパソコン市場が立ち上がった時期であり、市場の初期であるため各企業の参入が行われた。1970年代半ばに、半導体を扱っていた NEC がマイコン・キット「TK-80」を販売し、日本においてパソコン市場が立ち上がった。その後、セイコーエプソン、沖電気、富士通などのコンピュータ・通信系企業、三菱電機、東芝、日立製作所などの総合電機系企業、松下電器産業、ソニー、三洋電機、シャープなどの家電系企業といった、様々な企業がパソコン販売に踏み切り、パソコン市場における競争が始まった(高松,2000)。この市場創始期は、基本的な技術が固まっていなかったため、市場に受け入れられる製品を模索していた時期であったといえる。

各企業が様々な製品を市場に投入する中、次第に NEC が市場占有率を伸ばしていった。NEC は、「PC-8001」, 後継機の「PC-8801」シリーズを市場に投入すると同時にバージョンアップを重ね、当時の8ビット・パソコンの代表的機種となった。さらに16ビット・パソコンの「PC-9801」シリーズを発売し、市場創始期の終盤になると、NEC は日本のパソコン市場において圧倒的な競争優位を持つようになった。この理由を高松は「技術的な優位性を追求した企業が多かったなかで、ソフトウェアやサービスの充実が大きな価値をもつことを意識し、製品の継続性を重視した」ためと述べている。

つまり NEC は頻繁なモデル・チェンジによって技術革新に素早く対応した新製品を出し、製品ラインアップの充実を図りながらも、一貫して上位互換性を維持したことが成功した要因であると、高松は指摘している。16ビット・パソコンの PC-98シリーズが、8ビット・パソコンの PC-88シリーズと互換性を保ったことが典型であるが、他社製品が技術の一貫性を欠いたり、OS(Operating System)を変更して過去の資産が生かせなかったりしたことと対称的であった。また、NEC がソフトウェア・メーカーに技術情報の提

供を行ったり開発用マシンを貸し出したりと、ソフトウェア・メーカーを支援したことに加えて、ソフトウェアの販売促進にも力を入れたも重要な要因であると高松は指摘している。

このように、一貫した上位互換性を保つことで、利用者が蓄積する情報資産およびソフトウェア、周辺機器の資産を放棄することなく新製品へ移行できる競争戦略を採用したことで、利用者を強力に囲い込むことができたといえる。さらにはパソコンのハード面はもちろんソフト面にも力を入れた競争戦略を採ったことにより、ハードの普及がソフトの魅力を高めると共にソフトの普及と多様性がハードの魅力を高めていくことになった。つまり両者の相互補完関係による、いわゆるハードウェア・ソフトウェアパラダイムがうまく働いたために、NEC は市場創始期の競争で優位性を持ったと考えられる。

第2期の「クローズド標準期」は、NEC の PC-98シリーズが日本のパソコン市場においてデファクト・スタンダードの地位を占めた時期である。アメリカにおけるパソコン市場では、IBM 社の PC/AT 互換パソコンがデファクト・スタンダードになり、オープンな環境下において IBM および多くの互換機メーカー間で競争が行われていた。しかし日本のパソコン市場では、NEC のクローズド戦略によりエプソン以外に目立った互換機メーカーが現れなかった。

つまり市場創始期において確立した市場における優位性を保持したのがクローズド標準期である。パソコン市場において、利用可能なソフトの多様性はハードの評価を高めることになり、同時にパソコンによって作成された情報資産の蓄積は利用者を強力に囲い込むことになる。技術が他社に公開されていないもとの、ソフトあるいは情報資産の蓄積は、デファクト・スタンダードが存在する市場への高い参入障壁となり、市場における優位性を崩すことは容易でない。さらにパーソナルユースのコンピュータということで、技術に詳しい専門家ではない個人がパソコンを購入することも多くなるため、身の回りで同じパソコンを利用している個人から利用法を教えてもらったりト

ラブルに対応してもらったりすることに対するメリットが大きくなる。あるいはパソコンの広がりと共に、職場と同じ種類のパソコンを自宅でも使いたいという需要が大きくなり、ますますデファクト・スタンダードの地位が強固なものとなっていった。したがって、NECは一貫した上位互換性を保ち市場創始期の成功要因を継承すれば、日本のパソコン市場における優位性を保持することができたと考えられ、実際にクローズド標準期の終わりまで市場における絶対的な優位性が保たれていた²。

しかし第3期の「オープン競争期」が、日本のパソコン市場に大きな変化をもたらした。これはOS「DOS/V³」と「Windows」がもたらしたオープンな市場環境によるものである。

日本IBMが提唱したDOS/V規格にのったコンパック社が、1992年に低価格32ビット・パソコンを日本のパソコン市場に投入し、それをきっかけにパソコンの低価格かが進展することになった。それまでPC-98シリーズおよびPC-98互換のパソコン、つまり「PC-98規格」のパソコンが日本のパソコン市場において圧倒的な市場占有率を占めていたが、低価格のDOS/V規格のパソコンが投入されることにより、DOS/V規格パソコンはPC-98規格のパソコンに対抗する一大勢力をつくった。さらにマイクロソフト社の「Windows 3.1」が発売され普及していくに伴い、NECのソフトウェア資産の価値が低下することになり、各企業がDOS/V規格のパソコンを市場に投入し始めた結果、NECおよびPC-98規格のパソコンのデファクト・スタンダードの地位は崩れていった。DOS系のパソコンとして、かつて大きな市場占有率を占めていたPC-98規格のパソコンは、ほぼ完全に市場から駆逐されてしまい、DOS/V規格のパソコンがデファクト・スタンダードとなった。

2.2 日本語の障壁

クローズド標準期からオープン競争期への変化、すなわち日本のパソコン市場におけるデファクト・スタンダードが、PC-98規格のパソコンからDOS/V規格のパソコンへと移った変化の主な原因の一つは、日本語に対応したOSであるDOS/Vの登場にある。言い換えると、日本のパソコン市場におけるデファクト・スタンダードの存在およびその移行には、日本語が大きく関係している。かつてPC-98規格のパソコンが日本で圧倒的な市場占有率を持ち、日本のメーカー以外のパソコンが日本市場に入りにくかった原因には「日本語の障壁」の存在がある。

PC-98規格のパソコンが日本のパソコンのデファクト・スタンダードであった頃、世界のパソコン市場ではPC/AT互換パソコンが普及していた。PC/AT互換パソコンはオープンアーキテクチャを採用していたため、周辺機器も充実しており、利用可能なソフトウェアも豊富であった。それに加えて、PC-98規格のパソコンに比べてPC/AT互換パソコンはハードウェアの値段が格段に安かった。しかしこれらの優位性にもかかわらず、PC/AT互換パソコンは日本の市場に受け入れられなかった。この原因は、PC/AT互換パソコンは十分な日本語処理能力を持たず、日本語を使うことが困難であったためといわれている(伊丹, 1996)。

PC-98規格のパソコンは、漢字ROM(Read Only Memory)を本体に組み込んで、日本語処理をパソコン上でハード的に実現する仕組みを持っていた。日本語の文字が表音文字と表意文字の混合で、その文字種も多く、それぞれの文字が記号としての複雑な形態をしているために、日本語をコンピュータ処理するには、それなりの本体の性能が要求される。日本語処理は、コンピュータへの入力と出力の両方の段階で、パソコン本体に負担をかけるが、当時のパソコンにはそれに応えるには性能が十分ではなかった。したがって、漢字ROMを内蔵していたPC-98規格のパソコンは、CPUの性能がそれほど速くない時期にも、かなりのスピードで日本語処理を可能にしていた(伊

² 日本のパソコン市場において、NEC社のパソコンは50%以上の市場占有率をもっていた(山田, 1999)。

³ 正式名称は、IBM PC-DOS Ver. 4.0/V

丹, 1996)。日本のパソコン市場で受け入れられるためには、パソコンで日本語が使える必要があるため、漢字 ROM をもたない PC/AT 互換パソコンは長らく日本で広まらなかったといえる。しかし 1990 年にソフトウェア上での日本語処理を可能とした OS である DOS/V が開発され、同時にそれを実現できるだけのハードウェアの進歩があり、PC/AT 互換パソコン上でも日本語を扱えるようになった。その結果、パソコンにおける日本語の問題が解消され、世界にある様々なソフトウェアあるいは周辺機器の豊富さ、価格の安さの優位性の存在から、DOS/V パソコンが日本で普及したのである。

3 購入意思決定とネットワーク外部性

3.1 パソコンとネットワーク外部性

パソコンをはじめとする情報関連の製品の多くにはネットワーク外部性が存在する。ネットワーク外部性は、ある製品と同じ製品および互換性⁴のある製品の利用者が多ければ多いほど、当該製品から得られる便益が増加する性質を指す (Katz and Shapiro, 1985)。電話などの通信サービスがそのネットワーク外部性の存在する典型例であるが、少数の加入者のみと通信できるサービスよりも、より多くの加入者と通信可能なサービスから加入者はより大きな便益を得ることができるであろう。このように、ネットワーク外部性は製品便益に正の影響を与える消費外部性の一つとして位置づけられている (林, 1989)。

ネットワーク外部性に関するこれまでの研究により、ロック・イン現象あるいはデファクト・スタンダードの形成など、市場における様々な特異

性が報告されている (Arthur, 1989)。

パソコンにもネットワーク外部性が存在すると考えられる⁵。パソコンから得られる便益は大きく次の二つが存在するのではないだろうか。

まずはパソコンそのものから得られる便益である。すなわち、パソコンを用いて文書を作成するあるいはデータを加工するなど、パソコン自体が提供するサービスから得られる便益である。この便益はパソコン単体で提供されるサービスに起因するものであり、他のパソコン利用者の状況には依存しない。

もうひとつは、同じパソコンあるいは互換性のあるパソコンの存在に起因する便益である。同じパソコンあるいは互換性のあるパソコンが多く使われていると、個人間のデータの交換可能性が高まることになる。データの交換を行うことができるということは、パソコンの利用者に正の便益をもたらすであろう。職場および友人間などで、文書データあるいは画像データ等をやりとりすることは利用者の利便性を高めることになる。特にインターネットが広まった今日では、データの交換に対する需要は高まっていると思われる。その他にも同じパソコンを使っている人が多ければ、使用法を容易に教えてもらうことが期待できる。使用方法の教授は、パソコンの使用にまだそれほど慣れていない利用者には非常に大きな魅力であるし、簡単なトラブルがあった場合においても助けてもらえるという安心感は利用者には大きな便益をもたらすであろう。

先のパソコン単体からもたらされる便益と異なり、この便益は同じあるいは互換性のあるパソコンの利用者数に依存している。なぜなら、同じパソコンの利用者が多ければデータの交換可能性あるいは使用法の教授を受けられる可能性が高まり、期待便益が高まることになるからである。したがって、利用者が多ければ多いほど得られる便益も大きくなる。つまりこれは、パソコンにネットワーク外部性が存在することを示している。

利用者がパソコンから得る便益には、ネットワーク外部性からの便益だけでなく、パソコン単体から得られる便益も存在する。ネットワーク外部

⁴ ここでいう互換とは、製品の一部および全部が共通化されている状態を指す (小林他, 1998)。

⁵ 厳密にはハードウェアとしてのパーソナルコンピュータ、その上で動くオペレーティング・システムおよびアプリケーション・ソフトを分離して議論すべきであろう。しかし本稿では議論の複雑化を避けるため、それらが一体となった「サービス」全体を「パソコン」と呼ぶことにする。

性以外の便益が存在することは、ネットワーク外部性が存在するサービスの典型である電話あるいはファクシミリと異なる。しかしこの点は、利用者が製品から得ることができる便益において、ネットワーク外部性に起因する便益が占める割合が製品毎に異なっている状態と解釈できる⁶。ユーザインタフェースの改善はあるものの、パソコンの機能の高度化が進み利用法を容易に習得することができないこと、あるいはパソコンの普及率の上昇、さらにはネットワーク化が進んだことに伴い、職場および日常生活においてデータの交換が重要になっていることを考えると、パソコンにおける便益でネットワーク外部性に起因する割合は大きくなっていると思われる。したがって、パソコンから得られる便益がパソコンの普及におよぼす影響、すなわち購買および利用の意思決定に関する議論において、ネットワーク外部性からの検討を行うことにより、普及に関する基本的な性質を導くことが可能であると考えられる。

3.2 購入意思決定における個人間心的近接要因

パソコンの購入および利用の意思決定は、これまでのネットワーク外部性に関する先行研究の想定よりも少し複雑であると考えられる。従来の多くの先行研究では、製品の購入を検討している個人は、同じ製品を利用している集団の規模の代理変数である製品普及率に影響を受けるとされている。つまりネットワーク外部性からの便益は、市場全体における当該製品の普及率の増加関数となっている。

確かにパソコンの購入を検討する際、個人は市場全体でどの規格のパソコンが多く利用されているかということ考慮に入れ、意思決定を行うであろう。しかし同時に、自分の身近な個人がどのようなパソコンを利用しているかということも考慮に入れるのではないだろうか。なぜなら実際に利用方法を教えてもらえると期待できる、あるい

はデータの交換を行う可能性が高いのは、物理的に近い、およびインターネットなどのネットワークを経由して仮想的に近い個人であるので、それらの個人が利用している規格のパソコンと同じものを購入すれば、ネットワーク外部性に起因する便益を期待できるからである。すなわち、物理的であれ仮想的であれ、購入意思決定は自分が「近い」と認識する個人の利用動向に影響を受けるといえる。

このことは、ネットワーク外部性が、市場全体からのネットワーク外部性と、自分と近い集団からのネットワーク外部性を合わせたものから成ると解釈できる。つまり、ネットワーク外部性には、マクロなネットワーク外部性とマイクロなネットワーク外部性が存在し、その両者が製品購入の意思決定に影響をおよぼすといえる。この両者の存在はパソコンに限らず多くの製品に存在し、製品によって両者の割合が異なっていると考えられる。使用法が容易でデータの交換がそれほど重要でない製品ならマクロなネットワーク外部性の割合が大きく、逆に使用法が難しくデータの交換が高い価値を持つ場合マイクロなネットワーク外部性の割合が大きいのと思われる。両者の割合の違いは、製品の性能あるいは使用方法といった技術的な特徴に強く関係しているといえる。

また、マイクロなネットワーク外部性を引き起こす個人集団でいう「近さ」は、実際に近いかが問題ではなく、個人が「近い」と認識しているかが重要である。つまり心的に近接している集団のなかで、同じ製品を利用している個人がどのくらい存在するかによってマイクロなネットワーク外部性の大きさが決まるのである。本稿では、マイクロなネットワーク外部性を規定する、個人が認識する他の個人との「近さ」の要因を、「個人間心的近接要因」と呼ぶことにする。さらに本稿では、個人が近いと認識する集団を「近隣」と定義する。したがってネットワーク外部性は、市場全体からの影響であるマクロなネットワーク外部性と、近隣からの個人間心的近接要因に起因するマイクロなネットワーク外部性から構成されることになる。

⁶ 製品から得られる便益全体に占めるネットワーク外部性の割合に関する議論については、松村他 (1999) を参照されたい。

3.3 個人間心的近接要因とマルチエージェントモデル

他の個人からの影響に関し、市場全体の動向のみが個人の製品選択行動に影響を与える場合、ネットワーク外部性の影響は全ての個人について共通である。しかしネットワーク外部性に個人間心的近接要因が存在する場合、ネットワーク外部性の影響は各個人ごとに異なるものとなる。なぜなら、ある一時点を考えると、近隣からのネットワーク外部性、すなわち自分の近隣の個人が製品を利用しているか否かということから発生するネットワーク外部性は、各個人が直面している近隣の状況によって違っているためである。さらに、市場における製品普及の状態は時間の経過とともに変化するため、同一の個人についても一前期と今期とでは、近隣からのネットワーク外部性が異なっている。

つまり各個人は、市場において、近隣および市場全体という自分の周辺の環境をもとに、各々が意思決定を行っているといえる。そして各個人の意思決定により、近隣を含めた市場全体の状態が変化し、その変化が再び各個人の意思決定に反映されるという過程が繰り返されることになる。

近年、自然科学だけでなく経済学をはじめとした社会科学の分野においても、多数の自立的な個人を仮定する、マルチエージェント型のモデルが導入されつつある。特に人工社会シミュレーションなどでは、KISS (Keep It Simple and Stupid) 原理に基づいたエージェント指向シミュレーションのアプローチが比較的受け入れられている(出口, 2000)。このマルチエージェント型のモデルは、時間展開があり、マイクロ・マクロリンクの入るエージェント間の相互作用がある場合の分析には、有効であるといわれている。

ここで必要とされるモデルは、これまでのネットワーク外部性の議論に個人間心的近接要因の概念を導入し拡張されたモデルである。そして個人間心的近接要因が導入されるならば、ダイナミックなマイクロ・マクロリンクが特に重要になる。したがって個人間心的近接要因が存在する製品の普及および市場競争の分析のためには、拡張が容易

であり、ダイナミックなマイクロ・マクロリンクを導入可能な、マルチエージェント型の競争モデルを構築することが有効であると考えられる。

4 ネットワーク間障壁モデル

4.1 基本モデル

ここでは、岡本(2003)をもとに、近隣および社会全体からのネットワーク外部効果を導入した、マルチエージェント型の基本シミュレーションモデルを説明する。すなわち、製品の利用から得られる個人の便益がその個人の近隣および市場全体の状況に影響を受ける現象を、各々の個人の効用関数に個人間心的近接要因を導入することにより表現した、拡張ネットワーク外部効果モデルである。以下に説明する基本モデルを、後にネットワーク間に障壁が存在する場合のシミュレーションモデルへと拡張する。

モデルでは、ある程度多数の個人が格子状の場所に存在する「人工社会」を想定する。本稿では、2500人の個人が50×50の格子状に配置されているとする⁷。各々の場所の個人は、配置された場所から移動することはなく、特定の場所に「住み」続けることになる⁸。またこの格子平面はトラス状になっているとする。つまり右端は左端に、上端は下端につながった配置になっている。これにより境界問題がなくなり、2500人の個人に同じ意思決定モデルを適用可能となる。

この社会には A および B という2つの製品が存在し、競合状態にある。これらの製品は、ネットワーク外部効果とその普及動向に影響をおよぼす製品である。これら2つの製品は同種の製品で

⁷ 本稿のモデルではさまざまな大きさの社会を指定することができるが、シミュレーションを比較的短時間で終える目的から2500人の社会を想定する。

⁸ 後のネットワーク間障壁モデルにおいて想定している典型例はパソコンであるが、この個人の移動を禁止する仮定は、対象がパソコンであるなら、それほど極端に非現実的な仮定ではないであろう。また個人間の近隣関係を物理的なものでなく、仮想的な関係と考えるなら、現実の世界と大きく異なっていることはないと思われる。

あるため、両方を購入することには意味が無く、各個人は2つの製品のうち、どちらかの製品を買う、あるいはどちらも買わないという意思決定を行うとする。

各個人の製品購入の意思決定は、各々の製品から得られるであろう便益を比較することによって行われる。製品からの便益は、他の個人の購入動向に関係なくその製品から得られる製品固有の便益、ネットワーク外部効果から得られる便益、製品の購入費用を便益で測った負の便益、の三要素から構成されているとする。各個人は各々の製品について便益をはかり、より高い便益の得られる製品を購入することになる。もちろん、どちらの製品からも正の便益が得られない場合は、製品を購入することはない。

各個人は、一方の製品を購入したとして、後に他方の製品により魅力を感じるようになった場合、製品を買い換える。そのとき一般的には、製品の乗り換えのために追加的に必要となる費用、すなわち乗り換えコストが発生する。しかしここではネットワーク外部効果に議論の焦点を絞るため、乗り換え製品の購入費用を支払えば、追加的なコストなしで製品乗り換えが可能であるとする。

製品固有の便益はいわば製品の好みであるので、個人ごとに異なっていることが一般的である。そこで各個人の製品固有の便益は、A製品およびB製品ともに多様であり、その分布は一樣分布にしたがっているとする。その際、全く便益を見いださない個人の便益を0.0、最も高い便益を見いだす個人の便益を1.0として規格化する。また各々の製品固有の便益は他製品のそれと独立であるとおく。

本稿が対象としている製品は、購入の意思決定に際し、近隣および市場全体の両方の動向からそれぞれ影響を受ける。したがってネットワーク外部効果から得られる便益は、近隣からのネットワーク外部効果および社会全体からのネットワーク外部効果をあわせたものとなる。ネットワーク外部効果は同じ製品を購入した集団の増加関数と考えられるが、モデルでは集団の代理変数として製

品の普及率を用いることとする。さらに Arthur (1989) あるいは林 (1992) などの先行研究に習い、その関数は線形であると仮定する。また、近隣および社会全体のネットワーク外部効果の加重平均がネットワーク外部効果全体であるとする。この設定により、近隣へ対するウェイトを w とすると、ネットワーク外部効果全体のうち、 w に対応する部分は近隣から、は社会全体から構成されることがモデル化できる。

近隣は、上下左右に斜め方向を加えた近傍を採用する。したがって、もし個人が近隣と考える範囲が1ならば、近隣の個人の数は8人となり⁹、近隣と考える範囲が2ならば、近隣の個人の数は24人となる。個人が近傍と考える範囲が社会全体である場合は、個人間心的近接要因を導入しない基本的なネットワーク外部性モデルと同一になる。

製品購入に必要な価格は、便益で測ることができると仮定する。製品には使い続けるために会費を支払う場合が存在する。ここでも同様に製品の利用には継続的な利用料のような費用がかかるとする。また両製品は競争的に市場に供給、すなわち両製品は限界費用に等しい価格で供給されることになる。さらにネットワーク外部効果が製品普及におよぼす影響を見やすくするため、両製品は技術的に大きな差はなく、市場競争にさらされているため、等しい価格で供給されているとする。以上の仮定から、価格を p とすると、A製品およびB製品の初期普及率はそれぞれ平均的に $\frac{1-p^2}{2}$ となり、初期非購入率は平均的に p^2 となる。

以上の仮定にしたがって、各個人は製品購入の意思決定を行う。

また、本稿ではこのモデルを用いてシミュレーションを行う。シミュレーションの終了条件は、例えば独占状態に陥るなどある状態に収束する場合、あるいは複数の状態を繰り返す「ループ状態」に陥った場合とする。

⁹ これはムーア近傍と同じである。

5 ネットワーク間の障壁がおよぼす影響

5.1 ネットワーク間に存在する障壁

情報ネットワークサービス財が形成するネットワークにおいて、ネットワークの内側にいる個人と外側にいる個人とが、いつも障害なく影響を及ぼしあう状況にあるとは限らない。あるネットワークと他のネットワークをと隔てる境界に、自由な影響の及ぼし合いを阻害する、ある種の「障壁」が存在する場合は多い。そのため、ネットワークの内側と外側とで全く異なる製品が普及することもある。

第2節に述べたように、かつての日本のパソコン市場においては、PC-98規格のパソコンが圧倒的な市場占有率を占めていたが、同じ時期の世界のパソコン市場では、PC/AT 互換パソコンが普及していた。PC/AT 互換パソコンで日本語を使うことが困難であったため、その優位性にもかかわらず、日本の市場に受け入れられなかった。したがって、ソフトウェア上での日本語処理を可能とした OS である DOS/V が開発され、日本語の問題が解消された後、PC/AT 互換パソコンが日本市場においても普及する環境が整い、PC-98規格の日本における市場占有率は急激に縮小し、現在では PC/AT 互換パソコンが日本のパソコンのデファクト・スタンダードとなっている。

つまりかつてのパソコン市場には、PC-98規格のパソコンのネットワークおよび PC/AT 互換パソコンという二つのネットワークが存在し、両者は競合状態にあった。しかし日本と世界のパソコン市場との間には「日本語」という障壁が存在したため、PC9800互換パソコンは障壁に守られる形で市場競争を行っていたといえる。つまり伊丹(伊丹, 1996) が指摘するように「日本語の壁は外からの壁として機能し」、日本のパソコン市場は、まさに日本語の壁によってプロテクトされていた」と考えられる。世界のパソコン市場における大きな市場占有率、ソフトウェアの豊富さ、および価格優位性があったにもかかわらず、日本語

の障壁が高かったため、PC/AT 互換パソコンのネットワークの拡大は困難であったのだろう。ゆえに、日本語対応 OS である DOS/V の登場によって、ネットワーク間に存在した障壁が低くなり、対等に近い市場競争が実現したと考えられる。

この事例から導かれることは、異なるネットワークの間に障壁がある場合、障壁の内外で異なる製品が独立に普及するということである。したがって、障壁の影響が強い場合、社会的に見てより効率的な製品ネットワークが存在するにもかかわらず、障壁の内側では比較的効率の面において劣る製品ネットワークが成立する可能性がある。また逆に、障壁内の優れたネットワークが外側のネットワークに伝わらないこともあるだろう。さらに、障壁が低くなる、あるいは障壁が無くなった場合、一気に普及が進行する可能性もある。ネットワーク間の障壁は、製品の普及において、このような特異な影響をおよぼすと考えられる。

5.2 ネットワーク間の障壁のモデル

ここでは先のマルチエージェント型のモデルを基本とした上で、複数の市場の間に障壁が存在するモデルに変形する。

いま市場には、製品 A および製品 B の2つの情報ネットワークサービス財が提供されているとする。市場に存在する個人は、どちらか一方の製品を購入するあるいはどちらも購入しないという意思決定を行っている。どちらの製品にもネットワーク外部性が存在するため、個人が製品に対し見いだす便益は、自分と同じ製品を利用する、すなわち同じネットワークに属していると、各個人が「認識する」集団の大きさに影響を受ける。ここであえて「認識する」としたのは、実際に同じ製品を利用している集団の大きさではなく、個人が主観的に認識する集団の大きさに影響を受けることを、明示的にモデルへ導入するためである。

当該製品には、例えば「日本語処理」のような製品利用における制約があるために、市場が複数に分割され、各々の市場の間にはある種の障壁が存在すると仮定する。つまり先に示したパソコン

市場の事例ならば、日本国内および国外が分割された市場に対応する。ここでは市場は2つに分割され、障壁の内側に N 人の潜在的な需要者である個人が、障壁の外側に N_{out} 人の個人が存在するとおく。

さらに物理的あるいは仮定の障壁が存在するため、分割された市場の間では、製品利用者の集団の影響が、十分にあるいは全く反映されないことになる。言い換えれば、ネットワーク外部効果の一部あるいは全部が、障壁を越えない状況が発生するのである。

ネットワーク外部効果は障壁を全く越えない場合もあれば、障壁をある程度越えて影響をおよぼすこともあると考えられる。いわば障壁には高さが存在することになる。つまり障壁が高いならば、一方の市場におけるネットワーク外部効果が他方の市場にまでおよぶことは少ないが、障壁が低いならば効果が他の市場までおよぶことになる。したがって、障壁の高さは、一方の市場におけるネットワーク外部効果が他方の市場におよぶ割合あるいは確率であると考えることができる。

日本におけるパソコンの事例において、日本国外のパソコン市場は国内の市場と比較すると、市場規模、ソフトウェアの種類、価格のいずれにおいても圧倒的に優位にあったと思われる。本来、市場間のネットワーク外部効果は双方向である。しかし障壁が認識される場合、一方の市場が優位性を有し、他方が障壁によって守られていることが多く、障壁が低くなった際に生じるネットワーク外部効果の流出は一方であると考えたとしても、違和感は少ないであろう。そこでここでは、障壁の内部で製品 A、障壁の外部で製品 B が普及している状況を想定し、障壁が低くなるにしたがい、製品 B のネットワーク外部効果が障壁内部に進出すると仮定する。具体的には、障壁を表す確率を z とした場合、障壁内部の個人は、 zN_{out} の障壁外の個人が製品 B を利用していると認識し、その影響を受けることになる。

5.3 ネットワーク間の障壁による普及特性

5.3.1 障壁が障壁内の製品普及におよぼす影響

ネットワーク間の障壁を導入したモデルに基づき、シミュレーションによって、普及の特性を導く。シミュレーションに際し、パラメータを設定しなくてはならない。まず、ネットワーク外部性のパラメータ k であるが、 $k=1.2$ とする。障壁内の市場に存在する個人の数 N については、 $N=2500$ とおく。

障壁外の個人の数 N_{out} であるが、市場間のネットワーク外部効果が一方であることから、 N_{out} は N と比べて非常に大きな数が想定される。しかしモデルにおいて障壁内におよぶ影響は zN_{out} に比例するため、 N_{out} の大きさ自体はモデル上それほど意味をもたない。ここではシミュレーションの便宜上、 $N_{out}=2500$ と設定し計算を行った。

シミュレーションの目的から、期初に障壁内で製品 A が普及する状況を実現しなくてはならない。ここでは普及状況を内生的に発生させるため、ある普及率が実現していると仮定し、その普及率のもとで障壁内の個人が意思決定を行い、その結果成立した 0 期の普及率 f_0 をもとにシミュレーションを開始する手法をとる。そのため、期初に仮定する普及率 f_{pre} が $f_{pre}=0.8$ であるなら、 $k=1.2$ および製品固有の便益に関する一様分布の仮定より、平均的に $f_0=0.96$ となる。

また製品利用の価格 p は、 $p=1.0$ に設定した。これは、 f_0 が与えられた後、ネットワーク外部性の要因のみが製品普及に影響を与えることを意味する。なお、まず最初に近隣からの影響が存在しない、すなわち個人間心的近接要因が存在しない場合を検討する。したがって、ここでは近隣からの影響へのウェイトを $w=0.0$ とする。

シミュレーションは1000回行う。ネットワーク外部性が存在するため、製品普及は独占状態に向かいがちであり、障壁内は製品 A の独占状態に

なる。しかし障壁の存在いかんによって製品 A の独占状態が実現されなくなる可能性がある。障壁の高さと平均最終普及率との関係を図示したのが、図 1 (b), および障壁の高さと独占状態になる割合との関係を図示したのが、図 1 (a) である。図の横軸は、障壁の高さを表す z であり、 $z=0.1$ ならば障壁外のネットワーク外部効果の 10% が障壁内におよぶことを示す。また縦軸は、1000 回の試行のうち、障壁内の最終普及率の平均および障壁内で 90% 以上の普及率を獲得した割合である。シミュレーションでは、期初に仮定する普及率 f_{pre} について、 $f_{pre}=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$, つまり f_0 が 24%, 48%, 72%, 96% の 4 つの場合について検討した。

図 1 (a) より、障壁の高さに対する独占状態の割合は、不連続的に変化することがわかる。例えば $f_{pre}=0.4$ の場合であるなら、 $z=0.08$ ではほぼ 100% の割合で障壁内の製品 A の独占的な地位が保たれている。しかし、さらに障壁が低くなると製品 A が独占に至る割合が急に低減し、 $z=0.15$ で割合が 0.0 になる。そして、以降製品 A が独占状態になることはない。それだけでなく、 $z=0.15$ では、100% の割合で製品 B が障壁内で独占に至ることになる。

また図 1 (a) および図 1 (b) は形状がほぼ一致している。これはネットワーク外部性が存在するために、障壁内の市場において実現する帰結が、一方の製品が他方の製品を完全に駆逐するあるいは大部分駆逐する状況であるためである。つまり市場を構成する個人の選好の分布により、同じパラメータにおいても市場競争に勝利する製品が異なることがあるが、市場における勝敗が決した場合、その製品が市場を席巻することを意味している。したがって、試行中に製品 A が独占に至る割合と最終平均普及率とのグラフが同様の形状になる。この不連続ともいえる変化は、他の初期普及率においても同様に見られる。つまり、市場を分割する障壁が低くなると、障壁内の独占的な状況が崩れ、障壁外の製品が市場を独占する状況へと変化する。市場の独占的な状態が一方から他方へ次第に変化するのではなく、急速に変化する特

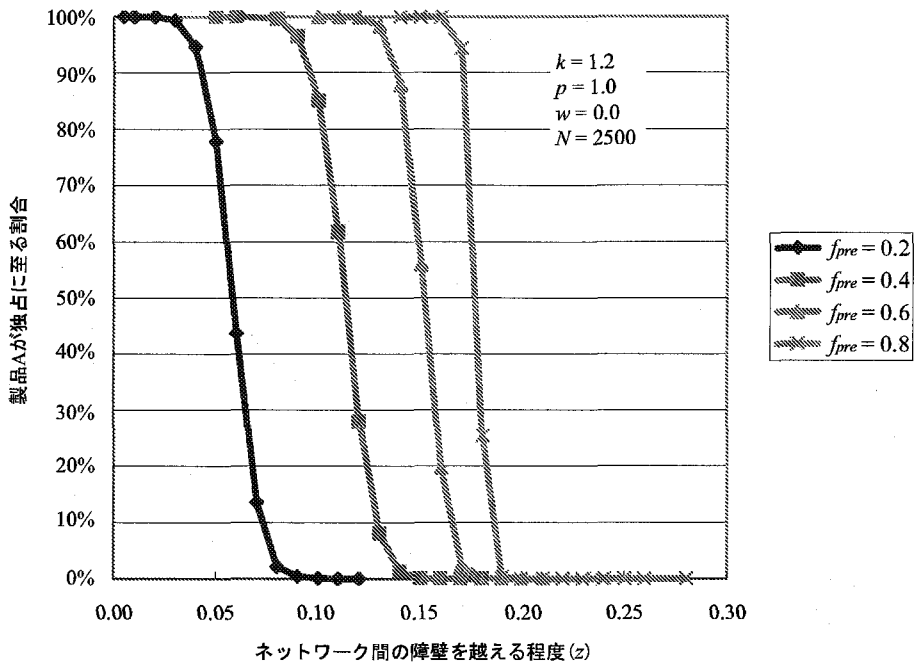
徴を持つといえる。いわば、状態が不連続的に変化する障壁の高さである「クリティカル・バリア」が、存在すると考えられる。

また、初期にある程度大きな障壁内普及率が存在するほど、すなわち f_{pre} が大きいほど、グラフは右へシフトしている。さらに、例えば $f_{pre}=0.8$ の場合 $z=0.16$ までは試行中 100% の割合で障壁内の独占的地位が保たれている。モデルでは、障壁外からの影響が強くなるように設定されているにもかかわらず、 f_{pre} が大きい場合には高い z , すなわち障壁をかなりの程度低めない限り障壁内の独占的地位を打破することが出来ない。このことは、障壁外からの圧力があつたとしても、障壁が低くなる前にある程度の障壁内製品普及を確保できたなら、市場から駆逐される可能性が低くなることを示している。

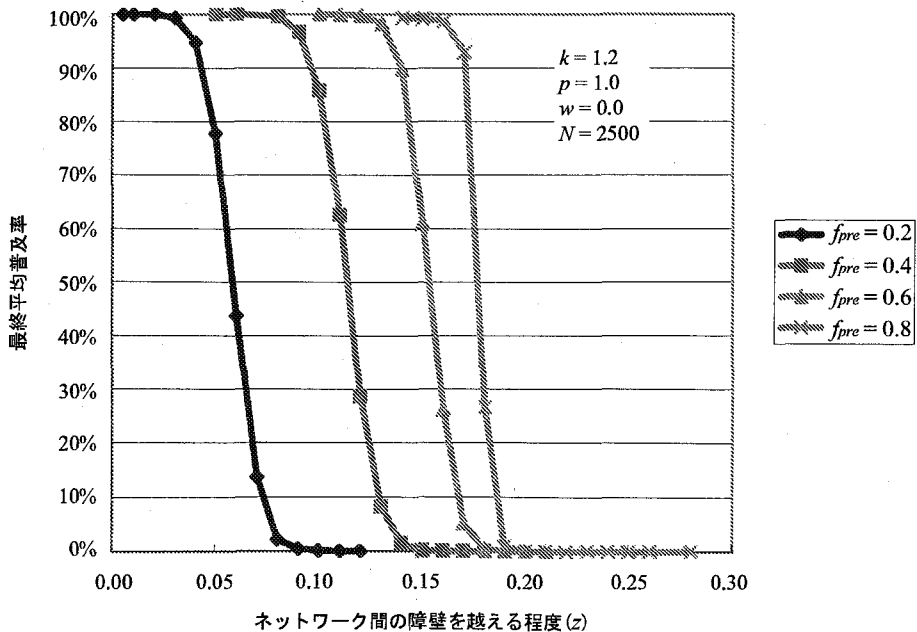
以上より、次の命題が得られる。

命題 1 : ネットワーク間に障壁が存在する場合、障壁内の独占的な状態は、障壁の高さに応じ不連続的に変化する。また、初期の高い障壁内普及率は、障壁内製品の独占的な地位を保持する。

市場を分割する障壁は、言語、習慣、使い方、規格、プロトコルなど、技術で克服できる可能性のあるものも存在するであろう。障壁が使い方であるなら、利用法のサポート機能を導入することは可能であるだろうし、規格ならば、対応するように製品を変更するあるいはコンバータを付加するなどの方法が考えられる。障壁外である程度大きな製品普及が実現している場合、技術で障壁を低くすることができるなら、ネットワーク外部効果を伴い、一気に製品普及が促進される可能性がある。このことは、障壁内に新規に製品を普及させる際、障壁を低くする取り組みが有効であることを示唆している。



(a) 障壁の高さと障壁内で独占状態になる割合



(b) 障壁の高さと平均最終普及率

図1：障壁内の製品普及へ障壁の高さがおよぼす影響

5.3.2 個人間心的近接要因が障壁におよぼす影響

次に個人間心的近接要因が存在する場合を検討する。ここでは、シミュレーションを開始する前の障壁内での製品 A の仮市場占有率を、先ほどのシミュレーションの中程である $f_{pre}=0.6$ に設定する¹⁰。つまり期初には、障壁内において平均的に $f_0=0.72$ の製品 A の普及が存在する。このパラメータのもとで近隣からの影響のウェイト w を変化させ、比較を行う。具体的には、 $w=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ の4つの場合を検討する。個人間心的近接要因がある場合、障壁の高さによって障壁内の製品 A の独占的な状態が変化する様子を示したのが、図2(a) および図2(b)である。図2(a)は、独占状態を、製品が90%以上の市場占有率をもつ状態とし、1000回行ったシミュレーションの中で独占状態に至った割合をグラフ化している。なお、個人が近隣として認識する範囲は、自分自身の周囲1人までとする。

図2(a)においても図1(a)と同様に、障壁が低くなると、製品 A の独占的な状態が不連続に変化している。ネットワーク外部性に個人間心的近接要因が存在する場合でも、障壁が低くなると、障壁内の製品 A の独占的な状態が突然崩れる特徴を見いだすことができる。

また、近隣からのネットワーク外部性に対するウェイトが大きくなり、市場全体よりも自分の近隣の個人から強く影響をうけるようになるにしたがってグラフが右へシフトする、すなわち不連続な変化が発生し始める障壁が低くなっている。つまり、近隣からのネットワーク外部性が大きい場合、製品 A の独占状態を崩すためには、障壁を大きく下げなければならないことになる。言い換えれば、製品 A の供給者は、障壁内の独占的な地位を守りやすいといえる。

さらに、独占状態を製品 A が障壁内で70%以

上の市場占有率をもつ場合とおき、描いたのが図2(b)である。図2(a)と比較すると、 $w=0.2$ あるいは $w=0.4$ はそれほど変化しないが、 $w=0.6$ のグラフは大きく右へシフトしている。また $w=0.8$ では、 $z=1.0$ すなわち障壁外のネットワーク外部性が障壁内に100%影響する場合であっても、ほとんどの試行で市場占有率70%以上の独占状態にあることがわかる。つまり、 w が大きくなるにしたがって、領域内の製品 A の独占的な地位が保たれやすいことになる。このことから、近隣からのネットワーク外部性が大きいならば、障壁内の独占的な状態が変化しにくくなることが示唆される。

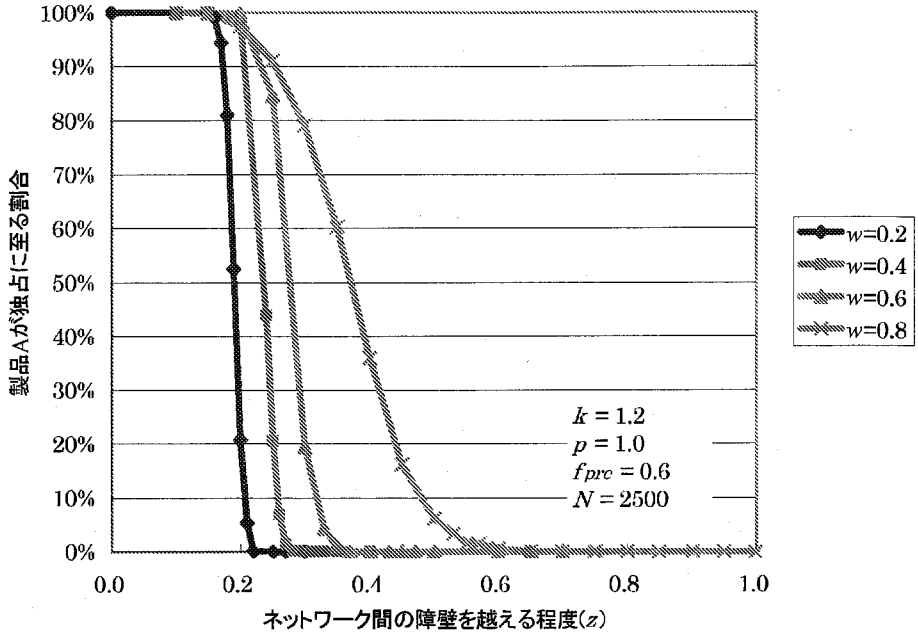
各々の w について、ネットワーク間の障壁と平均最終普及率との関係を示したのが、図3である。図3から、近隣からのネットワーク外部性が強くなるにしたがって、グラフが右上へシフトする傾向を読みとることが出来る。図3からも、近隣からのネットワーク外部性が大きいならば領域内の製品 A の独占的な地位が保たれやすいこと、および障壁内の独占的な状態が変化しにくくなることが示唆される。

近隣からのネットワーク外部性の影響が強いならば、近隣の個人以外から受ける影響は小さくなり、それに比例して障壁外の競合製品の影響も小さくなる。このモデルでは、障壁外の製品のネットワーク外部性を強く設定しているが、個人にとって近隣からの影響がより強いいため、障壁内の製品の独占的な状態が崩れにくいことになる。事前に障壁内である程度の特定制品の普及があった場合、ネットワーク外部性の心的近接要因は、いわば「障壁」として市場に影響をおよぼすと考えられる。

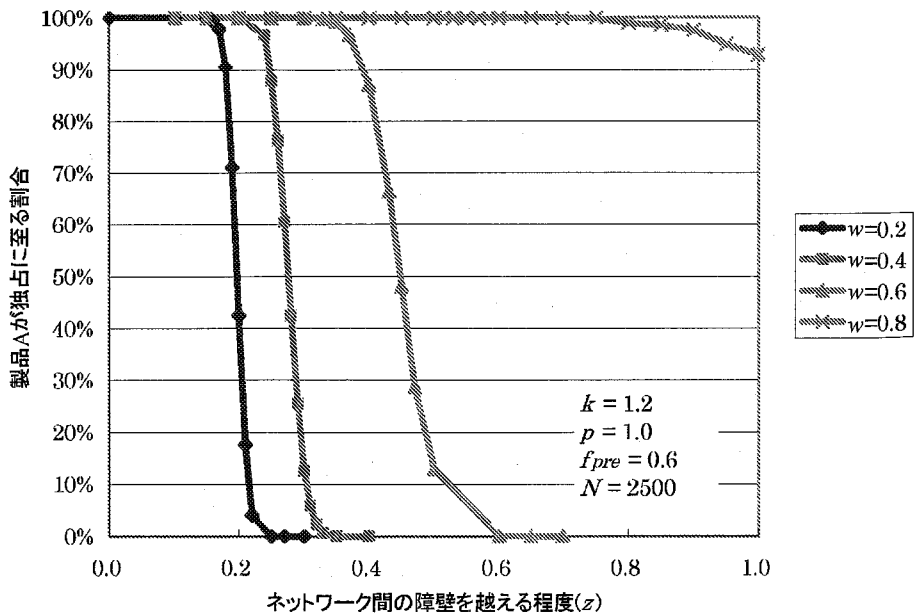
以上より、次の命題が示唆される。

命題2：ネットワーク外部性における個人間心的近接要因は、障壁内の製品の独占的な状態を保つ。

¹⁰ 図1(a)を見ると、 f_{pre} が変化した場合、グラフがシフトするだけで形状はほとんど変化していない。したがって、このシミュレーションで f_{pre} が変化したとしても、導出される結果には影響しないと考えられる。



(a) 90%以上の市場占有率を独占状態とした場合



(b) 70%以上の市場占有率を独占状態とした場合

図2：個人間心的近接要因がある場合の障壁の程度と独占状態

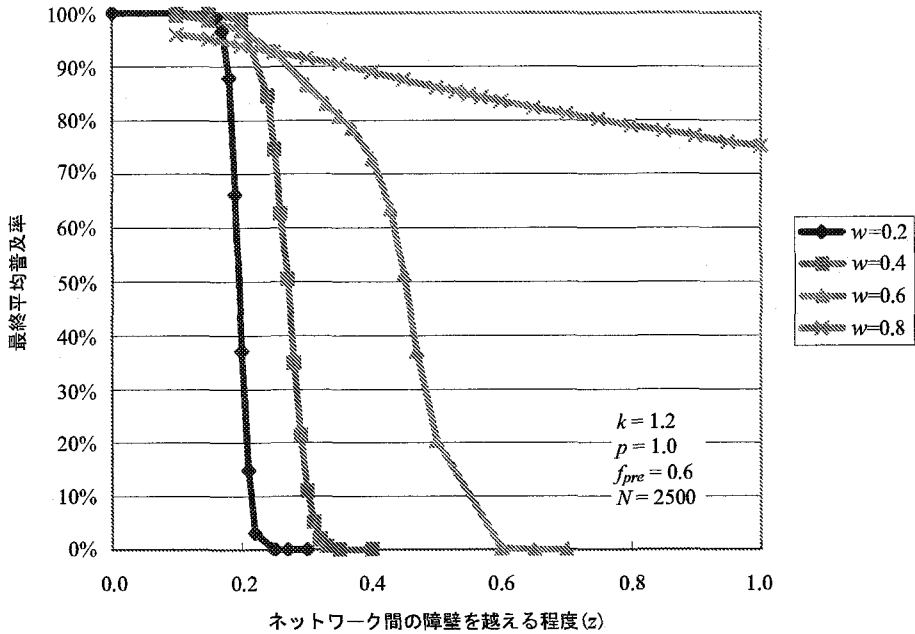


図3：個人間心的近接要因がある場合の障壁の高さと平均最終普及率

6 まとめと議論

本稿では、かつての日本のパソコン市場にみられたPC-98規格のパソコンからPC/AT互換パソコンへのデファクト・スタンダードの急激な変化に注目し、その仕組みについて検討を行った。その際、日本のパソコン市場における日本語の障壁のようなネットワーク間に存在する障壁の要因、および個人が認識する近さによって大きさが異なるネットワーク外部性の要因の二つに注目した。

まず、日本のパソコン市場の変遷を検討し、かつてPC-98規格のパソコンがデファクト・スタンダードとなり、性能および価格において優位性を持った外国のパソコンの参入を阻んでいたのは、日本語が障壁の役割をしていたためであること、また技術の進歩およびDOS/Vの登場により日本語の障壁が無くなったため、PC/AT互換パソコンが日本市場で普及したことを示した。さらにこの事例から、一般に製品ネットワーク間にネットワーク外部性の影響を妨げる障壁が存在する場合、障壁内で独特の製品普及が存在する可能

性を指摘した。また、パソコンのようにデータの交換あるいは他の利用者からの助言が高い利便性をもたらす情報関連の製品では、ネットワーク外部性の大きさが、個人が認識する近さに応じて変化することを示した。

これら二つの要因に焦点を当て、ネットワーク間に障壁が存在する場合の製品の普及特性を分析するために、本稿では、個人間心的近接要因とネットワーク間の障壁の要因を導入したマルチエージェント型のネットワーク外部性モデルを提案した。モデルから、ネットワーク間に障壁が存在する場合、障壁内の独占的な状態は、障壁の高さに応じ不連続的に変化すること、および初期の高い障壁内普及率は、障壁内製品の独占的な地位を保持することを示した。さらに、ネットワーク外部性における個人間心的近接要因は、障壁内の独占的な状態を保つことを指摘した。

モデルから導かれる普及特性より、製品ネットワーク間に障壁が存在し、障壁外である程度大きな製品普及が実現している場合、障壁を低くする技術への研究開発が、障壁内への製品普及促進に対し大きな効果をもつことが示唆される。例えば

製品の仕様変更, コンバータの付加, 使用法に対するサポート態勢の充実などで障壁を低くすることができる場合, それらの有効性が普及促進に対し有効であるといえる。モデルからの示唆は, 製品普及戦略策定に際し, 経営資源投入の意思決定に有益であると思われる。

本稿で提案したモデルは, 個人の属性を柔軟に設定できるマルチエージェント型のモデルであるので, 修正および拡張に対応できる。しかし単純化のため, 個人間の関係を格子状に配置し規格化するあるいは個人間心的近接要因も全ての個人について規格化するなど, 現時点における本稿のモデルは現実社会と乖離がある。また, ネットワーク間に存在する障壁における仮定が強いなど, 改善すべき点が存在する。これらの点は, 今後の課題としたい。

参考文献

- Arthur. B. (1989) "Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Small Events". *The Economic Journal*, vol. 99, no. 394, Mar., pp. 116-131.
- Katz, M. L. and C. Shapiro (1985), "Network Externalities, Competition, and Compatibility". *American Economic Review*, vol. 75, no. 3, Jun., pp. 424-440.
- 出口弘 (2000) 『複雑系としての経済学』日科技連.
- 林敏彦 (1989) 『需要と供給の世界』日本評論社.
- 林敏彦・松浦克己 (編) (1992) 『テレコミュニケーションの経済学』東洋経済新報社.
- 伊丹敬之・伊丹研究室 (1996) 『日本のコンピュータ産業なぜ伸び悩んでいるのか』NTT 出版.
- 小林敏男・岡本隆・田窪美葉 (1989) 「市場競争におけるネットワーク外部効果について—モデルとそのシミュレーション—」『組織科学』vol. 31, no. 4, Jun., pp. 53-70.
- 松村政樹・栗本博行・小林敏男 (1999) 「家庭用テレビゲーム市場の分析: ネットワーク外部性とサービス総体の視点から」『大阪大学経済学』vol. 48, no. 3, 4, Mar., pp. 218-232.
- 岡本隆 (2003) 「情報ネットワーク型製品の普及特性および普及策—個人の心的近接要因を導入したネットワーク外部性モデルを用いて—」『日本社会情報学会学会誌』vol. 15, no. 1, Mar., pp. 21-34.
- 高松朋史 (2000) 『日本の企業間競争』有斐閣.
- 山田英夫 (1999) 『デファクト・スタンダードの経営戦略』中公新書.