

【調 査】

技術普及の経済分析*

——課題と展望——

清 川 雪 彦

技術普及が経済発展にとって、とりわけ後発工業化国の技術発展にとって、決定的な重要性を持っていたあるいは現在もまた持っていることは、改めて論ずるまでもないことである。しかしそれにも拘らず、これまでのところ経済学では、必ずしも十分にその重要性が認識され、且つまたその実態が把握・分析されてきたとは言い難い。

それというのも、1つには普及という現象が、そもそも伝統的な経済理論の枠組みでは捉えきれない側面を有していること、また2つには、普及に関する実証分析においても、その促進要因を確定するに足るほど詳細にしてかつ広範な統計資料が揃っている事例は少なく、それゆえ現実面からの情報の蓄積も、経済分析を促進させうるほどには十分でない状況におかれていることである。あるいは第3に、仮にそうした資料・情報が完備している場合でも、普及の問題は狭義の経済学の枠組みを超え、制度や組織、文化などより広範な社会経済的枠組みの中でしか捉えられない側面を有するため、狭義の経済的因果関係を抽出するのが困難な場合が多い。

従って経済学における普及問題の分析は、社会学や地理学など他の隣接諸科学と比較する時、必ずしも多いとは言えないかもしれない。事実、例えばRogersは、これまで最も積極的に普及問題を分析してきた研究領域を9つに分類・再整理しているが¹⁾、そこに経済学は含まれていないことなどからも、それは窺われよう。

しかし経済学の場合、他の隣接諸科学とは異なり、必ずしも後述するような普及曲線の形態にあまり拘泥することなく、むしろ普及の決定要因やその促進機能など、現象形態の背後にある経済的諸要因に関心が注がれ、その意味では実質的に普及問題を分析しているといつてよい研究が、少なからず存在するのである。

そこで本稿では、1つに、経済発展の視点から、出来るだけそうした論文を拾いあげること、また2つ

には、隣接諸科学をも含めた広い視野から、改めて普及問題の鍵概念(Key Concept)を再整理すること、加えて3つには、日本経済に関する技術普及の実証分析を中心に、真の普及促進要因を検討すること等々を目途とし、これまでの研究成果を簡潔に展望しておきたい。

なおこの分野の研究展望論文としては、先のRogersの著作をはじめ幾つかのものが、すでに存在している²⁾。しかしそれらの多くは、必ずしも隣接科学の分野までを広くは渉猟していないこと、また経済学の分野ではほとんど皆無に等しいことなどから、上述の我々の意図は、それなりの意味を持つものと判断されよう。

最後に、本稿で我々が「技術普及」という時、それは技術革新(Technological Innovation)の普及ないし革新的な技術の普及ということだけでなく、同時に関連する経済制度や経済組織の社会的普及の問題をも、広く含むものとした。以下第I節で、まず我々は技術普及の理論ないし概念の問題を整理し、続いて第II節では、具体的な個別技術の普及過程の検討を通じて、そこから種々の普及促進要因を抽出する一方、それらの社会構造との関係に関する今後の研究方向への示唆を引き出したいと考える。

I 技術普及分析への視点

1. 伝統的経済理論と普及の概念

すでも指摘した如く、経済学の分野における技術普及に関する研究は、一部の実証分析の領域を除けば、著しく限られていると言わざるをえない。もとよりそれは、偶然のことではなく、経済学における技術概念の規定の仕方あるいは普及現象の捉え方に、さらには換言すれば、それらの概念を支える経済理論体系そのものに起因していることは言うまでもないのである。

経済学において、技術進歩(革新)は一般に第(1)式のような生産函数³⁾

$$Y(t) = F(K(t), L(t), t) \quad (1)$$

のシフトとして捉えられてきた。すなわち言い換えれば、第(1)式が代表的企業の生産函数と解されるにせよ、あるいは産業全体の生産函数を意味するにせよ、いずれの場合でも技術進歩は、そのための投入要素を一切要することなく、時間の経過とともに自動的に生起するものと考えられてきたのである。

従ってその量的把握は、当然のことながら、完全競争市場と要素報酬に関する限界原理の世界で計算される両生産要素への貢献帰属分の残差としてしか把握できないことにならざるをえないのである。そのことは、教育支出や研究開発(R&D)投資など関連投入財を陽表的に導入しつつ、産出-投入比率の変化率から技術進歩率を計算するいわゆる成長勘定(Growth Accounting)方式の場合でも、本質は全く変わらないといえる。つまりそこでは、自律的に派生した技術革新の成果は、瞬時的に経済全体へ均霑されるものと考えられており、技術普及の問題は入り込む余地すらないといつてよいのである。

これは経済学では一般に、(生産)技術という概念が、「ある特定の生産目的にむけて組織化された知識・情報の集合」として捉えられていることとも関連しており、その結果そうした(技術)知識・情報は、通常排他的に所有することが困難なため、経済主体相互間ではほとんど外部経済効果(Externality)として対価を払うことなく、瞬時的に伝播されると理解されていることにも起因しているのである⁹⁾。

しかしこうした概念規定は、普遍性をもつものゝ、あまりにも抽象的にして且つ非現実的であるといえよう。そこでその欠点を補うべく、少なくとも陽表的に技術普及の概念を導入し、普及効果を定式化しようとする試みが多少なりとも現われてきた。例えば Nelson & Phelps[1966]や Nordhaus[1969 第4章]は、その代表的な例である。

Nelson & Phelps の場合、その普及函数は第(3)式

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t)) \quad (2)$$

$$\text{ただし } A(t) = T(t-w(h)), \quad (3)$$

$$T(t) = T_0 e^{at}, w'(h) < 0$$

のように定式化されている⁹⁾。すなわち技術革新は常に、Harrod 中立的な形で、言い換えれば労働力の質の向上の場合と同じ形で社会全体に普及してゆくと、ここでは考えられている。それというのも社会全体の教育水準 (h) が、あるいは研究開発投資等の増大によって各企業の技術者の水準が、上がれば

あがるほど迅速に、技術革新を実現した企業が保有している最高の技術は次々と普及・導入され、先端企業の技術水準 ($T(t)$) と現在社会で支配的である技術水準 ($A(t)$) とのタイム・ラグ ($w(h)$) ないし技術格差は、急速に解消してゆくものと想定されているからである。

確かにこうした普及函数の導入は、明らかに大きな一歩前進であろう。特に教育投資が技術の普及速度を高めるという含意は、はなはだ示唆に富むものである。しかしその反面、このような定式化は、教育投資の増大が労働の質を高める ($A=A(h), A'(h) > 0$) という従来の想定と本質的にどこが異なるのか、必ずしも明らかではない。言い換えれば、陽表的普及過程が不在な定式化にとどまる限り、普及のメカニズムは十分に見えてこないとも思われるのである。

次に、Nordhaus のモデルにも簡単に言及しよう。そこでは、次のような普及函数が想定されて

$$Y_i(t) = b_i(t)F(K_i(t), L_i(t)), i=1, \dots, N. \quad (4)$$

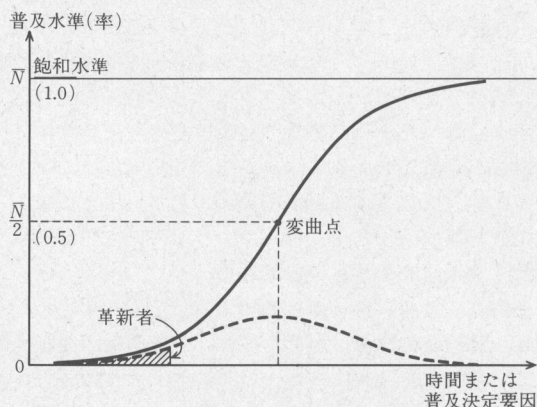
$$\text{ただし } \frac{\dot{b}_i}{b_i} = G(R_i) + \lambda \frac{\dot{B}^x}{b_i} + \lambda(N-1)(1-d)G(\bar{R}) \quad (5)$$

いる⁹⁾。すなわち代表的第 i 企業の技術水準の向上は、資本-労働比率とは独立に Hicks 中立的な形で実現される。ただしその上昇率は、自企業の研究開発投資の水準 (R_i) のみならず、社会全体で新たに蓄積された技術知識 (\dot{B}^x) や当該産業の他企業の研究開発活動から生みだされた技術知識 ($(N-1)G(\bar{R})$) などにも依存するものと考えられている。

なぜならば、ここでの技術普及とは本質的に、特許制度では秘匿しきれない技術知識、例えば他の企業や社会全体で生産されたものの一部 (λ) が、横溢(Spill-over)効果ないし外部経済として企業に流入することを意味しているからに他ならない。それゆえこのモデルでもまた、普及のメカニズムや普及過程に伴う諸問題は、十分明らかにされているとは言いがたいのである。

以上の如く、新古典派の経済学では、その主たる関心が均衡の存在やその安定性に在ることもあり、経済主体の構成にはとかく同質性(例えば代表的企業や代表的家計の如く)を仮定しがちである。しかしそのことはまさに、技術普及問題研究の出発点とおよそ相容れない仮定であるといわねばならない。なぜならば、そこに異質性があるがゆえにこそ、新技術の採用にも遅速が生じ、発明の企業化(商業化)

第1図 S字型普及曲線



注1) 正規分布とプロビット(累積正規分布)曲線の場合。

にも推進者と追従者の差異が発生すると考えられるからである。その意味では同様に、完全情報の仮定や予見可能性の仮定もまた抵触するものであるといえよう。いずれにせよ、それがリスクの相違であれ情報量の差異であれ、完全に均質的とはいえない社会状況から、普及問題の研究は出発するといつてよいのである。

技術普及の進展は、しばしば第1図に示されているようなS字型(Sigmoid)曲線の形態をとって進行することが多い。従って普及問題の研究もまた、それでは一体何故普及の進展は、そのようなS字型曲線となるのか、あるいはまた逆に何故そうはならないのか、といった問いから出発することが多い。そしてそこから進んで、普及の促進要因や普及に到る情報ルート、あるいは(技術)革新の種類・特性と普及速度の関係や革新推進者(Innovator)と追従者(模倣者: Follower; Immitator)の社会的特徴など、様々な局面が一般に検討される。従って当然それらはまた、普及促進機関や普及者団体などとの関連だけでなく、広く社会制度一般や社会組織あるいは文化規範などとの問題とも深くかゝってこざるをえないがゆえ、学際的な視点がしばしば有効性を発揮するといわれる。

そこで本稿でも、以下簡単に隣接科学における普及問題に対する視点を確認しておきたい。なおその場合、普及現象は一般に、第1図の如く時間軸のうえで捉えられることが多い。けれども普及という現象が、ある革新的事物や理念の採用に伴う広がりを指す以上、時間軸に変換する前にその起点からの距離を測る何らかの距離の概念が存在しているはずである。それゆえここでは、各隣接科学におけるそう

した距離の概念を1つの手掛かりとしながら、それぞれの問題意識の整理を行っておきたいと考える。

2. 隣接科学における考え方と経済学の摸索

a. 社会学の場合 社会学では、1890年にG. Tardeが『模倣の法則』を著して以来、普及現象は主要な研究対象領域の1つと考えられてきた。事実今日でも、普及問題に関する研究は、社会学の分野が最も活発であることは、よく知られた事実である。そうした社会学における普及問題への関心領域ないし分析視点は、Rogersの前掲書に最もよくまとめられているといえよう。

先にも定義した如く普及現象とは、技術革新や新製品あるいは新しい制度や理念が、一連の採用(Adoption)を経ながら広がってゆく様(過程とメカニズム)を時間や空間の次元で捉えたものである。従って当然、採用という行為が1つの核心をなすわけであるが、その点にとりわけ社会学は注目する。

すなわち採用という1つの行為を対社会的に捉え、その文化規範との斉合性や採用者の価値理念と社会的位置の関係、あるいは採用者のタイプ別特性と採用時点との関連(例えば第1図の正規分布下で、採用の最も早い2.5%の人々は革新者と定義され、その価値観や社会的属性が分析される)等々が、まず基本的な分析対象とされる。

またそうした視点は、一連の採用や採用(者)相互間の関係を把握する場合にも、原則的に維持される。例えば、普及に果たすリーダーシップや情報ルートの意義や、普及促進機関や普及員の機能も、そうした社会的関係や社会規範のなかで位置づけられ、評価されるといってよい。つまり社会学では、常に普及という現象を、その社会的背景のなかで位置づけながら、人的関係相互間の親近度や影響力あるいはネットワークといった社会的距離で捉え分析するところに、その主要な特徴を有すると判断されよう。

例えばJones[1963]の論文は、こうした社会学的枠組みに比較的忠実に従い、イギリスの酪農技術の普及現象を検討しようとしたものであり、また先のKatz et al.[1963]やJones[1967]の展望論文も、同様な視点から問題点の整理を行っているといえる。

なお当然ながら社会学には、普及過程におけるオピニオン・リーダーの役割や情報の流路ないし伝達システムの重要性などに焦点を絞って分析した示唆に富む論文が、少なくない。例えば、Coleman et al.[1957]やCoughenour[1964]、Becker[1970]など

は、その好例かと思われる。また Katz[1957]らの一連の研究も、普及過程での2段階情報採用説(Two-step Flow Theory)を考えるうえで、種々の支持材料を提供していて興味深い。他方インドの事例にあっては、やはり情報伝達手段や情報源が大きな意義を有していることを、Rajagopalan & Singh[1971]は指摘している。しかしそれが、インドでもどの程度普遍性を持つものかは、今後のより多くの社会学的普及研究に俟つところが大きであろう。

ところでこうした情報ルートや人的社会距離に焦点をあてた普及分析が、社会学特有のものであることは、とうもろこしの1交代雑種(Hybrid Corn)の普及促進要因をめぐる論争過程で、否応なくまたより鮮明に自覚されるに到ったものと思われる。

そもそも技術普及の実証研究は、農村社会学における交雑とうもろこしの研究を契機に、飛躍的に発展したことは周知の事実である。その端緒は、Ryan & Gross[1943]やRyan[1948]などによって開かれ⁷⁾、その後 Griliches[1957]の経済学的分析をもって、一層顕著な質的向上を遂げた。しかし後者の分析は、その普及速度の決定要因を収益性(Profitability)という経済変数のみに求め、そこに社会学の変数の入り込む余地はないことを示唆したため⁸⁾、そのことの当否をめぐり、論争が展開された。

たゞ Brandner & Straus[1959]と Havens & Rogers[1961]により、対案として提起された技術革新の類同性(Congruence)と相互作用(Interaction)効果という要因は、収益性概念との境界や関連が不明確であったこともあり、論争は必ずしも生産的であったとはいえない⁹⁾。しかし今日からこの論争を顧みる時、概念規定のあいまいさや誤解の問題は別としても、論争が生じうる基本的な可能性が、少なくとも2つはあったと我々は考える。

その第1は、ロジスティック(Logistic)曲線のもつ意味と相互作用の関係である。後述するように、当時社会学では、ロジスティック曲線は専らいわゆる相互作用を示すモデルと解されていたと思われ、そこに収益性の概念が、どのように相互作用と関連してくるのかという素朴な疑問が生じたものと思われる。事実 Griliches の立場は、我々のいう相互交渉(作用)モデルとも、また臨界値モデルとも解され、あいまいさが残るが、それは改めて論ずることとしたい。

第2に、真の見解の相違は、普及速度を規定する

要因が、経済的変数かあるいは社会学的要因かといった問題に在るのではなく、普及現象を捉える視点が、マイクロかあるいはマクロかといった問題に在ったと思われることである。すなわち社会学の場合、普及問題の核心は、個々の採用を規定する情報や人的関係に在ると考えるのに対し、経済学では、マクロの状況を支配する経済的要因にのみ、主として関心を示すからである。従ってこうした両者の問題意識の差異に起因する集計問題は、今日でもまだ解決されているとはいえないのである。

b. 地理学の場合 地理学における主要な距離概念が、空間的距離であることは論を俟つまでもない。従って普及の問題も古くから、慣習や文化、伝染病などが波形状に拡散してゆく様を、比較的直截な手法で捉えることがなされてきた¹⁰⁾。しかし本格的に普及問題の研究が展開されるのは、Hägerstrand[1967]によるモンテカルロ法の応用が開発された後のことであるといっても過言ではない¹¹⁾。

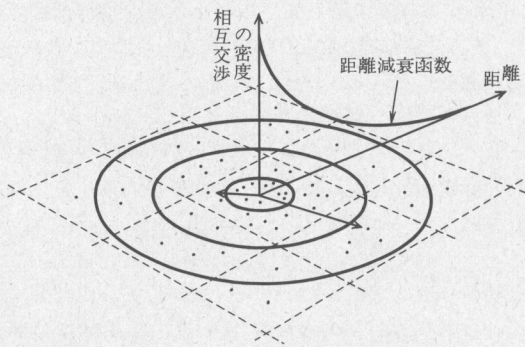
以後モンテカルロ・シミュレーションを用いた応用研究が陸続と報告されているが、それらの事例の多くが、Brown[1981]によって紹介されている。またこの Hägerstrand 法とでもいべきシミュレーション法の持つ問題点は、杉浦[1976]によく整理されている。

なおこの手法は、乱数表による確率過程に大きな意義を与えるモデルであることから、確率モデルと呼ばれ、従来の空間的距離や人口を主変数とし、距離減衰函数(Distance Decay Function)などによって説明されるモデルを決定論的(Deterministic)モデルと呼んで、大別している。

後者の場合、その距離減衰函数(第2図参照)は対数正規型にせよ指数分布にせよ、基本的には広義の伝統的重力(Gravity)モデルの変形として導出されうると考えてよい¹²⁾。しかしその結果、距離が人々の相互接触の頻度やあるいはまたその反映として技術革新の採用度を説明しえたとしても、伝染病などの場合を除き、それでは一体なぜ空間的距離がそれを説明しうるのか、という次の疑問が生じて来ざるをえないのである。

そこで単純な距離減衰函数を超え、因子分析による地域構造の抽出や、多重回帰分析による距離以外の要因をも含めた因果関係の把握など、いくつかの方向への模索が試みられている¹³⁾。従って確率モデルもまた、たとえそれが今日の圧倒的な主流であるとはいえ、そうした努力の一環と見做されて然るべ

第2図 空間的普及の考え方



きであろう。

Hägerstrandによるモンテカルロ法モデルの本質は、ある普及主体が、他の主体と直接接触(交渉)しうる空間域(それを平均情報圏 MIF と呼ぶ)を、距離減衰的な確率密度函数を考へることによって設定し(第2図参照)、その域内で一種のブラウン運動的の確率過程がくり返されながら、技術や情報が伝播してゆく(接触を受けた主体もまた、自己の MIF を持ちその域内で伝播をくり返す)と考へる一種の相互交渉モデルであるといつてよい。

もとよりそこには、より現実性を持たせるために、現実に応じた地理的障壁や文化的社会的障壁などが導入されたり、都市のような人口稠密で情報密度の高い地域は、そこが新たな1つの普及拠点となりうる事前の設定(それは近接地へ波形状に普及する近隣効果と区別され、階層効果と呼ばれる)を許容するなど、様々な工夫が施されている。

また平均情報圏の領域とそこに付与される確率の確定が、最も困難にして且つ微妙な問題を含むが、通常労働移動や知人訪問の範囲、あるいは電話の通話域や買物圏、通婚圏など種々の補助情報を用いて、空間的距離と接触頻度との関係が推定される。典型的には、例えば第2図のように、5×5の格子域が設定され、パレート(Pareto)分布や負の指数分布などに基づく確率が、各格子枠(普及の中心地から区画の中心地までの距離に応じて)に与えられることが多い。

そしてこうした種々の半仮説的設定のもとで捉えられた空間的普及現象が、実際の普及状態と比較対照され、モデルの妥当性が検証されるのである。Hägerstrandに倣ったこうしたモンテカルロ・シミュレーション法は¹⁴⁾、60年代以降様々な改良工夫とともに、普及分析の主流を占めるに到ったが、そ

のいずれの応用事例も、例えば Misra[1968]の協同組合組織の普及や Johansen[1971]の帯状栽培法の普及、あるいは Brown[1981]で紹介されている Kenyaにおける商品作物の普及その他の事例等々、いずれも驚くほどよく現実をトレースしているといつてよい。

確かに、(1)現実との対応関係を検証する検定法が不十分なことや、(2)時間軸に変換した時、S字型曲線との関連が不明確なこと、(3)あるいはモデルにおいて、どこまでが仮定でどこからが現実の先取りなのか判然としないことなど、まだ幾つか解決されねばならない問題点が残されていることは、確かである。

しかし他方で、シミュレーションの結果がきわめて良好である以上、(1)予測に利用できることや(2)またモデルの諸仮定に含まれる確率過程や相互接触的普及現象などの諸前提が正当化されうること、(3)さらには通常分析が困難な組織や制度の普及も、地域構造との関連でかなりの程度、把握可能であることなど、地理学的普及分析の貢献は決して小さくない。ただ1点だけ気になることは、こうした普及現象のような社会的現象にあって、空間的距離のもつ本質的意義が、そこでは必ずしも明らかではないことであろう。

c. 政治学・経営学などの場合 政治学における普及問題の研究は、その研究対象領域が多少異なることもあって、必ずしも多くはない。しかし全く皆無というわけではなく、Walker[1969]や Gray[1973a]らにより、連邦政府の政策決定に対し、各州政府がどのようにその導入実施に踏み切つてゆくかという政策普及の問題をめぐつて、研究の先鞭がつけられた。

しかしこの問題は、地方政府の中央権力との距離(連携関係)や各地方政府自体を同質的なものと見做しうるのか否かといった問題を中心に、論争を引き起こす結果となった¹⁵⁾。論争にはさらに、考察対象となる政策が、一連のセットとして扱われることの適否の問題(すなわち政策相互間の関連性や補完性の問題)もまた持ち込まれたため¹⁶⁾、議論は一層錯綜したといえよう。

しかし問題の本質は、地方政府の中央政府に対する関係を、どう理解するかという点に帰着するものと思われる。つまり前者の意志決定が、階層性のなかで比較的強く後者の意志に左右されると解するならば、州政府間の特性に多少の差異があろうとも、

基本的には地方政府相互間の対抗意識(Emulation Effect)が、強く普及を促進すると考えても大過ないであろう。それに対し、もし前者は後者に対して強い自立性を持つ政策決定機関であると考えれば、各地方政府の有する様々な異質性、例えば政党勢力地図や連邦政府との人的つながり、あるいは産業構成人口比や一人当たり所得水準、また官僚機構の完成度や伝統的地域主義の強さ等々が、より重要な要因として作用することは十分に考えられうるのである。

つまり Walker-Gray 論争の背後には、こうした本質的認識の相違があったというのが、我々の見解に他ならない。なお問題は少し異なるが、日本の勸業政策における各府県間の対抗意識現象も、このような文脈において理解する方が、より分り易いかもしれない¹⁷⁾。また政治社会学の主要な課題の1つとして、社会暴動の連鎖反応・伝播の問題があるが、そこでは相互に接触はないと考えられるにも拘らず、Hamblin et al.[1973 第7章]や Pitcher et al.[1978]などによっても示されているように、普及は減衰型指数曲線ではなく、ロジスティック曲線ないしゴンペルツ(Gompertz)曲線の形態をとっていることは興味深い。あるいは逆にいえば、相互交渉モデルの解釈はそれ程単純でないことを、それは示唆しているのかもしれないのである。

経営学における普及問題の研究は、その歴史は必ずしも長くはないものゝ、このところ著しく盛んであるといつてよい。とりわけ *Technological Forecasting and Social Change* 誌や *Management Science* 誌あるいは *Marketing Science* 誌等々を中心に、多くの研究が陸續と発表されている。それらに共通な特徴は、上述の雑誌名からも推察されるように、モデル分析と推計方法に最大の重点が置かれていることである。これは恐らく経営学の性格上、予測ということが重視されざるをえない以上、やむをえないことかもしれない。しかしその反面、問題が時に形式的に流れすぎることが、無いとはいえないのである。

もとよりそこには、次のような幾つかの経営学独自の特色ないし貢献が見い出される。1つには、Bass[1969]の研究以来、新製品とくに更新需要を当面考えないですむ耐久消費財の新製品の普及問題が、精力的に検討されてきたことである¹⁸⁾。とりわけ価格低下に伴う需要拡大の効果や、学習効果(それを費用面から捉えた経験曲線として)の意義など、新

しい方向への展開が模索されている。

2つには普及に際して、広告とは1種の情報源ともなりうる機能に着目し、普及モデルの中に広告支出を陽表的に導入したことである¹⁹⁾。これは、経済学における同様な発展方向と軌を一にするものである。

また3つには、Fisher & Pry[1971]の代替化(Substitution)モデル以来、技術革新の普及を、既存製品に対する新製品の代替化過程としてマーケット・シェアで捉えることにより、モデルの推定をより精緻化させたことである²⁰⁾。たゞしこれは普及モデルとしては、Mansfield[1961]来の経済学における標準的ロジスティック・モデルと本質的に同一であるといつてよく、たゞ問題を生産物市場に限定して論ずるところに、その特色を有するといえよう。以上の如く経営学でも、考え方の基本は革新者に対する模倣者の経済(費用)的距離という根本概念で普及現象を捉えるという意味において、経済学とほぼ同一の立場に立っていると考えてよいのである。

なお経済学の問題へ立ち戻る前に、人類学の普及研究にも、一言だけ言及しておこう。技術普及に対する人類学の主たる関心ないし分析視点は、通常異なった文化圏で生産された、あるいは異なった文化的背景を持った技術が、ある社会へ移転された際に引き起こす社会的反応・変化、すなわち文化変容(Acclimation)の問題のうえに、おかれていたといつてもよいであろう。従ってここで我々は、主として1つの社会経済システム(ないし文化圏)内における技術普及の問題を考察対象としているがため、人類学の問題意識とは、やゝずれるところがある。

だがまた視点が異なるがゆえに、そこから受ける示唆も大きい場合が多い。今ここでは、後の議論とも間接的に関連してくる次のような文献を指摘しておけば十分であろう。途上国での高収量品種の普及問題との関連で、Spicer[1952 事例2と4]や Straus[1953]、Bose[1962]などが、また技術移転と社会構造の関連では、Firth[1929]や吉田[1977]などがある。

d. 経済学における展開 先に我々は、新古典派経済理論の均衡分析や諸仮定のもとでは、技術普及の実体をほとんど満足に捉えられないことを確認した。また他の隣接諸科学の分野でも、より深くその実体に迫りうる種々の手法や概念が、模索されつゝあることをごく簡単に紹介した。しかしそれでは経済学では、そうした動きや試みが全く無かったかという

と、必ずしもそうではない。すなわちそれは、新古典派経済理論の技術進歩論を離れ、遠く Schumpeter 的な本来の動学理論へ立ち帰ることから始めることであった。

例えば Nelson & Winter [1974] は、その点をはっきりと自覚し、より現実的な企業モデルから模倣問題をも含めた企業の技術革新活動を捉え返そうとする試みであるといっている。そもそも技術革新の普及伝播とは、まずひと握りの企業家精神に富んだ革新者達(それを Rogers のように、最初の数パーセントと規定するかどうかは別として)により、新技術の企業化を通じて果敢に導入された後、多くの追随者・模倣者達が、各々自己の期待収益率やリスクの評価に基づき、漸次導入してゆくプロセスに他ならないがゆえ、代表的企業・消費者の概念、あるいは完全情報や完全予見の世界の仮定とは、およそ相容れないものであることは、改めて論ずるまでもない。

換言すれば、それは非予見的世界で引き起こされた不均衡状態に対し、種々の異質性を含む各経済主体が、順次調整してゆく過程であるといってもよいのである。こうした本来の最も正統的不均衡動学の立場から普及問題を論じたものに、岩井 [1981] [1982 a, b] がある。そこではまだ、外部性の仮定は残されているものの、数多くの斬新な知見が得られている。

他にも、完全情報の世界を否定し、広告という情報媒体との接触を通じて商品の販売・購入が実現してゆく一種の普及モデル(これは後に経営学に引き継がれる)として、Gould [1970] や Glaister [1974] などがある。また企業間の人的資源の差異やリスク評価のパラツキ、あるいは企業者利潤の変化などを考慮に入れることにより、新たな展開の可能性があることが、Kislev & Schori-Bachrach [1973] や Stoneman [1983 第7章]、Metcalf [1983] らによっても示されている²¹⁾。

なお視点をもう少し現実世界に転ずる時、確かに普及現象は、生じた不均衡への一種の調整・適応化の過程と解されるものの、そこには需要と供給のいずれの要因がより強く働いているか、ということが、経済学的アプローチではまず問題となろう。例えば先の Griliches の分析では、明らかに交雑とうもろこしの種の供給は制約条件とはならず、農家の需要転換が普及を決める、すなわち需要主導型(Demand-pull)の普及と考えられていたことは明らかである²²⁾。

しかしもとよりすべての普及現象において、需要要因がより支配的であるとはいえず、また Brown [1981] のように、伝染病型の交渉(接触; Contagion)モデル(それが相互的交渉であれ、一方的交渉であれ)がすべて、需要主導型の普及を暗黙裡に仮定していると考えられるのも、適切ではない。何故ならば、交渉型モデルにおいて、仮に接触なり相互作用を主たる情報の普及ルートと認めたとしても、そのことと普及の決定要因とは、同一ではないからである²³⁾。

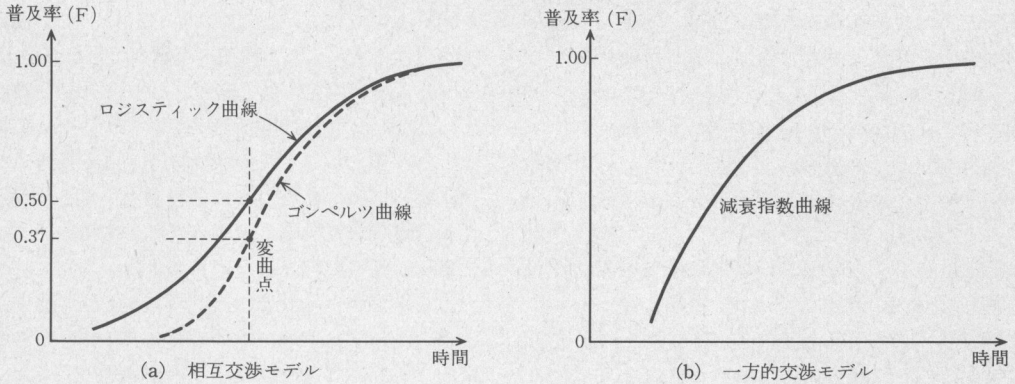
むしろ我々は、需要主導型の普及か供給主導型(Innovation-push)のそれかは²⁴⁾、技術革新のタイプすなわちより正確には、技術革新の供給者と需要者の距離(所有する情報量の差によって測られる)の大小によって決定されると考えるべきであろう。例えば、試験場によって開発・完成されることの多い農業の交雑技術の場合²⁵⁾、新技術の需給者間の距離はきわめて大きいゆえ、農民がその有用性を認めるにつれ、技術革新は普及浸透する。つまり需要主導型の普及であるといっている。

それに対し工業技術の場合は、技術革新の供給者と需要者がしばしば同一の企業であったり、あるいはそうでなくとも、供給者側が需要者と緊密な連携をとりつゝ新技術を完成させたり改良するなど、また需要者側も通常技術革新の内容を十分把握する必要があるだけでなく、類似技術の開発を行なっている複数の供給者の中より選別採択するなど、両者の距離は相対的に小さいといえよう。

従って生産者市場の競争程度や研究開発投資の規模あるいは関連原材料市場の革新可能性など、供給者側の要因がより大きく、どの程度普及を可能ならしめるかを規定していると考えられる。そこにはもとより、Rosenberg [1972] の指適するような関連する技術改良や模倣技術の出現等々の問題が含まれているだけでなく、日本の経験は、むしろそれらが供給主導型の普及にとって如何に重要であることを示唆しているといってもよいのである²⁶⁾。なお同じ工業技術の普及でも、生産工程の改良(Process Innovation)普及ではなく、新製品の開発(Product Innovation)普及の場合には、需給者間の距離は大きく需要主導型の普及に属すると考えてよいであろう。

かくして需給いずれの型の普及であるかによってもまた、その普及速度の決定要因は大きく異なって来ざるをえないのである。例えば前者の場合には、期待収益率や需要者の技術教育水準などが大きな意味を持ちうるのに対し、後者の場合には、Mansfield

第3図 2つの普及モデルと普及曲線



[1961]や Romeo[1975]らが主張するように、資本設備の分割可能性や市場の競争程度などが、より有効な変数となってくるであろう。

このように経済学で普及問題を考察する際には、まず需給を支配する市場要因を優先的に検討するところに、その特徴があることは言うまでもない。だがそうした経済的変数だけでなく、普及組織や普及推進者 (Agent) 等々の問題をも含めた制度的要因もまた、普及一般の効率性を規定するうえできわめて重要な役割を果していることは、改めて指摘するまでもない。従ってその意味からも、とくに普及問題の分析にあっては学際的なアプローチや幅広い視点からの分析が、大きな意味を持ってこざるをえないと考えられるのである。

3. S字型曲線の解釈とその推定モデル

A. 交渉型モデル 技術革新の普及伝播は、しばしばS字型曲線の形態をとりながら進展してゆくことが、よく知られている。しかしそれが、何故S字型なのかあるいはまたその意味をどう理解するかは、それ程単純・容易なことではない。他方S字型曲線にも、種々形状や特性の異なるものが含まれ、それらに依じて持つ意味もまた当然異なってくることは、多くの論を俟つまでもなからう。そうした形態的分類や統計的特性の整理に関しては、すでに Richards [1959] や Lekvall & Wahlbin [1973], Meade[1984], Mahajan & Peterson[1985]などの明快な先行業績が利用可能であるゆえ、ここではS字型曲線の解釈という視点から、問題点を整理しておきたい。

S字型曲線を導出しうる統計モデルには、大きく分けて2つの解釈・立場がありうる。すなわち1つは、技術の普及情報は人々相互間の接触・交渉を通

じて流布浸透すると考える(A)交渉型モデルであり、他の1つは、技術革新の採用は、そのための種々の条件が一定水準に達したところで実現すると考える(B)臨界値(Threshold)モデルである。このようにたとえ同じS字型曲線が得られても、その背後にある普及メカニズムの考え方には、大きな相違があることに留意しておく必要がある。

第1の交渉型モデルは、さらに(a)相互交渉型と(b)一方的交渉型に分解されうるが(第3図参照)、その基本は、伝染病の流行モデルに強く影響をうけた前者に在ることは言うまでもない。いまある経済で、技術普及の潜在的総対象者数を \bar{N} 、 t 時点での既採用者数を $N(t)$ とする時、相互交渉型モデルでは、その普及の進展を

$$\frac{dN(t)}{dt} = \beta N(t) \cdot \frac{\bar{N} - N(t)}{\bar{N}} \quad (6)$$

として、あるいは普及率 $F(t) \equiv N(t)/\bar{N}$ とおく時

$$\frac{dF(t)}{dt} = \beta F(t) (1 - F(t)) \quad (7)$$

として捉えるのである。

すなわち、すでに技術革新を採用した人々の一定部分が未採用者と接触することにより、さらにその一部が採用者へと変化してゆくことが想定されている。確かにこれは、接触感染をくり返す伝染病の場合、きわめて分かり易いモデルといえ、また化学の領域でも、自己自身が触媒となる時の自触反応 (Autocatalysis) モデルとして、よく知られている。

なお第(6)式は完全分離型の微分方程式であるから、容易に積分され (α を積分定数として)、

$$N(t) = \frac{\bar{N}}{1 + e^{-(\alpha + \beta t)}} \quad (8)$$

第(8)式のようなロジスティック曲線が得られる²⁷⁾。それは周知のように、その変曲点 ($-\frac{\alpha}{\beta}, \frac{1}{2}\bar{N}$) に関

して点対称であり、また裾野部分がやや厚い点を除けば、累積正規分布曲線とほぼ同一の形状をしているといつてよい。しかも第(8)式は、ロジット(Logit: \mathcal{L})変換をすれば、

$$\mathcal{L} \equiv \log \frac{N(t)}{\bar{N} - N(t)} = \alpha + \beta t \quad (9)$$

と著しく簡潔な形になることもあり、Griliches[1957]やMansfield[1961]だけでなく、数多くの普及分析で利用されている最も代表的なS字型曲線である。

そこでの普及速度係数 β は、しばしば誤解されるが、第(9)式からも分るように比率 $N/(\bar{N} - N)$ の変化率に関して一定なのであって、いわゆる普及速度 dN/dt については明らかに変動し、その変曲点で最大値 $\beta/4$ をとる。なお地域的・産業的に大きく異なるこの β を、Griliches[1957]は収益率の差に帰し、またMansfield[1961]は収益率と必要投資規模の函数と考え、テラー展開により線型化したうえで第(6)式と結合したことは、よく知られている。

他方、技術革新の情報は、必ずしも普及対象者相互間の接触を通じてのみ普及するとは限らず、その母集団の外部から、宣伝広告やセールスマン・普及促進員などの一方的活動を通じて普及伝播することは、十分に考えられる。今そうした一方的交渉モデルは²⁹⁾、

$$\frac{dN(t)}{dt} = \beta(\bar{N} - N(t)) \quad (10)$$

と表わされ、その普及函数は、第3-b図のような減衰の指数曲線となる。

だがこうした普及形態をとる事例は、論理的には十分考えられても、現実には必ずしも多くはない²⁹⁾。事実新製品の普及の場合にも、指数曲線の形態をとることは稀れで、一般にS字型の曲線となるため、その背後には「くちコミ」(Word-of-Mouth)効果があるものと想定されるのが、通例である³⁰⁾。

以上のような2つの交渉型モデルには、当然種々の制約や問題点が含まれており、それらを克服するためのいくつかの方向が模索されつつある。その第1は、技術革新のタイプによっては、普及曲線がS字型となっても、その変曲点に関して(点)対称とはならないことが知られている。つまり比較的採用の容易な技術や新製品の普及の場合には、その変曲点がやや早期に訪れることが確認されている³¹⁾。また継続的に技術改良が続けられ、普及の対象者総数ないし飽和水準が実質的に拡大する場合にも、同じ現

象が認められる³²⁾。こうした状況では一般に、

$$\frac{dN(t)}{dt} = \beta N(t) (\log \bar{N} - \log N(t)) \quad (11)$$

第(11)式のようなゴンペルツ曲線(第3-a参照)へのあてはめが、有効なことが多い。この他Floyd[1968]やSharif & Kabir[1976], Easingwood et al.[1981]らによっても、さらに可変性の高い非対称的S字型普及モデルの開発が試みられている。

第2の方向は、相互交渉モデルを一方的交渉モデルと結合し、ロジスティック・モデルの多様化を図る試みである。これはまずBass[1969]モデルとして³³⁾、第(12)式のような形で与えられ、その後

$$\frac{dN(t)}{dt} = \beta_1(\bar{N} - N(t)) + \beta_2 N(t) \cdot \frac{\bar{N} - N(t)}{\bar{N}} \quad (12)$$

Easingwood et al.[1983]らにより、さらに弾力的なモデルが考案されている。他方、ロジスティック曲線では所与とされる潜在的採用者数 \bar{N} が、市場の開拓につれ拡大する動学化の試みも、Mahajan & Peterson[1978]やSharif & Ramanathan[1981]らによって開始されている³⁴⁾。

B. 臨界値モデル 以上のような交渉型モデルは、基本的に技術普及のための情報がどのようなルートで流布してゆくのかという観点から組み立てられている。あるいはより卒直に言えば、伝染病流行モデルを基本に、解釈し直し正当化したモデルであるといつてもよいかもしれない。しかしそれでは本当に、このモデルが普及情報のルートを正しく把握し、その結果として納(説)得・採用という行為の普及浸透過程を捉えているのかという問題になると、はなはだ大きな疑義を感じざるをえない。例えば明らかに、一方的交渉モデルで把握可能と思われる社会暴動の連鎖現象等々も、S字型曲線になる(346頁参照)など、普及問題の本質は、こうした接触-情報-採用という連鎖とは別なところにあるとも考えられるのである。

今その対案として我々は、全く異なった視点に立つ臨界値モデルを簡単に考察しておく必要があろう。そこでの普及に対する考えは、新技術の採用を強く促進する主要な要因(例えば生産性の上昇度や費用低下率あるいは品質の向上やそれらの組み合わせ等々)の値(複数要因の時は、その1次結合の値)がある許容限界に達したと判断される時、個々の潜在的需要者は採用に踏み切るが、その判断には人により多少のずれがあり、通常ある一定値の周りで正規

分布をするものと理解されていることである。

ここで重要なことは、まず1つに、普及現象を採用-非採用という2値データの集積によって捉えていることであり³⁵⁾、また2つには、それを説明(普及決定)要因軸上のS字型曲線(第1図参照)として理解していることである。従って、もし説明要因の値が時間とともに上昇してゆくのなら、それはRogers[1962]のタイプ別採用者分布ならびに時間軸上のS字型曲線と一致するものと思われる。あるいはまた逆に、我々が説明要因軸上のきわめて低い数値で採用に踏み切る人々を、革新者と呼んでもそれはかまわない。

こうした臨界値モデルの典型は、プロビット(Probit)モデルであり、それは

$$Y_i \in \{0, 1\}, i=1, \dots, \bar{N}.$$

$$P(Y_i=1|X_i) = P(c_i \leq \sum_j b_j X_{ij} | X_i)$$

$$= \Phi(\sum_j b_j X_{ij}) = \int_{-\infty}^{\sum_j b_j X_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (13)$$

と表わされる。もとよりここで $\Phi(\cdot)$ は、標準正規分布の累積分布関数であり、各 Y_i は独立にして、 X_j 間に線型関係はないものと想定されている。

すなわち X_j が、先の普及促進要因を示し、観測値から我々はその貢献度 b_j を推定しよう。今こうしたプロビット・モデルによる普及分析としては、Bonus[1973]やDavid[1975]、清川[1977]、Davies[1979]、清川[1980]、Stoneman[1983]などがある。そこで重要なことは、なによりもまず企業規模や市場の競争度あるいは所得分配の状態といった普及の決定要因そのものの分析に、主たる眼目が置かれていることである。確かに相互交渉モデルでも、普及速度係数 β の支配要因の分析がなされており、その意味では両者の差はそれ程大きくないといえる。しかし臨界値モデルにあっては、あくまでも決定要因の分析が主であり、その確定後に普及曲線がS字型をとるか否かを確認すれば十分(時間自体は促進要因ではないので)なのである。たゞ要因の決定に当っては、ミクロの変数とマクロ変数の関係、あるいは時系列データとクロスセクション・データの組み合わせ方々々に、十分な配慮が払われる必要がある。

なお付言すれば、第(13)式の $\Phi(\cdot)$ の代りに第(8)式のロジスティック関数を用いたものが、いわゆるロジット・モデルである。既述のように、それは累積正規分布曲線の形状とほぼ同一であるがゆえ、

分析結果にもまたほとんど差異は生じないといえよう³⁶⁾。しかも一般に計算はロジット・モデルの方がはるかに容易であるにも拘らず、通常我々がプロビット・モデルを採用するのは、その確率密度函数として正規分布を仮定することの正当性・便宜性によるものであるといえる。同様な意味で、線型確率モデルによる分析もまた一応可能ではあるが、その便宜性を除けば、やはり最適特性の点において、多くをプロビット・モデルに譲らざるをえないことは、周知のとおりである³⁷⁾。

以上我々は、技術普及分析の理論的背景や統計的推定モデルの特質等々について整理を行ってきた。そこで次に日本の経験に関する分析を中心に、実証面から普及問題の実態をごく簡単に確認しておこう。

II 技術普及とその促進要因の実証分析

1. 国際間普及と導入技術の定着

技術の国際間普及に関する分析は、数多く存在する³⁸⁾。しかしその多くは、ここでの視点と若干異なり、技術移転論とでも呼ぶべきものにして、移転(移植)された技術が、その後国内でどう普及したかが分析把握されることは、まず無いといってよい。

すなわちそこでの主要な関心事は、ある技術が他国へ移転された場合、そこで技術的・経済的に如何なる変容を遂げるのか、いいかえれば移転に伴う適応化の問題に在ると考えられるのである。それというのも、今日の途上国への技術移転問題に象徴的にみられるように、一般に国際間の技術普及には、著しく難しい問題が含まれているからである。例えばその典型は、機械技術は一応移転されたもの、それが1つの隔絶地(Enclave)となってその社会から完全に遊離した形で存続する場合や、移転後その労働生産性や製品の品質が以前のものとは比較にならないほど変化してしまう場合(こうした事例は現実にはきわめて多い)は、一体普及とみなしうのか否かという定義の問題すら存在しよう。

今その1つの解決策は、国際普及の問題を扱う際には、異質な経済(社会)への普及は除外し、同質的な経済への普及のみを対象とすることである。しかしそれでもなお十分慎重かつ掘り下げた分析が必要であるが、Nabseth & Ray[1974]はその線に沿ったものといえよう³⁹⁾。

また第2の対応策は、比較的標準化された安定的な技術を選び、むしろ積極的に異質な経済へ技術普及がなされた場合の調整・適応化の問題をとりあげ

ることである。例えば酸素製鋼法の普及を扱った Maddla & Knight[1967]や、労務管理の視点から火力発電技術の国際的普及を分析した司馬[1973]などは、この範疇に属するものと思われる。

第3は、異質な経済へ技術が普及した場合に生ずる生産組織の変容や技術自体の改変などを、受容側の視点から検討し、国内普及のための条件を考察することである。これはまさに先に触れた人類学の文化変容論の問題でもあり、今後多くの成果が期待される。それと同時に経済学の側からも、まず移転された技術が定着するための諸条件や要素賦存度に応じた適正化(いわゆる Appropriate Technology 問題)、あるいは国内普及を左右する市場条件等々の問題が詰められなければならないのである⁴⁰⁾。

歴史的に顧みても、Habakkuk[1962]や Jeremy [1981]などにも示されているように、国際間の技術普及が長期的な経済発展にとり、きわめて重要な意義を有していたことは、多言を要しない。とりわけその技術構造や社会構造が、適度の異質性と類似性を兼ね備えた国家間の技術普及は、相互の持続的技術発展にとってほとんど不可欠であることを、歴史は示唆している。その意味でも日本の場合、中国との技術交流がきわめて重要であったことを、改めて銘記しておく必要がある⁴¹⁾。

今後南北間の技術移転・技術普及は、ますます盛んになることは疑いないが、それに応じ本格的な技術普及の研究もまた促進される必要がある。その際、異なった社会や経済における技術普及のメカニズムを比較究明してゆくことこそ、今後の普及研究をより豊かにしてゆく原点に他ならないといえる。

2. 農業技術の普及

農業技術の普及に関する研究が、1代交雑種の問題を中心に展開してきたことは、すでにも指摘したとおりである。1900年にメンデルの法則が再発見され、それを契機に改めて雑種強勢の意義が再認識され、多くの実用化の実験が繰り返されるに到った。その結果アメリカでは、1代交雑(F_1)種とうもろこしの実用化ならびに普及が、1920年代に入り種苗会社の市場参入とともに急速に進展するに到ったのである。そしてその普及状況をめぐる社会科学的分析は、Ryan & Gross[1943]によって先鞭をつけられ、以後今日まで活発に展開されてきたといつてよい。

他方、実はこの雑種強勢を利用した1代交雑種の秀れた形質に着目し、その実用化を企てる試みは、

すでに日本では蚕に関して1910年頃に、ほぼ完成していたと判断されるのである。すなわち遺伝学者外山亀太郎を中心とする国立原蚕種製造所(のちの蚕業試験場)は、早くも1914年に1代交雑種用原蚕種を、無料で全国各地の製造所・講習所に配布し始めたのである。しかもそれはその後幾多の改良を経ながら、わずか10年後の1923年頃には在来種に対する代替を、概ね完了していたことが知られている(詳しくは清川[1980 a, b]参照)。

今ここで我々が、やや詳しくこの問題に触れるのは、まさにそこにこそ日本の工業化を支えた急速な普及現象の象徴的事実が隠されていると考えるからに他ならない。確かに蚕の場合には、とうもろこしや稲など植物の場合に比べ、(1)蛾の交尾による掛け合わせ・採種は、花粉の受粉・発芽などに比し、制御・管理がはるかに容易なこと、(2)また生育期間も短く、従って交配・選抜・固定に要する期間も相対的に短かくてすんだこと、(3)さらに天候や土壌など地域性に左右される面が、植物の場合に比べずっと小さかったことが、蚕の1代交雑種の開発を、アメリカのとうもろこしなどに先駆け成功させた大きな要因であるといえるかもしれない。

しかしたとえそうした事由を割引いたとしてもなお、1910年代にほぼ10年で交雑種の普及を完成させたことは、特筆に値するといわねばならないのである。そしてこの注目すべき事実の分析は、ほぼ時を同じくしてDoi[1977]・土井[1983]と清川[1980a, b]により、異なった観点から行われている。つまり前者では、養蚕業との関連で普及問題が扱われ、後者では、大製糸会社の先導的役割や教育・研究活動などの制度的な普及促進要因が強調されている。

たゞそこでいずれの場合にも、収益性の変数が導入されていないことに、留意しておく必要がある。蚕の1代交雑種の場合、在来種に対する優越性が大きく、とりたてて、在来種に固執する理由は見い出せないのである。従っていいかえれば、普及を支配する要因は、相対的生産性格差以外のところに求められて然るべきなのである。

なお以上のような蚕の1代交雑種の急速な普及に際して、中央ならびに地方の蚕業試験場あるいは各地の同業組合などが、支配的な役割を果たしていたことは改めて指摘するまでもない。同様に稲の品種改良にあっても、農事試験場や系統農会がその普及に際して果たした役割は大きく、一般に日本の農業

技術の普及組織網は、かなり早い段階ですでに確立していたと考えてよいように思われる。

しかし戦後、占領軍の総司令部は、日本のファシズムを支えた元凶の1つとして、農村部における低い識字率(実際はきわめて高かった)と並んで、地主制に支えられた非民主的・非能率的な普及組織網が在ったと考え、その改革にのり出すこととなった。その結果は、アメリカのスミス・レーバー法に則った農業改良助長法が1948年に公布され、直ちに農林業や蚕糸業の普及組織体制が再構築されるに到ったのである。

いま上記のような認識の可否は別として、こうした一連の改革が、普及改良活動への大きな関心呼び起こした点だけは確かである。その結果、普及活動に関する調査や研究が一時期大いに盛んとなったことが知られている。例えば内山[1950]や西村[1952]、安田[1952]あるいは農業技術協会[1955 a~g]の一連の調査などは、その成果とってよいであろう。この他 Lindstrom[1958]や小沼[1962]、菅原[1962]あるいは宇野・青池[1967 a][1967 b]、青池・宇野[1972][1973]などの調査が在ることに注目しておくたい。

他方、安田[1952]などにも示されている如く、稲の品種改良に対する努力は、すでに明治の初めの頃より営々と続けられ、改良品種の普及もまた迅速であったことが知られている。日本の場合、交雑育種法による新品種の育成は、1926年以降本格化したこともあり、その全面的普及は戦後まで俟たねばならない。しかし1910年頃までの神力や愛国、亀の尾、坊主などいわゆる老農品種の改良・普及、あるいはそれ以後の純系淘汰法による陸羽20号や132号などのいわゆる試験場品種の普及・発展にも、著しいものがあつたことは周知の事実である。そしてそれらの本格的分析は、崎浦[1984]によってなされ、またその先駆的分析としては速水・山田[1967]などがある。

なお農機具の発達・普及は、1920年代の中頃より顕著となるが、それらをめぐっては Francks[1984]や加古[1985][1986]などが挙げられよう。また普及に際して農会の果たす役割については大鎌[1987]が、夏秋蚕と水稻保護苗代の普及については、それぞれ新谷[1976]と大塚[1975]が、詳しい分析を展開している。

翻って顧みるに、こうした日本農業の技術普及の経験は、今日の発展途上国のそれと、様々な意味で

著しい対照性をなしているものと思われる。いま後者における高収量品種(HYV)の普及が抱える諸問題については、例えば Brown[1981 第8章]やその参考文献などからも、十分に窺われるであろう。

確かに緑の革命(Green Revolution)と呼ばれる今日の小麦や稲の高収量品種の場合、その在来技術に対する異質性や生産性の格差などの大きさから、農業構造全般に与える影響は大きく、かつての日本の経験とは直接比較可能でない側面も少なくない。

しかし例えばインドの場合、今日ではその高収量品種のインパクトが十分に大きい⁴²⁾、他方では、きわめて早い時期に、イギリス育種学の成果と結合された Pusa 研究所が設立され(1950年)、小麦や棉花、ジュートなどの改良品種が次々と開発されるなど、後発国農業の普及問題を考える際の1つの素材を提供していると思われる⁴³⁾。

そしてこうした途上国の様々な経験は、同時に他方でまた、日本の農業技術の普及において、手作り地主・老農の果たした役割や普及促進機関としての町村農会、あるいは実務知識理解力(Functional Literacy)を引き上げるうえでの実業補習学校の意義等々について、改めて考えさせる視点を含んでいるとも解されるのである。

3. 工業技術の普及

工業技術の普及現象を捉える場合、問題がやや複雑なため、まず最初に簡単な整理をしておく必要があるであろう。いま考察対象となる新しい技術が普及を開始するに当り、それ以前にすでにその市場には代替的な技術が存在していたか否かにより、問題の核心は大きく異なってこざるをえない。例えば後者の場合、つまり技術革新が前例のない程画期的なものであるとか、あるいは明治期の日本や今日の多くの途上国のように、技術体系の大きく異なる新技術が輸入される場合には、まず普及以前にその技術の適格性を確認する作業、例えば技術選択や最適規模の選択あるいは産業選択といった問題の検討が、より重要な意味を持っていることは疑いない。

そしてそれらが解決された後に普及は開始されるが、その場合にも市場規模との関連で、新技術の資本設備に分割可能性があるか否かにより、状況は大きく異なってくる。例えばいま明治期日本の事例でいえば、後者としては洋式鉄鋼技術を、前者としては近代綿紡績技術を想定しておけばよい。すなわちいずれの場合にも、たゞら製鉄法や手紡技術などの

在来技術は、それらの代替技術であったとは見做しえないし、また当時の市場規模を与件とする時、不分割性ないし最適最小規模が存在したと思われる鉄鋼技術の場合、製鉄所が2,3建設されれば、それでも十分であったといえる。

いいかえれば後者の場合には、基本的に普及問題は存在しないといっても過言ではないのである。また前者の綿紡績技術のような場合、新技術の需要者と供給者が各々有する情報量には格差が大きいがゆえ⁴⁴⁾、その普及はすでに指摘した如く、需要主導型の普及になると想定されよう。しかし清川[1985]でも明らかにされているように、そこでのより重要な問題は、普及の問題ではなく、技術選択の問題であったことが知られている。

以上のことを裏返していえば、普及問題が決定的な重要性を持つのは、まさに代替技術が存在する場合についてなのである。ただ現実には代替技術が存在しないようなケースは、数としてもそれ程多くないうえ、一度そのような技術が導入されてしまえば、以後は関連する技術革新が生じた場合にも、代替技術が存在するケースに変わることはない。従って換言すれば、工業化の進展とともに、代替技術が存在する事例は急増することとなり、それに伴い普及問題の重要性もまたいや増すことは、多くの論を俟つまでもないのである。

これまで工業技術の普及に関する分析は、比較的鉄鋼技術と繊維技術のそれに集中してきたが⁴⁵⁾、日本の場合、その工業化の過程を念頭におく時、上記の理由とも併せ、特に後者の問題が決定的に重要であったこともあり、繊維技術の普及をめぐる研究が、相対的に豊富である。

もとよりそれは、綿紡績業や製糸業・織布業一般に関する夥しい数の質の高い分析に支えられたものであることはいうまでもない。従ってそれらのなかにも、部分的に普及現象に触れたものが少なくないが、ここでは比較的技術普及の視点の濃いもののみを挙げておく。まず綿紡績技術に関しては、欧米の分析も盛んであるが⁴⁶⁾、日本の興味深い事実の分析としては、Saxonhouse[1974]や中岡ほか[1986第1~2章：各中岡・石井稿]などが指摘されよう。特に前者では、紡連の意義が強調されている。

製糸技術に関しては、清川[1977]や中岡ほか[1986第2章]、清川[1986]などによって、西欧製糸技術ならびに多條繰糸機普及の意義が分析されている。ここでもまたきわめて急速な普及のみならず、

市場の競争性や模倣技術の競争的開発など日本独自の普及要因が、大きく働いていることが認められよう。

他方、力織機による手織機の代替化すなわち力織機技術の普及に関しても、異なった視点からの幾つかの分析がある。例えば南ほか[1982]や清川[1984]、杉浦[1988]、南・牧野[1988]では、それぞれ力織機化に際しての工場制度の意義や同業組合あるいは電化の重要性など、相異なる要因が強調されており、はなはだ興味深い。なお電動機や電灯の普及に関しても、南[1976]や杉浦[1978][1982]などの分析がある。

ところでこうした工業技術の普及現象を分析する際に重要なことは、Rosenberg[1972]も指摘しているように、技術革新というものは、多くの場合突如生起するのではなく、幾多の副次的改良(Minor Improvement)の積み重ねの結果として出現すること、また1つの技術革新が他の技術革新をも呼びおこし、相互に関連し合いながら連続的に展開してゆくものであるという認識をもつことなのである。

もちろん農業技術の場合にも、そうした連続性や副次的改良の重要性が看過されうるわけではないが、工業技術の場合に、より一層大きいと考えられるのである。なぜならば農業の技術開発は、通常膨大な研究開発投資を要することに加え、開発に長時間を要しリスクが大きく、創始者利潤も小さいことから、一般に個人開発の域を越えており、従って公的試験機関の手に委ねざるをえない場合が多いからである。

それに比し工業技術の開発にあっては、多くの場合、副次的改良の余地が大きく、また特許システムもある程度機能しうるがゆえ⁴⁷⁾、企業が自ら開発にのり出す利益は十分大きいのみならず、市場が競争的であれば、逆にその努力を怠る時、企業の存続自体すら危くなる可能性も高いのである。なお付言しておけば、こうした工業技術と農業技術の差異が、普及に際しての供給主導型普及と需要主導型のそれとの対照性につながっていることは、明白であろう。

さて上記のような競争的開発の結果、大きな技術革新の普及浸透過程では、それに伴う幾多の副次的改良や開発が、観察されうるのが通例である。そしてそれらはしばしば、特許や実用新案の集中化現象として把握されうることが、Kiyokawa[1984]や中岡ほか[1986第2章]、大塚[1987]などによって示されている。つまりそれは換言すれば、いわゆる模倣

的開発が、普及の補完的促進に不可欠な働きをしていることを示唆しているとも解されるのである。

もしそうであれば、それは他方我々に、企業家精神とか革新者といった概念の拡大化を迫るものでもあるかもしれない。なぜならば、それがたとえ改良模倣的であるにせよ、そこにはやはりなにかの革新性や企業家精神が含まれていることは、疑いがないからである。その意味でも今一度、とりわけ後発工業化国における革新者や企業家精神の概念を、再検討する余地があると思われるのである。

4. 普及促進機関と経済制度の普及

すでに指摘した如く、社会学や地理学など隣接諸科学の普及研究では、普及に際して普及促進機関・普及促進員(Change Agent)などの果たす役割を、きわめて重要視する。事実日本の経験を顧みても、様々な普及組織が担った役割は大きく、それを抜きにしては、日本の普及問題は語れないといっても過言ではないのである。

例えば農業技術の場合には、大鎌[1987]も指摘するように、農事試験場制度と並んで系統農会の末端が目覚しい働きをしたといっても、ほとんど異論はないであろう。また在来産業にあっては、しばしば同業組合が新技術普及のための補助金を出すと、その専属技術員が新技術の普及指導を行うなど⁴⁸⁾、やはり積極的に技術の普及に関与していたことが知られている。

同様に、近代輸入技術を擁する産業の場合には、Saxonhouse[1974]も明らかにしているように、大日本紡績連合会のような業界団体が、あるいは清川[1985]に指摘される如く、紡連の紡績技師懇親会などの連絡交流組織が、最新技術情報の普及に大きく貢献していたことは、疑うべからざる事実である。

他方日本の場合には、全国各地で開催された夥しい数の様々な博覧会や共進会が、技術知識の普及に著しく貢献していたこともまた、看過されてはならないであろう⁴⁹⁾。共進会や品評会の開催が、各地における同業組合や農会の組織化を大いに促進した一方、設立された同業組合や農会が今度は逆に、頻繁に共進会や品評会を開催し、在来産業の様々な技術改良や農産物の改良品種に関する具体的情報を、相互の競争と協調に基づき周辺各地へ普及させたのである。また多くの産業博覧会では、最新の輸入技術や特許新製品が展示・解説され、全国各地での模倣・改良技術の開発を促すのに大きく与っていたこ

とが知られている。

このように技術普及の促進機関や促進団体には種々のものがあり、またそれらの有効性や効率性は、日本の社会構造や市場構造と深く結びついていたことは改めて指摘するまでもない。いま日本の農事試験場制度や蚕業試験場制度は、それ自体国際的にみてもそれ程遜色ないと思われるが、仮にその形式的完成度の点で、アメリカの普及組織網(Extention System)などに比べ劣っていたとしても⁵⁰⁾、それはそれなりに日本の社会構造の中で、十分によく機能していたと考えられよう。すなわちこうした普及制度や組織の有効性は、農村リーダーの性格や企業における技術者の位置、あるいは経営者の企業家精神や市場の競争性などとの関連において評価されなければならないからである。

他方、工業化の進展過程では、技術普及を図る普及組織の充実も重要ではあるが、同時に新しい経済組織・制度の普及もまたそこには必要不可欠なのである。例えば歴史的に顧みても、画期的な技術革新の導入・普及を図る際には、同時にそれと併せ工場制度という新しい生産の組織形態が導入されざるをえないことが多かったのである。

例えばそうした事例は、織物業や製糸業における力織機技術や西欧製糸技術の導入に際して、ほとんど不可避的にみられた現象であることが、南・牧野[1988]や清川[1984][1986]などによっても指摘されている。これは単に原動機の採用や集中生産方式によるコスト削減という生産組織上の問題だけでなく、新しい分業システムや品質管理あるいは技能・熟練に対する監督指導など管理組織上の要請でもあったのである。つまりそれは別の表現をすれば、まさに在来産業自体の近代化過程でもあったと解されるのである。

こうした工場制度はさらに、新しい賃金制度や教育訓練システムあるいは交代制や休日制など、様々な生産・管理方式の発展拡充を伴っていたが、次第に工場制度そのものが広く社会へ浸透するにつれ、そうした生産組織の原理・ルールは、社会システム全体へも影響を与えるようになることは疑いない。その意味で技術革新の導入普及は、経済制度のみならず社会制度一般の変革とも不可分であると考えられるのである⁵¹⁾。従って経済組織の普及やそれを支える文化や理念の普及もまた、普及理論の観点から捉えうるような分析枠組が、今後早急に模索されなければならないといえよう。

以上我々は、技術普及の経済分析に関する諸問題を整理し、かつ先行業績の展望を行ってきた。もっともそこでは、どのように技術普及を捉えるか、あるいはまた普及をめぐる諸概念には、どのような問題点があるのかといった論点や考え方の整理に力点を置いたため、既存研究の展望に関しては、必ずしも十分ではないところがあるかもしれない。とくに日本経済をめぐる普及分析の包括的展望論文は、内山[1950]以来皆無に近いため、今後こうした幾つかの試みを積み重ねながら、少しずつ掘り起こしてゆくより仕方がないかとも思われる。

なお技術普及の経済理論分析は、岩井[1981][1982a, b]にも見られる如く、明らかに着実に進歩を重ねているといってよい。しかし、恐らく理論化が最も困難な分野ということもあり、未だ理論分析と実証分析の距離は、著しく大きいといわざるをえないのである。

だがそれは、実証分析の側にも大きな責任があり、これまでのところ普及促進要因に関する事実分析すら、決して十分ではないのである。しかも現実の著しい多様性のなかで、共通の分析枠組みはおろか、分析概念の統一整理すら、はなはだ困難な状況にあるといっても過言ではないであろう。

それは1つに、技術普及という現象が、採用者の心理や性格あるいはその人間関係に依存していたり、普及速度が市場条件や技術的条件のみならず、普及制度や普及促進団体の効率性にも依拠するなど、きわめて錯綜する要因と絡んでいることにも起因していると考えられよう。

そのなかで我々は、特に普及制度・組織の果たす役割の分析が、技術普及分析の鍵を握ると考えるが、これまでのところまだその十分な分析枠組みはないといってよい。従って今後の研究方向としては、その解明がまず第1に考えられるが、それには1つに、学際的な視点を確保することと、また2つには、本格的な国際比較研究を通じ、実態的な市場概念を深化させることが挙げられよう。とりわけ後者は、技術移転やその受容に際しての接触の側面だけでなく、それぞれの国における国内普及の本格的な比較研究を行うことにより、普及分析の新しい出発点を築きうる橋頭堡かもしれないと考えられるのである。

(一橋大学経済研究所)

注

* 本稿の準備に際しては、文部省の特定研究経費より助成を受けたことを記し、謝意を表したい。

1) Rogers[1983]の第2章を参照のこと。

2) Rogers[1962][1983]のほか、内山[1950], Katz et al.[1963], Jones[1967], Misra[1968第2章], 杉浦[1976], Davies[1979第2章・第3章], Brown[1981第2章]などがある。

3) Y は付加価値で測った生産量、 K は資本ストック、 L は労働の雇用量、 t は時間を示すものとする。

4) 経済学における標準的な定義や理解については、清川[1975a]などを参照のこと。ただしここでは、技術情報を内部化し専有可能ならしめようとする特許制度の問題は、当面措くものとする。なお普及については、Arrow[1969]も参照のこと。

5) これは第1モデルであるが、第2モデルの場合も、本質的にはあまり変りない。

6) 混乱を避けるため、原著の記号の一部、変更されている。なお d は、企業の研究開発投資によって生産された技術知識の一部が、他企業のそれと重複している比率を示す。またここで $R_j = \bar{R}$, $b_j = b_i$ が仮定されている。

7) 資料的には、Ryan, B. and N. Gross, "Acceptance and Diffusion of Hybrid Corn Seed in Two Iowa Communities," *Research Bulletin* (Iowa Agriculture Experiment Station, Ames), No. 372, 1950が最も詳しいといわれるが、筆者未見。

8) Griliches[1957]の脚注45(522頁)のほか、Dixon[1980]の1458頁なども参照のこと。

9) この論争に関する文献としては、ほかにGriliches[1960a][1962], Rogers & Havens[1962], Babcock[1962]などがある。

10) H. E. Pembertonをはじめ、1930年代・40年代の先行業績については、比較的Misra[1968]の文献目録が詳しい。

11) Hägerstrand[1967]は、1953年のスウェーデン語版からの翻訳であり、従ってここでは1950年代以降、スウェーデンを中心に地理学の普及分析が盛んになったことを意味している。

12) 詳しくはTaylor[1975]を、またDodd[1950]も参照のこと。

13) 例えば杉浦[1977]やBrown & Philliber[1977]などがある。またCasetti & Semple[1969]は、距離変数によってもロジスティック曲線がえられることを示そうとしたものである。

14) もとよりモンテカルロ・シミュレーション法は、MIFを使わない形でもしばしば応用されることは言うまでもない。例えば杉浦[1978b]やその引用文献などを、参照のこと。

15) Walker[1973]やGray[1973b], Eyestone[1977]などを参照のこと。また我々は、この問題はMahajan et al.[1977]のように、回帰分析の決定係数が高ければ解決するとは考えない。Cyr[1983]もこの問題を扱っているが、その主眼は、推定における自己相関バイアスの除去問題にあるといってよい。

16) 先のEyestone[1977]のほか、Perry & Kraemer[1978]などを参照のこと。また問題としては、先の

Coughenour[1964]とも関連してくる。

17) 例えばそれは、斉藤[1984]や清川[1988]などによって指摘されている。

18) Bass[1980]やHeeler & Hustad[1980], Tigert & Farivar[1981], Dolan & Jeuland[1981], Kalish[1983], Jørgensen[1983]などの他、数多くある。

19) Horsky[1977], Dodson & Muller[1978], Horsky & Simon[1983]やその参考文献などを参照のこと。

20) Blackman[1972][1974], Stapleton[1976], Sharif & Kabir[1976], Sahal[1981 第5章]やRandles[1983]などを参照のこと。

21) ゲーム論的な展開を模索するものとしては、Reinganum[1981]などがある。

22) Griliches[1957], 515-16頁。それは同時に、完全情報の世界で収益性という条件が臨界値を越えさえすればよいと考えていたとも解される。その場合には、後述の接触情報流布型ではなく、ロジット臨界値モデルに近いものもいえる。

23) Brownは、具体例としてはHägerstrand型の採用局面を重視したモデルのみを挙げているが、その指摘内容は、より大きな普遍性を持つものと思われる。またここで指摘したような理由により、普及組織や普及促進者の機能や役割を陽表的に導入しても、それはあくまでも普及速度や普及効率を左右する情報チャンネルの問題であって、それ自身がBrownの主張するように、供給主導型普及モデルへの変換を助長するとは考え難い。

24) 需要主導型・供給主導型の区別は、Gold[1981]やDosi[1983]らによって初めて持ち込まれたといえよう。またWarner[1974]の整理も有用である。

25) 交雑とうもろこしや近年の小麦・稲の高収量品種だけでなく、戦前日本の農林番号系稲品種や蚕の1交代雑種などすべてに共通する。安田[1952], 崎浦[1984], 清川[1980 a, b]などを参照のこと。

26) 詳しくは、清川[1977][1984]などを参照のこと。

27) 時にはPearl-Reed曲線とかBerkson曲線とも呼ばれ、計量生物学では、戦前からしばしば用いられてきた分布曲線である。

28) この相互交渉・一方的交渉という用語は、母集団ないし社会システムの内部・外部という観点から、内部的影響のあるモデル・外部的影響のあるモデルと呼ばれることもある。Lekvall & Wahlbin[1973]やMahajan & Peterson[1985]参照。

29) わずかにColeman et al.[1957]やFourt & Woodlock[1960], Coleman[1964 第17章], Hamblin et al.[1973]などが挙げられる。

30) 例えばDodson & Muller[1978]やTapiero[1983], Mahajan et al.[1984]などを参照のこと。

31) 例えばDavies[1979 第3~4章]やMeade[1984]などにも、それは指摘されている。

32) Dixon[1980]の場合は、この事例に該当すると我々は考える。アメリカの1交代雑とうもろこしは、1960年代・70年代も改良が続けられ、反収の増加が著しい。しかしそれは品種改良だけでなく、肥料や密植法など関連条件の改善によるところも大であるといわれる。

33) Bass自身は、第1項を革新者の採用部分、第2項を模倣者の採用部分と理解しており、形式的統合より

はむしろ実態的な把握を意図していたのかもしれない。

34) 一般にロジスティック曲線の推定には、強い自己相関を伴うことが知られている。Davies[1979 第2章], Cyr[1983], Dixon[1980]など参照。その他推計法上の諸問題については、Oliver[1964]やBretschneider & Mahajan[1980], Schmittlein & Mahajan[1982], Olson[1982]などを参照のこと。

35) もっとも推計に際しては、2値(Binary)データの観測値を適当な単位(X_j とは独立な基準で)毎に集計し比率化することも可能であり、またその方が一般に良い推定結果をえられることが多い。現在、以下のモデルの計算手法は、多値データの場合にも拡張されているが、普及分析に際しては、2値で十分と思われる。

36) b_j の値が、標準偏差の倍数($\pi/\sqrt{3} \approx 1.81$)分だけ、ロジット分析の時の方が大きくなる点を調整すればよい。なおロジット分析の応用例は、必ずしも多くはなく、例えばOster[1982]や杉浦[1988]などが在る。

37) 被説明変数がこうした2値データをとるモデルの推定手法に関しては、Cox[1970]やAshton[1972], Wrigley[1976], Aldrich & Nelson[1984]などの標準的教科書で、十分に尽されている。なお潜在変数の場合にしばしば使われるオーグブ(Ogive)モデルは、本質的にプロビット・モデルと同一と考えてよい。

38) 例えば斉藤[1979]やMansfield et al.[1982]などの他、その参考文献も参照のこと。

39) 他にBundgaard-Nielsen[1976]やHeeler & Hustad[1980]などがある。

40) 一例として清川[1975 b]などを参照されたい。

41) 日中間の技術交流に関しては、例えば古田[1984][1985]や吉田[1989]などを参照のこと。

42) HYVの経済分析は夥しい数に昇るが、ここでは比較的最近の調査2点Pandey[1989], Bhatia[1990]を挙げるに留める。より詳しくは、それらの参考文献を参照のこと。

43) 周知のように、研究開発の面ではそれなりの成果が在ったが、普及に関しては、パンジャブ地方の小麦や棉花を除き、著しく多くの問題点を抱えていたといっていた。

44) これは部分的に、技術格差の概念とも重複するといつてよい。なお技術格差仮説ならびにその時の普及パターンについては、清川[1975b]を参照されたい。

45) 鉄鋼技術の普及については、Nabseth & Ray[1974]やOster[1982]、またその参考文献を参照のこと。

46) 先のJeremy[1981]のほか、Sutherland[1959]やFeller[1966], Metcalfe[1970]などが在る。

47) 日本で特許制度が、比較的良好に技術情報の専有権を保護した例としては、カサブランカ式ハイドラフト紡機やノースロップ型管換式自動織機などが挙げられるかもしれない。しかし一般には、類似技術の開発で特許の抵触は回避出来ることが多いゆえ、むしろ逆に特許の保護は、競争的技術の開発を促し、実質的には技術普及を妨げることは、ほとんどないと考えてよい。

48) 織物同業組合や養蚕組合、蚕糸業同業組合の活動については、清川[1980 a, b][1984]などを参照のこと。

49) 詳しくは、清川[1988]を参照されたい。

50) 戦後アメリカ型の普及システムが導入されたこ

とにより、一時期その評価はきわめて低かった。しかしここでも述べたように、その点は日本の社会構造との関連で評価されねばならず、再考の余地があろう。アメリカの普及組織については、Smith & Wilson[1930]などを参照のこと。またインドをはじめ今日の途上国では、一応形式的に普及網は整っていても、著しく多くの問題を抱えていることにも、留意しておく必要がある。

51) 発展途上国におけるこうした事例を分析したものに Hayami & Kikuchi[1981]が、また日本の事例については清川[1986]などがある。

参考文献**

- Aldrich, J. H. and F. D. Nelson[1984]*Linear Probability, Logit, and Probit Models*. London: Sage Publications.
- Arrow, K. J.[1969]“Classificatory Notes on the Production and Transmission of Technological Knowledge.” *American Economic Review* 59: 29-35.
- Ashton, W. D.[1972]*The Logit Transformation with Special Reference to its Use in Bioassay*. London: Griffin.
- Babcock, J. M.[1962]“Adoption of Hybrid Corn.” *Rural Sociology* 27: 332-338.
- Bass, F. M.[1969]“A New Product Growth Model for Consumer Durables.” *Management Science* 15: 215-227.
- [1980]“The Relationship between Diffusion Rates, Experience Curves, and Demand Elasticities for Consumer Durable Technological Innovations.” *Journal of Business* 53: S51-S67.
- Becker, M. H. [1970]“Sociometric Location and Innovativeness.” *American Sociological Review* : 35: 267-282.
- Bhatia, B. S.[1990]*Adoption of Farm Mechanization in a Developing Economy*. Delhi: Daya Publishing.
- Blackman, A. W., Jr.[1972]“A Mathematical Model for Trend Forecasts.” *Technological Forecasting and Social Change* 3: 441-452.
- [1974]“The Market Dynamics of Technological Substitutions.” *Technological Forecasting and Social Change* 6: 41-63.
- Bonus, H. [1973]“Quasi-Engel Curves, Diffusion and the Ownership of Major Consumer Durables.” *Journal of Political Economy* 81: 655-677.
- Bose, S. P. [1962]“Peasant Values and Innovation in India.” *American Journal of Sociology* 67: 552-560.
- Brandner, L. and M. A. Straus[1959]“Congruence versus Profitability in the Diffusion of Hybrid Sorghum.” *Rural Sociology* 24: 381-383.
- Bretschneider, S. I. and V. Mahajan[1980]“Adaptive Technological Substitution Models.” *Technological Forecasting and Social Change* 18: 129-139.
- Brown, L. A.[1981]*Innovation Diffusion* London: Methuen.
- Brown, L. A. and S. G. Philliber[1977]“The Diffusion of a Population-Related Innovation” *Social Science Quarterly* 58: 215-228
- Bundgaard-Nielsen, M.[1976]“The International Diffusion of New Technology.” *Technological Forecasting and Social Change* 8: 365-370.
- Casetti, E. and R. K. Semple[1969]“Concerning the Testing of Spatial Diffusion Hypotheses.” *Geographical Analysis*. 1: 254-259.
- Chow, G. C.[1967]“Technological Change and the Demand for Computers.” *American Economic Review* 57: 1117-1130.
- Coleman, J. S.[1964]*Introduction to Mathematical Sociology*. London: Free Press of Glencoe.
- Coleman, J., E. Katz and H. Menzel[1957]“The Diffusion of an Innovation among Physicians.” *Sociometry* 20: 253-270.
- Coughenour, C. M.[1964]“The Rate of Technological Diffusion among Locality Groups.” *American Journal of Sociology* 69: 325-339.
- Cox, D. R.[1970]*The Analysis of Binary Data*. London: Chapman and Hall.
- Cyr, A. B.[1983]“A Crucial Regression Error in Research on Diffusion of State Policies.” *Political Methodology* 9: 201-214.
- David, P. A.[1975]“The Mechanization of Reaping in the Ante-Bellum Midwest.” Chapter 4 of *Technical Choice Innovation and Economic Growth*. Cambridge: Cambridge U. P.
- Davies, S.[1979]*The Diffusion of Process Innovations*. Cambridge: Cambridge U. P.
- Dixon, R.[1980]“Hybrid Corn Revisited.” *Econometrica* 48: 1451-1461.
- Dodd, S. C.[1950]“The Interchange Hypothesis.” *American Sociological Review* 15: 245-256.
- [1953]“Testing Message Diffusion in Controlled Experiments.” *American Sociological Review* 18: 410-416.
- [1955]“Diffusion is Predictable.” *American Sociological Review* 20: 392-401.
- Dodson, J. A., Jr. and E. Muller[1978]“Models of New Product Diffusion through Advertising and Word-of-Mouth.” *Management Science* 24: 1568-1578.
- Doi, T.[1977]“The Diffusion Process of the First Filial Silkworm in Japan(1915-1921)”『東北地理』29: 83-91.
- Dolan, R. J. and A. P. Jeuland[1981]“Experience Curves and Dynamic Demand Models: Implications for Optimal Pricing Strategies.” *Journal of Marketing* 45: 52-62.
- Dosi, G.[1983]“Technological Paradigms and Technological Trajectories.” In *Long Waves in the World Economy*, ed. C. Freeman. London: Butterworths.
- Easingwood, C. J., V. Mahajan and E. Muller[1981]“A Nonsymmetric Responding Logistic Model for Forecasting Technological Substitution.” *Technological Forecasting and Social Change* 20: 199-213.

- [1983]“A Nonuniform Influence Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance.” *Marketing Science* 2: 273-295.
- Eyestone, R.[1977]“Confusion, Diffusion, and Innovation.” *American Political Science Review* 71: 441-447.
- Feller, I.[1966]“The Draper Loom in New England Textiles, 1894-1914.” *Journal of Economic History* 26: 320-347.
- Firth, R.[1929]*Primitive Economics of the New Zealand Maori*. London: George Routledge & Sons.
- Fisher, J. C. and R. H. Pry[1971]“A Simple Substitution Model of Technological Change.” *Technological Forecasting and Social Change* 3: 75-88.
- Floyd, A. L.[1968]“A Methodology for Trend-Forecasting of Figures of Merit.” In *Technological Forecasting for Industry and Government*, ed. J. R. Bright. New Jersey: Prentice Hall.
- Fourt, L. A. and J. W. Woodlock[1960]“Early Prediction of Market Success for New Grocery Products.” *Journal of Marketing* 25: 31-38.
- Francks, P.[1984]*Technology and Agricultural Development in Pre-War Japan*. New Haven: Yale U. P.
- Glaister, S.[1974]“Advertising Policy and Returns to Scale in Markets Where Information is Passed between Individuals.” *Economica* 41: 139-156.
- Gold, B.[1981]“Technological Diffusion in Industry.” *Journal of Industrial Economics* 29: 247-269.
- Gort, M. and S. Klepper[1982]“Time Paths in the Diffusion of Product Innovations.” *Economic Journal* 92: 630-653.
- Gould, J. P.[1970]“Diffusion Processes and Optimal Advertising Policy.” In *Micro-Economic Foundations of Employment and Inflation Theory*, ed. E. S. Phelps. N. Y.: Norton.
- Gray, V.[1973a]“Innovation in the States: A Diffusion Study.” *American Political Science Review* 67: 1174-1185.
- [1973b]“Rejoinder to ‘Comment’ by J. W. Walker.” *American Political Science Review* 67: 1192-1193.
- Griliches, Z.[1957]“Hybrid Corn.” *Econometrica* 25: 501-522.
- [1958]“Research Costs and Social Returns.” *Journal of Political Economy* 66: 419-431.
- [1960 a]“Congruence versus Profitability.” *Rural Sociology* 25: 354-357.
- [1960b]“Hybrid Corn and the Economics of Innovation.” *Science* 132: 275-280.
- [1962]“Profitability versus Interaction.” *Rural Sociology* 27: 327-330.
- [1980]“Hybrid Corn Revisited.” *Econometrica* 48: 1463-1465.
- Habakkuk, H. J.[1962]*American and British Technology in the Nineteenth Century*. N. Y.: Cambridge U. P.
- Hägerstrand, T.[1967]*Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hamblin, R. L., R. B. Jacobsen and J. L. L. Miller [1973]*A Mathematical Theory of Social Change*. N. Y.: John Wiley.
- Havens, A. E. and E. M. Rogers[1961]“Adoption of Hybrid Corn.” *Rural Sociology* 26: 409-414.
- Hayami, Y. and M. Kikuchi[1981]*Asian Village Economy at the Crossroads*. Tokyo: University of Tokyo Press.
- Haynes, K. E., V. Mahajan and G. M. White[1977]“Innovation Diffusion.” *Socio-Economic Planning Sciences* 11: 25-29.
- Hayward, G.[1979]“Perceived Characteristics and the Diffusion of Innovations.” In *Industrial Innovation*, ed. M. J. Baker. London: Macmillan.
- Heeler, R. M. and T. P. Hustad[1980]“Problems in Predicting New Product Growth for Consumer Durables.” *Management Science* 26: 1007-1021.
- Hirashima, S.[1978]*The Structure of Disparity in Developing Agriculture*. Tokyo: Institute of Developing Economies.
- Horsky, D.[1977]“An Empirical Analysis of the Optimal Advertising Policy.” *Management Science* 23: 1037-1049.
- Horsky, D. and L. S. Simon[1983]. “Advertising and the Diffusion of New Products.” *Marketing Science* 2: 1-17.
- Jeremy, D.[1981]*Transatlantic Industrial Revolution*. Cambridge, Ma.: MIT Press.
- Johansen, H. E.[1971]“Diffusion of Strip Cropping in Southwestern Wisconsin.” *Annals of the Association of American Geographers* 61: 671-683.
- Jones, G. E.[1963]“The Diffusion of Agricultural Innovations.” *Journal of Agricultural Economics* 15: 387-409.
- [1967]“The Adoption and Diffusion of Agricultural Practices.” *World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts* 9: 1-34.
- Jørgensen, S.[1983]“Optimal Control of a Diffusion Model of New Product Acceptance with Price-dependent Total Market Potential.” *Optimal Control Applications and Methods* 4: 269-276.
- Khan, W. and R. N. Tripathy[1972]*Intensive Agriculture and Modern Inputs*. Hyderabad: National Institute of Community Development.
- Kalish, S.[1983]“Monopolist Pricing with Dynamic Demand and Production Cost.” *Marketing Science* 2: 135-159.
- Katz, E.[1957]“The Two-Step Flow Communication.” *Public Opinion Quarterly* 21: 61-78.
- Katz, E., M. L. Levin and H. Hamilton[1963]“Traditions of Research on the Diffusion of Innovation.” *American Sociological Review* 28: 237-252.
- Kislev, Y. and N. Shchori-Bachrach[1973]“The Process of an Innovation Cycle.” *American Journal of*

- Agricultural Economics* 55 : 28-37.
- Kiyokawa, Y.[1984]"Entrepreneurship and Innovations in Japan." *Developing Economies* 22 : 211-236.
- Lawton, S. B. and W. H. Lawton[1979]"An Autocatalytic Model for the Diffusion of Educational Innovations." *Educational Administration Quarterly* 15 : 19-46.
- Lekvall, P. and C. Wahlbin[1973]"A Study of Some Assumptions Underlying Innovation Diffusion Functions." *Swedish Journal of Economics* 75 : 362-377.
- Lilien, G. A., A. G. Lao and S. Kalish[1981]"Bayesian Estimation and Control of Detailing Effort in a Repeat Purchase Diffusion Environment." *Management Science* 27 : 493-506.
- Lindner, R., A. Fischer and P. Pardey[1979]"The Time to Adoption." *Economics Letters* 2 : 187-190.
- Lindstrom, D. E.[1958]"Diffusion of Agricultural and Home Economics Practices in a Japanese Rural Community." *Rural Sociology* 23 : 171-183.
- Maclaurin, W. R.[1950]"The Process of Technological Innovation." *American Economic Review* 40 : 90-112.
- Maddala, G. S. and P. T. Knight[1967]"International Diffusion of Technical Change." *Economic Journal* 77 : 531-558.
- Mahajan, V., K. E. Haynes and K. C. Bal Kumar [1977]"Modeling the Diffusion of Public Policy Innovations among the U. S. States." *Socio-Economic Planning Sciences* 11 : 259-263.
- Mahajan, V. and E. Muller[1979]"Innovation Diffusion and New Product Growth Models in Marketing." *Journal of Marketing* 43 : 55-68.
- Mahajan, V., E. Muller and R. A. Kerin[1984]"Introduction Strategy for New Products with Positive and Negative Word-of-Mouth." *Management Science* 30 : 1389-1404.
- Mahajan, V. and R. A. Peterson[1978]"Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population." *Management Science* 24 : 1589-1597.
- [1985] *Models for Innovation Diffusion*. London : Sage Publications.
- Malecki, E. J.[1977]"Firms and Innovation Diffusion." *Environment and Planning A* 9 : 1291-1305.
- Mansfield, E.[1961]"Technical Change and the Rate of Imitation." *Econometrica* 29 : 741-765.
- [1968] *Industrial Research and Technological Innovation*. N. Y. : Norton.
- Mansfield, E. et al.[1977] *The Production and Application of New Industrial Technology*. N. Y. : Norton.
- Mansfield, E. et al.[1982] *Technology Transfer, Productivity, and Economic Policy*. N. Y. : Norton.
- Mason, R. and A. N. Halter[1968]"The Application of a System of Simultaneous Equations to an Innovation Diffusion Model." *Social Forces* 47 : 182-195.
- Meade, N.[1984]"The Use of Growth Curves in Forecasting Market Development." *Journal of Forecasting* 3 : 429-451.
- Metcalfe, J. S.[1970]"Diffusion of Innovation in the Lancashire Textile Industry." *Manchester School* 38 : 145-162.
- [1983]"Impulse and Diffusion in the Study of Technical Change." In *Long Waves in the World Economy*, ed. C. Freeman. London : Butterworths.
- Misra, R. P.[1968] *Diffusion of Agricultural Innovations*. Prasaranga : University of Mysore.
- Miyakawa, Y.[1985]"Rural Industries in Japan." In *Rural Industrialization in Third World Countries*, ed. R. P. Misra. New Delhi : Sterling.
- Nabseth, L.[1973]"The Diffusion of Innovations in Swedish Industry." In *Science and Technology in Economic Growth*, ed. B. R. Williams. London : Macmillan.
- Nabseth, L. and G. F. Ray, eds.[1974] *The Diffusion of New Industrial Processes : An International Study*. Cambridge : Cambridge U. P.
- Nelson, R. R. and E. S. Phelps[1966]"Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth." *American Economic Review* 56 : 69-75.
- Nelson, R. R. and S. G. Winter[1974]"Neoclassical vs. Evolutionary Theories of Economic Growth : Critique and Prospectus." *Economic Journal* 84 : 886-905.
- Nordhaus, W. D.[1969] *Invention, Growth, and Welfare*. Cambridge, Ma. : MIT Press.
- Oliver, F. R.[1964]"Methods of Estimating the Logistic Growth Function." *Journal of the Royal Statistical Society, Series C, Applied Statistics* 13 : 57-66.
- Olson, J. A.[1982]"Generalized Least Squares and Maximum Likelihood Estimation of the Logistic Function for Technology Diffusion." *Technological Forecasting and Social Change* 21 : 241-249.
- Oster, S.[1982]"The Diffusion of Innovation among Steel Firms." *Bell Journal of Economics* 13 : 45-56.
- Pandey, K. N.[1989] *Adoption of Agricultural Innovations*. New Delhi : Northern Book Centre.
- Perry, J. L. and K. L. Kraemer[1978]"Innovation Attributes, Policy Intervention, and the Diffusion of Computer Applications among Local Governments." *Policy Science* 9 : 179-205.
- Pitcher, B. L., R. L. Hamblin and J. L. L. Miller[1978]"The Diffusion of Collective Violence." *American Sociological Review* 43 : 23-35.
- Rajagopalan, C. and J. Singh[1971] *Adoption of Agricultural Innovations*. Delhi : National.
- Randles, F.[1983]"On the Diffusion of Computer Terminals in an Established Engineering Environment." *Management Science* 29 : 465-476.
- Reinganum, J. F.[1981]"Market Structure and the Diffusion of New Technology." *Bell Journal of Economics* 12 : 618-625.

- Richards, F. J.[1959]"A Flexible Growth Function for Empirical Use." *Journal of Experimental Botany* 10 : 290-300.
- Rogers, E. M.[1962]*Diffusion of Innovations*. N. Y. : Free Press.
- [1983]*Diffusion of Innovations*. 3rd ed. N. Y. : Free Press.
- Rogers, E. M. and A. E. Havens[1962]"Rejoinder to Griliches' 'Another False Dichotomy'." *Rural Sociology* 27 : 330-332.
- Romeo, A. A.[1975]"Interindustry and Interfirm Differences in the Rate of Diffusion of an Innovation." *Review of Economics and Statistics* 57 : 311-319.
- Rosenberg, N.[1972]"Factors Affecting the Diffusion of Technology." *Explorations in Economic History* 10 : 3-33.
- Rosenberg, N.[1976]*Perspectives on Technology*. Cambridge : Cambridge U. P.
- Ryan, B.[1948]"A Study in Technological Diffusion." *Rural Sociology* 13 : 273-285.
- Ryan, B. and N. C. Gross[1943]"The Diffusion of Hybrid Seed Corn in Two Iowa Communities." *Rural Sociology* 8 : 15-24.
- Sahal, D.[1981]*Patterns of Technological Innovation*. London : Addison-Wesley.
- Saxonhouse, G.[1974]"A Tale of Japanese Technological Diffusion in the Meiji Period." *Journal of Economic History* 34 : 149-165.
- Schmittlein, D. C. and V. Mahajan[1982]"Maximum Likelihood Estimation for an Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance." *Marketing Science* 1 : 57-78.
- Sharif, M. N. and C. Kabir[1976]"A Generalized Model for Forecasting Technological Substitution." *Technological Forecasting and Social Change* 8 : 353-364.
- Sharif, M. N. and K. Ramanathan[1981]"Binomial Innovation Diffusion Models with Dynamic Potential Adopter Population." *Technological Forecasting and Social Change* 20 : 63-87.
- [1982]"Polynomial Innovation Diffusion Models." *Technological Forecasting and Social Change* 21 : 301-323.
- Sharif, M. N. and M. N. Islam[1980]"The Weibull Distribution as a General Model for Forecasting Technological Change." *Technological Forecasting and Social Change* 18 : 247-256.
- Shetty, N. S.[1966]"Inter-Farm Rates of Technological Diffusion in Indian Agriculture." *Indian Journal of Agricultural Economics* 21 : 189-198.
- Smith, C. B. and M. C. Wilson[1930]*The Agricultural Extension System of the United States*. N. Y. : John Wiley.
- Souder, W. E. and A. Quaddus[1982]"A Decision-Modeling Approach to Forecasting the Diffusion of Longwall Mining Technologies." *Technological Forecasting and Social Change* 21 : 1-14.
- Spicer, E. D., ed.[1952]*Human Problems in Technological Change : A Casebook*. N. Y. : Russell Sage Foundation.
- Stapleton, E.[1976]"The Normal Distribution as a Model of Technological Substitution." *Technological Forecasting and Social Change* 8 : 325-334.
- Stoneman, P.[1980]"The Rate of Imitation, Learning and Profitability." *Economics Letters* 6 : 179-183.
- [1981]"Intra-firm Diffusion, Bayesian Learning and Profitability." *Economic Journal* 91 : 375-388.
- [1983]*The Economic Analysis of Technological Change*. Oxford : Oxford U. P.
- Straus, M. A.[1953]"Cultural Factors in the Functioning of Agricultural Extension in Ceylon." *Rural Sociology* 18 : 249-255.
- Sutherland, A.[1959]"The Diffusion of an Innovation in Cotton Spinning." *Journal of Industrial Economics* 7 : 118-135.
- Tapiero, C. S.[1983]"Stochastic Diffusion Models with Advertising and Word-Mouth Effects." *European Journal of Operational Research* 12 : 348-356.
- Taylor, P. J.[1975]*Distance Decay in Spatial Interactions*. Norwich : University of East Anglia.
- Tigert, D. and B. Farivar[1981]"The Bass New Product Growth Model." *Journal of Marketing* 45 : 81-90.
- Von Bertalanffy, L.[1957]"Quantitative Laws in Metabolism and Growth." *Quarterly Review of Biology* 32 : 217-231.
- Walker, J. L.[1969]"The Diffusion of Innovations among the American States." *American Political Science Review* 63 : 880-899.
- [1973]"Comment." *American Political Science Review* 67 : 1186-1191.
- Warner, K. E.[1974]"The Need for Some Innovative Concepts of Innovation: An Examination of Research on the Diffusion of Innovations." *Policy Sciences* : 5 : 433-451.
- Wrigley, N.[1976]*Introduction to the Use of Logit Models in Geography*. Norwich : University of East Anglia.
- 青池慎一・宇野善康[1972]"革新的アイデアの普及に関する諸命題 その(3)"『哲学』60集 37-81頁.
- [1973]"革新的アイデアの普及に関する諸命題 その(4)"『哲学』61集 109-155頁.
- 岩井克人[1981]"シムペーター経済動学"『季刊現代経済』46号(冬)28-42頁.
- [1982a]"シムペーター経済動学(2)"『季刊現代経済』47号(春)162-175頁.
- [1982b]"シムペーター経済動学(3)"『季刊現代経済』48号(夏)120-131頁.
- 内山政照[1950]"農業の改良・普及に関する文献・資料・その解説"農林省農業総合研究所.

- 宇野善康・青池慎一[1967 a]「革新的アイデアの普及に関する諸命題」『年報社会心理学』8巻205-218。
 —[1967b]「革新的アイデアの普及に関する諸命題その(2)」『哲学』50集229-258頁。
 大鎌邦雄[1987]「稲作技術開発・普及と系統農会」『農業総合研究』41巻1号1-54頁。
 大塚啓次郎[1975]「技術改善と技術普及」『農業経済研究』47巻1号14-23頁。
 —[1987]「綿工業の発展と技術革新」南亮進・清川雪彦編『日本の工業化と技術発展』(東洋経済新報社)所収。
 加古敏之[1985]「日本における自動耕耘機の開発と普及に関する1考察」『愛媛大学経営農学研究集報』7号67-79頁。
 —[1986]「農業における適正技術の開発と普及」『経済研究』37巻3号193-207頁。
 川俣茂[1984]『増補 普及指導活動論』全国農業改良普及協会。
 協同農業普及事業30周年記念会[1978]『普及事業の30年』協同農業普及事業30周年記念会。
 清川雪彦[1975 a]「イデオロギーとしての技術と経済発展」『アジア経済』16巻4号22-46頁。
 —[1975 b]「技術格差と導入技術の定着過程」大川一司・南亮進編『近代日本の経済発展』(東洋経済新報社)所収。
 —[1977]「製糸技術の普及伝播について」『経済研究』28巻4号337-354頁。
 —[1980 a]「蚕品種の改良と普及伝播」『経済研究』31巻1号27-39頁。
 —[1980 b]「蚕品種の改良と普及伝播」『経済研究』32巻2号135-146頁。
 —[1984]「日本織物業における力織機化の進展をめぐって」『経済研究』35巻2号150-170頁。
 —[1985]「日本綿紡績業におけるリング紡機の採用をめぐって」『経済研究』36巻3号214-227頁。
 —[1986]「西欧製糸技術の導入と工場制度の普及・定着」『経済研究』37巻3号234-247頁。
 —[1988]「殖産興業政策としての博覧会・共進会の意義」『経済研究』39巻4号340-359頁。
 小沼勇[1962]『日本の農業：あすへの歩み No. 9 試験場と普及所』農政調査委員会。
 斉藤修[1984]「明治後期の勸業政策」『経済研究』35巻3号236-246頁。
 斉藤優[1979]『技術移転論』文眞堂。
 崎浦誠治[1984]『稲品種改良の経済分析』養賢堂。
 蚕業改良普及事業20周年記念会[1966]『蚕業普及の歩み』蚕業改良普及事業20周年記念会。
 産業材料調査研究所[1977a]『産業技術の確立過程と技術拡散・移転に関する調査研究 I』産業材料調査研究所。
 —[1977b]『産業技術の確立過程と技術拡散・移転に関する調査研究 II』産業材料調査研究所。
 司馬正次[1973]『労働の国際比較』東洋経済新報社。
 新谷正彦[1976]「戦前養蚕部門における夏秋蚕の普及と生産弾性値の変化」『農業経済研究』48巻3号111-120頁。
 菅原友太[1962]『日本の農業：あすへの歩み No. 10 水稻直播栽培の普及性』農政調査委員会。
 杉浦芳夫[1976]「空間的拡散研究の動向」『人文地理』28巻1号33-67頁。
 —[1977]「わが国における“スペインかぜ”の空間的拡散に関する一考察」『地理学評論』50巻4号201-215頁。
 —[1978a]「福島県における電灯会社の普及過程」『人文地理』30巻4号19-39頁。
 —[1978b]「地域体系との関連でみた江戸明和期の“御陰参り”の空間的拡散」『地理学評論』51巻8号621-642頁。
 —[1982]「明治中期のわが国における電灯会社の普及過程」『地理学評論』55巻9号634-655頁。
 —[1988]「繊維物工場における電動機の普及」『経済研究』39巻4号298-307頁。
 土井時久[1983]「戦前期養蚕業の経済分析」『北海道大学農経論叢』39集245-328頁。
 中岡哲郎・石井正・内田星美共著[1986]『近代日本の技術と技術政策』国際連合大学。
 西村瑞男[1952]『技術の普及と方法確立に関する資料』(営農改善資料30号)農林省農業改良局。
 農業技術協会[1955 a]『水田裏作の技術滲透普及をめぐる諸条件：共同研究編』農業技術協会。
 —[1955 b]『水田裏作の技術滲透普及をめぐる諸条件：調査研究編 その(1)』農業技術協会。
 —[1955 c]『水田裏作の技術滲透普及をめぐる諸条件：調査研究編 その(2)』農業技術協会。
 —[1955 d]『種々の普及手段に関する研究の検討』農業技術協会。
 —[1955 e]『黒沢式農法の普及方法に関する調査』農業技術協会。
 —[1955 f]『松田式農法の普及方法に関する調査』農業技術協会。
 —[1955 g]『木田式麦作法の普及方法に関する調査』農業技術協会。
 速水佑次郎・山田三郎[1967]「農業の技術進歩」篠原三代平・藤野正三郎編『日本の経済成長』(日本経済新聞社)所収。
 古田和子[1984]「近代製糸業の導入と江南社会の対応」平野健一郎編『近代日本とアジア』(東大出版会)所収。
 —[1985]「“湖糸”をめぐる農民と鎮」『東京大学教養学部教養学科紀要』17号55-70頁。
 南亮進[1976]『動力革命と技術進歩』東洋経済新報社。
 南亮進・牧野文夫[1988]「農村機業における力織機化の要因」『経済研究』39巻4号308-315頁。
 南亮進・石井正・牧野文夫[1982]「技術普及の諸条件」『経済研究』33巻4号334-359頁。
 安田誠三編[1952]『明治以降における農業技術の発達』農業技術協会。
 吉田(古田)和子[1977]「明治初期の製糸技術における土着と外来」『科学史研究』II期16巻121号16-24頁。
 吉田光邦[1989]『日本と中国』(三省堂選書151)三省堂。
 (**：紙幅の制約により、原則として本稿で言及した文献を優先させた。また副題ならびに邦訳のあるものも、同様の理由により省略されている。)