The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	電子販売ネットワークの普及特性と実証
Author(s)	岡田, 広司
Citation	国際公共政策研究. 1998, 2(1), p. 101-110
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/8241
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

電子販売ネットワークの普及特性と実証*

Diffusion Characteristics of Sales by Electronic Networks : A Model and Its Application*

岡 田 広 司**

Hiroshi Okada**

This paper examines the diffusion characteristic of electronic commerce which makes use of the telecommunication network.

Today, technological innovation has led to rapid progress in the field of information and, as a result, a new network has been created. This telecommunication sales is a network set up for selling personal computer game software by using the amenities of the communication network.

In order to give consideration to the network diffusion factor, two models have been introduced. The first model is quoted as a network having the characterisitics of a purely internal or closed system, such as telecommunication sales and on the other hand, the second model has the characterristics of a generally available external or open environment system.

Having presented the two models, analysis and vaild proof have been provided herewith by application to the actual operation of telecommunication sales and business banking.

キーワード　：ネットワーク、普及特性、普及曲線

keywords　: Network, Diffusion characteristic, Diffusion curve

---

＊本稿は、筆者がエンジニアとして取り組んできた新事業の中から取り上げたテーマである。
本研究の過程で国際公共政策研究科　辻正次教授に数多くのご指導を頂いた。ここに記して感謝申し上げます。
＊＊大阪大学大学院国際公共政策研究科　博士後期課程

近年EDI(Electronic Data Interchange:電子データー交換)など情報通信ネットワークの導入が進んでいるが、本稿は通信ネットワークの普及特性について考察するものである。また本稿は、近年市場に登場したパソコンゲームソフトの自動販売システム(以下電子販売と呼ぶ)を中心に、より一般的なネットワークの普及特性と比較しながらモデルを設定する。最後に現実のデーターに基づきモデルの実証分析を行う。

I ネットワーク普及モデル

まず、ネットワークへの加入特性を解析するための普及モデルを構築しよう。新しいネットワークに消費者や企業が加入し、市場に新製品などが普及する時、その普及特性は概念的にS字型曲線を描くと言われている。[1] つまり、新しいネットワークや製品に対しては、始めのうちはためらいがちであった消費者も、時間と共に加入者数が増え、やがて市場は加入者で満され、最終的に新たに加入する消費者は存在しなくなり、普及は完了する。この特徴は、耐久消費財などの新製品購買行動に関する経験的事実と符合することが知られている。ネットワークへの加入者数の時間的推移についても、新製品・新技術が普及・伝搬して行く過程と同じものと考えられよう。

しかしながら、ネットワークの性質や加入対象消費者の特性によっては、異なる普及特性が考えられる。例えば、①環境が閉ざされ周囲の状況が判断できないため、いわゆるネットワークの外部性が生じないケース、②参加者の情報や、ネットワークの内容などが広くオープン化され、消費者や企業間で当該ネットワークの加入情報などが影響する、ネットワークの外部性が存在するケース、このようなものが考えられる。

電気通信回線を利用してパソコンソフトを販売する、Software Vending System では、その市場も限られている上に、利用者は Soft Vender と対話しながら自分の欲しい商品だけを購入するといった、外部からの情報を取り入れない状況で購買行動をすると考えられる。つまり、前者のケースと考えられよう。これに対して、一般的にみられるネットワークの特性は、いわゆるネットワークの外部性を持つ、後者の特性のケースと考えられる。この様に、消費者の購買行動によりネットワーク加入特性が異なると考えて、以下考察を進めよう。

ここで、ネットワーク普及モデルを次の様な微分方程式で表す。

$$dN(t)/dt = g(t)[\overline{N} - N(t)] \qquad (1)$$

$N(t)$は時間tにおけるネットワークの普及数、$\overline{N}$は当該ネットワークの普及数の最終的な規模であり、これは一定と仮定しよう。$dN(t)/dt$はネットワークの普及率、つまり加入者増加率を表し、$g(t)$はネットワーク普及係数を示すとしよう。当該モデルは、ある新規ネットワークの、時間tにおける加入者増加率が、最大加入者数値(人数、製品数など)$\overline{N}$と既加入者数 $N(t)$ との差、つまり未加入者数に依存することを意味している。即ち、既加入者数が増加するに従って、普及速度が低下してくることになる。

普及速度と未加入者数との関数を規定するのが普及係数の$g(t)$であり、これはネットワークの特性、メディアの種類、市場特性などにより異なると考えられる。つまり、ネッ

1) 影山喜一著『技術進歩の経済学』文眞堂、1982、pp.190-193。

トワークの外部性のない市場の場合と、他の加入者の情報が広く入手されるネットワークの外部性のある市場の場合とでは、市場規模だけでなく、加入者の推移や普及特性に大きな違いがみられであろう。つまり、①のケースではネットワークの外部性がないため、テレビCM等マスメディアの市場の外的要因によって一定の普及係数が決まり、②のケースではネットワークの外部性が問題になるため、周囲の他人の行動が大きく影響を受けて、普及係数が決まることになる。

そこで①のケース、及び②のケースの普及係数を、それぞれ次の様に仮定する。

① $g(t)=k_1$　　② $g(t)=k_2N(t)$

ここでk_1とk_2は、任意の定数である。

Ⅱ　ネットワークの外部性がない普及モデル

上記①の、$g(t)=k_1$ と想定する場合(1)式は次のようになる。

$$dN(t)/dt=k_1[\overline{N}-N(t)] \qquad (2)$$

次に、この微分方程式(2)の解を求めてみよう。[2)]

$$dN(t)/dt=-k_1[N(t)-\overline{N}]$$
$$dN(t)/[N(t)-\overline{N}]=-k_1dt$$

両辺を積分すると次のようになる。

$$\int dN(t)/[N(t)-\overline{N}]=-\int k_1dt+C$$

（Cは積分定数）

$$\log[N(t)-\overline{N}]=-k_1t+C$$
$$N(t)-\overline{N}=\exp(-k_1t+C)$$
$$N(t)=\overline{N}+C'\exp(-k_1t) \qquad (3)$$

C'は定数であり、次のように求められる。

t＝0の初期時点では、N(t)＝0 であり、これを(3)式に代入すれば、$C'=-\overline{N}$ となる。これを(3)式に代入すれば、N(t)が次の様に求められる。

$$N(t)=\overline{N}[1-\exp(-k_1t)] \qquad (4)$$

この(4)式が求める普及モデルの普及曲線である。(4)式は期間tが経過するほど N(t)は漸近的に$\overline{N}$に近づく図1の曲線となる。

Ⅲ　ネットワークの外部性がある普及モデル

次に周囲の影響を受けるネットワークの普及モデル②について分析しよう。上述したようにこのネットワークは消費者相互の行動が普及率に影響することから、上記② $g(t)=k_2N(t)$ となり、次の様に表される。

$$dN(t)/dt=k_2N(t)[\overline{N}-N(t)] \qquad (5)$$

この微分方程式は、変数分離型であるから次の様に解くことができる。

$$\int\{dN(t)/N(t)[\overline{N}-N(t)]\}=\int k_2dt$$
$$(1/\overline{N})\int\{1/N(t)+1/[\overline{N}-N(t)]\}=\int k_2dt$$
$$(1/\overline{N})\int\{\log N(t)-\log[\overline{N}-N(t)]\}=k_2t+C$$

（Cは積分定数の意）

2)　岡本哲治・蔵田久作・小山昭雄著『経済数学』有斐閣、1985、pp.296-338。

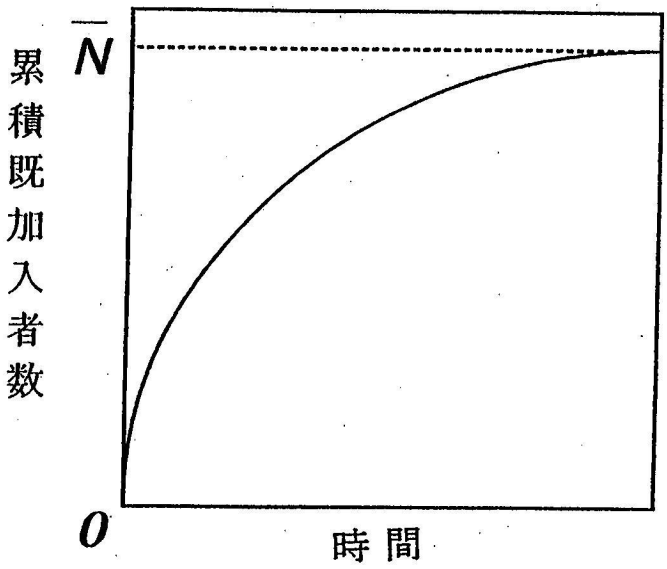

図1 普及モデル1の普及曲線

$$(1/\overline{N})\log\{N(t)/[\overline{N}-N(t)]\}=k_2t+C$$
$$N(t)/[\overline{N}-N(t)]=\exp\overline{N}[k_2t+C]$$
$$N(t)/[\overline{N}-N(t)]=C'\exp(\overline{N}k_2t)$$
$$(C'=\exp\overline{N}C)$$

これを整理すると、次の様に**N(t)**が求められる。

$$N(t)=[\overline{N}C'\exp(\overline{N}k_2t)]/[1+C'\exp(\overline{N}k_2t)] \quad (6)$$

式(6)が求める普及曲線式である。

この曲線はいわゆるS字型曲線と言われるものであるが、その状態を分かり易くするために、微分方程式(5)を次の様に加工しよう。

$$dN(t)/dt=k_2N(t)[\overline{N}-N(t)]$$
$$=k_2\{\overline{N}^2/4-[N(t)-\overline{N}/2]^2\} \quad (7)$$

(7)式は、普及速度が$dN(t)=\overline{N}/2$の時最大となる二次関数の放物線を描くことが分かる。つまり、普及速度最大時までは徐々に速度を増し、最大時に達した後は増加時とは対象な形で速度が減衰し、やがて0に至ることになる。この様な普及曲線を図2に示されている。

このネットワーク普及曲線は前述した様に市場に新技術や新製品が普及する場合に相当するとみられる。また生物学的にも、周囲の仲間の行動に影響される地域における生物の繁殖状態を表す曲線としても知られている。ネットワークの外部性の研究については、林・松浦(1992)[3]及び辻・西脇(1996)[4]等の先行研究を参照されたい。また、ネットワークの普及特性に、クリティカルマスという概念がある。辻・西脇(1996)によれば、一般的にネットワーク参加可能者の20%をカバーする段

階までを導入期といい、このポイントを第一次クリティカルマスという。このクリティカルマスを越えるとネットワークは自律的に成長して行くと言われている。また、ネットワーク参加可能者の80%をカバーする段階になると自律的成長は弱まり、このポイントは第二次クリティカルマスと言われている。[5] 本モデルはこのような特性をもつものである。

Ⅳ　企業活動のデーターによる実証分析

次に、実際市場で運用されている情報通信ネットワークについてこの理論モデルを当てはめてみよう。

まず、分析するネットワークとして Software Vending System を考えよう。当該システムは、前述した様にパソコンのゲームソフトという close された市場の商品を販売するシステムであり、消費者が当該ネットワークから商品を購入するとき、消費者自身がソフトベンダーとの対話で商品情報を知って購入するのである。また、このネットワークは、電気通信ネットワーク端末である Soft Vender の設置された地域の消費者によってのみ購入されるという、いわゆる外部性のない市場であると考えられる。

Software Vending System の売上推移を表1に示そう。この表をもとにしたものが図3 Software Vending System の普及曲線となる。

一方、これと比較するために、外部性があるケースを検討してみよう。

ここでは、電子商取引の一つである Firm Banking を例にとって、その導入推移を見ることにしよう。

当該 Firm Banking の導入推移は表2に示されている。また、その普及曲線は図4に

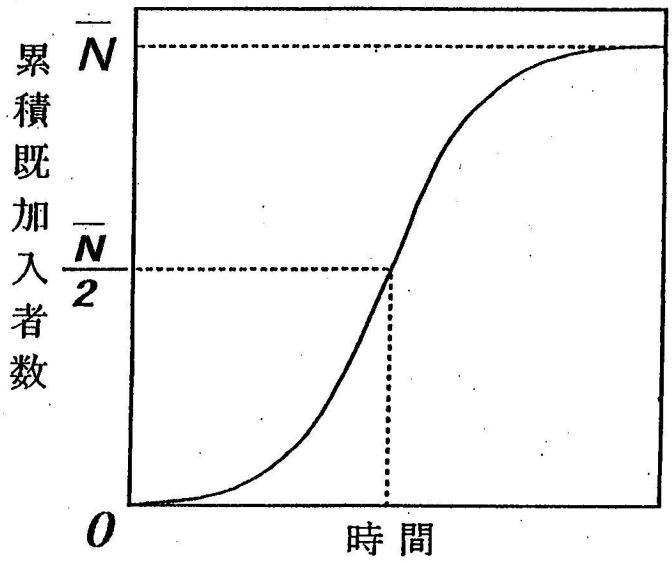

図2 普及モデル2の普及曲線

3) 林敏彦・松浦克己著『テレコミュニケーションの経済学』東洋経済、1992、pp.14-15参照。
4) 辻正次・西脇隆著『ネットワーク未来』日本評論社、1996、pp.17-19。
5) 辻正次・西脇隆著『ネットワーク未来』日本評論社、1996、pp.10-14。

表1 Software Vending System の売上推移

単位:百万円

年　度	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
年間売上	302	651	1028	1358	1522	1656	1788	1931
増 加 分	−	349	377	330	167	134	132	143

出所:ブラザー工業(株)新事業推進室(1995年)

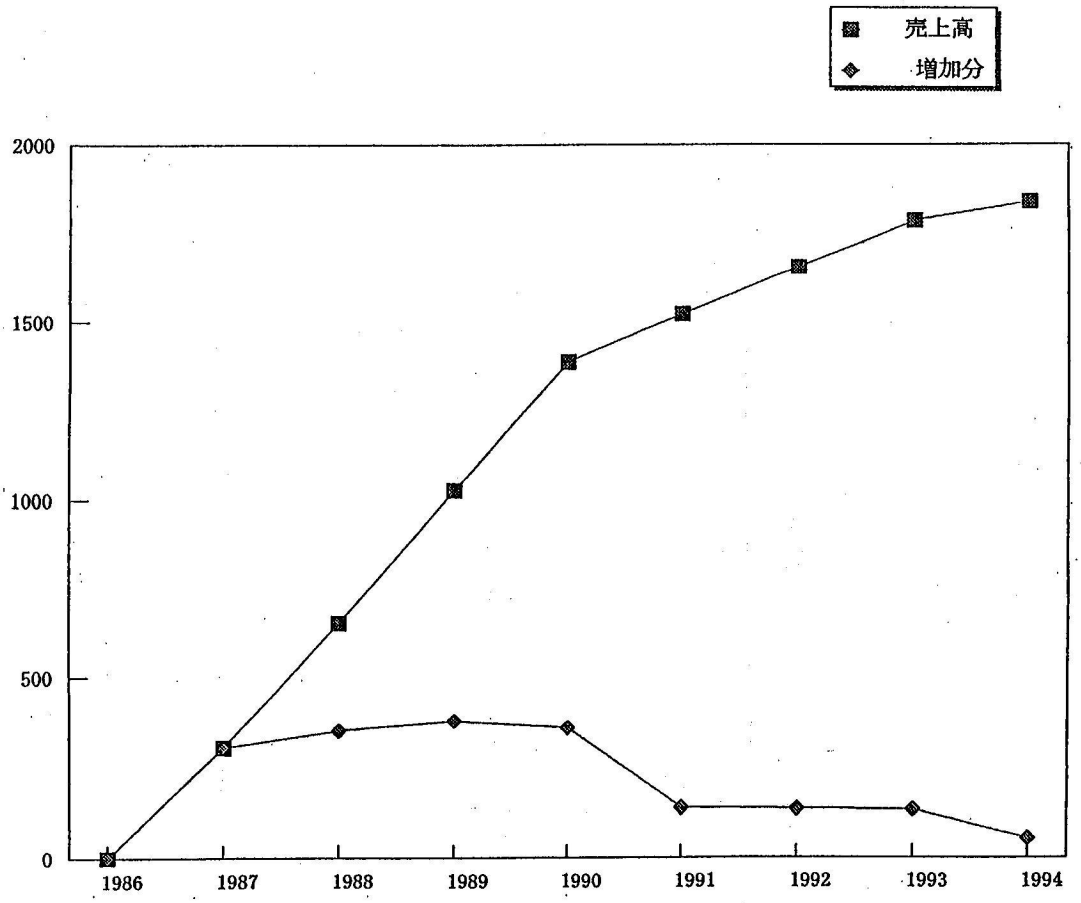

図3 Software Vending System の普及曲線

示される。

Firm Banking は1982年に公衆電気通信法が改正された第二次通信回線自由化により、システムの本格的な運用が始まったため、'82年以降の導入推移について分析した。

この二つの普及曲線を比較してみよう。

Software Vending System の普及曲線を表わす図3は、一部を除き図1の普及曲線に類似していることが分かる。その一部とは、バブル崩壊の市場経済の影響が、'91年 '92年あたりに現れ、売上曲線が下方傾向にあると思われる。ゲームソフトは狭い市場とは言うものの、嗜好型商品であり不況な時期には倹約行為が現れると考えられよう。普及曲線式

表2 Firm Banking の導入状況

導入年度	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96
導入企業数	2	2	7	11	8	8	17	29	53	40	35	25	28	29	9
累積加入数	2	4	11	32	30	38	55	84	137	177	212	237	265	294	303

出所:帝国データーバンク調査資料、VOL.21(1996)

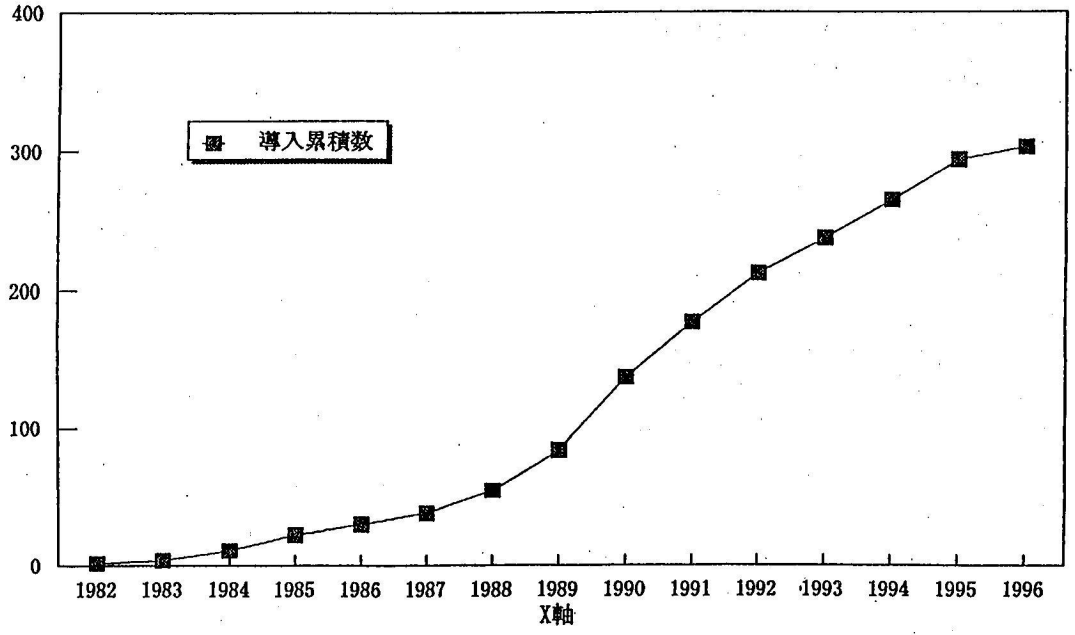

図4 Firm Banking 導入企業数曲線

(4)は、理論的に外部性のない曲線として定義されるものの、実際に展開した新事業で実証できたことは興味ある結果であろう。

一方、Firm Banking については企業の体質、取り扱う商品などの違いにより導入環境の違いはあろうが、S字曲線が得られたと言えよう。

Firm Banking の場合は、いわゆるネットワークの外部性により、周囲の企業の加入情報が入手できるため、当初はスローペースであった導入数も、他企業の加入に影響され急激に導入が進むが、やがて導入増加率が減少して行くと考えられる。また、前述した第一次クリティカルマスを越えた当該普及曲線は、その後自律的に成長を続けたといえよう。第二次クリティカルマスをむかえる時期については、もう少しの導入推移と市場状況が掴めないと判断できないと思われる。

V 外部効果のない新商品購入曲線と普及曲線の類似性

Software Vending System など外部性がないネットワークでは、加入者の推移、つまり普及曲線は直接加入者からの数値が把握できないと考えられる。そこで、この様な電子販売には「新商品の購入曲線と普及曲線の類似性の仮定」が成り立つと提起して考察したい。つまり、前項では電子販売の売上推移は当該ネットワークの普及特性と類似すると仮定し、売上推移を考察している。また、その実証値は仮定を満足していることがわかる。次にこの「電子販売における類似性の仮定」を解析しよう。

Software 商品は、新商品が短い周期で定期的に電気通信回線で発売されて行くのである。この場合、図5のように普及モデル1の普及曲線が定期的に発生しつつ複数の新商品が購入されていくと想定できよう。当該商品のように閉ざされた市場では、全体の顧客規模は想定できたとしても、普及の推移は把握しにくいのである。以下この様な定期的に発生する普及曲線の和が、導入曲線に類似することを証明しよう。

証明の前提として、発生する周期は一定($t=\triangle t$)、最終普及規模$\overline{N}$、及び各新商品個々の普及曲線は同等としよう。式(4)から、各商品の普及曲線、$N_1(t)$、$N_2(t)$,…$Nn(t)$は次のようになる。

$$N_1(t)=\overline{N}(1-e^{=kt})$$
$$N_2(t)=\overline{N}(1-e^{=k(t-\triangle t)})$$
$$N_3(t)=\overline{N}(1-e^{=k(t-2\triangle t)})$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$N_n(t)=\overline{N}(1-e^{=k[t-(n-1)\triangle t]})$$

これを合成したものが求める曲線である。これを$K(t)$としよう

$$K(t)=N_1(t)+N_2(t)+N_3(t)\cdots\cdots+N_n(t)$$
$$=\overline{N}\{n-[e^{-kt}+e^{-k(t-\triangle t)}+e^{-k(t-2\triangle t)}\cdots\cdots e^{-k(t-(n-1)\triangle t)}]\}$$

ここで[ ]内は、初項 e^{-kt}、公比 $e^{k\triangle t}$ の等比級数であるから、$K(t)$は次のようになる。

$$K(t)=\overline{N}\{n-e^{-kt}\cdot[1-(e^{(k\triangle t)})^n]/(1-e^{(k\triangle t)})\}$$

nと$\triangle t$は任意であるが、解析の設定条件から、$t=n\cdot\triangle t$ の関係にあるから次のようになる。

$$K(t)=\overline{N}[n-(e^{-kt}-1)/(1-e^{k\triangle t})]$$
$$=[\overline{N}/(1-e^{k\triangle t})]\cdot[n(1-e^{-k\triangle t})+(1-e^{kt}]$$

よって、最終的には$K(t)$は次のように表

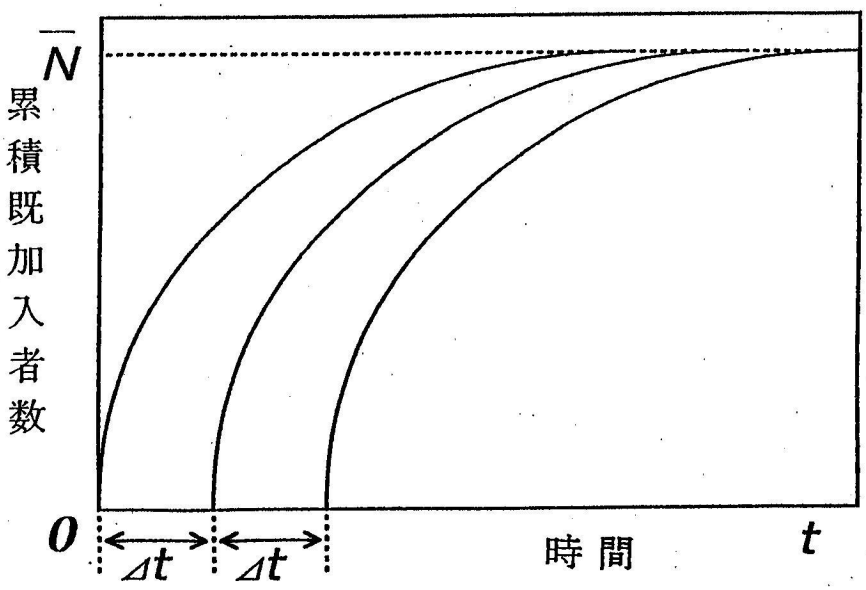

図5 モデル1の定期逐次加入型普及曲線

される。

$$K(t)=n\overline{N}+[\overline{N}/(1-e^{k\triangle t})][1-e^{-kt}] \quad (8)$$

ここで、上記(8)式と第II節で求めた外部性のないケースの(4)式と比べてみよう。△tは任意の定数であるから、(8)式の$[\overline{N}/(1-e^{k\triangle t})]$は定数となり、(4)式と比べ$n\overline{N}$が加わってはいるが、(8)式は(4)式と類似した曲線になることが想定できよう。なお、t＝0では、n＝0、△t＝0であるため、K(t)＝0となり初期条件を満たしている。

次に、(8)式を時間tで微分することにより、この曲線の接線の変化を確認してみよう。このとき n＝t／△t であるから、(8)式は次のようになる。ただし、C_1及びC_2は定数である。

$$\begin{aligned}K(t)&=n\overline{N}+[\overline{N}/(1-e^{k\triangle t})][1-e^{-kt}]\\&=1/\triangle t\cdot t+[\overline{N}/(1-e^{k\triangle t})][1-e^{-kt}]\\&=C_1t+C_2[1-e^{-kt}]\end{aligned} \quad (9)$$

したがって、(9)式を微分すると次のようになる。

$$\begin{aligned}dK(t)/dt&=C_1+kC_2e^{-kt}\\d^2K(t)/dt^2&=-k^2C_2e^{-kt}\end{aligned} \quad (10)$$

(10)式はK(t)の大きさの変化率(増加率)が時間とともに減少することを表している。

以上より、Software Vending Systemのような外部性のないネットワークを考察するとき、事業の立ち上がりからの各商品の売上額の推移を求めることにより、現実に則した類似した普及曲線を得ることができる。また実際の事業売上の実証データはモデルに近い曲線を示している。

VI むすび

ネットワークの成長としての普及特性については、これまでいくつかの研究が進められてきた。一般的にS字カーブを描くとされている場合が多い。つまり、第一次クリティカルマスを経過するとその普及率は急速に増加し、やがて第二次クリティカルマスを越えると普及率は低減していくものである。 本稿では、通信ネットワークを利用する二つの異質な環境におかれたモデルを設定し、それに従う普及曲線が実際のデータとどう整合的であるかという点に注目した。

将来、マルチメディアによる多くの新しいネットワークが創設されていくことになろうが、外部性を持つもの、持たないもの等の普及特性を理解しておくことが、新しいネットワークづくりには必要になろう。