

動力耕耘機の普及過程に関する計量分析

稲 本 志 良

1. は し が き

技術進歩の過程では常に新・旧技術の併存という現象が観察される。この新・旧技術の併存現象は技術進歩の導入に関する個別経営間の time-lag の結果として個別経営間において観察されると同時にしばしば個別経営の内部においても観察されるものである。

技術進歩の過程におけるこの新・旧技術の併存現象は「技術進歩のおくれ」¹⁾といわれるものであり、技術変化の過程における経済的、技術的摩擦²⁾に基づく動態過程に固有な問題である。

本稿の主題は戦後のわが国の農業において最も主要な技術進歩である動力耕耘機が畜力に代替していく過程に関連して、以上に示すような摩擦に基づく「技術進歩のおくれ」という動態過程に固有な問題を計量分析しようとするものである。

次節において示されるように、わが国の農業において動力耕耘機と畜力の併存現象が極めて長期間にわたって観察された。これはいうまでもなく、動力耕耘機導入の個別経営間の time-lag に基づくものであると同時に一部の個別経営にみられた一定期間にわたる動力耕耘機と畜力の併用にに基づくものである³⁾。

以下の分析では動力耕耘機と畜力の代替の過程を動力耕耘機の普及過程 (diffusion process) として捉え、この普及過程の分析を通して「技術進歩のおくれ」に関する問題への接近を試みようとするものである。

ところで、近年、技術進歩に関する経済学的研究が多くなされるようになってきているが、それらの多くは技術進歩の程度と方向 (rate and direction of technical change) に関するもの、即ち、技術進歩率の計測や技術進歩の偏りの計測に関するものがほとんどであり⁴⁾、技術進歩の普及過程に関する経済学的研究は極めて少ない。

Z. Griliches⁵⁾ や E. Mansfield⁶⁾ の研究は技術進歩の普及過程に関する経済学的研究の数少ない事例である。Z. Griliches の研究は技術進歩の普及過程を Logistic Curve によって把握し、Logistic Curve より導出される三つの変数、Origin, Rate of acceptance, Ceiling によって普及過程の三つの局面について地域間の分析を行なったものであり、E. Mansfield の研

究も同様な方法によって、特に、Rate of acceptance について種々な技術進歩および企業間の分析を行なったものである。本稿の分析も以上に示すような Z. Griliches や E. Mansfield の研究に基礎をおくものである。

次節ではわが国における動力耕耘機の普及過程について以下の分析のための予備的考察を行なう。3節では分析方法と地域ごとの Logistic Curve の計測がなされる。4節では計測された Logistic Curve より導出される三つの変数 $t_{p=0.05}$, b' , K について回帰分析による要因分析がなされる。

- 1) 「技術進歩のおくれ」に関する問題を分析したものとして文献〔19〕がある。
- 2) 東畑精一先生は既に昭和6年に「農業における技術の発展」に関する研究において、技術の経済的、技術的慣性の問題を分析されているが、ここでいう経済的、技術的摩擦に相当する指摘を多く含んでいる。文献〔24〕参照。
- 3) たとえば、昭和35年12月の時点で、全国平均動力耕耘機と畜力（役肉用牛または馬）を併せて所有する農家が5.6%、動力耕耘機のみ所有する農家が9.4%、畜力のみ所有する農家が34.5%、いずれも所有しない農家が50.5%あったことが示される（農業調査結果）。
- 4) 文献〔5〕,〔21〕参照。
- 5) 文献〔1〕参照。
- 6) 文献〔11〕参照。

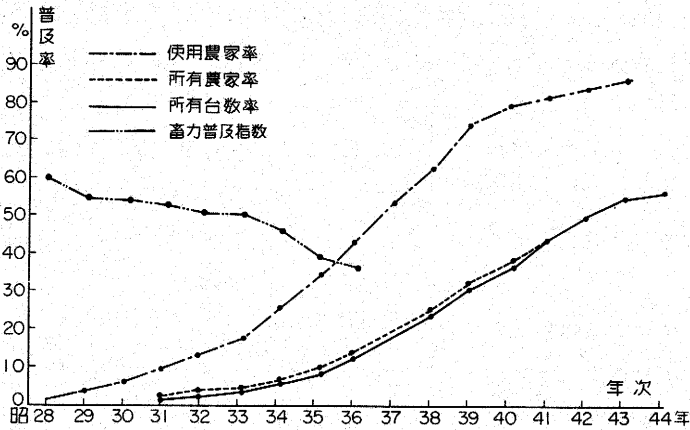
2. 予 備 的 考 察

わが国における動力耕耘機に関する研究は農業機械化に関する一連の研究⁷⁾のなかで既に極めて多く展開されてきているが、なかでも動力耕耘機の経済性⁸⁾、普及過程⁹⁾及び普及の促進要因¹⁰⁾にかかわる問題はこれらの研究における主要な問題領域であった。本節の以下の部分においては、これまでの主要な研究成果を概括しつつ特に動力耕耘機の普及過程に関する事実の整理を行ない、次節以下の分析に必要な予備的考察を行なうものである。

ところで、わが国の農業における動力耕耘機の普及は旧く戦前までさかのぼるが¹¹⁾、昭和28年以降の普及過程は第1図に要約して示される。この間、動力耕耘機と畜力の併存現象が長期間にわたって存在したことが理解されよう。動力耕耘機の普及過程は第1図に示されているように、使用農家率、所有農家率、所有台数率の三つの指標によって示される。これらの三つの指標間には各年度で差異がみられるが、普及過程全体の傾向はほぼ同様なものである。

久守藤男氏は1960年代水田農業機械化の性格に関する研究¹²⁾のなかで第1図において示されるようなわが国の動力耕耘機の普及過程を E. ロジャース¹³⁾の理論にしたがって、利用農家率5~7%であった昭和30年を革新者の時代から初期採用者の時代への移行期、利用農家率が18%になった33年以降36年までを他の追随農家へのデモンストレーションの時代が終り急速な普及時代としての前期追随者の時代、36年以降を後期追随者の時代として類型化した。

更に、多くの研究によってわが国の動力耕耘機の普及について階層性と地域性が指摘され、普及の初期においては米作先進地である佐賀、福岡、岡山などの特定地域に、また、2ha以上



第 1 図

の大規模層の農家群に普及の中心があり、普及の進展とともにこれらの普及の地域性、階層性が再編されつつあることが示された¹⁴⁾。

西垣一郎氏¹⁵⁾は動力耕耘機普及の地域性に着目して、これに関して昭和34年の「農家経済調査」結果を用いて回帰分析による要因分析を行なった。この分析において考慮された要因及びこれらの要因と農家 100 戸当り所有台数 X_1 との間の単純相関係数は次に示す如くである。

X_1 : 農家 100 戸当り所有台数	X_2 : 1 戸当り農業粗収益 ($r_{1.2}=0.893$)
X_3 : 農業所得 ($r_{1.3}=0.887$)	X_4 : 可処分所得 ($r_{1.4}=0.458$)
X_5 : 耕地面積 ($r_{1.5}=0.787$)	X_6 : 水田面積 ($r_{1.6}=0.604$)
X_7 : 農業従事者数 ($r_{1.7}=0.461$)	X_8 : 役畜頭数 ($r_{1.8}=-0.482$)
X_9 : 乳牛頭数 ($r_{1.9}=0.542$)	X_{10} : 預貯金 ($r_{1.10}=-0.146$)

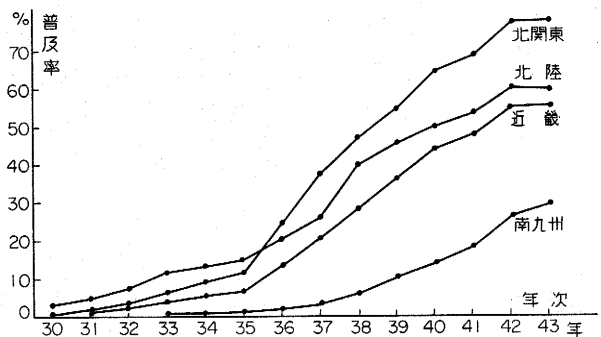
以上の諸要因のなかから線型重合等の計測上の問題を考慮しつつなされた比較的良好な計測結果は次のような諸式である。但し式中 () は標準誤差を示すものである。

$$\begin{aligned}
 X_1 &= -11.5 + 0.640X_2 & R^2_{1.2} &= 0.797 & (1) \\
 & (0.114) \\
 X_1 &= -8.23 + 0.844X_3 & R^2_{1.3} &= 0.787 & (2) \\
 & (0.155) \\
 X_1 &= -3.64 + 1.41X_5 & R^2_{1.5} &= 0.619 & (3) \\
 & (0.391) \\
 X_1 &= -11.046 + 0.614X_2 + 0.123X_6 & R^2_{1.26} &= 0.799 & (4) \\
 & (0.158) \quad (0.456) \\
 X_1 &= 0.636 + 1.294X_5 - 0.058X_8 & R^2_{1.58} &= 0.736 & (5) \\
 & (0.312) \quad (0.029)
 \end{aligned}$$

これらの計測結果によって明らかなように、農家100戸当り所有台数 X_1 、即ち、普及率と比較的相関の強い要因は農業粗収益 X_2 、農業所得 X_3 、耕地面積 X_5 であり、(1)～(3)式によって示されるように、これらの要因によって説明される普及率の変動部分、即ち、決定係数 R^2 は各々 0.797, 0.787, 0.619 である。また、(1)式に水田面積 X_6 、(3)式に役畜頭数 X_8 を加えることによって説明される普及率の変動部分 R^2 は(4)、(5)式に示される如く、ほとんど改善されず、普及率の変動を説明する主要要因が農業粗収益、農業所得、耕地面積であることが示された。

ところで、一般に普及過程は多くの局面によって構成されるものである。したがって、動力耕耘機の普及過程に関するより多くの情報を得るためには普及過程の特定の局面に関する分析のみでなく、普及過程のより多くの局面に関する分析が必要であること、また、特定の条件下の普及過程に関する時系列的分析のみでなく、条件を異にする下での種々な普及過程に関する比較分析が必要である。以上に概括したこれまでの分析は必ずしもこれら二つの面の考慮が十分なされているとはいえない。

そこで、動力耕耘機の普及過程を昭和30年以降、ほぼどの地域¹⁶⁾においても普及がゆきつく昭和42年までについて地域間の比較を行なうと、普及過程の諸局面において地域間の差異が観察され、したがって、普及の全過程自体地域間で異なったパターンを示すことが観察される。第2図はわが国における動力耕耘機の普及過程について、地域別の主要なパターンを示したものである¹⁷⁾。第2図より容易に理解されるように、一つは動力耕耘機普及の初期の局面について、動力耕耘機の普及率が一定水準に到達する時点(3節以下の分析では理論的に推定される普及率が5%水



第2図

準になる時点に注目している)が地域間で異なっていること、二つは動力耕耘機の普及が急速に展開する局面について、動力耕耘機の普及の速度が地域間で異なっていること、三つは動力耕耘機普及の終りの局面について、動力耕耘機の普及が最終的にゆきつく水準(ほぼどの地域においても昭和42年頃)が地域間で異なっていること、主に以上の三点が指摘される。

以上に示すように、動力耕耘機の普及過程における三つの局面に着目することによって、また、これらに関する地域間の比較を行なうことによって動力耕耘機の普及過程に関するより多くの情報が確保されるのであり、これらの情報をより有効に利用しようとする分析が3節以降の主題となることはいうまでもない。

- 7) わが国における農業機械化に関する文献は極めて多いが、特に機械化全般を論じたものとして文献〔9〕,〔16〕,〔22〕を参考にした。
- 8) たとえば文献〔8〕〔22〕
- 9) たとえば文献〔15〕〔16〕〔22〕
- 10) 文献〔15〕〔16〕〔22〕〔25〕
- 11) わが国の農業に関する統計において動力耕耘機が登場するのが、昭和6年であり、少なくともそれ以降わが国の農業について動力耕耘機と畜力の併存現象が観察されることになる。
- 12) 文献〔10〕参照。
- 13) E. ロジャースは技術革新の普及過程を、新技術の採用順位によって農業者を革新者(2.5%)、初期採用者(13.5%)、前期追随者(34%)、後期追随者(34%)、遅滞者(16%)に分類し、それぞれを普及過程における一つの時期として区分した。
- 14) 文献〔16〕,〔22〕参照。
- 15) 文献〔15〕参照。
- 16) 以下、本稿で地域という場合は全て、東北、北陸、北関東、南関東、東山、東海、近畿、山陽、四国、北九州、南九州の12の農区を指している。
- 17) 12の地域別の普及率の年次的変化については次節の付表を参照。

3. 分 析 方 法

特に、前節後半においてはわが国の動力耕耘機の普及過程における三つの局面に関して、地域間に差異の観察されることを示したが、第2図における各々の地域の普及過程を示す普及曲線はいずれも類似した形状をなすものであり、一般にS字型の成長曲線によって近似されるべき形状をなしている。本稿の分析方法は問題とする普及過程をS字型成長曲線の一つである Logistic Curve によって把握し、動力耕耘機普及の地域間の差異を Logistic Curve の地域間の差異として分析しようとするものである¹⁸⁾。

ところで、Logistic Curve は一般に (6) 式

$$P(t) = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}} \quad (6)$$

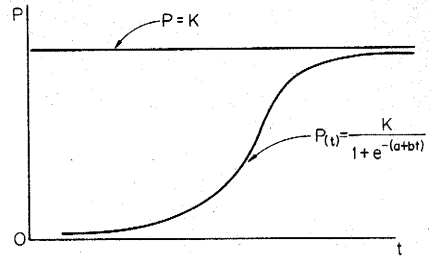
ただし、 $P(t)$; 普及率, a, b, K ; 定数, t ; 時間

によって表わされる。したがって、(6) 式によって表わされる Logistic Curve は定数 a, b, K が与えられることによって特定化 (specify) される。換言すれば、 a, b, K が与えられることによって Logistic Curve の形状が一意的に定まる。ここで、本稿の分析に先だって、Logistic Curve のもつ属性について整理しておくことが便利である¹⁹⁾。Logistic Curve の多くの属性のなかで次に示す属性はその基本的なものである。一つは Logistic Curve が、 t が無限に大きくなるにしたがって一定水準 K に漸近的に接近し、 t が無限に小さくなるとき 0 に漸近的に接近する。二つは Logistic Curve の傾きが (6) 式の t に関する 1 次微分

$$\frac{d}{dt} P(t) = -b \frac{P(t)}{K} \cdot \{K - P(t)\} \quad (7)$$

によって示されるように、定数 b 、既に達成された普及水準 $P(t)$ 、上方漸近線からの乖離の程度 $\{K - P(t)\}$ 及び K に依存するものであり、したがって、それは時間と共に変化する。三つは以

上のことと関連して、Logistic Curve は変曲点 $(-\frac{a}{b})$ に関して対称的である。第3図は以上
に示した Logistic Curve のもつ基本的な属性を
端的に示している。



第3図

本稿の分析は以上に示すような基本的属性を有する Logistic Curve によって動力耕耘機の普及過程を把握する方法をとることを一つの特徴とすることは既にのべたが、前節後半において設定した問題、即ち、動力耕耘機の普及過程における三つの局面についての地域間の差異の分析にとって有効な三つの変数を Logistic Curve の計測によって導出することができる。一つは普及率の理論値 $\hat{P}(t)$ が一定水準 $\bar{P}$ に到達する時点であって、(6) 式により次式が導かれる。

$$t_{p=\bar{p}} = \frac{\log_e \frac{\bar{P}}{K-\bar{P}} - a}{b} \quad (8)$$

二つは Logistic Curve の傾きを構成する定数 b である。三つは Logistic Curve における上方漸近線 K である。勿論、ここに導出されるこれら三つの変数は相互に依存関係にあるが、本稿の分析ではこれら三つの変数が相互に独立な変数であるという仮定のもとに議論が展開される。

ところで、以上に示される三つの変数 $t_{p=\bar{p}}$, b , K に関する経済学的理解は当然、普及過程に関する経済学的理解、したがって、ここで計測される Logistic Curve に関する経済学的理解に規定される。本稿における普及過程に関する経済学的理解は最初にのべた如く、技術進歩の過程における調整過程、即ち、新技術が旧技術に代替していく過程における経済的・技術的摩擦に基づく動態的な調整過程というものである。Logistic Curve はまさにそのような動態過程の一つの経路 (dynamic path) を特定化するものであるというのが本稿における一貫した理解である。したがって、変数 $t_{p=\bar{p}}$, b , K に関する次のような経済学的理解が導かれる。

変数 $t_{p=\bar{p}}$ は先にも示した如く、普及率 $P(t)$ が一定水準 $\bar{P}$ に到達する時点を示すものである。本稿では一定水準 $\bar{P}$ を 5% と定めた。ここで 5% という普及率は前節注13)に示した E. ロジャースの分類にしたがえば、技術革新の普及過程において、革新者の時代から初期採用者の時代への移行期にあたる時期の普及率である。したがって、変数 $t_{p=0.05}$ は新技術の導入が定着し、その後に急速な普及過程が展開する timing を示すものである。換言すれば、技術進歩の過程における調整の動態的経路の初期時点を示すものである。

変数 b は調整過程における調整の速さを示すものであり、調整の動態的経路を示す Logistic

Curve の傾きを構成する一つの要素である。即ち、Logistic Curve の傾きは(7)式によって示されたが、そこで明らかになったように、Logistic Curve の傾き $\frac{d}{dt}P(t)$ は b および $\frac{P(t)}{K} \{K - P(t)\}$ より構成され、もし $\frac{P(t)}{K} \{K - P(t)\}$ が所与ならば $\frac{d}{dt}P(t)$ は b によって規定される。この意味において変数 b は調整の速さを示すものであり、Logistic Curve の傾きを示すものである。

変数 K は新技術の普及過程において普及がゆきつく水準を示すものである。換言すれば、技術進歩の過程における経済的・技術的摩擦に対する調整が全て行なわれた後の一つの均衡状態を示すものであり、新技術に対する経済の有する受容力 (capacity) を示すものである。

以上に示すような経済学的理解にたつて、三つの変数 $t_p=0.05$, b , K の計測を行なうことが本節の残された作業である。

ここで、三つの変数の計測にあたり一つの重要な単純化がなされる。本稿で問題とする動力耕耘機は戦前、わが国において導入されて以来、常に大巾の改良や新しい機種の開発がなされ、このことがわが国の動力耕耘機の急速な普及を促進した重要な要因として指摘されているところである²⁰⁾。本稿では全ゆる種類の動力耕耘機を旧技術としての畜力に対する一つの新技术として把握する方法をとり、したがって、一つの Logistic Curve によってその普及過程を把握する方法が可能になる。

ところで、Logistic Curve の計測は種々な方法によってなされるが²¹⁾本稿では次のような計測方法をとった²²⁾。

第2図において示されているように、わが国における動力耕耘機の普及はほとんどの地域において、昭和42年ないし43年にはほぼ頂点に到達していると考えられる。したがって、上方漸近線 K はほぼこれらの頂点の近傍にあることが容易に予想される。本稿では変数 K の単純な計測方法として、昭和42年の普及率の5%上方に上方漸近線があると仮定し、

$$K = P_{(42)} \times (1 + 0.05) \quad (9)$$

によって求めた。

変数 b については(6)式より導かれる次式、

$$\log_e \frac{P(t)}{K - P(t)} = a + bt \quad (10)$$

を最小二乗法によって求めることによって得た。勿論、(10)式における K は(9)式によって求めた K の値が用いられ、 $P(t)$ は各地域について示した付表が用いられた。なお、変数 b については更に地域間で異なる K について調整された変数 $b' = b \cdot K$ を求め、次節の分析ではここに求めた調整された変数 b' について回帰分析による要因分析を行なう²³⁾。

変数 $t_p=0.05$ は以上において求められた a , b , K の値を次式

$$t_{p=0.05} = \frac{\log_e \frac{0.05}{K-0.05} - a}{b} \quad (11)$$

に代入することによって求められるが、便宜上、昭和30年を原点として換算した。

以上に示すような計測方法によって得られた結果を第1表に示した。第1表より明らかなように、各地域について求められた Logistic Curve の決定係数 R^2 の値がほぼ1に近く、動力耕耘機の普及過程が Logistic Curve によってよく近似され、したがって、本稿の分析における Logistic Curve の適用妥当性を示していることが理解される。また、以上に計測された三つの変数について地域間での差異が存在し、

(i) 変数 $t_{p=0.05}$ の計測結果より、北陸、南関東、東北において動力耕耘機の普及率が5%になる時期が特に早く、逆に、南九州において著しく遅いこと。

(ii) 調整された変数 b' の計測結果より、特に北関東、南関東において調整の速度が早く、南九州で著しくおそいこと。

(iii) 変数 K の計測結果より、北関東において特に上方漸近線が高く、南九州において低いこと。

などが主な点として観察される。次節では以上にみられるような三つの変数について存在する地域間での変動を規定する要因の分析が回帰分析によってなされる。

第1表 三変数の計測結果

		$t_{p=0.05}$	b	b'	K	R^2
東	北	2.5	0.496	0.304	61.2	0.977
北	陸	1.5	0.470	0.296	63.1	0.963
北	関 東	2.9	0.584	0.475	81.4	0.989
南	関 東	2.4	0.548	0.365	66.7	0.986
東	山	3.1	0.527	0.281	53.3	0.982
東	海	3.7	0.586	0.307	52.9	0.992
近	畿	3.6	0.556	0.321	57.8	0.984
山	陰	3.9	0.557	0.328	58.8	0.979
山	陽	2.8	0.468	0.274	58.5	0.946
四	国	2.9	0.488	0.268	55.0	0.960
北	九 州	3.1	0.479	0.271	56.6	0.945
南	九 州	7.0	0.601	0.165	27.4	0.946

注) T は昭和30年を基点とした年数で、たとえば $t_{p=0.05}=3.0$ は昭和33年を意味している。

- 18) わが国の農業における動力耕耘機の普及過程について、Logistic Curve の計測を行ったものとして文献〔18〕がある。この研究では主として動力耕耘機の長期需要予測がなされている。
- 19) Logistic Curve に関する一般的属性を概説したものとして文献〔14〕、〔23〕参照。
- 20) 勿論、一定水準 $\bar{P}$ をどの水準に設定するかは任意であるが、技術革新の普及過程に関する諸研究のなかで重要な地位を占めるE. ロジャースの研究との連続性を考慮して、本稿の分析では $\bar{P}$ を5%水

準に設定した。その経済学的意味については本文中に示した。

- 21) わが国における動力耕耘機の改良について示したものとてたとえば文献〔16〕,〔22〕参照。また、動力耕耘機の普及の主要な促進要因として上記の動力耕耘機自体の改良を指摘したものとてたとえば文献〔16〕,〔22〕,〔25〕参照。
- 22) Logistic Curve の計測方法を示したものとてたとえば文献〔14〕,〔23〕参照。
- 23) 本稿における Logistic Curve の計測方法は Z.Griliches〔2〕の方法によった。

付 表 地域別動力耕耘機の普及率の推移（単位：％）

年 次 地 域		30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
東 北		1.9	3.0	4.9	7.2	8.7	9.9	18.0	26.2	33.5	40.8	44.7	51.5	58.4	58.3
北 陸		2.9	4.7	7.5	11.7	13.2	14.9	20.3	25.9	40.3	45.7	50.4	53.6	60.1	59.7
北 関 東		0.7	2.0	3.9	6.5	9.1	11.7	24.6	37.6	47.0	54.6	64.3	68.7	77.5	78.0
南 関 東		0.9	2.2	5.4	8.9	12.1	15.7	26.6	37.9	44.6	47.8	54.4	57.5	63.5	65.1
東 山		0.8	2.3	4.1	5.3	7.1	9.0	15.9	22.9	30.0	36.3	41.5	44.0	50.8	53.6
東 海		0.7	1.2	1.6	3.9	5.4	7.2	15.2	23.5	30.1	36.2	41.5	45.6	50.4	52.3
近 畿		0.9	1.5	2.5	4.0	5.2	6.5	13.5	20.7	28.4	36.2	44.1	47.8	55.0	55.3
山 陰		0.8	1.1	2.3	3.2	4.7	6.1	13.6	21.4	27.9	34.3	41.0	45.1	56.0	57.2
山 陽		2.3	3.3	3.7	5.5	6.4	7.5	13.4	19.5	26.2	33.1	41.8	46.8	55.7	58.4
四 国		1.7	2.8	3.8	5.9	6.8	8.0	14.4	21.1	29.1	35.5	40.9	45.2	52.4	53.7
北 九 州		1.9	2.7	3.9	4.5	5.4	6.2	12.2	18.4	25.7	31.7	39.4	44.9	53.9	53.6
南 九 州		0.1	0.3	0.4	0.7	0.9	1.0	2.3	3.6	6.0	10.2	13.9	18.1	26.1	29.7

注) 資料；農林省『農林統計表』，普及率は農家100戸当り動力耕耘機所有台数

4. 分 析

前節において、動力耕耘機の普及過程における三つの局面について観察される地域間の分析に有効な三つの変数を導出し、それぞれについて経済学的理解を検討した。本節の主題はこれら三つの変数の計測結果について存在する地域間の変動を規定する要因の分析である。この要因分析において考慮される変数は、動力耕耘機普及の分析に関する主に三つの基本的理解にたって選択された。

即ち、第一の基本的理解は動力耕耘機の普及過程は単に経済的要因に規定されるのみでなく、非経済的要因によっても規定されるという理解である。第二の基本的理解は動力耕耘機の普及過程は動力耕耘機の需要側面にかかわる要因によって規定されるのみでなく、同時に動力耕耘機の供給側面にかかわる要因によっても規定されるという理解である。第三の基本的理解は分析の水準と変数選択にかかわるものであり、本稿における動力耕耘機の普及に関する分析が、全国を12地域にわけた農区（東北・北陸・北関東・南関東・東山・東海・近畿・山陰・山陽・四国・北九州・南九州）の水準でなされ、したがって、ここで選択される変数はそのような農区水準の分析に有効なものが選択されなければならないという理解である。

特に、以上に示した第1の基本的理解は重要である。わが国における農業機械化、なかでも

動力耕耘機の普及を説明する従来の多くの見解を、加用信文氏は①所得効果説、②デモンストレーション効果説、③家父長制的な「いえ」の崩壊説、④余暇評価の増大説、⑤農民の体格革命説の5つに整理して示した²⁴⁾。他方、土屋圭造氏は上に示すような諸見解が零細な経営規模の農家の機械化を経済合理的な視点とは異なる別個の視点から説明しようとするものであるとし、「小農経営における機械化の経済性」のなかで経済合理的な視点からの再検討を行なった²⁵⁾。先に示した第一の基本的理解はこのような農業機械化、特に動力耕耘機の普及に関する従来の諸見解に対する配慮である。

以上に示すような三つの基本的理解にたつて、本節の分析において考慮される変数のリストを第2表に示した。以下の分析では順次第2表に示した諸変数と三つの変数 $t_{p=0.05}$ 、 b' 、 K の間の要因分析を回帰分析によって行なうが、ここでの回帰分析は変数間の線型、対数線型の二つの関数関係の仮定のもとに、また、通常回帰係数と標準化回帰係数²⁶⁾（一般に β 係数といわれるもので、これについては通常回帰係数の下に（ ）で示した）の二つの回帰係数による分析がなされる。

第2表 変 数 リ ス ト

X_1 : 1戸当り農家所得（昭和30年）単位千円 資料；『農家経済調査報告』	X_9 : 農家自家用車普及率（昭和42年）資料； 『農林統計表』
X_2 : 1戸当り農業所得（昭和30年）単位千円 資料；『農家経済調査報告』	X_{10} : 1戸当り農業所得（昭和42年）単位千円 資料；『農家経済調査報告』
X_3 : 1戸当り経営面積（昭和30年）単位アール 資料；『農林省統計表』	X_{11} : 1戸当り農家所得（昭和42年）単位千円 資料；『農家経済調査報告』
X_4 : 10アール当り水稲収量（昭和30年）単位 kg 資料；『米生産費調査報告』	X_{12} : 1戸当り経営面積（昭和40年）単位アール 資料；『農林統計表』
X_5 : 農家1,000戸当り農機具小売店数（昭和33 年）資料；『事業所統計調査報告』	X_{13} : 基幹従事者1人当り経営面積（昭和40年） 単位アール資料；『農林統計表』
X_6 : 非農業所得成長率（昭和30年～昭和42年） 資料；『農家経済調査報告』	X_{14} : 農村賃金（男女平均）（昭和42年）資料； 『農村物価賃金統計』
X_7 : 畜力普及指数（昭和30年）資料；『農林統 計表』	X_{15} : 農家自家用車普及率（昭和42年）資料； 『農林統計表』
X_8 : 1戸当り経営面積（昭和35年）単位アール 資料；『農林統計表』	X_{16} : 農家1,000戸当り農機具小売店数（昭和42 年）資料；『農業機械年鑑』

1) $t_{p=0.05}$ の要因分析

変数 $t_{p=0.05}$ の地域間の変動を規定する要因として考慮した変数は第2表における $X_1 \sim X_5$ の5つの変数である。変数 $X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$ は動力耕耘機に対する需要側面を規定する経済的変数として、 X_4 は技術革新の導入に対する農家の態度（意欲度）を示す代理変数であり、動力耕耘機に対する需要側面を規定する非経済的変数として、 X_5 は動力耕耘機の供給側面を規定する要因として考慮されたものである。

第3表 変数間単純相関係数(1)

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$t_{p=0.05}$
X_1	1					
X_2	0.8603	1				
X_3	0.3692	0.6245	1			
X_4	0.7094	0.5167	0.1670	1		
X_5	0.4827	0.5183	0.5983	0.0202	1	
$t_{p=0.05}$	-0.8070	-0.6150	-0.4272	-0.5920	-0.5722	1

変数 $t_{p=0.05}$ とこれらの変数及び変数相互間の単純相関係数を第3表に示した。第3表より明らかなように、変数 $t_{p=0.05}$ と $X_1 \sim X_5$ の各変数との間には全て負の相関関係があり、これらの変数 $X_1 \sim X_5$ が大きくなるにしたがい昭和30年を基点とした $t_{p=0.05}$ の値は小さくなる。この関係は特に $t_{p=0.05}$ と X_1 との間に強く、 X_3 との間には比較的弱い。即ち、動力耕耘機の普及率理論値 $\hat{P}_{(t)}$ が5%水準に到達する timing $t_{p=0.05}$ は1戸当り農家所得 (X_1)、農業所得 (X_2)、経営面積 (X_3) などが大きい程早く、10a 当り水稻収量 (X_4) によって示される農家の技術進歩導入に対する意欲度が強い程、また、農機具小売店数 (X_5) によって示される動力耕耘機の販売努力の程度が強い程早いことが示される。特に $t_{p=0.05}$ は農家所得が大きい程早い²⁷⁾が、経営面積の増大が $t_{p=0.05}$ を早める関係は相対的に弱い。

以上の関係に関する回帰分析の主要な結果が回帰式(12)~(13')によって示される。

$$\log t_{p=0.05} = 5.409 - 1.893^a \log X_1 - 0.626^b \log X_5 \quad R^2 = 0.699 \quad (12)$$

(-0.600) (-0.411)

$$t_{p=0.05} = 13.193 - 0.025^a X_1 - 0.791 X_5 \quad R^2 = 0.627 \quad (12')$$

(-0.695) (-0.238)

$$\log t_{p=0.05} = 1.389 - 1.715^a \log X_4 - 1.010^a \log X_5 \quad R^2 = 0.695 \quad (13)$$

(-0.533) (-0.663)

$$t_{p=0.05} = 13.182 - 2.661^a X_4 - 1.863^a X_5 \quad R^2 = 0.590 \quad (13')$$

(-0.581) (-0.561)

これらの回帰式(12)~(13')は $t_{p=0.05}$ を従属変数、 $X_1 \sim X_5$ を独立変数とする回帰式のなかで決定係数 R^2 が比較的高く、回帰係数の有意性検定において信頼水準の比較的高いものを含む回帰式のみを示したものである。この点は以下変数 b' 、 K の場合についても同様である。回帰式(12)~(13')から明らかなように、変数 $t_{p=0.05}$ と変数 $X_1 \sim X_5$ の間の回帰関係において、一つは変数 $t_{p=0.05}$ と X_1 、 X_5 対数線型関係(12)、もう一つは変数 $t_{p=0.05}$ と X_4 、 X_5 の間の対数線型

関数(13)が説明力が高い。前者は変数 $t_{p=0.05}$ の地域間の変動が農家所得 (X_1) 及び農機具小売店数 (X_5) によっておよそ7割まで説明されること、 β 係数によって理解されるように、農家所得の方が農機具小売店数よりも変数 $t_{p=0.05}$ の地域間の変動をより多く説明することを示している。後者は、変数 $t_{p=0.05}$ の地域間の変動が、10a 当り収量 (X_4) 及び農機具小売店数 (X_5) によっておよそ7割まで説明されること、 β 係数によって理解されるように、農機具小売店数の方が10a 当り収量よりも変数 $t_{p=0.05}$ の地域間の変動をより多く説明することを示している。

2) b' の要因分析

変数 b' の地域間の変動を規定する要因として考慮した変数は第2表における $X_6 \sim X_9$ の4つの変数である。変数 $X_6 \sim X_7$ は動力耕耘機に対する需要側面を動態的に規定する経済的要因として、 X_9 は動力耕耘機に対する需要側面を動態的に規定する非経済的要因として考慮されたものである。

第4表 変数間単純相関係数(2)

	X_6	X_7	X_8	X_9	b'
X_6	1				
X_7	-0.8031	1			
X_8	0.0413	-0.0112	1		
X_9	0.9252	-0.8754	-0.0255	1	
b'	0.6115	-0.4113	0.3618	0.5254	1

変数 b' とこれらの変数及び変数相互間の単純相関係数を第4表に示した。第4表より明らかに、変数 b' と X_6, X_8, X_9 の間には正の相関関係が、変数 b' と X_7 との間に負の相関関係がある。前者では変数 X_6, X_8, X_9 が大きくなるにつれ動力耕耘機の普及過程における調整の速度 b' は大きくなり、後者においては逆に変数 X_7 が大きくなるにつれ変数 b' は小さくなる。即ち、動力耕耘機の普及過程における調整の速度 b' は非農業所得成長率 (X_6)、経営面積 (X_8)、及び農家の耐久消費財の購入に対する態度を示す代理変数としての農家自家用車普及率 (X_9) が大きい程早くなり、畜力普及指数 (X_7) が大きい程おそくなる。しかし、これらの相関関係は他の変数 $t_{p=0.05}$, K についてみられる相関関係に比較して小さい。

相関係数によって示される以上の関係に関する回帰分析の主要な結果について回帰式(14)～(15')を示した。これらの回帰式(14)～(15')によって示されるように、変数 b' と変数 $X_6 \sim X_9$ の間の回帰関係において、一つは変数 b' と X_7, X_8, X_9 の間の対数線型関係、もう一つは変数 b' と X_6, X_8 の間の対数線型関係の説明力が比較的高い。前者は変数 b' の地域間の変動が旧技術の普及のゆきつくした水準を示す畜力普及指数、1戸当り経営面積、農家自家用車普及率によっておよそ5.5割説明されること、 β 係数によって理解されるように、農家自家用車普及率

が変数 b' の地域間の変動を最も多く説明し、次いで畜力普及指数であり、1戸当り経営面積の説明する部分は小さい。

$$\log b' = -1.090 + 0.610^b \log X_7 + 0.367^c \log X_8 + 0.692^a \log X_9 \quad R^2 = 0.549 \quad (14)$$

(0.871) (0.333) (1.430)

$$\log b' = -1.342 + 0.725^a \log X_6 + 0.288 \log X_8 \quad R^2 = 0.400 \quad (15)$$

(0.648) (0.261)

$$b' = -0.001 + 0.018^a X_6 + 0.061^c X_8 \quad R^2 = 0.389 \quad (15')$$

(0.610) (0.340)

後者は変数 b' の地域間の変動が非農業所得成長率、1戸当り経営面積によって4割が説明されること、 β 係数より理解されるように、非農業所得成長率が変数 b' の地域間の変動を多く説明し、1戸当り経営面積の説明する部分は少ないことを示している。

3) K の要因分析

変数 K の地域間の変動を規定する要因として考慮した変数は第2表における $X_{10} \sim X_{16}$ の7つの変数である。変数 $X_{10} \sim X_{14}$ は動力耕耘機に対する需要側面を規定する経済的変数として、 X_{15} は動力耕耘機に対する需要側面を規定する非経済的要因として、 X_{16} は動力耕耘機の供給側面を規定する要因として考慮されたものである。

変数 K とこれらの変数及び変数相互間の単純相関係数を第5表に示した。第5表より明らかに、変数 K と $X_{10} \sim X_{16}$ の各変数との間には正の相関関係が存在し、変数 K と X_{10} , X_{11} , X_{16} の各変数との相関関係が比較的強く、 X_{12} , X_{13} , X_{14} , X_{15} の各変数との相関関係は比較的弱い。換言すれば、動力耕耘機の普及過程において、経済的・技術的摩擦に対するあらゆる調整がなされて後到達する普及率の水準 K は変数 $X_{10} \sim X_{16}$ が増大すると共に大きくなり、この関係は変数 K と X_{10} , X_{11} , X_{16} との間で比較的強く、 X_{12} , X_{13} , X_{14} , X_{15} との間で比較的

第5表 変数間単純相関係数(3)

	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	K
X_{10}	1							
X_{11}	0.4487	1						
X_{12}	0.8764	0.1419	1					
X_{13}	0.7375	0.4409	0.8382	1				
X_{14}	0.1481	0.7857	-0.1468	0.0880	1			
X_{15}	0.2031	0.7280	-0.0196	0.0491	0.7383	1		
X_{16}	0.7184	0.5909	0.6745	0.7447	0.3495	0.2998	1	
K	0.6765	0.6981	0.4719	0.4843	0.4446	0.4154	0.8061	1

$$\log K = 0.031 + 1.272 \log^a X_{10} - 0.895^a \log X_{12} + 0.598^a \log X_{16} \quad R^2 = 0.734 \quad (16)$$

(0.848) (-0.693) (0.611)

$$K = 8.818 + 0.114^b X_{10} - 0.435^b X_{12} + 25.912^a X_{16} \quad R^2 = 0.683 \quad (16')$$

(0.739) (-0.662) (0.727)

$$K = 13.462 + 0.029^c X_{11} - 0.455^c X_{13} + 28.652^a X_{16} \quad R^2 = 0.664 \quad (17)$$

(0.346) (-0.262) (0.800)

$$K = 27.154 + 0.059^c X_{10} - 0.757^c X_{13} + 30.641^a X_{16} \quad R^2 = 0.639 \quad (18)$$

(0.639) (-0.435) (0.855)

$$\log K = +0.654^c \log X_{10} - 0.741^c \log X_{13} + 0.750^a \log X_{16} \quad R^2 = 0.616 \quad (19)$$

(0.436) (-0.398) (0.767)

$$\log K = 0.527^c \log X_{10} + 0.409^c \log X_{14} + 0.397^c \log X_{16} \quad R^2 = 0.617 \quad (20)$$

(0.351) (0.282) (0.406)

弱い。以上の関係に関する回帰分析の主要な結果が回帰式(16)～(20)によって示される。

これらの回帰式によって示されるように、変数 K と変数 $X_{10} \sim X_{16}$ の間の回帰関係において比較的説明力の高い回帰関係が他の変数 $t_{p=0.05}$, b' の場合に比較して多くある。これらのうち、主な結果についてふれておけば、一つは(16)式によって示されるものであり、変数 K の地域間の変動が1戸当り農業所得、経営面積、農機具小売店数との間に対数線型関係があり、これらの変数によっておよそ7.3割が説明されること、 β 係数より理解されるように変数 K の地域間の変動が三つの変数によってほぼ同程度に説明されている。二つは(17)式によって示されるものであり、変数 K の地域間の変動が1戸当り農家所得、基幹従事者1人当り経営面積、農機具小売店数との間に線型の関係があり、これらの変数によっておよそ6.6割が説明されること、 β 係数より理解されるように、変数 K の地域間の変動が農機具小売店数によって極めて多く説明されるのに対し、1戸当り農家所得、基幹従事者1人当り経営面積の説明する部分は小さい。三つは(18)式によって示されるものであり、変数 K の地域間の変動が1戸当り農業所得、基幹従事者1人当り経営面積、農機具小売店数との間に線型の関係があり、これらの変数によっておよそ6.4割が説明されること、 β 係数より理解されるように、変数 K の地域間の変動を説明する程度が三つの変数間で異なり、農機具小売店数、1戸当り農業所得、基幹従事者1人当り経営面積の順に小さくなる。

24) 文献[9]参照。

25) 文献[25]参照。

26) 標準化回帰係数のもつ意味や計測方法については文献[1]参照。

27) 回帰式は線型と対数線型の両関数型について計測されるが、両関数型について回帰式が得られた場合には決定係数の高いものについて検討を加えた。なお参考までに決定係数の低いものについても示した。以下 b', K についても同様である。

5. む す び

以上、わが国の動力耕耘機の普及過程における三つの局面について観察される地域間の変動を Logistic Curve の計測より導出される三つの変数 $t_{p=0.05}$, b' , K によって把握し、これらに関する回帰分析を中心に分析を進めてきたが、これらの分析より次のようないくつかの事実を要約して示すことができる。

変数 $t_{p=0.05}$ は(12)式より 1 戸当り農家所得 (X_1), 農機具小売店数 (X_5), (13)式より $10a$ 当り水稻収量 (X_4), 農機具小売店数 (X_5) によって多く規定されることが明らかになったが、以上の結果は同時に変数 $t_{p=0.05}$ が単に動力耕耘機の需要側面を規定する農家所得によって規定されるのみならずむしろその供給側面を規定する農機具小売店数によってより強く規定されること、また、変数 $t_{p=0.05}$ が農家所得というような経済的要因によって規定されるのみならず $10a$ 当り水稻収量という技術革新の導入に対する農家の態度を示す非経済的要因によっても規定されることを示している。

変数 b' は(14)式より畜力普及指数 (X_7), 1 戸当り経営面積 (X_8), 農家自家用車普及率 (X_9), (15)式より非農業所得成長率 (X_6), 経営面積 (X_8) によって多く規定されることが明らかになったが、特に(14)式において理解されるように、耐久消費財に対する農家の購入態度を示す代理変数としての農家自家用車普及率 (X_9) が変数 b' を最も強く規定する要因であること、旧技術の普及のゆきつくした水準を示す畜力普及指数もこれに次いで変数 b' を強く規定する要因であり、しかもその偏回帰係数の符号が正であることから示されるように、旧技術の普及水準は新技術の普及の速度に対して摩擦として作用するというよりも促進要因として作用していることなどが特に示される。

変数 K は(16)式から(20)式まで非常に多くの回帰式によって説明されるが、なかでも(16)式は説明力が高い。(16)式より変数 K は 1 戸当り農業所得 (X_{10}), 1 戸当り経営面積 (X_{12}), 農機具小売店数 (X_{16}) によって規定されることが示されたが、これより特に変数 K が他の変数 $t_{p=0.05}$, b' に比較して動力耕耘機の需要側面を規定する農業所得 (X_{10}), 経営面積 (X_{12}) という経済的変数に規定されることが多いこと、同時に動力耕耘機の供給側面を規定する農機具小売店数 (X_{16}) によっても多く規定されることが示される。以上のことは(17)式以下(20)式の多くの回帰式によっても、若干の独立変数の内容は変化するがほぼ同様に示される。

以上、動力耕耘機の普及過程に関する本稿の分析の主要な結果を要約して示したが、動力耕耘機という分割不可能な手段使用的技術革新の普及にとって最も感心のある規模要因との関連についてふれておかなければならない。本稿の分析における規模要因は前掲第 2 表に示した如く、変数 $t_{p=0.05}$ については 1 戸当り経営面積 (昭和30年) (X_9), 変数 b' については 1 戸当り経営面積 (昭和35年) (X_8), 変数 K について、1 戸当り経営面積 (昭和40年) (X_{12}), 基幹従

事者1人当り経営面積(昭和40年)(X_{13})が考慮された。これらの規模要因と変数 $t_{p=0.05}$, b' , K との関連を前節の相関係数及び回帰分析の結果から次のように要約して示される。

変数 $t_{p=0.05}$ と経営面積(X_3)の間の相関係数は -0.4272 で、規模が大きくなると理論的に推定される普及率が5%になる timing $t_{p=0.05}$ は早くなる関係が認められるが、変数 $t_{p=0.05}$ の分析において考慮された5つの変数の中では最もこの相関関係は弱い。また、回帰分析において経営面積(X_3)を有意な変数とする回帰式は得られなかった。

変数 b' と経営面積(X_8)の間の相関係数は 0.3618 で、規模が大きくなると普及過程における調整の速度 b' は大きくなる関係が認められるが、変数 b' について考慮された4つの変数のなかで、最もこの相関関係は弱い。他方、回帰分析において経営面積(X_8)を有意な変数とする回帰式(14)式、(15)式が得られた。これらの回帰式における経営面積(X_8)の偏回帰係数の符号はいずれも正で普及過程における調整の速度 b' が規模の増大と共に早まる関係が相関係数の場合と同様に示されるが、これを β 係数によってみると(14)式及び(15)式いずれにおいても他の変数に比較して小さく、したがって、変数 b' と規模要因との回帰関係の弱いことが示される。

変数 K と1戸当り経営面積(X_{12})、基幹従事者1人当り経営面積(X_{13})の間の相関係数は 0.4719 , 0.4843 で、規模が大きい程あらゆる調整の後到達する普及水準 K は高まる関係が認められるが変数 K について考慮した7つの変数のなかではこれらの相関関係は1戸当り農業所得(X_{10})、農家所得(X_{11})、農機具小売店数(X_{16})に比較して弱い。他方、回帰分析において1戸当り経営面積(X_{12})を有意な変数とする回帰式(16)、基幹従事者1人当り経営面積(X_{13})を有意な変数とする回帰式(17)、(18)、(19)を得たが、これらの回帰式における変数 X_{12} , X_{13} の偏回帰係数の符号は負で相関係数とは逆の結果であること、また、変数 X_{12} の β 係数は他の変数とほぼ同じ大きさで変数 K を規定しているが変数 X_{13} の β 係数は他の変数のそれに比較して小さく、これらが変数 K を規定する程度は弱い。

以上にみるように、動力耕耘機の普及過程において三つの変数 $t_{p=0.05}$, b' , K と規模要因との関係は相関係数でみても、また回帰分析においても比較的弱いことが示される。換言すれば、規模要因は動力耕耘機が分割不可能な手段使用的技術革新であるにもかかわらず、その普及過程を規定する重要な要因としては作用しないことが示される。

本稿の分析はZ. GrilichesやE. Mansfieldの研究を基礎として、わが国の農業において長期間観察された動力耕耘機と畜力という新・旧技術の併存現象、即ち、「技術進歩のおくれ」に関する問題を動力耕耘機の普及過程として分析を進めてきた。筆者は同様な方法で府県別データによる分析を試みているがこれらの結果と合せて今回十分 refine されなかった点の改善に努力したいと考えている。多くのご教示をお願いしたい。

注) なお、第4節12式~20式中のa, b, cは回帰係数の有意性検定における有意水準を示すものであり、それぞれ5%, 10%, 25%である。

参 考 文 献

- [1] Goldberger, A. S., *Econometric Theory*, 1964 福地・森口訳『計量経済学の理論』1970年9月 東洋経済新報社。
- [2] Griliches, Z., "Hybrid Corn: A Exploration in the Economics of Technological Change," *Econometrica*, Vol. 25, No. 4, October 1957
- [3] ———, "The Demand for a Durable Input: Farm Tractors in the United State, 1921—57," Harberger, A.C., eds., *The Demand for Durable Goods* 1960
- [4] Hicks, J.R., "The Theory of Wages," 内田訳『賃金の理論』東洋経済新報社。
- [5] 稲本志良「わが国の農業における技術進歩測定と集計の生産関数：展望」『農業計算学研究』No. 3 1969年2月
- [6] ———, 「農業における技術進歩の動態過程に関する生産関数分析」『農林業問題研究』第6巻第4号 1970年12月
- [7] ———, 「農業における技術進歩と規模の経済性」『近代農学論集』1971年3月 養賢堂。
- [8] 神谷・伊藤「耕耘機と役畜の有利性比較」岡田・神谷編『日本農業機械化の分析』1960年6月 創交社
- [9] 加用信文「日本農業における機械化の意義」加用信文編著『日本農業機械化の課題』1962年12月 農政調査委員会
- [10] 久守藤男「1960年代水田農業機械化の性格」『日本農業の新展開—その理論と現実—』1972年3月 富民協会。
- [11] Mansfield, E., "Technical Change and the Rate of Innovation," *Econometrica* Vol. 29 No. 4 October 1961
- [12] ———, "The Speed of Response of Firms to New Techniques," *Quarterly Journal of Economics* Vol. 77 No. 2 May 1963
- [13] ———, "Intrafirm Rates of Diffusion of an Innovation," *The Review of Economics and Statistics* Vol. 45 No. 4 November 1963
以上文献[11], [12], [13] は Mansfield, E., "Industrial Research and Technological Innovation" 1968 村上・高島訳『技術革新と研究開発』に所収
- [14] 森田優三『経済変動の統計分析法』1950年11月 岩波書店
- [15] 西垣一郎「戦後における耕耘機の展開」加用信文編著『日本農業機械化の課題』1962年12月 農政調査委員会
- [16] 農林大臣官房企画室・農林省農政局『日本農業の機械化』1963年9月 富民協会
- [17] Rogers, E. M., "Diffusion of Innovations," 1962 藤竹暁訳『技術革新の普及過程』1966年3月 培風館
- [18] 佐久間孝「動力耕耘機の長期需要予測」機械振興協会経済研究所『農業用トラクターの経済効果に関する調査』1965年9月
- [19] W. E. G. Salter and Reddaway, W. B., "Productivity and Technical Progress," 1966, 黒沢一清訳『生産性と技術進歩』1964年12月 好学社
- [20] 篠原泰三「農業における新技術の創出及び普及の過程について」『農業経済研究』第19巻第1号 昭和18年6月
- [21] 新谷正彦「わが国農業の技術進歩計測の系譜：展望」西南学院大学経済学論集 第6巻第1号 1971年6月
- [22] 武井 昭『日本農業の機械化 その経営的分析』1971年1月 大明堂
- [23] Tinbergen, G., "Econometrics", 1952 徳重善之訳『計量経済学』1966年10月 文雅堂
- [24] 東畑精一「農業における技術の発展」『経済学論集』Vol. 2, No. 6, 昭和27年
- [25] 土屋圭造「小農経営における機械化の経済性」川野・加藤編『日本農業と経済成長』1970年7月 東大出版会。