



戦後わが国農業における

技術進歩の理論的・計量的研究

— 水稻生産における

技術進歩を中心にして —

稻本 志良

目 次

戦後わが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究

——水稻生産における技術進歩を中心にして——

序 章 課題と方法

第1章 農業における技術進歩の理論的・計量的研究の方法論的基礎

第1節 課題

第2節 農業における技術進歩の計測と集計的生産関数の性質

第3節 農業における技術進歩の計測と集計的生産関数の推定

第4節 農業における技術進歩の計測と集計的生産関数の変数選択と変数測定

第5節 農業における技術進歩の微視的研究の展開

第6節 玉すべ

第2章 戦後わが国農業における技術進歩の計測

第1節 課題と方法

第2節 要素投入及び要素生産係数の変動と要素市場

第3節 技術進歩率の計測

第4節 技術進歩率の地域間経営規模階層間の比較分析

第5節 玉すべ

第3章 農業における技術進歩の動態過程

—— 耕耘手段別農家の技術構造に関する動態分析 ——

第1節 課題と方法

第2節 「主要な技術進歩」の内容と性格

第3節 耕耘手段別農家の技術構造

第4節 耕耘手段別農家の生産関数の計測と分析

第5節 さいご

第4章 農業における技術進歩と規模

—— 規模別農家の技術構造に関する動態分析 ——

第1節 課題と分析

第2節 規模別農家の生産係数及び生産要素結合比

第3節 技術進歩の採用に関する規模別農家間の time-lag

第4節 規模の経済性の計測に関する前提条件の吟味

第5節 規模の経済性の計測と分析

第6節 さいご

第5章 農業における技術進歩の普及過程

第1節 課題と方法

第2節 技術進歩の普及過程に関する若干の整理

第3節 普及曲線の性格とその計測

第4節 技術進歩の普及過程に関するいくつかの fact-finding

第 5 節 技術進歩の普及過程に関する農区別及び府県別データ
による要因分析

第 6 節 おわりに

序章 課題と方法

本研究の主要な課題は農業における技術進歩の理論的・数量的把握にあり、特に徹視的視覚から戦後の水稻生産における技術進歩の理論的・計量的分析を中心に行なわれる。以下二の課題の理論的・現実的背景を示すと同時に分析の展開の順序を示そう。

近年になつてわが国の農業における技術進歩の理論的・計量的研究が多く展開されてゐる。なかでも後にのべるような集計的生産関数による分析を基礎とした農業部門全体における技術進歩の理論的・計量的研究を中心に展開されてゐる。このことは近年の技術進歩に対する関心の高まりと同時にこれらの研究の基礎ともいふべき理論経済学の分野における理論的・方法論的側面での発展を背景にしていることはいふまでもない。

近年の技術進歩への関心の高まりについて更に二つの背景を指摘しよう。一つは「戦後

の日本農業技術の転換はめざましいものがあり、いわば戦前の静態的な日本農業を動態的な坩堝の中に投げこんだとも言える。終戦から約4半世紀の歳月は、わが国農業の歴史にかつて見られなかった一時期を画したと言うも過言でない¹⁾。という指摘によって理解される如く、農業における技術進歩が近年特に急進かつ多様に進展しているという現実的背景である。二つは戦後経済発展論、経済成長論への関心が高まり、農業についても農業発展論、農業成長論への関心が高まるに伴って、このような長期動態分析における主要な変数として、換言すれば、農業発展・成長の主要な源泉として資本蓄積、人口などの要因と共に技術進歩への関心が高まってきているという背景である²⁾。

他方、以上にのべるような技術進歩への関心の高まりと同時に技術進歩に関する経済学的な分析的側面でのいくつかの発展が指摘される。一つは経済成長論自体の理論的発展の

なかで最も主要な成長の源泉としての技術進歩に関する理論の発展であり、³⁾ニつは『長期経済統計』シリーズ⁴⁾などの刊行によって示されるような長期的データの整備が急進に進んだこと、三つはコンピューターの普及を中心とした計測技術が発展したことなどである。

理論経済学の分野における技術進歩に関する研究は技術進歩の程度と方向 (rate and direction of technical progress) の計測を中心に、なかでも技術進歩の程度即ち技術進歩率の計測を中心に展開されてきた。この分野における理論的発展は技術進歩に対する認識の変化と関連して技術進歩率の計測をめぐって展開してきている。即ち、従来計測されてきた残差 (residual) としての技術進歩を慣行的投入要素 (conventional input) に加えて、新しい変数—非慣行的投入要素 (non-conventional input) を導入する方向、または従来の体化された技術進歩 (non-embodied technical progress) の認識に対して、体化された技術進歩 (embodied-technical progress) の認識を導入し

て慣行的投入要素の質の向上を考慮する方向で説明しようとするものである。

以上に示す如く、近年のわが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究は特に技術進歩への関心の高まりと同時に理論経済学の分野における技術進歩に関する理論的發展を背景として展開されてきているのである。

ところで、われわれは農業における技術進歩の理論的・計量的研究にあつては二つの領域を指摘しよう。一つは以上でのべた農業発展論、農業成長論のフレーム・ワークのなかで巨視的視点から展開される技術進歩の理論的・計量的研究の領域であり、二つは農業における技術進歩の微視的視点から展開される理論的・計量的研究の領域である。前者の領域では既に指摘した如く、理論経済学の分野における技術進歩に関する理論の流れに沿つて技術進歩率の計測を中心に展開され、既に多くの研究の蓄積があるが、後者の領域は後に示す如く、前者に比較して問題が極めて

多様であり、研究の蓄積も少ない⁵⁾。本研究では徹視的視域から農業における技術進歩の理論的・計量的研究の展開を意図するものであり、戦後の水稻生産における技術進歩の分析を中心に展開する。

戦後の農業における技術進歩は先にのべた如くわが国の歴史にかつてみられなかつたような急進かつ多様な展開を遂げている。このことは水稻生産における技術進歩についても同様であることはいうまでもない。戦後の水稻生産における具体的技術進歩については既に多くの研究が展開され⁶⁾、次のような具体的技術進歩、

① 新しい苗代様式の普及と早期・早植栽培の発展、② 新しい農薬の普及と防除技術の発展、③ 新しい化学肥料の普及と施肥技術の発展、④ 品種改良、⑤ 除草剤の普及、⑥ 農業機械化の進展、⑦ 土地改良と土壤改良の発展、

が、しばしば指摘されていると同時に戦後特に昭和30年以降の技術進歩にみられる性格

の変化、即ち、技術進歩の重點が従来の労働
 對象的・土地節約的な技能的技术の進歩から
 労働節約的な手段使用的技术の進歩へ移行し
 てゐること⁷⁾、また、ヒツクスの意味で戦前
 の土地節約的・肥料使用的技術進歩から労働
 節約的・機械資本使用的技術進歩へ移行して
 いること⁸⁾が指摘されてゐる。

以上の多くの指摘からも容易に理解される
 ように、戦後の水稻生産における技術進歩は
 農業機械化を中心に進展し、これによつてそ
 の性格が特徴づけられてゐるといふよう。本
 研究で展開される戦後の水稻生産における技
 術進歩の分析も水稻生産における機械化の進
 展、なかでも戦後の農業機械化のなかで最も
 主要なものである動力耕耘機の普及というよ
 り具体的技術進歩を中心に、微視的視座から
 理論的・計量的研究を展開する。

本研究は以下の5つの課題を中心に順次展
 開される。

才1章農業における技術進歩の理論的・計

量的研究の方法論的基礎

既に指摘した如く、わが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究は二つの領域において多く展開されてきている。本研究の才1の課題はわが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究の展開過程と理論的發展の流れに沿って整理し、この分野における現在までの研究の到達点を示すことにある。この課題は本研究の展開に對して方法論的基礎を提供すると同時に、本研究で設定された課題や方法論上の特徴と意義の理解にとつて多くの示唆を与えるものである。

才2章戦後わが国農業における技術進歩の計測

戦後の水稻生産において歴史上かつてみられなかったような急速かつ多様な技術進歩の存在が指摘されている。本研究の才2の課題は以上にいうような戦後の水稻生産における技術進歩の数量的把握にあり、技術進歩率、即ち、単位生産物当り実質費用の変化率の計

測を中心展開される。また、戦後の水稲生産における技術進歩の地域性及び階層性にも関心が向けられ、地域別・階層別の技術進歩率の計測が行なわれると同時に、技術進歩率の地域間・階層間の変動を規定する要因分析が展開される。

第3章 農業における技術進歩の動態過程
前章における技術進歩率の主要な計測結果として、昭和30年代前半期における技術進歩率が極めて高かったこと、昭和30年代後半期以降技術進歩率が低下していること、技術進歩の停滞傾向は地域的・階層的に異なり、地域的にみると東北、階層的にみるとより大規模層において技術進歩は持続的に進展していること、技術進歩率の地域間・階層間の変動を規定する要因として依然として10アール当たり収量の増加率が指摘できることなどが示された。

本研究の第3の課題は技術進歩率が極めて高かった昭和30年代前半期における技術進歩

の定体化の過程を明らかにすることである。
 しかも、この期間の技術進歩の展開が典型的に示される山形県庄内平野の水稻生産における技術進歩の定体化の過程を中心に明らかにすることである。このために、「主要な技術進歩」の概念と非可塑的資本概念の導入を行ない、特に耕耘手段の変化、即ち、動力耕耘機の普及に着目した分析が展開される。具体的分析は農林省『米生産費調査』の別別結果表を用いて耕耘手段別農家の生産係数、要素結合比率及び Cobb-Douglas 型生産関数の計測を中心に、耕耘手段別農家の技術構造に関する動態分析として展開される。

第4章 農業における技術進歩と規模

既に示された如く、戦後の農業における技術進歩が労働節約的や手段使用的技術進歩、あるいはヒックス的の意味で労働節約的、機械資本使用的技術進歩を中心に展開している。このような技術進歩は不分割性の固定資本財の投入によつてはじめて定体化されるもの

であり、規模別農家間の技術構造に重要な差異をもたらす。このことが戦後の農業における技術進歩の分析における重要な一局面を形成している。以上のことは、前章において着目した昭和30年代前半期における技術進歩の実体化の過程を担った「主要な技術進歩」としての動力耕耘機の普及に関しても同様である。

本研究における第4の課題は以上に指摘するよう、近年の技術進歩の性格を反映した規模別農家の技術構造を数量的に把握することであり、規模別農家の生産係数、生産要素結合比、規模の経済性の計画を中心に展開される。特に規模別農家の技術構造に関する一つの重要な局面である生産規模関係、即ち、規模の経済性の計画では前章の分析と同様、技術進歩が急速に進展した昭和30年代前半期の山形県庄内平野における水稻生産を対象に農林省『米生産費調査』の別結果表を用いて行われる。戦後の水稻生産における技術進歩

の分析に於いて前章における技術進歩の実体化の過程に関する分析と同時に最も重要なもう一つの問題を形成しているのである。

なお、この課題の展開は技術進歩の採用に関する規模別農家の time-lag の認識を基礎に与えられるものであり、そこから得られる規模別農家の技術構造に関する計測結果の理解に於いてもこのことの考慮が不可欠である。

第5章農業における技術進歩の普及過程
以上で展開された4つの課題のなかで第3の課題及び第4の課題は技術進歩が急速に展開した昭和30年代前半期における「主要な技術進歩」としての動力耕耘機の普及に着目して、動力耕耘機使用農家の技術構造をいくつかの局面から明らかにしたものであり、これは新しい技術進歩としての動力耕耘機の技術的性格、技術的可能性を示したものであるといえよう。

本研究における第5の課題は以上の課題によって示されるような新しい技術進歩として

の動力耕耘機の革新—模倣の過程を経て普及して行く過程を明らかにすることであり、技術進歩の普及の動態的経路 (dynamic path) を示す普及曲線—Logistic Curveの計測とこれらの計測結果の分析を中心に展開される。わが国の農業における技術進歩の理論的・計量的研究において、技術進歩の普及過程に関する研究はほとんど展開されていないが、技術進歩の動態過程に関する理論的・計量的研究において、この分野での研究は不可欠である。

以上に示される如く、本研究は5つの課題により構成される。5つの課題は各々独立した課題であると同時に相互に密接な関連性を有している。以下の各章で1節課題と方法において各々の課題のより詳しい理論的・現実的背景と各々の課題の意義が示される。

なお、本研究の基礎となつた主な論文・学会報告は以下のものである。

- ① 「わが国農業における技術進歩測定と集計的生産関数：展望」

『農業計量学研究』 第3号 1969年3月 (第1章と関連)

- ② 「操作部門技術進歩の生産関数分析」 日本農業経済学会報告

1967年4月 (第2章と関連)

- ③ 「戦後日本農業における技術進歩の経済分析」 『農業計算法学

研究』 第4号 1970年3月

- ④ 「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」

『環境問題研究』 第6巻第4号 1970年12月 (以上第3章と関連)

- ⑤ 「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

- ⑥ 「農業における技術進歩と規模」 『農業計算法学研究』 第8号』

1974年4月刊行予定 (以上第4章と関連)

- ⑦ 「動力耕耘機の普及過程に関する計量分析」 『農業計算法学研究』

第7号 1973年3月

- ⑧ 「農業における技術進歩の普及過程に関する計量分析」 日本農

業経済学会報告 1973年4月 (以上第5章と関連)

注1) 文献〔5〕より引用 (第1章総説 第1節 緒論 p.3)

2) 最近の農業発展論、農業成長論の展開については文献〔1〕に詳しい。

3) 文献〔4〕、〔7〕参照

4) なお、このシリーズ『長期経済統計 9 農林業』1966年12月
東洋経済新報社の刊行はこの分野の研究の発展に大きく貢献
した。

5) 文献〔8〕参照

6) 文献〔9〕、〔3〕、〔5〕参照

7) 文献〔6〕参照

8) 文献〔2〕参照

参考文献

- (1) Hayami, Y and V. W. Ruttan, Agricultural Development = An International Perspective, 1971 John Hopkins Press.
- (2) 連水佑次郎 『日本農業の成長過程』 1973年7月 創文社
- (3) 飯谷 桂 「稲作技術の発展」 栗畑精一編 『日本農業の成長過程』 1968年5月 岩波書店
- (4) 小泉 進 「巨視的生産関数による成長の定量分析：展望」 村上・笹井編 『経済成長理論の展望』 1968年8月 岩波書店
- (5) 農林省農林水産技術会議 『戦後農業技術発展史 第9巻 総括編』 1971年3月 農林統計協会
- (6) 坂本 慶一 「日本農業における技術革新の諸段階」 神谷慶治編 『技術革新と日本農業』 1969年1月 大明堂
- (7) 江村・飛辺 「生産関数と技術進歩：展望」 『理論経済学』 1966年3月
- (8) 土屋 圭造 「日本農業の計量分析：展望」 『理論経済学』 1967年3月
- (9) 宇野・他編 『農業技術の新段階—日本農業年報Ⅳ』 1958年12月 中央公論社

第1章 農業における技術進歩の理論的・計量的研究の方法論的基礎

第1節 課題

既に序章で明らかにした如く、わが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究は農業発展論・農業成長論のフレーム・ワークのなかで農業発展・成長の源泉としての技術進歩についてその程度と方向 (rate and direction) の計測、即ち、技術進歩率の計測と技術進歩の性格 (偏り) の計測を中心に展開されてきている。これらの研究は理論経済学の分野における技術進歩に関する理論の発展に多くの基礎を築いてきていることも既に指摘した通りである。したがって、以下の展開に先だって、理論経済学の分野特に経済成長論における技術進歩に関する理論の発展の過程を簡単に展望しておくことが有効であろう¹⁾。

ところで、現在の経済成長に関する重要な

議論の一つは経済成長の源泉 (sources of growth) に因するものである。新古典派の成長理論において成長の源泉は労働の成長、資本の成長、技術進歩の三つに分解して示される。経済成長における技術進歩の重要性については古くから指摘されてきたことであるが、Solowの研究は経済成長の源泉としての技術進歩の重要性を明確に認識する契機を与えた。即ちSolow (50) が1957年に米国非農業部門について行った計測において、残差 (residual) として測定される技術進歩の経済成長に果たした役割は想像をはるかに越えるものであることが定量的に示され、その後の議論はこの残差を何らかの原因によるものとして説明する方向に発展した。

発展の第一の方向は「説明変数の数が不十分でありとして成長を説明する新しい変数 (non-conventional input) の導入を試みる」というものであり、従来の土地、労働、資本などの慣行的投入要素 (conventional input) に新たに教育

研究、普及活動への政府の支出額など新しい変数を加えた研究が Griliches [6] [8] [9] によって行われた。

発展の才の方の方向は「慣行的投入要素の質を考慮する」というものであり、技術進歩の体化説 (embodied technical progress) として発展した。資本について質を考慮する (capital augmenting 技術進歩) 研究は Solow [51] によって行われ、vintage type の生産関数が導入された。労働について質を考慮する (labour-augmenting 技術進歩) 研究は Denison [5] によって行われた。

いふれにしても技術進歩は経済成長の源泉として重要な要因であり、技術進歩を測定して、それが経済成長に果たした貢献を定量的に示すことが現在の経済成長論において重要な課題の一つとなっている。

この目的のために集計的生産関数 (aggregate production function) が利用され、以上に示された技術進歩の認識の变化は集計的生産関数の問題として議論されている。前述した Griliches の

研究は集計的生産関数の変数選択の問題として、Solow と Denison の研究は集計的生産関数の変数測定の問題として議論されてゐるのである。

本章の課題の一つは以上に示されるような理論経済学の分野においても経済成長論の分野における技術進歩に関する理論の発展の流れによつて、巨視的視座にたつたわが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究の展開過程を、第2節では農業における技術進歩率の計測と集計的生産関数の性質、第3節では農業における技術進歩の計測と集計的生産関数の推定、第4節では農業における技術進歩の計測と集計的生産関数の変数選択と変数測定という側面から展望し、本研究における一つの方法論的基礎を得ようとするものである。

本章の課題のもう一つは微視的視座にたつたわが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究の展望を行ひ、この領域における方法論的基礎の整理を行なうと同時に、研究の

意義を検討するものであり、オケ節農業に
関する技術進歩の徹視的研究の展開として示さ
れる。

第2節 農業における技術進歩の計測と集計的生産関数の性質

技術進歩の計測のために集計的生産関数を利用することは極めて一般的の方法となっている。近年多く行なわれるようにして、わが国農業の技術進歩の計測も基本的には集計的生産関数を利用したものであり、技術進歩の計測の問題は集計的生産関数の性質をどのようにスペシファイ (specify) し、それをいかに正しく推定するかの問題になっている。わが国の農業において集計的生産関数の推定が多くなされるようになったのは技術進歩の計測が試みられるようになった時からである。

この技術進歩の計測の目的のために集計的生産関数が推定される過程で問題になる重要な点は、集計的生産関数の性質についてどのような仮定を置くか、推定はどのように行なわれるかということである。二つの問題は極めて密接に関連したものであるが、本節ではわ

わが国農業の技術進歩の計測において集計的生産関数の性質についてどのような仮定がなされているのかを検討する。集計的生産関数の推定については次節で検討する。

一般に集計的生産関数の性質が論議される場合、次の諸点が問題にされる²⁾。即ち、

i) 集計的生産関数が同次の否か、

ii) 同次関数である場合、その次数、

iii) 代替の弾力性

iv) 技術進歩の性格、

である。

わが国農業の技術進歩の計測において、集計的生産関数の1次同次性が仮定される場合が多い。後述する線型生産関数、CES生産関数については関数型そのものから常に1次同次性が仮定されていることになる。Cobb-Douglas型生産関数では必ずしも1次同次性が仮定される必要はないが、集計的生産関数の係数の値が、独立の情報源から残余法によって求められた分配率によって決定される場合のみ1

次同次性の仮定の必要にたつてくる。

代替の弾力性に関する仮定は生産関数の型に関する仮定と同値であり、農業の技術進歩の計測においては線型生産関数（代替の弾力性無限大）、Cobb-Douglas型生産関数（代替の弾力性が1）、CES生産関数（代替の弾力性一定）が利用されている。

わが国農業の技術進歩の計測において農業総合生産性指数の成長率

$$\dot{A}(t)/A(t) = \dot{Y}(t)/Y(t) - \dot{I}(t)/I(t) \quad (1)$$

但し、 $A(t)$ ：農業総合生産性指数、 $Y(t)$ ：農業生産指数
 $I(t)$ ：農業総合投入指数、印：各変数の増分

が最も多く計測されている。これは以下に示す線型生産関数

$$Y(t) = A(t)(\alpha L(t) + \beta K(t) + \gamma T(t)) \quad (2)$$

但し、 $Y(t)$ ：産出量、 $L(t)$ ：労力、 $K(t)$ ：資本

$T(t)$ ：土地、 $A(t)$ ：効率指標、 α, β, γ ：分配率

を仮定したものであり、わが国農業について

・ 実戸〔47〕、〔48〕、Tang, A. M.〔54〕、山田〔64〕、〔65〕、山田

・ 運水〔66〕、梅村・他〔63〕らによつて多く計測さ

れてゐる。

Cobb-Douglas 型生産関数を用いた計測は基本的には

$$Y_{(t)} = A_{(t)} L_{(t)}^{\alpha} K_{(t)}^{\beta} T_{(t)}^{\gamma} \quad (3)$$

$$\dot{A}_{(t)}/A_{(t)} = \dot{Y}_{(t)}/Y_{(t)} - \alpha \dot{L}_{(t)}/L_{(t)} - \beta \dot{K}_{(t)}/K_{(t)} - \gamma \dot{T}_{(t)}/T_{(t)} \quad (4)$$

但し $\dot{A}_{(t)}/A_{(t)}$: 技術進歩率

のいずれかの型をとっている。

唯是(4)は以下に示す式を代表的モデルとして、他に多くの関数型を用いて技術進歩の計測を試みる。

$$V = \lambda L^{\alpha} K^{\beta} T^{\gamma} t^{\delta} \quad (5)$$

但し、 V : 付加価値、 L : 労働、 K : 固定資本、

T : 土地、 $\lambda, \alpha, \beta, \gamma, \delta$: 推定すべき係数

新谷(46)は次式のように技術水準および生産弾性値の年々変化を定式化し、技術進歩の計測を行つた。

$$V_{(t)} = A_{(t)} L_{(t)}^{\alpha_{(t)}} K_{(t)}^{\beta_{(t)}} T_{(t)}^{\gamma_{(t)}} \quad (6)$$

即ち、唯是の推定で指摘された統計技術上の問題、即ち多重共線性の問題は新谷の推定にあると巧妙に避けられてゐる。この点につ

112 は次節で述べる。

これに對し、(4)式による計測は土屋(58)、賴・稻平(68)、稻平(17)、秋野・運水(2)、沢田(40)によってなされている。土屋、賴・稻平、稻平、秋野・運水の計測と沢田の計測は(4)式の分配率の決定方法において異なる。前者は獨立の cross-section データから回歸分析によって生産関数を推定してその係数を基準年の近似的な分配率として利用するのに対し、後者は完全競争市場と農業経営の均衡条件を前提として分配率を決定している。また一次同次性の仮定については、土屋、賴・稻平、稻平において一次同次の仮定は必ずしも必要とされないが、秋野・運水、沢田において一次同次の仮定が要求される³⁾⁴⁾。

以上を示した線型生産関数、Cobb-Douglas 型生産関数は共に代替の弾力性を無限大および 1 と先験的に仮定している。これに對し 1957 年に発表された CES 生産関数は代替の弾力性を先験的に無限大あるいは 1 と仮定するのである。

く、それらを特殊ケースとして含み得る一般
 的な性質をもつものである⁵⁾。しかし、CES生
 産関数は理論的には二変数を含み得るもので
 あるが、実際には推定が容易であるのは二変数
 の場合である。農業では、労働と資本のみを
 考慮すればよい工業と異なつて、土地も含め
 て三変数以上の考慮しなければならない場合が
 多い。ここにCES生産関数を農業に適用する場
 合の難しさがあり、特別の配慮が必要にな
 る。

わが国の農業についてCES生産関数を用い
 て技術進歩の計測を試みたのは沢田[40]、唯是
 [67]、新谷[43]である。

沢田の推定したCES生産関数は

$$V = [(E_L \cdot L)^{-\rho} + (E_T \cdot T)^{-\rho}]^{-1/\rho} \quad (7)$$

但し、 $\rho = \frac{1-\sigma}{\sigma} \geq 1$ 、 σ : 代替の弾力性、 V : 産出量

L : 労働、 T : 土地、 E_L : 労働の効率、 E_T : 土地の効率

であり、ここでの技術進歩率は

$$\dot{V}/V = \alpha \dot{E}_L/E_L + \beta \dot{E}_T/E_T$$

但し、 α, β : 分配率、 $\alpha + \beta = 1$

で示される。沢田の計測において投入変数は労働と土地が考慮され、資本は無視された。沢田は假の計測した戦前の農業において資本の役割は労働や土地に比較して小さかったという前提を置くことにより、変数の数の問題を処理した。しかし、農業の生産要素投入の増加率を見るに資本の増加率が小さく無視できない。なお、沢田において投入変数の効率即ち、投入変数の質の向上が考慮されている。これに関して4節で詳述する。

新谷は佐藤(34)の2水準CES生産関数に3変数の場合をあげて求めた次式より代替の弾力性を推定した。

$$V = [\alpha_1 (\alpha_1 K^{-\rho} + \alpha_2 T^{-\rho})^{-\frac{\rho}{\rho+1}} + \alpha_3 L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho+1}} \quad (9)$$

なお、この場合生産要素間の代替の弾力性 σ_{ij}

($\alpha_1, \alpha_2 = K, T, L$) は

$$\sigma_{KT} = \frac{1}{\rho+1} + \frac{1}{\theta} \left(\frac{1}{\rho+1} - \frac{1}{\rho+1} \right) \quad (10)$$

$$\sigma_{KL} = \sigma_{TL} = \frac{1}{\rho+1} \quad (11)$$

但し θ は K と T の分配率

となる。しかし、(9)、(10)、(11)式より明らかのように、第1段階の7^oル-7^oにどのような生産要素を選択するかが問題となる。即ち、新谷の推定ではKとLとTとLの代替の弾力性が等しくなっていることであり、強い制約であるといえる。

技術進歩の中立的性については、多くの計測においてこれが仮定されているが、近年になって偏よりのある技術進歩を考慮する計測が試みられるようになってきており、次節で示すように工屋(58)、頭・稲本(68)、稲本(17)、新谷(45)の計測が行われている。

以上に見たように集計的生産関数が推定可能となるためには生産関数の性質がスベレフアイズしなければならず、それぞれの性質について先験的に仮定がなされている。生産関数の推定がなされる場合、常にこれらの仮定の妥当性が議論され、仮定がゆるめられ、方向へ努力されるのは必然の結果であろう。代替の弾力性に因する仮定の議論からCES生産

関数が登場してくることも、また技術進歩の
中立性に関する仮定の議論から偏りのある
技術進歩の計測の問題が登場してくることも
当然の帰結であろう。

第3節 農業における技術進歩の計測と集計的生産関数の推定

農業の技術進歩計測の目的のために集計的生産関数が推定される場合の重要な第2の問題は集計的生産関数の係数の値をどのような方法によって定めるかということである。係数の値は技術進歩の計測結果に強く影響すると共に、係数決定の方法は集計的生産関数の性質と密接に関連するため、係数決定の問題は極めて重要となってくる。

現在わが国農業の集計的生産関数の係数を決定する方法は以下の三つに分類される。

- i) 回帰分析によって直接に集計的生産関数の係数の値を決定する。
- ii) 独立の情報源から生産関数を推定することによって基準年の要素分配率を求め、それを集計的生産関数の係数の値とする。
- iii) 完全競争市場と農業経営の均衡条件、即ち要素限界生産力 = 要素市場価格、生産

物価格 = 生産費を前提として、独立の情報源から要素分配率を求め、それを集計的生産関数の係数の値とする。

わが国農業の技術進歩の計測に於いて、才田の方法によつたのは唯是[67]、南・石渡[27]、新谷[45]である。唯是は前述したモデルを基本型として、多くの関数型について計測を試みたが、結果として得られた係数の値は不安定なものであり、多重共線性に基づく可能性の強いことが指摘された。多重共線性の問題は回帰分析に於いて常に生ずる問題であり、特に時系列データによる推定は独立変数間の相関が強く、避けられない問題となつてゐる。唯是は多重共線性の問題を解決する方法として、変数をグループ化することによつて独立変数の数を少なくすることを試みてゐる。これは多重共線性の問題を解決する有効な手段と考えられるが、独立変数間のグループ化が可能であるためには厳しい仮定が満たされなければならない。この面からの制約は強い

と考える⁶⁾。

新谷は多重共線性の問題を解決するため(6)式の生産関数を1次同次であると仮定し、かつ資本の生産弾性値を外部情報より得ることによって、残りのパラメータの推定を行なった。推定結果は統計的に満足のものであり、新谷の計測モデルには技術水準 $A_{(t)}$ の変化もモデル内に組み込まれており、また生産弾性が年々変化するようになっており非常にユニークである。これは変数の選択にも関係するので次節で述べる。

第2の方法による計測は独立のcross-sectionデータから生産関数を推定する過程で第1の方法と同様な統計技術上の問題、特に多重共線性の問題は避けられない。しかしcross-sectionデータから生産関数を推定する場合に時系列データからの場合に比較して、多重共線性による係数の不安定の問題は幾分軽減されるものと考えられる。工屋(58)、頼・裕平(68)、裕平(17)、秋野・運水(2)はこの方法によって係数の値を決

定した。第2の方法において生ずる重要な問題として、cross-sectionデータから推定される生産関数の係数の値が気象条件等の影響を強く受けて年々の変動が大きいことを確認している。土屋、稻平はこの問題を解決するため、37年のcross-sectionデータから一つの生産関数を求めるとにより平均的な係数を決定する方法をとった。秋野・速水は連続する10年のデータを5年ごとに合計5年の平均値を2つづつとり、かつ1次同次と肥料の弾力性が肥料の投入水準によって変化する生産関数を推定した。頼・稻平、稻平は偏よりのある技術進歩の可能性を考慮して、cross-sectionデータによる生産関数の推定を多数年度について行い、係数の時間的変化も問題にした。長期間にわたる技術進歩の計測が与えられる場合は、偏よりのある技術進歩の可能性は十分考え得るものであり、この点の考慮は不可欠となる。第2の方法はこの点で大きな利点があると考えられる。

わが国の農業について最も多く用いられるのは次の方法である。線型生産関数（農業総合生産性指数）、CES生産関数の推定の場合には全てこの方法が用いられており、Cobb-Douglas型生産関数の推定の場合でも沢田(40)はこの方法によった。

農業総合生産性指数を計測した実戸(47)・(48)、Tang, A. M. (54)、梅村・他(63)、山田(64)・(65)・(66)は独立の情報から農家の生産費率を求めることによつて係数の値を定めた。完全競争市場に於いて農家が経済合理的に行動してゐるならば次の二つの条件

要素の限界生産力 = 要素市場価格

生産物価格 - 生産費

が成立する。このような条件のもとでは生産費率は要素の分配率に一致するのである。

沢田(40)は同様に仮定のもとで、要素の市場評価額の付加価値額に占める割合を求め、これを分配率とした。上に示した条件がみたされる限り、実戸等の求めた生産費率と沢田の

求めた分配率は理論的には一致することはい
うまでもない。

沢田、唯是、新谷が用いたCES生産関数の
推定されるためにほ上に示した条件と更に厳
しい条件がみたされていなければならぬ。
即ち、CES生産関数の推定可能となるために
は、

i) 生産物及び生産要素市場は完全競争市場
である。

ii) 規模に関する収穫一定の法則がみたされ
ている。

iii) 生産物の価格と賃金の間に特定の関係が
ない。

iv) 全2のデータは均衡状態で観測されてい
る。

の4つの条件がみたされていなければならぬ。
ii)

第3の方法は以上を示したように、計算の
手続きが簡単であるためにしばしば用いられてい
るが、この仮定をみても極めて厳しいものであ

る。したがってこれらの仮定の現実妥当性が常に問題に与れるのである。次の方法が用いられる場合この点を考慮して残余法による分配率の計算がなされることにより、上に示した現実妥当性の問題は基本的には解決されるものでもよいと考える。

第4節 農業における技術進歩の計測と集計的生産関数の変数選択及び変数測定

前節までの議論は集計的生産関数の変数選択と変数測定が正しく行なわれているとの前提にたつものであった。集計的生産関数によつて技術進歩を計測する場合、この二つの問題は技術進歩の認識と密接な関係にあること、従つてその計測結果に強く影響するといふ点で極めて重要となつてくる。

この問題に関連する研究は第1節に示したように、1957年に発表された Solow の研究が契機となり、前者は新変数導入の問題として Griliches によつて、後者は生産要素の質を考慮する技術進歩の体化説として Solow、Denison によつて議論されている。

本節では以下の点について検討する。第1にわが国農業について、Griliches 及び Solow、Denison の二つの研究の流れに沿つてなされた研究の動向を整理する。第2に変数測定において、

値の変化の測定の他に存在する様々な問題について検討する。

わが国農業について Griliches の方向で研究を進めたいのは Tang (54)、秋野・速水 (2) である。

Tang は土地・労働・資本などの慣行的投入要素の増分によって説明されない産出量の増分（残差部分）を技術進歩と考え、この技術進歩の原因を追求した。

Griliches の研究は「技術進歩は天から降ってくる」という従来の考え方を発展させた「技術進歩は費用を必要とする」という考え方にたつものである。Tang はこれに沿って技術進歩の費用を教育・研究・普及に付する支出に求め、以下に示すモデルを用いて分析を進めた。

$$Y_t' = a \sum_{i=1}^k \lambda_i h_{t-i} + a k \sum_{i=k+1}^{\infty} d^{i-k} h_{t-i} + u_t \quad (12)$$

但し Y_t' : 残差部分, h : 教育・研究・普及に付する支出

a, d : 推定すべき係数

(12) 式では t 時点までの各時点の教育・研究・普及に付する支出が一定のウェイトで t 時

桌の技術進歩に貢献する関係を示したものであり、このことは Tang のモデルで、これらの支出が集計的生産関数の投入要素として、慣行的投入要素と全く同じ性格のものとして取扱われていることを示している。

Tang に対する連水(13)の批判はこの点に関するもので、次の三桌に要約される。

i) 教育・研究・普及に対する支出が慣行的投入要素と同じ方で産出量に貢献することが仮定されている。

ii) 教育・研究・普及に対する支出が一つの変数にとめられている。

iii) 残差部合を説明する変数は教育・研究・普及に対する支出のみである。

秋野・連水は教育・研究・普及に関する支出をそれぞれ変数として cross-section データの生産関数に含みしめ、それぞれの生産弾性値を推定し、残差部合をたゞそうと試みた。この結果は残差部合を大部分説明し、残った残差は戦前期間(1880-1935)で残差部合の-5%、全

期間 (1880-1935 と 1955-1965) で残差部分の -1% であつた。教育・研究・普及に関する支出で残差部分の大部分を説明した訳である。しかし、連水の Tang に對する批判の i) と iii) は秋野・連水に對してもあてはまる。

新谷 (46) は技術水準 $A(t)$ の上昇部分を技術の革新と普及を考慮し、前節で述べたように次のよう生産関数を計測した。

$$\log \frac{Y}{L} - \alpha_K \log \frac{K}{L} = b_0 + b_1 \log \Sigma R + b_2 D + b_3 \frac{1}{x} + b_4 (1-M) \log \frac{T}{L} \quad (13)$$

すなわち、技術革新は現在の知識のストックの関数であるとし、知識のストックへの追加は政府の教育・研究開発支出 R_t に関係すると仮定し、(13) 式では累積額として入っている。又は普及に関する部分である。また土地の生産弾性値は作物の多様化によつて変化すると仮定されている。

以上を示した連水の批判は Tang および秋野・連水のモデルの最も基本的な問題に對するものであり、新谷の計測はその一つの解決法

であらう。

わが国の農業については Solow, Denison の方向で研究を進めたとはい沢田(40)、新谷(44)である。

生産要素の質の向上を考慮する技術進歩の体系説において、Solow は資本のみについて、Denison は労働のみについて質の向上を考慮した。生産要素の質の向上は全ての生産要素について考慮されるべきものであり、沢田はこの点を問題にしている。

沢田のモデルは以下で示される。

$$Y = F[E_L(t)L, E_T(t)T] \quad (14)$$

但し、 Y : 産出量, L : 労働, T : 土地

$E_i (i=L, T)$: L, T それぞれの効率を示し、時間の関数である。

上式を時間で微分して両辺を Y で割ると

$$\dot{Y}/Y = \alpha(\dot{L}/L + \dot{E}_L/E_L) + \beta(\dot{T}/T + \dot{E}_T/E_T) \quad (15)$$

但し、 α, β : L, T の分配率

を得る。ここで技術進歩率は

$$\dot{F}/F = \alpha \dot{E}_L/E_L + \beta \dot{E}_T/E_T \quad (16)$$

で示され、各々の要素の増進効果 (augmenting effect

) の加重和として示される。沢田は労働と土地の増進効果を測定するために前述の CES 生産関数 (7) を利用した。

先ず (7) を L に関して微分した後、変形すると

$$\frac{\partial V / \partial L \cdot L}{V} = \alpha = E_L^{-\sigma} (V/L)^{\sigma} = \omega^{1-\sigma} E_L^{\sigma-1} \quad (17)$$

(但し、 $\omega = \partial V / \partial L$: 賃金率)

が得られる。 E_L の成長率 λ_L で成長すると仮定すれば、(17) 式は対数に変換することによって

$$\ln \alpha = \ln E_L(0) + (1-\sigma) \ln \omega + \lambda_L (\sigma-1) t \quad (18)$$

を得る。 σ と λ_L は α と ω の時系列データから (17) 式を最小二乗法によって推定することによって得られる。従って $\dot{E}_T / E_T$ は (17) 式より得られることになる。

沢田は以上の推計において、生産要素を三つにする場合に生ずる強い制約条件を回避するため、また、わが国の農業における資本存在量は小さかったという判断にたって土地・労働のみを生産要素として含む (14) 式の如き生

生産関数を前提にしている。しかし、山田(64)(65)や梅村・他(63)らの指摘によるまでもなく、わが国の農業においても資本ストックと経営財投入額に土地用役や労働と代替する形で急速に増大していること、また、われわれが直面する問題としている如き技術進歩の体化説に於ける生産要素として資本を考慮することは不可欠である。

新谷は以上の点を考慮して次のように生産関数を仮定した。

$$y = f(a_1 x_1, a_2 x_2, a_3 x_3) \quad (19)$$

但し、 y : 産出量, x_i : 生産要素 X_i の投入量 ($i=1, 2, 3$)

a_i : 生産要素 X_i の効率係数 ($i=1, 2, 3$)

そして、アレンの代替の偏弾力性^{TE}と均衡条件とから生産要素を資本、土地、労働 ($X=K, T, L$) として次の関係式を導いた。

$$\begin{bmatrix} 1 + \alpha_K \sigma_{KK} & \alpha_T \sigma_{KT} & \alpha_L \sigma_{KL} \\ \alpha_K \sigma_{TK} & 1 + \alpha_T \sigma_{TT} & \alpha_L \sigma_{TL} \\ \alpha_K \sigma_{LK} & \alpha_T \sigma_{LT} & 1 + \alpha_L \sigma_{LL} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G(a_K) \\ G(a_T) \\ G(a_L) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} G(y) + \alpha_K \sigma_{KK} G(P_K) + \alpha_T \sigma_{KT} G(P_T) + \alpha_L \sigma_{KL} G(P_L) - G(K) \\ G(y) + \alpha_K \sigma_{TK} G(P_K) + \alpha_T \sigma_{TT} G(P_T) + \alpha_L \sigma_{TL} G(P_L) - G(T) \\ G(y) + \alpha_K \sigma_{LK} G(P_K) + \alpha_T \sigma_{LT} G(P_T) + \alpha_L \sigma_{LL} G(P_L) - G(L) \end{bmatrix} \quad (20)$$

但し、 $G(a_x)$: 生産要素 X_x の能率係数の変化率
 = 質的向上率 ($X_x = K, T, L$)

σ_{ij} : 生産要素 X_i と X_j との代替の偏弾力性

α_x : 生産要素 X_x の分配率

P_x : 生産要素 X_x の要素価格

よして、 $G(a_K)$, $G(a_T)$, $G(a_L)$ 以外の情報を入力で
 るので、(20)式を解いて各生産要素の能率係
 数の変化率、即ち、質的向上率を推定した。

なお、生産要素間の代替の偏弾力性は新谷[42]
 を用いている。そして、各生産要素の質的向
 上率を分配率で加重して求めた技術進歩の太
 さと残差として推定した技術進歩の太さ
 とが一致したことから、残差の中味が生産要
 素の質的向上率で説明されることを示した。

我々は技術進歩の具体説を支持する多くの
 情報を持っており、何化された技術進歩の重
 要性については広く認識されているところ
 である。沢田や新谷がこの点に着目して測定を
 試みたことは注目されるべきではない。一
 方我々にも具体的な技術進歩の存在を
 支持する多くの情報を持っている。(20)式で示

とれる沢田の測定した技術進歩は、全この技術進歩が体化されることと互仮定したものである。今後に残された問題は体化された技術進歩、体化されな技術進歩を同時に含みうる測定を行なうことである⁸⁾。

我々の最後の問題は、多教測定において、値の変化の測定の他に存在する諸々の問題について検討することである。

多教測定において値の変化を考慮することには重要な問題となっており、従来から行なわれていた多教測定そのものに種々の重要な問題がある。

残された部分で、多教測定上最も困難な問題を生ずる資本に限定して、若干の整理を試みた。現在わが国農業における多教測定の問題自体が十分議論される段階に至っており、この問題に関する研究は今後十分行なわれるべき問題と考える⁹⁾。

資本の投入系列として最も望ましいものは service flow of capital であることはいまでもない。

しかし、これを直接測定することは不可能であり、最もしばしば用いられるのは capital stock である。この場合 service flow は capital stock と比例関係にあることが前提にされる。資本の投入系列の測定上の困難な問題の一面は、この service flow と capital stock の比例関係の仮定の妥当性に関する問題と密接に関連してゐる。

比例関係の仮定の妥当性については種々各側面から問題にされる。

第1の問題は操業度に関するものである。capital stock が正しく測定されていても、年々の操業度が変化することによって二つの量間の比例関係は成立し得なくなる。ここに年々の操業度が一定であることが仮定されなければならぬ根拠がある。この仮定の妥当性が問題にされるのである。

第2の問題は capital stock の認識の仕方とその計測方法に関するものである。capital stock が得られる場合次の三つの系列に依存する。

1) 当年価格の支出系列

成に因するものである。資本の投入系列は極めて多くの種類、種々な年令の資本より構成される。カ1、カ2の問題が解決されたとしても、資本の内容構成、年令構成が年々変化することによって二つの量間の比例関係は乖離する。従って更にこれらの構成が一定にとどまることの仮定が必要になるのである。

わが国農業に因する唯一の体系的かつ長期にわたるデータと考えられる大川・他[31]を用いて測定した梅村・他[63]の農業総合生産指数において、固定資本系列は、1934~1936年価格表示の動植物、農機具および非住宅建築からなる純資本ストックおよび減価償却の採用されている。

これらの系列の service flow と比例関係を保ち、集計的生産関数の投入変数と取り得るためには、以上に示した3つの問題が解決されているなければならない。梅村等は上に示したiii)の要即ち減価償却額の算出における制度的要素等の問題を避けるために、固定資本系列

ii) デフレクター

iii) 減価償却方法と減価償却率

ほかでも iii) の点は重要と存して置く。今、

i), ii) の系列が正しく得られてゐると仮定する。

capital stock は、所与の新規調達価格、残存価格、耐用年数、および減価償却方法のもとで年々の減価償却額が決定され、これを新規調達価格から差引くことによつて算出され、従つて capital stock は年々直線的にまたは曲線的に減少して行く。ここに capital stock は制度的要素で存在され、恣意的に決定されると指摘される所以がある。

他方 service flow は年の経過と共に直線的にまたは曲線的に減少するものではないと考える方が一般的に妥当である。いづれにしても capital stock と service flow の乖離の生じ得る可能性は強い。資本の投入系列測定上の最も困難な問題はこの二つの量間の比例関係の乖離をいかにしてうめるかということである。

次の問題は資本の内容構成および年令構

は純額を用い、可粗額を用いる。しかし、他の
問題は依然残されている。

このように、差数測定に關する多くの問題
が今後の研究として残されているのである。

第5節 農業における技術進歩の徹視的研究の展開

わが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究は以上にみる如く、巨視的視座から農業発展論、農業成長論のフレーム・ワークのなかで発展・成長の主要な源泉としての技術進歩率の計測を中心に展開されてきた。したがってそこで計測される技術進歩率はほとんどが集計的生産関数を前提にした農業部門全体における技術進歩率である。このような計測に対して、近年農業における技術進歩率の計測をより近い集計の次元で計測する研究が展開されるようになってきた。即ち、農業部門全体の技術進歩率の計測にかわって特定の部門における技術進歩率、地域別・階層別の技術進歩率を計測するのがある。これらの計測はいずれも部門別、地域別、階層別の技術構造の差異を考慮するところに一つの意義があるが、多くの計測の意図は従来

技術進歩率の計測結果を補強するところがあり、特定部門における技術進歩の総合的な評価、あるいは具体的技術進歩の理論的・計量的研究の一次的接近を意図した計測は少ない。本研究第2章および第3章における技術進歩率の計測は後者の系譜に属する。

以上にみるよう技術進歩率の計測に関連した組合割化 (disaggregation) の方向の研究とは別に、具体的特定の技術進歩に関する理論的・計量的研究の展開がある。これらの多くは農業における最も主要な投入要素である肥料・農業機械・土地改良などに関連した研究であるといえる。肥料はわが国農業において特に戦前のわが国農業においては最も主要な投入財であり、戦前の農業における技術進歩が肥料使用の・土地節約的性格のものであったと指摘される如く、肥料と関連する技術進歩を中心に展開してきている。農業機械はわが国農業において、特に戦後の農業において最も主要な投入財であり、戦後の農業にお

ける技術進歩は機械資本使用的・労力節約的性格のものであると指摘され、農業機械と関連する技術進歩を中心に展開してきている。また、土地は農業における最も基本的な投入要素であり、土地自体の質の向上を意味する土地改良は戦前・戦後を通じてわが国の農業において主要な役割を果たしてきた。即ち、戦前においては先に指摘した肥料と関連した一連の技術進歩の展開に対して重要な基礎をなし、戦後においては先に指摘した農業機械と関連した技術進歩の展開に対して重要な基礎をなした。

以上を示した三つの投入要素のなかで、農業機械に関連した技術進歩の理論的・計量的研究が最も多く展開されてきている。以下、この分野における研究を中心に検討するが、主として次の二つの領域として整理しよう。

この分野における第一の領域は農業機械化に伴う技術的性格、技術構造の変化に関する理論的・計量的把握であり、稲本(17)、(18)に

よ、て展開され、本研究の第3章、第4章と関連する。この研究においては生産関数分析が中心になるが、前章までに示したような集計的・生産関数とは異なり、微視的・生産関数または技術的・生産関数による分析が中心になる。しかし、ここでも実験データが入手困難であることから純粋な意味での技術的・生産関数は計測不可能であり、一次的接近として農林省『米生産費調査』のID別結果表を用いて計測されるCobb-Douglas型の異企業間生産関数による分析が展開されていく。

この分野における第2の領域は農業機械化に伴う経済効果に関する理論的・計量的把握であり、沢田・北園(35)、沢田(36)〔38〕、土屋(56)による研究がある。沢田・北園、土屋は戦後の農業機械化のなかで最も主要なものである動力耕耘機の普及に着目し、前者は福岡県水田地帯、後者は山形県庄内平野における農林省『米生産費調査』のID別結果表を用いてCobb-Douglas型生産関数を計測し、農民層分解に

与之を初稿の分析を展開した。また沢田は同様の方法によつて同様に農業機械化の雇用効果に関する分析を展開した。

この分野における第3の領域は農業機械の更新に関する理論的・計量的研究であり、特に動力耕耘機またはトラクターの更新を中心に工藤(25)、武井(53)、天田・他(62)等によつて展開されている。これらの研究はMAPIの更新理論の展開であり更新時期の決定問題を中心に展開されている。いふまでもなく、更新は個別農家にとつては投資行動と関連した重要な経済問題であるが、更に、技術進歩の体化説(embodiment hypothesis)に立脚した更新理論、即ち、技術進歩を考慮した動態論的な投資論の展開へ発展されなければならぬ。

この分野における第4の領域は農業機械に関する最適投資額の決定に関する理論的・計量的研究であり、土屋(60)の研究はこの領域の研究の一つとして指摘できよう。近年の農業機械の急速な普及に関する従来の見解の殆く

は非経済的要因にその基礎を求めてゐるのに
対し、工屋は農業機械化を重要な投資問題と
して経済的要因にその基礎を求め、農業機械
化の経済性を検討した。

この分野における第5の領域は農業機械の
需要に関する理論的・計量的研究であり、佐
久間(33)によつて Logistic Curve の計測結果から動
力耕耘機に関する需要関数の計測が行なわれ
た。

この分野における第6の領域は農業機械の
普及過程に関する理論的・計量的研究であり、
稲本(19)によつて展開されてゐる。稲本は動
力耕耘機の普及過程に着目し、これを技術変
化の過程における技術的・経済的摩擦によ
つて生ずる調整過程として把握し、動態論的に
展開を試みた。これは本研究第5章において
詳しく展開されてゐる。

以上にみる如く、農業機械化に関する理論
的・計量的研究は極めて多くの領域において
展開されてゐるが、各々の領域における研究

の蓄積は少ないと同時に各々の領域に関する研究が独立に展開され研究の体系的な大いなることが指摘しうる。特に後者の問題は徹視的視座に立つた技術進歩の理論的・計量的研究における最も重要な課題であり、そこでこの研究の体系的な農業における技術進歩のメカニズムの解明とその論理の確立に求めらるべきものと考えらる。徹視的視座に立つた技術進歩の理論的・計量的研究の基盤をここに求めると、これらの研究と前節までの巨視的視座に立つた技術進歩の理論的・計量的研究との接点の設定も可能になる。

第6節 さいご

わが国農業における技術進歩の理論的・計量的研究は以上にみた如く、一つの重要な研究領域として巨視的視座から農業発展論・農業成長論のフレーム・ワークのなかで精力的に展開されこの分野における研究の多くの蓄積がなされた。他方、農業における技術進歩の理論的・計量的研究のもう一つの重要な領域として微視的視座からの研究も展開されてきたが、前者の領域に比較して研究の蓄積は少ない。農業における技術進歩の理論的・計量的研究は以上に指摘する如く二つの重要な領域において展開されてきたが、各々の領域の研究が独立に展開され、二つの領域における研究の学問的交流は稀薄であるといえよう。したがって、各々の領域における研究の独自の発展と同時にこれら二つの領域における研究の学問的交流はこの分野の研究に課せられた重要な課題の一つである。

本研究は微視的視域にたつて戦後の水稲生産における技術進歩の理論的・計量的分析を中心展開するが、先に指摘した前者の領域における研究に方法論的基礎を負うと同時に実態的側面でこれらの領域における実証的研究の成果に多く負うてゐる。即ち、前者の領域における研究は微視的視域にたつた本研究に對して方法論的基礎を提供するにとどまらず長期的視域から実態的側面での多くの示唆を与へるものである。この意味で本研究は二つの領域における研究の学同的交流の試みでありともいえよう。

注1) 文献[26], [55]参照

2) 文献[26]参照

3) 土屋、籾・稲子、稲子、稲子の計測は水稲作部門に限られるが、秋
野・運水、沢田の計測は農業部門全体を計測の対象にして
いる。

4) 厳密には、生産弾性係数と要素分配率は生産関数の1次同
次性と完全競争均衡下でのみ一致する。ついでに、生産
関数がCobb-Douglas型であるとき、要素分配率＝生産弾性係
数の変化は技術進歩の偏り(bias)を示すことになる。

5) 文献[3]参照

6) この点については文献[49]が参考になる。

7) 文献[55]参照

8) 文献[20]参照

9) この問題に関して、Walter[74], Griliches[7], Yotopoulos[73]の
研究がある。

参考文献

- (1) 秋野正勝「農業生産関数の計測」『農業総合研究』第26巻第1号
1972年1月
- (2) 秋野・連水「農業成長の源泉 1880-1965」大川・連水編『日本経済
の長期分析』1973年5月 日本経済新聞社
- (3) Arrow, K. J., H. B. Chenery, B. Minhas, and R. M. Solow, "Capital-Labour
Substitution and Economic Efficiency," *Review of Economics and
Statistics*, Aug., 1961.
- (4) Cocks, K. D., "The Evaluation of Technological Change" *Journal
of Agricultural Economics*, Vol. XVI, No. 2, December, 1964.
- (5) Denison, E. F., "The Studies of Economic Growth in the United
States and the Alternative Before Us," *Supplementary Paper
No. 13, C.E.D.*, 1962.
- (6) Griliches, Z., "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn
and Related Innovations", *Journal of Political Economy*, Oct., 1958.
- (7) ———, "Measuring Inputs in Agriculture: A Critical Sur-
vey," *Journal of Farm Economics*, Dec., 1960.
- (8) ———, "The Sources of Measured Productivity Growth:
United States Agriculture, 1940-60," *Journal of Political Eco*

namy, Aug., 1963.

- (9) Griliches, Z., "Agricultural Production Function," American Economic Review, Dec., 1964.

- (10) 森島賢 「農業水利施設の工学的費用関数」『農業経済研究』才32巻才3号 1961年2月

- (11) 連水 佑次郎 「技術革新の普及動態と消費需要構造の變動」『理論経済学』才14巻才3号 1964年6月

- (12) ———— 「肥料需要の長期的變動分析」『農業経済研究』才36巻才1号 1964年12月

- (13) Hayami, Y., "A Critical Note on Professor Tange's Model of Japanese Agricultural Development," The Economic Studies Quarterly, Aug., 1965.

- (14) 連水・山田 「農業の技術進歩」藤原・藤野編『日本の経済成長』1967年4月 日本経済新聞社

- (15) 連水 佑次郎 『日本農業の成長過程』1973年7月 創文社

- (16) 楢本 志良 「わが国農業における技術進歩測定と集計的生産関数：展望」『農業計算学研究』才3号 1969年3月

- (17) ———— 「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』才6巻才4号 1970年12月

- (18) ———— 「農業における技術進歩と現獲の経済性」『近代農学論

集』 1971年3月

- (19) 榎本 志良 「動力耕耘機の普及過程に関する計量分析」『農業計算法学研究』 第7号 1973年3月
- (20) Intriligator, M. D., "Embodied Technical Change and Productivity in the United States 1929-1958," *Review of Economics and Statistics*, Feb., 1965.
- (21) Johnston, B. F., "Agricultural Productivity and Economic Development in Japan," *Journal of Political Economy*, Dec., 1951.
- (22) Kaneda, H., "Substitution of Labour and Non-Labour Input and Technical Change in Japanese Agriculture," *Review of Economics and Statistics*, Apr., 1965.
- (23) 柏 博 「日本農業の労働と資本の代替、技術進歩、費用変化」『経済学論』 18-1, 2, 3, 1969年1月
- (24) 北園 正伸 「地域別農業技術進歩率の推計」『農業技術進歩の計量分析』 九州大学農学部農業計算法学研究資料 第16号 1968年8月
- (25) 工藤 秀郎 「動力耕耘機の更新に関する経済的研究」『東北農業試験場研究報告』 第37号 1969年
- (26) 小泉 進 「巨視的生産関数に於ける成長の定量的分析：展望」 村上 肇 著 「経済成長理論の展望」 1968年8月 岩波書店
- (27) 南 石渡 「農業における生産関数と技術進歩」『経済研究』

- (28) Muto, K., "Methodologies Used for the Analysis of Farm Mechanization," *Farm Mechanization in East Asia*, 1972, ed. by Herman Southworth
- (29) ジェイムス・ナカムラ 『日本の経済発展と農業』 1965年9月 東洋経済新報社
- (30) 大川一司 「経済近代化における農業の役割」 『日本経済分析—成長と構造』 1962年12月 春秋社
- (31) 大川・石渡・山田・石 「資本ストック」 大川・藤原・梅村 『長期経済統計3』 1966年8月 東洋経済新報社
- (32) Ruttan, V. W., "Research on the Economic of Technological Change in American Agriculture," *Journal of Farm Economics*, Nov., 1960.
- (33) 佐久間 寿 「動力耕耘機の長期需要予測」 財団法人機械振興協会経済研究所 1965年9月
- (34) 佐藤 隆三 『経済成長の理論』 1968年7月 勁草書房
- (35) 沢田・北園 「農業機械化の経済効果に関する若干の計測」 『農業経済研究』 才28巻才2号 1956年7月
- (36) 沢田 収二郎 「農業機械化の雇用への影響—福岡県水田地帯の計測を中心として—」 東畑 編 『農業における潜在失業』 1956年10月 日本評論新社
- (37) ———— 「農業技術進歩の理論」 『農業経営経済学の研究』 1958年

3月 養賢堂

- (38) 沢田 収二郎 「農業技術進歩と雇用効果 (理論的考察、実証的考察 I, II, III)」 大川 編『過剰就業と日本農業』 1959年1月 春秋社
- (39) ———— 「農業と地動態理論」『経済発展と農業問題』 1959年4月 岩波書店
- (40) Sawada, S., "Effects of Technological Change in Japanese Agriculture," Agriculture and Economic Development, a Symposium on Japan's Experience, in Prep. March, 1967.
- (41) 沢田 収二郎 「日本農業における技術進歩の性格」 神谷 編『技術革新と日本農業』 1969年1月 大明堂
- (42) 清水 良平 「土地改良の経済効果」『農業経済研究』 第30巻第4号 1959年4月
- (43) 新谷 正寿 「戦前日本農業の代替の弾力性と技術進歩の性格の計測」『農業経済研究』 第41巻第1号 1969年12月
- (44) ———— 「戦前日本農業の要素効率増大の技術進歩の計測」『西南学院大学経済学論集』 第5巻第1号 1970年7月
- (45) ———— 「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
- (46) ———— 「戦前日本農業における技術変化と生産の停滞」『農業経済研究』 第44巻第1号 1972年6月

- (47) 実中 秀雄 「農業生産性の発展と鈍化」 大川・東畑編『日本経済と農業・上巻』 1960年7月 岩波書店
- (48) Shishido, T., "Japanese Agriculture: Productivity Trend and Development of Technique." *Journal of Farm Economics*, May, 1961.
- (49) Solow, R. M., "The Production Function and the Theory of Capital," *Review of Economic Studies*, 1955.
- (50) ———, "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*, Aug., 1957.
- (51) ———, "Investment and Technical Progress," *Mathematical Methods in the Social Sciences 1959*, ed. by Arrow, Karlin, Suppes, Stanford University Press, 1960.
- (52) 武井 昭 「農業機械化についての計算方法の発展」『農業技術研究所報告』 H 38号 1968年1月
- (53) ——— 「農業機械の更新」『農業近代化のための経営管理の理論と実際』 1971年5月 富成協会
- (54) Tang, A. M., "Research and Education in Japanese Agricultural Development, 1880~1938," (I), (II), 『理論経済学』 1963年2月・5月
- (55) 辻村・渡部 「生産関数と技術進歩: 展望」『理論経済学』 1966年3月
- (56) 土屋 圭造 「動力耕耘機とめぐる農業経営範疇記分」 東畑編『農

民範畴に關する研究』 1957年

- (57) Tsuchiya, K., "Land Improvement Schemes and Innovations in Agricultural Technology," Rural Economic Problems, May, 1964.

- (58) 工屋圭造 「日本農業の技術進歩率, 1922-1963 稲作技術とめ
くろく」『農業経済研究』 1966年9月

- (59) ——— 「日本農業の計量分析: 展望」『理論経済学』 1967年3月

- (60) ——— 「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

- (61) ——— 「地代と農地価格」篠原編『農業土地資本の研究』
1973年5月 東大出版会

- (62) 天南・他 「トラクター更新に関する研究」『帯広畜産大学学術研
究報告』 第1部第5巻第2号 1967年12月

- (63) 梅村・他 『長期経済統計9 農林業』 1966年12月 東洋経済新報社

- (64) 山田 三郎 「農業における投入産出の長期変動」大川編『日本農業の成
長分析』 1963年6月 大明堂

- (65) ——— 「日本農業の技術革新と生産構造の変化」神谷編『技術
革新と日本農業』 1969年1月 大明堂

- (66) Yamada, S. and U. Hayami, "Growth Rates of Japanese Agricul-
ture, 1880-1965," paper presented at the East-West Center
Conference, 'Agricultural Growth in Japan, Korea, Taiwan and

Philippines, Honolulu, Feb., 1973.

- (67) 唯是康考 「農業に及ぼす巨視的生産関数の計測」『農業総合研究』 1964年10月

- (68) 頼・稻平 「稲作技術進歩の生産関数分析」『農林業問題研究』 1967年3月

- (69) ———— 「自作耕地価格の變動要因分析」『農林業問題研究』 第4巻第4号 1968年12月

- (70) ———— 「戦後における地価変動と農業技術進歩」『農業技術

- (71) 進歩の計量分析』九州大学農学部農業計量学研究室資料 第16号 1968年8月

- (72) 頼 平 『農業経済経営論』 1971年12月 明文書房

- (73) Yotopoulos, P. A., "From Stock to Flow Capital Inputs for Agricultural Production Functions: A Microanalytic Approach," *Journal of Farm Economics*, May, 1967.

- (74) Walters, A. A., "Production and Cost Functions," *Econometrica*, Jan. - Apr., 1963.

第2章 戦後わが国農業における技術進歩 の計測

第1節 課題と方法

戦後の農業における技術進歩について、前章で示された従来の技術進歩の理論的・計量的研究のなかで長期動態分析の立場にたつてわが国の農業発展または農業成長の第4局面として技術進歩率の計測がなされて、最近になつて技術進歩の性格、即ち、技術進歩の偏りに関する計測が加えられてゐる。これらの技術進歩の計測は上に指摘する如く農業発展論あるいは農業成長論のフレームワークのなかで行なわれたものが多く、したがつて、集計的生産関数を前提にして農業部門全体に関する技術進歩が計測されたものが多い。

本章の課題は戦後の水稻生産部門における技術進歩、なかでも昭和30年頃より以降の水稻生産部門における技術進歩の数量的把握に

取られる。本章は以下、技術進歩の数量的把握は農林省『米生産費調査』を利用して要素投入・要素投入構成・要素生産係数の傾向的変動及び技術進歩率の諸側面から取られる。

ほかでも技術進歩率の計画を中心に分析を展開する。また、農業技術に関する従来の種々の観点からの分析において、しばしば技術の地域性及び階層性に多くの関心が向けられていた。本章では戦後の米稻生産における技術進歩の特徴の重要な一側面を示すものとして技術進歩の地域性及び階層性にも多くの関心が向けられる。

次節では戦後、特に昭和30年頃より以降の米稻生産部門における技術進歩の数量的把握の第一歩として、要素投入・要素投入構成及び要素生産係数の傾向的変動を計測すると同時に、これらの各系列の農区間、経営規模階層間の変動係数を計測し、技術進歩の地域性と階層性への一次接近を試みる。また、以上で数量的に把握される技術進歩を促進する一つ

の重要な経済的要因である要素価格の変化に
ついても関心が向けられよう。

第3節では全国平均の技術進歩率の計測を
試みる。ここでの技術進歩率は線型生産関数
を前提として総合生産性指数の変化率と類似
の概念である単位生産物当り実質費用の変化
率として計測される。この計測方法では前章
で指摘した生産関数の1次同次性の仮定と技
術進歩の中立的性の仮定に関する何らの改善も
なされないが、次節で行なう農区別・経営規
模階層別の技術進歩率の計測において資料の
制約をうけることがないという利点をもちと
いえよう。また、既に指摘した如く、われわ
れは戦後の農業における技術進歩率の計測結
果を詳しくもっており、これらのほかの主要な
計測結果を展望することによって本節の計測
結果を補強すると同時に次節以降の分析に有
効な若干の含意を得ることもできよう。

第4節では前節と全く同様な方法によって
農区別及び東北・近畿における経営規模階層

別の技術進歩率の計測を行なう。われわれは
この計測によつて、一つは技術進歩の地域性
・階層性という側面から、二つは技術進歩率
の農区間及び経営規模階層間の変動を規定す
る要因分析の側面から戦後の水稲生産におけ
る技術進歩の特質をより明確にしようと考へ
る。

第2節 要素投入及び要素生産係数の変化と要素価格

1) 要素投入及び要素生産係数

既に指摘した如く、戦後の水稻生産における技術進歩は極めて急速にしかも多様な展開を遂げてきている¹⁾。次章において詳しく論じられるが、戦後の水稻生産における主要な技術進歩として、①新しい苗代様式の普及と早期・早植栽培の発展、②新しい農薬の普及と病虫害防除技術の発展、③新しい化学肥料の普及と施肥技術の発展、④品種改良、⑤除草剤の普及、⑥農業機械化の進展、⑦土地改良と工壤改良の発展がしばしば指摘されている。勿論、これらの技術進歩はわが国の農業における伝統的性格を反映するものでもあるが、特に近年の技術進歩のもつ新しい性格として種々々々指摘が行われている。たとえば、近年技術進歩の重点は品種改良・育成、施肥、土地改良、栽培管理などの労働対象的な技術と

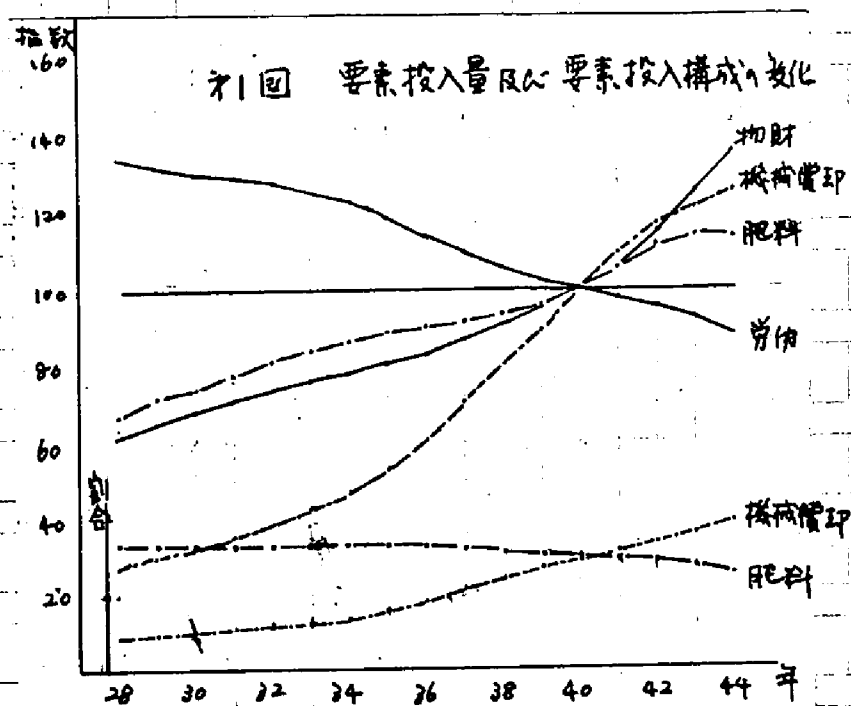
主内容とした土地節約的・省技術的技術進歩から農業機械化を主内容とした労働節約的・省手段使用的技術進歩へ移行しつつあること²⁾。戦前にあつた主要な技術進歩は、こゝろ又のな意味で土地節約的・肥料使用の性格を有し、戦後特に労働の稀少性がたかまつてからは労働節約的・機械資本使用的な技術進歩が主流をなしたと³⁾する二つの指摘は戦後、特に昭和30年代以降の技術進歩の性格を端的に示すものである。

ところで、以上に指摘されるような新しい性格を有する技術進歩の多くのものは近代工業部門から提供される化学肥料・農薬などの流動資本財や農業機械・施設などの固定資本財の投下を媒介として実現化されるものであり、当然生産要素投入構造の変化を伴ふと同時に要素生産性にも大きな変化をもたらし得る。本章の課題は戦後の水稻生産における技術進歩の数量的把握にあかれるが、本節では特に以上に指摘した技術進歩の新しい性格に着

目として数量的把握の第一歩として要素投入量、要素投入構成及び要素生産性の傾向的変動を計測する。計測する対象期間は昭和26年以降昭和46年までの21年間であり、農林省『米生産者調査』の全国平均のデータを用いて各々の系列の5ヶ年初動平均値を計算した。

したがって、各々の系列に関する計測値は昭和28年以降昭和44年までの17年について示されている。

第1図は水田10アール当り要素投入量及び要素投入構成の変化を昭和40年を100とする指



数の変化によつて示したものである。計測期間を通して労働投入が減少して物財投入が増大してゐることが理解されよう。いま、物財投入のなかで肥料投入と機械償却投入⁴⁾の変動に着目してみるといずれも計測期間を通して増大してゐるが特に機械償却投入の増大が顕著である。

要素投入年変化率 (%)

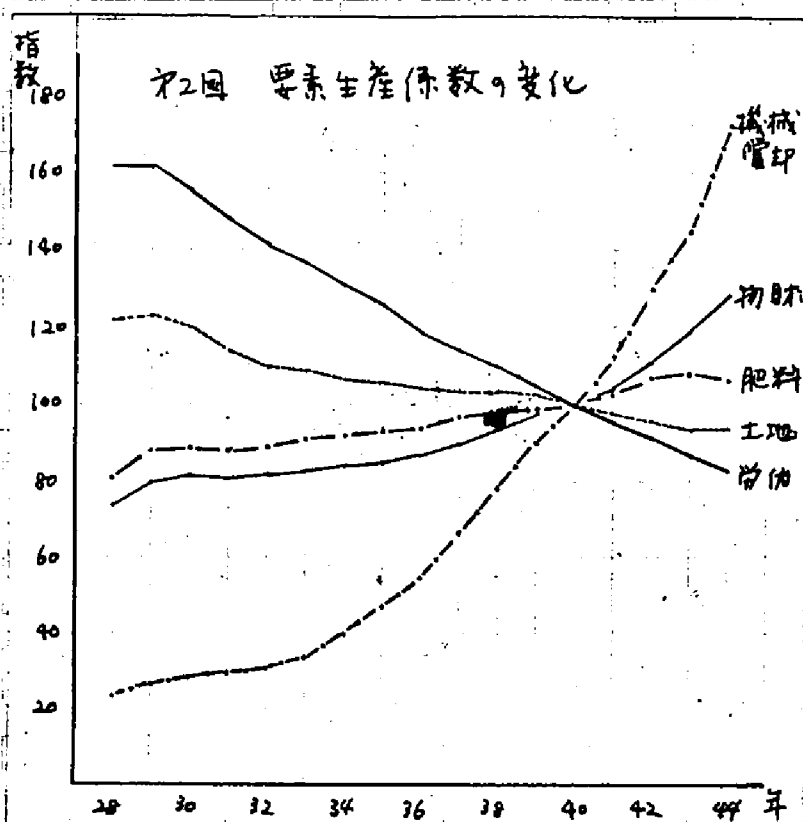
	30~35年	35~40年	40~44年
労働投入	-1.637	-3.200	-2.916
肥料投入	3.816	2.567	3.259
機械償却投入	17.382	25.209	20.923

戦後の水稻生産における技術進歩は一方では戦前に於ける技術進歩の性格をいふつぎ、先に指摘した品種改良、防除技術の発展、施肥技術の発展などを前提しつつ多肥化が進展したが、他方では機械化の著しい進展とともに労働節約の急速に進展してゐるのである。

以上のことは要素投入構成の変化という点からも示される。即ち、年々増大してゐる物財投入のなかで昭和28年以降昭和40年まで肥料

投入が最も多く、3割強の割合を占めていたが、昭和28年に1割弱の割合を占めていたに
なり、機械等投入の急増して昭和40年以
降ではこれが最も多くなり昭和44年には4割
弱の高水準まで高くなってきている。これに
伴って肥料投入の占める割合はやや減少し
つつある。

以上に示されるように要素投入及び要素投
入構成の変化に伴って水稻生産における要
素生産性も著しく変化してきている。才2図



は要素生産性の変化を生産係数（生産物単位当り要素投入量）によって示したものである。第2図より容易に理解されるように、計測期間を通して土地係数、労力係数が減少して、物財係数、肥料係数、機械償却係数が増大している。即ち、計測期間を通して一方では土地・労力の部分生産性が上昇し、他方では物財、肥料、機械償却の部分生産性が低下している。

生産係数年変化率(%)

	30~35年	35~40年	40~44年
土地係数	-1.524	-1.050	-1.489
労力係数	-3.882	-4.079	-4.232
物財係数	0.812	3.490	6.929
肥料係数	0.902	1.396	4.572
機械償却係数	12.751	22.827	18.213

計測の期間によって異なるが、なかでも労力の部分生産性の上昇と機械償却の部分生産性の低下が顕著であり、他方、土地の部分生産性の上昇と肥料の部分生産性の低下が前者に比較してかなり緩慢である。

以上に示されるように先に指摘した戦後の

水稻生産における技術進歩の性格を反映して要素投入、要素投入構成及び要素生産係数を多様に変化させてきているが、このような変化が地域的、経営規模階層的にみてどのように進んでいるかを明らかにすることは戦後の水稻生産における技術進歩の性格を明らかにするうえで追加するべき一つの重要な側面である。この問題への一次的接近として要素投入の各系列、要素生産係数の各系列の地域間、経営規模間の変動係数を計測し、これに基づく比較検討を試みた。各系列の地域間の変動は東北及び近畿における各々8つ及び5つの経営規模階層について計測した。

動は東北及び近畿における各々8及び5つの経営規模階層について計測した。

表1は要素投入系列の農区間、規模間の変動係数の計測結果を示したものである。計測結果のなかで不規則な変動も含まれるが、次のような諸点が農区間、規模間の変動係数の傾向的な主要な動きとして指摘できよう。

表1 要素投入の農区間、規模間変動の係数

		30年	35年	40年	44年
労 働 投 入	農区間変動	0.038	0.033	0.048	0.048
	規模間変動 東北	0.134	0.134	0.083	0.117
	近畿	0.090	0.117	0.105	0.080
肥 料 投 入	農区間変動	0.102	0.117	0.123	0.175
	規模間変動 東北	0.075	0.045	0.066	0.028
	近畿	0.039	0.013	0.039	0.026
機 械 投 入	農区間変動	0.107	0.142	0.149	0.166
	規模間変動 東北	0.218	0.268	0.172	0.105
	近畿	0.109	0.075	0.112	0.248

一つは農区間の変動係数について、肥料投入系列、機械償却投入系列の変動係数が年々大きくなっていること、労働投入系列の変動係数は前二者に比較して明確な増大傾向はみられない。二つは規模間の変動係数について、東北では肥料投入系列、機械償却投入系列の変動係数が小さくなっていること、近畿では労働投入系列の変動係数が小さくなり、機械償却投入系列が大きくなっていることが示され、他の投入系列については明確な傾向を指摘できない。三つは各投入系列について、農区間の変動係数と規模間の変動係数を比較すると、労働投入系列と機械償却投入系列に

ついでには農区間の変動係数よりも規模間の変動係数が大きく、他方、肥料投入系列は規模間の変動係数よりも農区間の変動係数が大きい。

表2は要素生産係数系列の農区間、規模間の変動係数の計測結果を示したものである。

表2 要素生産係数の農区間、規模間変動係数

		30年	35年	40年	44年
土地係数	農区間変動	0.061	0.066	0.064	0.069
	規模間変動 東北	0.046	0.038	0.033	0.022
	近畿	0.009	0.018	0.027	0.040
労働係数	農区間変動	0.068	0.052	0.065	0.070
	規模間変動 東北	0.174	0.138	0.095	0.130
	近畿	0.099	0.098	0.106	0.109
物財係数	農区間変動	0.063	0.073	0.096	0.101
	規模間変動 東北	0.027	0.064	0.051	0.055
	近畿	0.095	0.065	0.123	0.215

ここでも不規則な変動が含まれるが、次のような諸点が農区間、規模間の変動係数の傾向的な主要な動きとして指摘できよう。

一つは農区間の変動係数について、土地係数系列、物財係数系列の変動係数が年々小さくなっていくこと、労働係数系列については前二者にみられるよう明確な増大傾向はみ

られない。二つは規模間の変動係数について、東北では土地係数系列、労働係数系列の変動係数が小さくなり、物財係数系列は大きくなっていくこと、近畿では全ての生産係数系列の変動係数が大きくなっていく。三つは各生産係数系列について、農区間の変動係数と規模間の変動係数を比較すると、土地係数系列については規模間の変動係数よりも農区間の変動係数が大きく、労働係数系列については農区間の変動係数よりも規模間の変動係数が大きい。物財係数系列の変動係数は近畿における規模間の変動係数の最も大きく、次いで農区間の変動係数、東北における規模間の変動係数であり、農区間、規模間の変動係数の大小関係は前二者の係数とは異なっている。

以上に指摘したように、要素投入系列、要素生産係数系列の変動係数の年々の動きは農区間、規模間で異なり、また、農区間の変動係数と規模間の変動係数の大小関係は各々の系列によって異なっている。これらはいうま

でもなく戦後の水稻生産における技術進歩の
各々の要素投入の側面や要素生産性の側面に
おいて地域間や規模間で異なる効果をもたらし
てゐることとを示すものであり、技術進歩の
経済学的分析において地域間の分析と同時に
規模間の分析の重要性を示唆するものである。

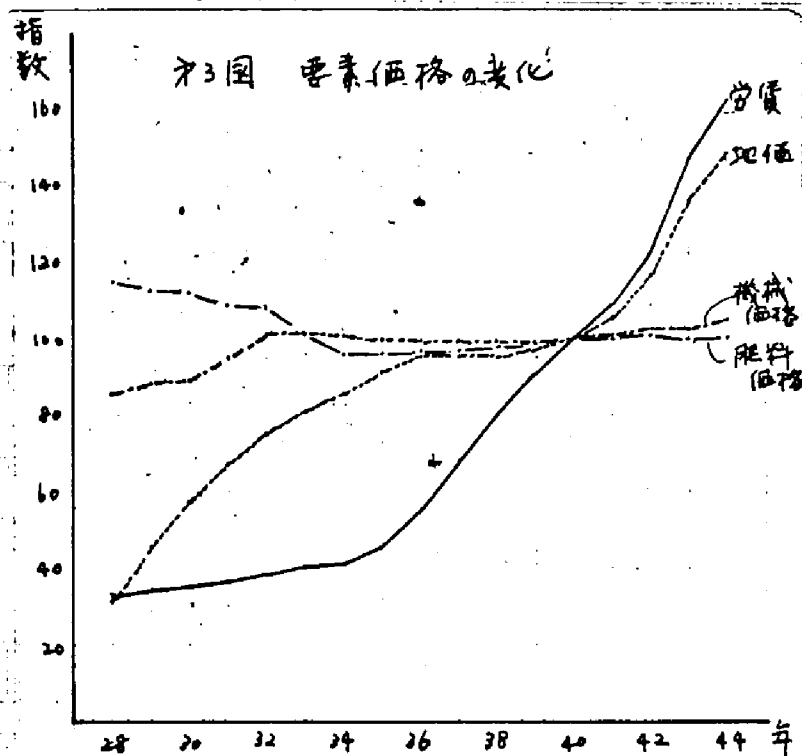
2) 要素価格

以上において戦後の水稻生産における技術
進歩の性格を定量的に把握する第一歩として
、要素投入、要素投入構成及び要素生産係数
の側面から明らかにしたが、次に、このよう
な技術進歩を促進した要因が明らかにされな
ければならない。前章で詳しく示した技術進
歩に關するこれまでの研究において、技術進
歩を促進する要因として研究・教育・普及活
動が注目され、たとえば文献〔1〕〔10〕などにお
いて研究・教育・普及への投資と技術進歩と
の關係が分析されてゐる。また、近年の農業
における技術進歩の特質の一つは化学肥料・

農業機械など近代工業部門の提供する資本財の著しい増投であり、このような関連産業における技術進歩が農業における技術進歩を促進する側面に注目され、たとえば文献[3]において化学肥料産業、農業機械産業における技術進歩による肥料価格、機械価格の相対的位置と農業における技術進歩との関係が分析されている。

一般に、要素相対価格の変化は技術進歩を促進する重要な要因として、特に近年では要素相対価格の変化と誘発的技術進歩との関係に関する研究が展開されて⁵⁾ある。以下でも技術進歩を促進する多くの要因のなかで要素相対価格の変化に注目して、昭和28年以降の要素相対価格の変化について整理しておく。

次の図は各要素価格に関する昭和40年基準の指数の動きを示したものである。この図より、地価指数と労賃指数の著しい上昇と肥料価格指数と機械価格指数の横ばい傾向が指摘できよう。この表は地価指数と労賃指数の動



第3表 要素価格の变化率 — 農区別 —

	地 価			労 賃		
	30~35年	35~40年	40~44年	30~35年	35~40年	40~44年
全 国	12.18	3.17	10.04	5.69	28.31	12.12
東 北	10.79	3.38	15.69	4.75	26.68	16.73
北 陸	16.03	-0.83	11.99	7.28	23.32	15.16
関 東	12.96	5.40	11.97	5.89	27.58	16.66
東 海	14.29	0.93	11.32	7.19	18.89	23.26
近 畿	18.45	1.68	9.76	4.58	24.24	16.58
中 国	10.35	-0.91	11.53	4.58	20.0	21.10
四 国	9.51	1.85	10.97	5.13	24.50	16.34
九 州	8.89	1.84	16.18	2.94	22.76	17.83

主にこの期間別・農区別に示したものであ
る。全国平均で見ると、地価指数の上昇、労
賃指数の上昇傾向は期間によつて著しく異な
る。地価指数は昭和30~35年7年率12%の急

上昇を示し、昭和35～40年で年率3%のゆるやかな上昇を示すが昭和40年以降再び年率10%の急上昇を示している。他方、労賃指数は地価指数の動きとは異なり、昭和30～35年で年率5.7%のゆるやかな上昇を示すが、昭和35～40年で年率28%の急上昇を示し、昭和40年以降も年率12%の急上昇を示している。このような全国平均でみた地価指数、労賃指数の動きは農区別でみる場合もほぼ同様の動きを示している。

以上にみるように要素価格指数の動きは、いづれでもなく地価及び労賃の相対価格の上昇と肥料及び機械の相対価格の下落を意味するものであり、このように要素相対価格の変化が先に示した要素投入、要素投入構成及び要素生産性の動きで示されるような物財による土地用役・労力の代替、なかでも肥料による土地用役の代替と機械による労力の代替、この結果としてもたらされる土地・労力の生産性の上昇と物財即ち肥料・機械の生産性の

低下というように技術進歩を促進した重要な
要因の一つとなっている。

第3節 技術進歩率の計測

技術進歩の成果を定量的に把握する第一歩としてしばしば労働生産性、土地生産性、資本生産性などの要素生産性が計測される。前節において戦後の水稻生産における技術進歩の成果を定量的に把握する第一歩として各要素に關する生産係数を計測した。しかし、これらはいずれも技術進歩の部分成果指標であり、技術進歩の総合的成果指標として別の成果指標が計測されねばならない。近年になつて精力的に行なわれてゐる技術進歩の理論的・計量的研究の多くは技術進歩の総合的成果指標としての技術進歩率の計測に關連するものであり、種々な計測方法が展開されてゐることは前章に詳しく示した通りである。

ここで計測する技術進歩率は線型生産関数を前提にした総合生産性の年変化率と類似の概念である単位生産物当り実質費用の年変化率であり、以下のやうに定式化されるやう。

即ち、 t 年における単位生産物当り実賃費用(I_t)は次のように表わされるから、

$$I_t = P_1 \frac{X_{1t}}{Y_t} + P_2 \frac{X_{2t}}{Y_t} + P_3 \frac{X_{3t}}{Y_t} + \dots \quad (1)$$

但し、 X_{it} : t 年における要素投入量、 Y_t : t 年における産出量

P_i : i 年々の要素価格

技術進歩率、即ち、単位生産物当り実賃費用の年変化率は次式のようになる。

$$\frac{\dot{I}_t}{I_t} = \frac{P_1 \left(\frac{\dot{X}_{1t}}{Y_t} \right) + P_2 \left(\frac{\dot{X}_{2t}}{Y_t} \right) + P_3 \left(\frac{\dot{X}_{3t}}{Y_t} \right) + \dots}{P_1 \frac{X_{1t}}{Y_t} + P_2 \frac{X_{2t}}{Y_t} + P_3 \frac{X_{3t}}{Y_t} + \dots} \quad (2)$$

但し、 $\dot{}$ は年当り変化分

ところで、以上の如く定式化される技術進歩率の計測において生ずる主要な問題は一つは採用する要素価格の選択にかかわる問題であり、二つは実賃費用を構成する要素の分類と選択にかかわる問題である。前者の問題は一般に指数問題⁶⁾といわれるものであり、要素価格の変動が大きい時期においては基準年次の要素価格を採用する場合(ラスペイルス指数)でも、比較年次の要素価格を採用する場合(パーシェ指数)でも技術進歩率の計測結

果はパイパスを全うする。このような指数問題への一つの改善策として、フィッシャー指数がしばしば採用される。本章の計画ではラスパイルス指数、パーシェ指数、フィッシャー指数の三つの指数について計画する。後者の問題は単位生産物当り実質費用を構成する要素として慣行的投入要素と同時に非慣行的投入要素をどのように選択するか、前章で指摘した技術進歩の概念にかかわる問題である。本章で意図する技術進歩率の計画は現実には種々の技術進歩を採用する農家レベルでの技術進歩の総合的成果としての技術進歩率であり、したがって、農家が現実に投入を行なう慣行的投入要素のみを単位生産物当り実質費用を構成する要素として考慮した。また、慣行的投入要素の分類と選択については、表4表に示すように計画Iでは土地、労働、物財を、計画IIでは土地、労働、肥料、機械償却を選択した。特に、計画IIにおける要素の分類と選択は前節に示したような戦後の水稻生産に

おける技術進歩の内容を技術進歩率の計測により多く反映させるためである。

技術進歩率計測の具体的な手続は以下の如くである。

各年度の要素生産係数は農林省『米生産費調査』を用いて5ヶ年移動平均値を計算した。なお、物財・肥料・機械償却などの生産係数は40年基準価格指数を用いてデフレートした実価額を計算した。更に単位生産物当り実価費用の算出にあたって、労賃は農林省『米穀物価賃金調査』における農村臨時雇賃金、地代は日本不動産研究所『田圃価格及心小作料調べ』における全国平均普通田地価に年利率8%をかけて得た地代を用いた。

以上に示すような計測方法による戦後の水

表4 技術進歩率の計測結果

		第1期 30~35年	第2期 35~40年	第3期 40~44年
計測 I	ラスパルス指数	1.78 %	0.47 %	-0.07 %
	ハ-シェ 指数	2.02	1.17	0.57
	フィッシャー 指数	1.90	0.82	0.22
計測 II	ラスパルス指数	1.76	0.17	0.41
	ハ-シェ 指数	2.04	1.22	1.01
	フィッシャー 指数	1.90	0.70	0.71

注) 計測 I は土地・労力・物財に関する実価費用
計測 II は土地・労力・肥料・機械償却に関する
実価費用の年減少率を示している

稻生産における技術進歩率の計測結果を第4表に示した。

計測Ⅰによる計測結果が三つの指数について示されているが、各々計測結果は異なり、労賃や地価が物価・肥料・機械の価格に比較して相対的に上昇しており、労働係数、土地係数が減少し、物価・肥料・機械償却に関する生産係数が増大している条件下では、ラスパイレス指数は下方バイアスと、パーシェ指数は上方バイアスを生じており、フィッシャー指数はその中間にあると考えられる。計測結果を計測期間ごとに見ると第1期は1.78~2.02%であり、明治以降技術進歩率が計測された期間の中では最も高くこの期における技術進歩が急速であったことが示されているが、第2期は0.47~1.17%、第3期は-0.07~0.51%であり次第に技術進歩率は低下し、近年の水稲生産における技術進歩の停滞傾向が指摘される。

計測Ⅱによる計測結果についても三つの指数について示され、各々計測結果は異なり、

れやれの指数が計測Ⅰと同様なバイアスを生じている。これを計測期間ごとにみると第1期は1.76~2.04%、第2期は0.17~1.22%、第3期は0.41~1.01%であり、ここでも第1期の技術進歩率が高いことと同時に第2期、第3期では次第に技術進歩率は低下し、近年の水稻生産における技術進歩の停滞傾向が指摘される。しかし、計測Ⅰの場合と異なり、計測Ⅱによるラスパイルズ指数では第2期よりも第3期の技術進歩率が上まわり、フィッシャー指数では第2期、第3期の技術進歩率がほぼ等しく、このように両計測には若干の相違もみられる。次節では戦後の水稻生産における技術進歩の内容をより多く反映すると考えられる計測Ⅱによる分析を行なう。

ところで、前章で詳しく示されたようにわれわれはわが国の農業における明治以降の技術進歩率の計測結果を多く有しており、このほかで戦後の農業における技術進歩率の主要な計測結果のみを次頁以降に示す。これら

戦後わが国農業における技術進歩率の計測事例

1) 沢田計測

戦後農業における総合生産性指数の増加年率(%)

1956~58 — 1957~59	2.3
1957~59 — 1958~60	2.0
1958~60 — 1959~61	0.7
1959~61 — 1960~62	

注1) 資料: 福村他『農林業』長期経済統計第9巻

2) 1934-36年 価務ウエイト

3) 文献〔9〕より引用

2) 蓮水計測

農業総産出、総合投入、総合生産性の成長率と、産出の成長に
対する投入と生産性の相対的寄与率

	成長率(年平均複利率) %			産出の成長に対する相対的寄与率 産出成長率 = 100	
	総産出 (1)	総合投入 (2)	総合生産性 (3)	投入 (2)/(1)	生産性 (3)/(1)
1945~1955	3.2	3.4	-0.2	106	-6
1955~1965	2.6	0.7	2.9	19	81
1945~1965	3.4	2.0	1.4	59	45

原注) 成長率は各指定年次を中心とする5年平均相互について計算した。

注) 文献〔3〕 p. 39 a 表 2-8 a - 部を引用

3) 南・石渡計測

生産性上昇における技術進歩と要素投入の貢献度 1953-1965年

	生産性上昇率	技術進歩効果	要素投入効果+残差
	$q(Y/L)$	入	$q(Y/N) - 入$
	7.11 (100.0)	0.94 (13.2)	6.17 (86.8)
	6.80 (100.0)	2.21 (32.5)	4.59 (67.5)
	6.98 (100.0)	4.46 (63.9)	2.52 (36.1)
	6.81 (100.0)	2.68 (39.4)	4.13 (60.6)

注1) 計測式 $Y_t/L_t = A(K_t/L_t)^{\alpha}(L_t/N_t)^{\beta} \cdot e^{\gamma t}$

但し、Y: 実質粗付加価値額、K: 実質資本ストック(建物を除く)

N: 標準延耕作面積、L: 標準労働時間(11月1日当り)

2) 資料: 農林省『農業経済調査』

3) 文献〔6〕より引用

4) 土屋計測

技術進歩率 昭和6-8年～昭和36-38年

地域	収量の伸び率	投入量の伸び率	技術進歩率
東北	29.52 %	0.23 %	29.29 (0.7 %)
近畿	0.64	-0.64	6.11 (0.2)
九州	7.01	0.01	7.04 (0.2)

注1) 資料: 帝国農会及び農林省「米生産量調査」

2) 計測式は $\frac{Y}{T} = a X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \left(\frac{X_3}{T}\right)^{\beta_3} \left(\frac{X_4}{T}\right)^{\beta_4} \left(\frac{X_5}{T}\right)^{\beta_5} \left(\frac{X_6}{T}\right)^{\beta_6} \mu$

$$\text{より導かれる } \frac{\Delta a}{a \Delta t} = \frac{\Delta Y}{Y \Delta t} - \sum_{i=1}^6 \beta_i \frac{\Delta X_i}{X_i \Delta t}$$

但し、Y: 米の総収量(単位: 石) X_1 : 8月の平均最低気温(単位: 度) X_2 : 9月の総日照時数(単位: 時間) X_3 : 所要労働日数(単位: 日) X_4 : 所要畜力日数(単位: 日) X_5 : 自給肥料施肥量(単位: 百匁) X_6 : 購入肥料施肥量(単位: トン) T: 水稻作付面積(単位: 反) μ : 誤差項 $a, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ は推定すべきパラメータである。

3) 技術進歩率()は年率を示す。

4) 文献[11]より引用

5) 予測計測

全国平均米販売農家における技術進歩の効果

	26-28 ～29-32年	29-32 ～32-34年	32-34 ～34-36年	34-36 ～36-38年
労働時間	-3.5 %	-2.5 %	-2.4 %	-0.5
物質財(実額)	-5.0	4.1	4.3	-5.2
生産費(実額)	2.1	0.9	0.5	2.9
生産費(実額)	-2.5	-2.1	-2.0	-1.0

注1) 全2玄米100kg当り

2) 資料: 農林省「米生産量調査」

3) 文献[15] p.171の8.4表の一部を引用

の計測とわれわれの計測とは計測の目的、計測方法や計測のための資料などが異なっており、直接比較することは若干の制約を有するが、これらの計測結果によってわれわれの計測結果を補強すると同時に、次節以下の分析に有益な示唆を与えたいという点で、若干の展望をしておくことが必要であらう。

沢田は文献〔9〕において、戦後の農業における技術進歩率を総合生産性指数の増加年率によって計測した。沢田の計測では1956~1958年以降1958~1960年までは年率3.3~2.0%で技術進歩率が高く、この間にわが国の農業において技術進歩率が急速に進んだが、その後技術進歩率が次第に低下し、技術進歩の停滞傾向がみられることが指摘された。

運水は文献〔3〕で戦後農業における総産出、総合投入、総合生産性の成長率と産出の成長率に対する投入と生産性の相対的寄与率を計測した。運水の計測では1945~1955年では技術進歩率が-0.2で技術進歩が全く停滞的であったことは

と、1955～1965年では技術進歩が29%で技術進歩が急速に進み、しかもこの間に於ける総生産の成長に對する技術進歩の相対的寄与率が81%にも及ぶ大きなものであつたことが指摘された。

南・石渡は文献〔6〕において、経営規模階層間に於ける技術構造の差異に着目して、経営規模階層ごとに生産性上昇に於ける技術進歩と要素投入の貢献度を計測した。南・石渡の計測では経営規模の大きい階層程技術進歩率が大きいという関係が認められるが、この関係以上に生産性上昇率の大きい階層程技術進歩率が大きいという強い関係が認められること、生産性上昇率に對する技術進歩の相対的貢献度は著しく大きくしかも経営規模の大きい階層程大きいという関係が認められるが、ここでもこの関係以上に生産性上昇率の大きい階層程大きいという強い関係が認められることが指摘された。

土屋は文献〔11〕において、わが国の水稻生産

に於ける技術進歩率の計測を地域別に、東北
 については大正11-13年～昭和33-35年の36年間、近
 畿については大正11-13年～昭和36-38年の39年
 間、九州については昭和6-8年～昭和36-38年
 の30年間について行なつた。工屋の計測では
 計測期間中の技術進歩率の年率東北0.7%、近
 畿0.2%、九州0.2%であり、わが国の水稻生産
 に於ける技術進歩の停滞傾向と同時に地域差
 の存在することを指摘した。

頼は文献(15)において、われわれの計測工と
 ほぼ同様の方法及び同じ資料を用いて全国平
 均の米販売農家に於ける技術進歩の効果を計
 測した。頼の計測でもわれわれの計測結果と
 同様昭和30年前後の時期において2.0～2.5%と
 いう高い技術進歩率を得ている。長期的にみ
 ると年々技術進歩率が低下し、近年の水稻生
 産に於ける技術進歩の停滞傾向を指摘してい
 る。

以上に示すように戦後の農業に於ける技術
 進歩率の計測結果のなかで、沢田や頼の計測

結果では昭和30年前後の技術進歩率が極めて高いこと、昭和30年代後半から技術進歩率が次第に低下してきていることを指摘しており、われわれの計測結果とほぼ一致するものであり、また、工屋や南・石渡の計測結果ではわが国の農業における技術進歩の地域間、経営規模階層間で異なることを指摘している。

次節では戦後の水稻生産における農区別・経営規模階層別の技術進歩率の計測を行ない、これを規定する要因の分析を展開する。

第4節 技術進歩率の地域間、経営規模階層間の比較分析

前節で行った技術進歩率の計測方法と全く同様の計測方法によつて、農林省『米生産量調査』における農区別及び東北、近畿における経営規模階層別の技術進歩率を計測し、計測結果を第5表～第7表に示した。これらの計測結果に基く次のような比較分析を行なうことによつて、即ち、一つは計測の時期別に農区別、経営規模階層別の技術進歩率の比較分析を行なうこと、二つは上の比較分析を基礎として前節で指摘された昭和30年代後半以降の米生産における技術進歩の停滞傾向を農区別、経営規模階層別に検証すること、三つは計測の各時期における技術進歩率の農区別、経営規模階層別の変動を規定する要因についての分析を行なうこと、以上主として三つの比較分析を行なうことによつて、戦後の米生産における技術進歩の特質を明らかに

表5 農区別技術進歩率の計測結果

		東北	北陸	関東	東海	近畿	中国	四国	九州
第1期 昭和30 ～35年	ラスパルス指数	1.17%	1.72%	1.89%	1.78%	1.99%	1.73%	2.35%	2.21%
	パーシェ指数	1.53	2.19	2.22	1.94	2.10	2.00	2.66	2.39
	フィッシャー指数	1.35	1.96	2.06	1.86	2.05	1.87	2.51	2.30
第2期 昭和35 ～40年	ラスパルス指数	0.15	0.67	-0.85	0.83	-0.65	-0.43	-0.38	1.31
	パーシェ指数	1.04	1.49	0.27	1.66	0.51	0.39	0.64	2.33
	フィッシャー指数	0.60	1.08	-0.29	1.25	-0.06	-0.01	0.14	1.83
第3期 昭和40 ～44年	ラスパルス指数	1.11	0.35	-1.32	-0.88	-0.41	-0.47	-0.45	-1.22
	パーシェ指数	1.77	1.07	-0.07	0.21	0.47	0.86	0.30	-0.19
	フィッシャー指数	1.44	0.71	-0.69	-0.33	0.03	0.10	-0.08	-0.70

に示す。

農区別の技術進歩率の計測結果を示した表5から次の諸点の指摘ができる。計測の第1期（昭和30～35年）においては四国、九州、関東、近畿などいわゆる米作先進地域といえる地域における技術進歩率が高く、東北、東海、北陸における技術進歩率が相対的に低い。計測の第2期（昭和35～40年）においては前期に比較して全ての農区で技術進歩率は低下しているが、これを農区内で比較すると九州、東海、北陸で相対的に高く、近畿、関東で特に低い。計測の第3期（昭和40～44年）においては前2期に比較して技術進歩

率の県区間の較差が小さく、前期に比較して技術進歩率が高くなっているのは東北、近畿、中国であり特に東北において高くなっており、他の県区では全て低下している。これを県区間で比較すると、第3期では東北における技術進歩率が相対的に高く、九州、関東、東海における技術進歩率が低い。以上に示すように計測の時期別の技術進歩率を反映して、特に昭和30年代後半以降の時期において関東、東海、九州における技術進歩の停滞傾向が強く、北陸、近畿、中国における技術進歩の弱い停滞傾向がみられる。ただ、東北のみにおいて技術進歩の停滞傾向はみられず、計測の全時期の中で第3期の技術進歩率が最も高い。

また、経営規模階層別の技術進歩率の計測結果を第6表、第7表に示してあるが、ここであれわれが特に注目するのは一つは計測の時期別にみて経営規模階層別の技術進歩率の差異に一定の傾向が存在するかどうか、二つは

オ6表 経営規模階層別技術進歩率の計測結果 — 東北 —

		30P-1L未満	30~50 ^{P-1L}	50~100 ^{P-1L}	100~150 ^{P-1L}	150~200 ^{P-1L}	200~300 ^{P-1L}	300P-1L以上
オ1期 30 35 年	ラスパイルス指数	3.34%	1.73%	-1.75%	1.99	0.85%	1.47%	0.65%
	パーシェ指数	2.65	1.93	2.08	2.41	1.23	1.77	0.93
	フィッシャー指数	2.50	1.83	1.92	2.20	1.04	-1.62	0.79
オ2期 35 40 年	ラスパイルス指数	1.83	0.46	0.21	0.04	0.27	-0.14	0.04
	パーシェ指数	4.57	1.23	1.23	1.03	1.17	0.83	0.53
	フィッシャー指数	2.26	0.85	0.73	0.54	0.73	0.35	0.29
オ3期 40 44 年	ラスパイルス指数	-3.69	0.42	1.24	1.12	1.03	1.53	0.59
	パーシェ指数	-0.38	1.07	2.07	1.77	1.67	2.14	1.28
	フィッシャー指数	-1.98	0.75	1.57	1.44	1.35	1.84	0.94

オ7表 経営規模階層別技術進歩率の計測結果 — 近畿 —

		30P-1L未満	30~50 ^{P-1L}	50~100 ^{P-1L}	100~150 ^{P-1L}	150~200 ^{P-1L}
オ1期 30 35 年	ラスパイルス指数	2.58%	2.01%	1.76%	1.97%	1.18%
	パーシェ指数	2.77	2.17	2.01	2.23	1.55
	フィッシャー指数	2.68	2.09	1.89	2.10	1.36
オ2期 35 40 年	ラスパイルス指数	-0.05	-0.76	-0.97	-0.57	0.81
	パーシェ指数	1.40	0.53	0.31	0.58	2.00
	フィッシャー指数	0.69	-0.11	-0.32	-0.01	1.41
オ3期 40 44 年	ラスパイルス指数	-2.42	-1.62	-0.87	0.73	1.08
	パーシェ指数	-0.89	-0.58	-0.02	1.50	1.51
	フィッシャー指数	-1.65	-1.10	-0.44	1.12	1.30

前節で指摘された昭和30年代後半以降の水稻生産における技術進歩の停滞傾向を経営規模階層別に検証したところである。上掲の2表より容易に理解されよう。計測の各時期において経営規模階層別の技術進歩率は著しく

異なると、東北における第2期、近畿に於ける第3期を除けば是に一定の傾向の存在を認めることはできない。但し東北における第2期においては経営規模の小さい階層において技術進歩率が高く、近畿の第3期においては経営規模の大きい階層において技術進歩率が高いという傾向が認められる。他方、昭和30年代後半以降の水稻生産における技術進歩の停滞傾向を経営規模階層別にみると一定の傾向が指摘できる。東北においては先に示した如く、全階層平均でみると技術進歩の停滞傾向は存在しないが、経営規模階層別にみると、50アール以下の2つの階層において明らかに技術進歩の停滞傾向がみられ、50アール以上の全ての階層では第2期に若干の停滞傾向がみられるが第3期には技術進歩率が再び上昇している。近畿においては先に示した如く、全階層平均でみると技術進歩の弱い停滞傾向が存在したが、経営規模階層別にみると、100アール以下の3つの階層において技

技術進歩の強い停滞傾向がみられ、100～150アールの階層においてはその第2期において若干の停滞傾向がみられその第3期に技術進歩率は再び上昇し、150～200アールの階層においてはその技術進歩率1.30～1.41%が維持されている。

以上に示されるように、戦後の水稻生産における技術進歩率は計画の各時期において農区間及び経営規模階層間で異なる。最後に、以上に示されるような計画の各時期における技術進歩率の農区間及び経営規模階層間での変動を規定する要因の分析を展開することによって戦後の水稻生産における技術進歩の特質を明らかにしよう。

ところで、われわれは単位生産物当り実質費用を構成する要素として計画Ⅱにおいて土地、労力、肥料、機械償却に因する4つの生産係数を考慮した。したがって、ここでの技術進歩率が単位生産物当り実質費用の変化率として定式化されているから、技術進歩率の農区間及び経営規模階層間の変動は上に考

慮した 4 つの生産係数の変化率の農区間及び経営規模階層間の変動によって構成されると考えられる。以下では特に土地係数、労作係数の変化率に注目して、土地係数の変化率にかわるものとして 10 プール当り収量の増加率、収量の増加率の影響を除き純粋に労作節約的な技術的側面の効果のみを考慮するため、労作係数の変化率にかわり 10 プール当り労作時間の変化率を考慮し次のような回帰関係の存在を仮定した。

$$T_{ij} = a + bX_{1ij} + cX_{2ij} \quad (3)$$

但し、 T_{ij} : i 年計画時期における農区間 j 階層の技術進歩率
 X_{1ij} , X_{2ij} : 各々 i 年計画時期における農区間 j 階層の 10 プール当り収量の増加率及び労作時間の減少率

いうまでもなく、回帰係数 b , c は 10 プール当り収量の増加率のみが 1% 上昇したとき、また、10 プール当り労作時間の減少率のみが 1% 上昇したときの技術進歩率の上昇率を示している。また、回帰係数 b , c の β 係数

$$b' = b \frac{\sqrt{\sum X_{1ij}^2 - \frac{(\sum X_{1ij})^2}{n}}}{\sqrt{\sum T_{ij}^2 - \frac{(\sum T_{ij})^2}{n}}}, \quad c' = c \frac{\sqrt{\sum X_{2ij}^2 - \frac{(\sum X_{2ij})^2}{n}}}{\sqrt{\sum T_{ij}^2 - \frac{(\sum T_{ij})^2}{n}}} \quad (4)$$

は独立変数 X_{1ij} , X_{2ij} の従属変数 T_{ij} の農区間 i 上
は経営規模階層間の変動に対する相対的貢献
度を示している。これらの回帰関係の計測結
果を次に示した。但し () 内は β 係数を示す。

(1) 技術進歩率の農区間変動の要因分析

$$\text{第1期} \quad T = -0.203 + 0.425 X_1 - 0.503 X_2 \quad R^2 = 0.810 \quad (5)$$

(0.925) (-0.911)

$$\text{第2期} \quad T = -1.281 + 0.839 X_1 - 0.279 X_2 \quad R^2 = 0.751 \quad (6)$$

(0.833) (-0.185)

$$\text{第3期} \quad T = -2.931 + 1.116 X_1 - 0.516 X_2 \quad R^2 = 0.606 \quad (7)$$

(0.794) (-0.340)

(2) 技術進歩率の経営規模階層間の要因分析

i) 東北

$$\text{第1期} \quad T = -1.373 + 0.830 X_1 - 0.559 X_2 \quad R^2 = 0.966 \quad (8)$$

(1.103) (-0.363)

$$\text{第2期} \quad T = -1.714 + 0.508 X_1 - 0.671 X_2 \quad R^2 = 0.765 \quad (9)$$

(0.132) (-0.915)

$$\text{第3期} \quad T = -3.031 + 1.142 X_1 - 0.708 X_2 \quad R^2 = 0.963 \quad (10)$$

(0.497) (-0.671)

ii) 近畿

$$\text{第1期} \quad T = -1.568 + 1.064 X_1 - 0.412 X_2 \quad R^2 = 0.871 \quad (11)$$

(1.515) (-1.034)

$$\text{第2期} \quad T = -2.740 + 0.755 X_1 - 0.895 X_2 \quad R^2 = 0.990 \quad (12)$$

(0.426) (-0.687)

$$\text{第3期} \quad T = -2.782 + 1.904 X_1 - 0.182 X_2 \quad R^2 = 0.990 \quad (13)$$

(1.085) (-0.155)

以上に示される計測結果から明らかかなように、回帰式の決定係数 R^2 は技術進歩率の農区間の変動について計測した(5)~(7)式で $0.6 \sim 0.8$ 、東北及び近畿における経営規模階層間の変動について計測した(8)~(13)式では更に高い決定係数を示しており、これら技術進歩率の変動がわれわれが考慮した2つの変数によってほとんど説明されることを互示している。以下、計測結果を要約してあこう。

技術進歩率の農区間変動についてみると、次の諸点が指摘できよう。計測の第1期において回帰係数 b 、 c の絶対値はほぼ等しく、10アール当り収量の増加率及び労働時間の減少率の1%の上昇がほぼ同程度に技術進歩率を上昇させる結果互存すること。他方、月係数 b' 、 c' の絶対値もほぼ等しく、技術進歩率の農区間の変動が2つの変数の変動によって同程度にもたらされている。しかし、計測の第2期、第3期において回帰係数 b の値は回帰係数 c の絶対値よりかなり小さく、月係数

について同様な傾向が指摘しうる。即ち、計測の才2期、才3期において10パーセント当り収量の増加率の1%の上昇が労働時間の減少率の1%の上昇よりも技術進歩率を上昇させる効果ははるかに大であること、技術進歩率の累己同変動が10パーセント当り収量増加率の累己同の変動によつて極めて多くもたらされてゐることとを指摘しうる。

また、技術進歩率の経営規模階層間の変動についてみると、東北と近畿ではほぼ同様な傾向がみられ次の諸点に指摘できよう。

計測の才1期と才3期では東北と近畿において回帰係数、 β 係数の動きにほぼ同様な傾向がみられ、この両時期において回帰係数 b 及び β 係数 b' の値が回帰係数 c 及び β 係数 c' の絶対値よりもかなり小さい。しかし、計測の才2期においてはこの関係は逆転し、回帰係数 c 及び β 係数 c' の絶対値の方が回帰係数 b 及び β 係数 b' の値よりも大である。即ち、才1期、才3期では10パーセント当り収量増加率

の1%の上昇が技術進歩率を上昇させ、結果が極めて大きいこと、技術進歩率の経営規模階層間の変動が10パーセント当り収量増加率の経営規模階層間の変動によって多くもたらされてくる。他方、第2期では逆に10パーセント当り学習時間の減少率の1%の上昇が技術進歩率を上昇させる大なりな結果を有すること、技術進歩率の経営規模階層間の変動が10パーセント当り学習時間の減少率の経営規模階層間の変動によって多くもたらされてくるのである。

第5節 びん

戦後の水稻生産における技術進歩の数量的把握を生産物単位当り実質費用の低下率によつて表わされる技術進歩率の計測を中心に試みたが、主な計測結果として、昭和30年代前半期における技術進歩率は極めて高く、戦前などの時期に比較しても最も高いものであること、昭和30年代後半期より技術進歩率が低下していること、この技術進歩の停滞傾向は地域別・経営規模階層別に異なり、地域的には東北、経営規模階層的には比較的下規模層においてこの技術進歩の停滞傾向はみられるということを示した。また、技術進歩率の地域間・経営規模階層間の変動に関する要因分析において10アール当り収量の増加率と10アール当り投下労働の減少率という二つの要因を考慮した。戦後の技術進歩は、労働節約的、手段使用的（又は機械資本使用的）技術進歩を中心に進展したにもかかわらず、

10アール当り収量の増加率が技術進歩率に強く作用する（回帰係数の値が大きいこと）と同時に地域間・経営規模階層間の変動を強く規定する（ β 係数が大きいこと）ことを示した。このことは戦後の水稻生産における技術進歩の中で労働節約的技術の進歩のみならず、依然として増収技術の進歩が重要であることを意味するものである。

次章では以上のことを考慮して、技術進歩が最も急速に進展した昭和30年～36年の主として山形県庄内平野の水稻生産における技術進歩を中心に、特に耕耘手段の変化に着目しつつ技術進歩の動態過程の分析を展開する。動力耕耘機の普及は単に省力効果のみならず他の栽培技術の進歩と結びついて増収効果をもたらしているものである。

注1) 戦後の水稻生産における技術進歩を詳細にのべたものとして

文献〔1〕,〔8〕,〔7〕参照

2) 文献〔8〕参照

3) 文献〔3〕参照

4) 手段使用的技術進歩の動向を反映する投入要素としては 農

林省『米生産費調査』の費用項目のなかの建物費(償却・修繕)、

農具費(修繕・取替)なども含めるべきであるが、以下単純化

のために農具費のなかの償却費のみについて考慮した。これ

は本章の以下の分析において全て同様である。

5) 要素の相対価格の変化に誘発される技術進歩、即ち、induced

innovation については Hicks 以来、この分野での主要なテーマとし

て展開されてきている。この分野の近年における研究の展開

については文献〔2〕において「要素の稀少性と技術進歩」とし

て展望されている。わが国の農業における技術進歩の理論

的・計量的研究においては比較的旧くから注目されておらず、

今後の展開がないう現下の段階は要素の相対価格の変化に誘発さ

れた技術進歩の偏りの計測が着手されたところにあることは

前章でのべた通りである。

6) 指数問題 (Index Problem) については文献〔2〕に詳しい

7) 戦前のわが国農業における技術進歩率の主要な計測結果

	1890-1900年	1900-1920年	1920-1937年
梅村・他計測 文献(12)	1.52	1.28	0.45
運水計測 文献(3)	1.2	1.5	0.4

と比較すると本章における計測Ⅰ、計測Ⅱによる昭和30~35年の技術進歩率の極めて高いことが理解される。

参考文献

- (1) 秋野・連水 「農業成長の源泉 1880-1965」 大川・連水 編『日本経済の長期分析』 1973年5月 日本経済新聞社
- (2) Hahn, F. H. and R. C. O. Matthews, "The Theory of Economic Growth: A Survey," *Economic Journal*, Dec. 1964.
- (3) 連水 佑次郎 『日本農業の成長過程』 1973年7月 創文社
- (4) 稲本 志良 「稲作部門技術進歩の生産関数分析」 日本農経学会報告 1967年4月
- (5) 飯谷 桂 「稲作技術の発展」 東畑 精一 編『日本農業の改革過程』 1968年5月 岩波書店
- (6) 南・石渡 「農業における生産関数と技術進歩」 『経済研究』 1963年8月
- (7) 農林省 農林水産技術会議・日本農業研究所 『戦後農業発達史』 第9巻 総括編』 1971年3月 農林統計協会
- (8) 坂本 慶一 「日本農業における技術革新の諸段階」 神谷 慶治 編『技術革新と日本農業』 1969年1月 大明堂.
- (9) 沢田 収二郎 「日本農業における技術進歩の性格」 神谷 慶治 編『技術革新と日本農業』 1969年1月 大明堂
- (10) Tang, A. M., "Research and Education in Japanese Agricultural Development, 1880-1938," (I) (II) 『理論経済学』 1963年2月5月
- (11) 土屋 圭造 「日本農業の技術進歩率, 1922~1963」 稲作技術在りて

て」『農業経済研究』 1966年9月

(12) 梅村・他『長期経済統計 9 農林業』 1966年12月 東洋経済新報社

(13) 宇野・他編『農業技術の新段階 — 日本農業年報 VII』 1958年12月 中央公論社

(14) 山田 三郎「日本農業の技術革新と生産構造の変化」神谷慶治編『技術革新と日本農業』 1969年1月 大明堂

(15) 頼 平『農家経済経営論』 1971年12月 明文書房

第3章 農業における技術進歩の動態過程

—— 耕種手段別農家の技術構造に関する動態分析 ——

第1節 課題と方法

既に表示したように、近年、わが国の農業における技術進歩の計量分析のなかで、技術進歩率の計測が広く行われ、技術進歩の存在が指摘されている。このことはわが国の農業の主要部分を形成する水稲生産部門についても同様であり、水稲生産部門における技術進歩の存在が指摘されている。しかし、このような多くの計量的実証研究によって指摘される技術進歩は残差 (residual) としての技術進歩の計測されているのであり、これらどのような要因によってもたらされるものであるか、技術進歩の実体化の過程、換言すれば技術進歩の動態過程の計量的に明らかにされなければならぬ。

本章の主題はこの点に関連するものであり、資本の質の向上を考慮する技術進歩の認識

、非可塑的 (non-malleable) な資本概念に於て
、農業における技術進歩の動態過程を計量的
に明らかにすることである。

従来、農業における技術進歩の研究は以上
でのべたような生産関数を用いた計量的側面
と、農業技術論や農法論における具体的実態
面を中心にして質的側面からなされた。この両
者の間にはほとんど何の交渉も見られなかつ
た。これは方法論的な困難さがあるためであ
るが、計量的側面と質的側面の研究は補完
的なものでなければならぬ。

したがって、本章ではこれらの点を考慮し
て、本章の主題に接近するために分析の手段
として、「主要な技術進歩」を想定した¹⁾。

「主要な技術進歩」の概念は後述するよう
に、農業における技術進歩を体系技術の進歩
として把握しようとするものであり、体系技
術の進歩の実体化を担うものか耕耘手段のよ
うな固定資本であるとき、資本の質の向上を
考慮する技術進歩の認識、非可塑的な資本概

念にたつた技術進歩の動態過程に因する計量
分析の容易になる²⁾。後に示す耕耘手段別農家
の生産関数の計測の持つ意義もこれと関連す
る。

本章の以下の分析では問題を昭和30年以降
の水稻生産における技術進歩の動態過程の分
析に限定し³⁾、その考え方を明らかにし、対象
として山形県庄内平野、新潟県蒲原平野の農
家群をとりあげた。

2節では「主要な技術進歩」の概念を明ら
かにしつつ、昭和30年以降の水稻生産におけ
る「主要な技術進歩」の具体的内容と性格を
検討する。3節では2節において検討した「
主要な技術進歩」を耕耘手段別農家の技術構
造の点から生産関数の概念に基礎を置いて数
量的に検討する。4節では耕耘手段別農家の
生産関数を計測し、技術進歩の動態過程を検
討する。

第2節 「主要な技術進歩」の内容と性格

わが国の明治以降における水稻生産の発展の過程で技術進歩が重要な貢献をなしてきたことは多くの人々によって指摘されている。

わが国の農業において、水稻生産は極めて重要な地位を占め、組織的な試験研究の成果を中心として水稻生産の技術進歩は急速かつ種々の生産過程に及ぶ広範囲なものであった。⁴⁾

しかしまた、上に述べたような種々の技術進歩は水稻生産の発展の過程で常に同じような貢献をなし、同じような機能を果してきたものではなく、技術進歩の種類によって、また、水稻生産の発展の諸段階においてその貢献の程度、それが果した機能は異なるものであったことにも注目しなければならない。本節の以下の部分ではこの点に注目し、「主要な技術進歩」の概念を明らかにしつつ、我々の分析の対象とする戦後における「主要な技術進歩」の内容と性格を検討する。

ところで、わが国の水稲生産の発展の過程
 を前章に於ける如き連続的把握の方法と異つ
 て段階論的方法によつて把握するとき、昭和
 30年以降を一つの段階として把握することか
 しはしはなされる。いま、視点を戦後に限定
 して戦後を昭和30年を境として二つの時期に
 区別して両時期の10a当たり平均収量および
 投下労働時間を農林省『米生産費調査』によ
 りて比較すると、前期（昭和24～29年）340kg
 、201時間、後期（昭和31～40年）430kg、168時
 間であり、両期間の間で10a当たり収量の増加
 、投下労働時間の減少があり、二つの係数に
 格差が存在している。また、10a当たり収量の
 変動係数によつて水稲生産の安定度を測定す
 る立場から変動係数を見れば、昭和30年以降
 ではそれ以前の時期に比較して変動係数が小
 らく、水稲生産の安定度の増加が指摘されて
 いる。⁵⁾ 以上にみるようにわが国の水稲生産は
 昭和30年を境として生産性と安定性において
 著しく上昇してあり、昭和30年以降を一つの

発展段階—新段階の確立—として把握することの妥当性が存在していると考えられる。

次に、以上にみたようなわが国の水稲生産における新段階確立の過程において、技術進歩が重要な貢献をなしたことは容易に想像されることであるが、どのような技術進歩が重要な貢献をなし、それらがどのような機能を果たしたかが技術的側面より明らかにされなければならぬ。

戦後における水稲生産の技術進歩は既に多くの研究によって示されているように、その主なものは①早期早植栽培の発展、②除草剤による除草と病虫害防除の発展、③施肥技術と品種の改良、④土地改良と土壌改良の発展、⑤機械化の進展などである。以上に示される技術進歩の多くは戦後に固有なものではなく、わが国の水稲生産の発展の過程における伝統的な技術進歩、換言すれば、労働対象的、土地節約的な技術的技術の進歩といわれるべきものであり、早期・早植栽培の発展、除

草剤による除草、機械化の進展は戦後、特に昭和30年以降において急速に進行したものである。早期・早植栽培の発展は保護苗代の開発、病虫害防除の発展、施肥技術と品種の改良など他の栽培技術の進歩を前提とし、更に動力耕耘機、中型トラクターの普及と結びつくことにより、昭和30年以降急速に普及して、大なる増収・安定効果をもたらしている。一方、戦後の水稻生産における機械化は普及の視座から第5章において詳しく論じられるが、動力脱穀機・動力耕耘機・動力防除機・中型トラクターを中心に進展し、特に、昭和30年以降における動力耕耘機、昭和35年以降における中型トラクターの急速な普及は戦後における機械化の中核をなすものである。

動力耕耘機は深耕能力の点で畜力に比較してその評価は水稻生産の地域性とも関連して複雑であるが、作業能率の点で畜力に比較して秀れており、動力耕耘機のこの高能率性が早期・早植栽培という栽培技術の進歩と結び

つぎ、下まは増収・安定効果を与えていると
考えられる⁶⁾。また、中型トラクターは深耕能
力と作業能率の二つの点で動力耕耘機に比較
して著しく秀れており、中型トラクターのもつ
深耕能力は肥料の増投を可能にし、その高能
率性は早期に早植栽培と結びつき、下まは増
収効果を与えている⁷⁾。

以上において明らかになるように、戦後の水稲
生産において多くの生産過程で種々の技術進
歩があり、特に、昭和30年以降における早期・
早植栽培の普及、動力耕耘機・中型トラク
ターの普及は新段階確立の過程で重要な貢献を
した。そのなかで、動力耕耘機段階、中型
トラクター段階といわれるように、水稲生産
の新段階確立の過程における動力耕耘機、中
型トラクターの普及の貢献の程度は最も顕著
なものであり、他の技術進歩と区別されるべ
きものである。このことはこれらの機能の側
面からも論じることが出来る。

一般に農業における技術を論ずるとき、し

ば、この技術の「体系的」が強調される。こ
 れを静態的観点からいえば、他の種々の部分
 技術の有効性を前提としながらある特定の部
 分技術を核として一つのまとまりのある技術
 の「体系」に固有の技術水準を具現する。ま
 た、これを動態的観点からいえば、ある特定
 の部分技術の進歩が旧来の技術の「体系」に
 対して突出した部分技術の進歩として機能し
 て、他の諸部分技術の進歩を誘発し、かつ、
 それらを前提にして一つの技術の「体系」を進歩
 させ、より高い技術水準を実現する。昭和30
 年以降に行われる動力耕耘機・中型トラクター
 の普及は上にのべた機能——即ち、静態的には
 核となるべき部分技術、動態的には突出部分
 となるべき部分技術の進歩——を果したものと考
 えられ、この点でもまた他の技術進歩と区別
 されるべきものである⁸⁾。したがって、動力耕
 耘機・中型トラクターの水稲生産の新段階確
 立の過程で果たした貢献の程度およびそれらに
 果した機能の点からまた、それらの普及を

「主要な技術進歩」として他の種々な技術進歩から区別する立場をとる。本章の課題との関連からいえば、「主要な技術進歩」は技術進歩の動態過程、即ち、技術進歩の実体化の過程においてそれ負担すべきものとしての機能を果たすものであり、したがって、「主要な技術進歩」の分析は技術進歩の動態過程、即ち、技術進歩の実体化の過程を明らかにすると同時に極めて重要となってくるのである。

ところで、以上において検討したような「主要な技術進歩」は水稻生産の発展過程の諸段階において存在し、これらの「主要な技術進歩」の内容および性格は水稻生産の発展過程で変化してきていると考えられる。一般に、戦前における農業の技術進歩は労働対象的、技能的なものであり、かつ土地節約的なものであったことば指摘されているが、以上のことから水稻生産の発展過程の諸段階における「主要な技術進歩」は労働対象的、技能的なものであり、かつ土地節約的なものであり、

に二つの容易に想像される⁹⁾。

戦後、特に昭和30年以降の新段階における「主要な技術進歩」は動力耕耘機、中型トラクターの普及であると考えられることとを先にのべたが、これらは労働手段使用的手段のものであり、また、従来の土地節約的性格に、労働節約的性格を新たに加えるものであり、戦前にある「主要な技術進歩」とは内容および性格において質的に異なっているはずである。

この二つは物的側面からも明らかである。組織的な試験研究などを中心として水稻生産に関する新しい知識が創出されるが、これらの新しい知識の多くは、それらが生産の場において効果を実体化するためには物的手段の媒介を必要とする。即ち、新しい知識が生産の場において実体化されるためには多くの場合、それらが物的手段＝新しい資本財に体化されなければならぬ。したがって、上で論じた「主要な技術進歩」の内容および性格の変化を物的側面から要約すれば、戦前にある

水稻生産の「主要な技術進歩」は種子・肥料・農薬などの流動資本に体化されたものが中心であったが、戦後、特に昭和30年以降における水稻生産の「主要な技術進歩」は動力耕耘機、中型トラクターなどの固定資本に体化されたものであるといえる。換言すれば、戦前ににおける水稻生産の「主要な技術進歩」は流動資本の質の向上を考慮する技術進歩として、戦後、特に昭和30年以降における水稻生産の「主要な技術進歩」は固定資本の質の向上を考慮する技術進歩として認識されるものである。したがって、以上のような技術進歩の認識に及ぶとき、特に後者の場合、非可塑的 (non-malleable) な資本概念が重要になってくるのである。

第3節 耕耘手段別農家の技術構造

2節において水稻生産における「主要な技術進歩」の概念を明らかにしつつ、昭和30年以降における水稻生産の「主要な技術進歩」の内容および性格を明らかにした。そこで示された「主要な技術進歩」の内容は動力耕耘機、中型トラクターの普及であるが、換言すれば、これらは旧々の農家に於ける畜力から動力耕耘機、更に中型トラクターへの耕耘手段の代替の過程を意味している。したがって2節で示した「主要な技術進歩」の性格は耕耘手段の代替の過程に注目することによって、即ち、旧耕耘手段を使用する農家と新耕耘手段を使用する農家の比較によって、より明確にされ得るであらう。本節では旧耕耘手段を使用する農家と新耕耘手段を使用する農家の技術構造の量的側面からの比較によって、昭和30年以降における水稻生産の「主要な技術進歩」の性格を明らかにする。

ところで、農業の技術構造を量的に把握する
 とき、①の生産要素・生産物変換関係、②生
 産要素固結合関係、③生産物固結合関係、④
 生産規模関係という技術構造の四つの局面か
 ら把握する方法が用いられる。一般に、この
 ような技術構造の四つの局面は生産関数と前
 提としての関数関係として把握されるもので
 あり、この点については次節を検討する。本
 節では耕耘手段別農家の技術構造の比較と生
 産関数上の平均的要素結合点の比較によって
 試みようとするものであるが、これらの平均
 的要素結合点の差異は、等生産量曲線の原点
 からの距離、等生産量曲線の傾き、代替の弾
 力性、生産要素の相対価格等の要因の差異に
 よって規定されるものである¹⁰⁾。以下の分析で
 は特に①の生産要素・生産物変換関係、②生産
 要素固結合関係の二つの局面から耕耘手段別
 農家の技術構造を把握する¹¹⁾。この場合、①の
 関係は生産係数（単位生産物当たり要素量）
 によって、②の関係は土地面積当たり要素投

入量および要素間単純相関係数によつて示される。

本章で分析の対象としたのは昭和31～36年の山形県庄内平野、昭和42年の新潟県蒲原平野に於ける農林省の米生産費調査農家である。これらの農家の使用する耕耘手段の種類によつて農家の分類を行い、耕耘手段別農家の技術構造の比較を行う。このことは2節において述べたように、特に昭和30年以降の水稻生産に於いて耕耘手段が体系技術に於ける核としての機能を果してあり、したがって、耕耘手段がそれを使用する農家の技術構造を最も強く規定しているという考えに基づいている。また、年々の偶然的変動の影響を除去すること、サンプル数の制約をゆるめることのため、山形県庄内平野の農家については昭和31～33年、昭和34～36年の3カ年の農家を70パーセント一つのグループとして取扱う⁽¹²⁾。

才1表および才2表は山形県庄内平野、新潟県蒲原平野に於ける耕耘手段別農家の生産

係数を示したものである。第1表によつて畜力使用農家、畜力+耕耘機使用農家、耕耘機使用農家の間の生産係数の比較を行つと次のことが明らかである。昭和34～36年の畜力+耕耘機使用農家の土地係数を例外とすれば、畜力+耕耘機使用農家、耕耘機使用農家の生産係数は畜力使用農家のそれに比較して全ての生産係数について小さい。特に労働係数は他の生産係数に比べて小さいことが知られる。

第1表 庄内平野における耕耘手段別農家の生産係数

		土地係数	労働係数	流動資本係数	固定資本係数
昭和 31 ～ 33年	畜力使用農家①	2.021 ^{円/100kg}	37.4 ^{時間/100kg}	998 ^{円/100kg}	646 ^{円/100kg}
	畜力+耕耘機使用農家②	1.988 (98)	30.3 (81)	779 (78)	509 (79)
昭和 34 ～ 36年	畜力使用農家①	1.941	32.2	775	580
	畜力+耕耘機使用農家②	1.974 (102)	28.9 (93)	761 (98)	565 (97)
	耕耘機使用農家③	1.858 (96)	25.7 (80)	751 (97)	574 (99)

()内は各期①を基準にした指数

第2表 蒲原平野における耕耘手段別農家の生産係数

		土地係数	労働係数	流動資本係数	固定資本係数
昭和 42 年	耕耘機使用農家①	1.757 ^{円/100kg}	22.7 ^{時間/100kg}	896 ^{円/100kg}	673 ^{円/100kg}
	耕耘機+中型トラクタ使用農家②	1.730 (98)	20.9 (92)	1,170 (131)	986 (146)

()内は①を基準にした指数

一方、表2によつて耕耘機使用農家と耕耘機＋中型トラクター使用農家の間の生産係数の比較を行つと次のことが明らかである。

土地係数、労働係数は耕耘機使用農家よりも耕耘機＋中型トラクター使用農家の方が小さいが、流動資本係数、固定資本係数は逆に耕耘機使用農家よりも耕耘機＋中型トラクター使用農家の方が大きいことが知られる。

したがつて上の事実より、「主要な技術進歩」としての動力耕耘機の普及は全ての要素節約、なほでも労働節約的性格の強いものであり、「主要な技術進歩」としての中型トラクターの普及は土地および労働節約的、なほでも労働節約的であり、一方流動資本、固定資本使用的性格の強いものであるといえよう¹³⁾。また、「主要な技術進歩」としての動力耕耘機の普及、中型トラクターの普及は土地・労働節約的といふ共通の性格をもつものであるが、耕耘機の普及が流動資本、固定資本節約的、中型トラクターの普及が流動資本、固

定資本使用的性格をもつものであるという点にありては全く性格を異にしてきてゐる。

同様なことは才3表、才4表に示した二地域に於ける耕耘手段別農家の102当り要素投入量の比較によつてもうかがえる。

才3表 庄内平野に於ける耕耘手段別農家要素投入量

		労働時間	流動資本	固定資本
昭和 31 33年	畜力使用農家	185 時間	4,939 円	3,195 円
	畜力+耕耘機使用農家	153	3,917	2,560
昭和 34 36年	畜力使用農家	166	3,944	2,986
	畜力+耕耘機使用農家	146	3,853	2,862
	耕耘機使用農家	138	4,040	3,091

才4表 蒲原平野に於ける耕耘手段別農家の要素投入量

		労働時間	流動資本	固定資本
昭和 42 年	耕耘機使用農家	129 時間	5,097 円	3,830 円
	耕耘機+中型177- 使用農家	121	6,760	5,697

才3表に於いて明らかのように畜力使用農家に比較して畜力+耕耘機使用農家、耕耘機使用農家の労働投入量は著しく小さく、流動資本、固定資本は昭和31～33年で小さく、昭和34～36年ではほぼ等しい。また、才4表に於いて明らかのように耕耘機使用農家に比較

して耕耘機 + 中型トラクター - 使用農家の労働投入量は小さく、流動資本、固定資本の投入量は著しく大きいことが示される。

以上において示された「主要な技術進歩」としての動力耕耘機の普及、中型トラクターの普及のもつ種々な性格は2節において示された両者の能力および能率によって規定されていることはいうまでもない。動力耕耘機、中型トラクターの高能率性は労働節約的性格と結びつき、また、動力耕耘機、中型トラクターの深耕能力は土地節約的性格に関連し、特に中型トラクターの深耕能力は流動資本（特に肥料）の増投を可能にして土地節約的性格、他方では102当り収量増加に伴う流動資本、固定資本節約的性格と結びついておりと理解される。

次に耕耘手段別農家の技術構造を要素間の単純相関係数によって把握することを試みる。

表5から次の諸表が示される。表1に単純相関係数の中で r_{12} (土地・労働), r_{13} (工

第5表 庄内平野における耕種手段別農家の要素間相関係数

		r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{23}	r_{24}	r_{34}
昭和 31 年	畜力使用農家 ①	0.9403	0.9424	0.8413	0.8999	0.8979	0.7609
	畜力+耕種機使用農家 ②	0.9588	0.9724	0.6973	0.9327	0.6895	0.7089
昭和 34 年	畜力使用農家 ①	0.6952	0.9380	0.8135	0.9064	0.8940	0.8063
	畜力+耕種機使用農家 ②	0.8991	0.9594	0.7293	0.8947	0.7410	0.7672
	耕種機使用農家 ③	0.9840	0.9848	0.7536	0.9583	0.7318	0.8373

地・流動資本), r_{23} (労働・流動資本) は相関係数が極めて高く、 r_{14} (土地・固定資本)、 r_{24} (労働・固定資本)、 r_{34} (流動資本・固定資本) は前者のそれよりかなり低い。才2にこれら互耕種手段別農家の間で比較すると、 r_{12} 、 r_{13} 、 r_{23} は畜力使用農家よりも畜力+耕種機使用農家、耕種機使用農家において相関係数が高く、 r_{14} 、 r_{24} 、 r_{34} は逆に畜力使用農家におけるほうが畜力+耕種機使用農家、耕種機使用農家におけるよりも高いことが示される。特に、上に示された才2の実は動力耕種機の果す機能とその利用形態とに関連するものである。前節において、動力耕種機の果す重要な機能として体系技術における核としての機能を明らかにした。動力耕種機の二の機

能は要素間の結合関係を変化せしめ、畜力の場合に比較して要素間の結合をより単一化せしめたものと理解される。動力耕耘機の利用形態は畜力の利用形態よりも農家間のばらつきが大きいと考えられる。以上の二点は昭和30年以降における「主要な技術進歩」としての動力耕耘機の普及の性格に更に加えられるべきものであろう¹⁴⁾。

第4節 耕耘手段別農家の生産関数の計測と分析

1) 生産関数の計測

Cross-section データによる生産関数の計測は多くの仮定のもとで可能である。とくに重要な仮定は生産関数計測の対象となる農家の同質性に関するものである。農家の同質性は特に技術的同質性の点で問題にされ、したがって農家の生産技術が技術水準、技術構造の点で同質的であるとき、一つの生産関数が計測

られる。

従来、わが国の農業について多くの生産関数が計測され、なかでも水稻生産について極めて多くの Cobb-Douglas 型生産関数が計測されているが、これらの計測は何らかの形で農家の技術的同質性を仮定している。我々は以下において耕耘手段別農家の生産関数の計測を行うがこれらの計測において、耕耘手段を異にする農家は技術的に異質であり、同一の耕耘手段を使用する農家は技術的に同質であることを仮定することにする。このことは2節において明らかにした耕耘手段に対する考え方と密接に関連するものであり、我々の仮定は耕耘手段が体系技術において核としての機能を果たすものであること、耕耘手段が新しい技術的知識を体化しているものであることの異なった表現ともいえるものである。

以下の生産関数の計測においては次の二つの場合を考える。耕耘手段を異にする農家の技術的異質性を、一つは技術水準のみの差と

仮定した計測（これを計測Ⅰとよぶ）、他は技術水準、技術構造の差と仮定した計測（これを計測Ⅱとよぶ）である。

いま、以上のことを Cobb-Douglas 型生産関数

$$Y = T X_1^a X_2^b X_3^c \cdots X_n^n \quad (1)$$

但し、 Y : 産出量、 $X_1, X_2, X_3, \cdots, X_n$; 要素投入量
 $T, a, b, c, \cdots, n$; 計測すべきパラメーター、

について言えば、計測Ⅰでは耕耘手段別農家の技術的異質性を T のみの差と仮定し、計測Ⅱでは耕耘手段別農家の異質性を T あらび $a, b, c, \cdots, n$ の差と仮定したものであるといえる。豫言すれば計測Ⅰは耕耘手段別農家のそれぞれについて、生産関数

$$Y_i = T_i X_{1i}^a X_{2i}^b X_{3i}^c \cdots X_{ni}^n \quad (2)$$

を計測しようとするものであり、計測Ⅱは耕耘手段別農家のそれぞれについて、生産関数

$$Y_i = T_i X_{1i}^{a_i} X_{2i}^{b_i} X_{3i}^{c_i} \cdots X_{ni}^{n_i} \quad (3)$$

を計測しようとするものである。

生産関数の計測の対象は3節の場合と同様の
のものであり、昭和31～36年の山形県庄内平
野、昭和42年の新潟県蒲原平野における農林
省水稻生産費調査農家である。また、年々の
偶然変動の影響を除き、サンプル数の制約
をゆるめて安定した生産関係を得るために、
山形県庄内平野の農家については昭和31～33
年、昭和34～36年の30年の農家をゴールし
て一つのグループとして取扱うことは3節の
場合と同様である。

生産関数の独立変数の選択は前掲第5表に
示した要素間単純相関係数の計測結果を考慮
して、相関係数の極めて高い土地・労働・流
動資本をグループとしてこれを土地によっ
て代表させ、他に固定資本を採用した。⁽¹⁵⁾ した
が、以下で計測される具体的生産関数は

第一の計測

$$Y_i = T_i X_{1i}^a X_{2i}^b \quad (4)$$

$$\text{但し, } \log T_i = \log Y_i - a \log X_{1i} - b \log X_{2i}$$

α の計測

$$Y_i = T_i X_{1i}^{a_i} X_{2i}^{b_i} \quad (5)$$

但し、(4)、(5)における T_i , a , b , a_i , b_i ; 推定されるべきパラメータ
 Y_i : 生産量, X_{1i} : 土地面積 (a), X_{2i} : 固定資本 (昭和
 35年基準定価額)

で計測結果は表6以下に示した。

表6 庄内平野における耕耘手段別農家の
生産関数 (計測I)

	昭和31~33年		昭和34~36年	
	$\log T_i$	T_i	$\log T_i$	T_i
畜力使用農家	0.876	7.5 (100)	1.486	30.6 (100)
畜力+耕耘機使用農家	0.906	8.0 (107)	1.497	31.4 (103)
耕耘機使用農家			1.502	31.8 (104)

但し、土地、固定資本のパラメータ a , b の値は昭和31年
 ~33年 0.868, 0.245, 昭和34~36年 1.011, 0.041
 であり、全て5%の水準で有意である。

表7 蒲原平野における耕耘手段別農家の
生産関数 (計測I)

	昭和42年	
	$\log T_i$	T_i
耕耘機使用農家	1.729	53.671 (100)
耕耘機+中型トラクタ 使用農家	1.737	54.640 (101)

但し、土地、固定資本のパラメータ a , b の値は
 0.972, 0.017であり、全て1%の水準で有意である。

第8表 庄内平野にある耕耘手段別農家の生産関数 (計測Ⅱ)

		a_i	b_i	b_i/a_i	$a_i + b_i$
昭和 31 33 2年	高力 使用農家	0.711*	0.269*	0.378	0.980
	高力+耕耘機使用農家	0.785*	0.374*	0.476	1.159
昭和 34 36 2年	高力 使用農家	0.997*	0.027	0.027	1.024
	高力+耕耘機使用農家	1.011*	0.029	0.029	1.049
	耕耘機使用農家	1.026*	0.046	0.045	1.072

注) *印; 有意水準1%, 決定係数は全て0.95以上

2) 生産関数の意味づけ

計測結果の分析を行なう前に、いま計測した生産関数について若干の意味づけを行なう必要があると思われる。前項に示した計測に至る過程で第9, 10表に示すように Cobb-Douglas 型生産関数の計測を試みた。これらの表から明らかになるように、計測された弾性係数に負値のものがあり、耕耘手段を異にする農家間で不規則な変動を生じている。このことは第

第9表

		a_i	b_i	c_i	d_i	Σ
昭和 31 33 2年	高力 使用農家	0.877	0.201	0.092	-0.183	0.988
	高力+耕耘機使用農家	1.028	0.401	-0.155	-0.151	1.183
昭和 34 36 2年	高力 使用農家	0.752	-0.050	0.241	0.067	1.010
	高力+耕耘機使用農家	0.969	0.020	-0.031	0.072	1.030
	耕耘機使用農家	0.639	0.028	0.353	0.128	1.148

第10表

		a_{21}	b_{21}	c_{21}	Σ
昭和 23年	畜力使用農家	0.649	0.260	0.019	0.978
	畜力+耕耘機使用農家	0.925	0.384	-0.155	1.154
昭和 24 ? 26 年	畜力使用農家	0.810	-0.068	0.262	1.004
	畜力+耕耘機使用農家	1.026	0.033	-0.022	1.037
	耕耘機使用農家	0.775	0.051	0.313	1.139

5表に示したように要素間の相関関係は極めて高いことに帰因してゐるものであり、計量経済学においてしばしば問題にされる線型重
合を生じてゐるものと予想される¹⁶⁾。要素間の
相関関係は特に土地—労働、土地—流動資本
、労働—流動資本の間で高く、ほぼ0.95の値で
ある。したがって、生産関数の計測はこれらの
相関関係の極めて高い要素についてグループ
リングを行い変数の数を順次少なくしていく
ことを試みた¹⁷⁾。第10表は流動資本と土地を、
第11表は労働、流動資本と土地をグループ
化して土地によつてこれを代表させて計測し
たものであり、第11表に至つて弾性係数は負
値のものもなく、耕耘手段を異にする農家間
に規則的な変動のみられる安定したものとな

表11

		a_i	b_i	Σ
昭和 31 ～ 33 年	高力 使用農家	0.711	0.269	0.980
	高力+耕松機使用農家	0.785	0.374	1.159
昭和 34 ～ 36 年	高力 使用農家	0.997	0.027	1.024
	高力+耕松機使用農家	1.011	0.029	1.049
	耕松機使用農家	1.026	0.046	1.072

1. 2. 1. 3.

ところで、Cobb-Douglas型生産関数においては要素間の関係についての代替関係

$$\frac{dX_2}{dX_1} = -\frac{a}{b} \cdot \frac{X_2}{X_1} < 0 \quad (6)$$

が先験的に仮定される。したがって、我々の最終的な計画において、土地（土地、労働、流動資本）と固定資本の間に(1)式の代替関係の存在することを示す必要はない。労働と固定資本の代替関係は容易に理解される。ところで、土地、流動資本と固定資本の代替関係については若干の言及が必要であろう。一般に、固定資本の増設が作業能率、深耕程度を増進することによって、また、防除、かん排水を容易にすることによって土

地の機能を高め、その結果として一定量の水
稻生産を得るために必要な土地（用役）は減
少するであろう。また、固定資本、特に耕耘
手段の使用度の増大あるいは耕耘手段の大型
高性能のものへの変化は先にのべた深耕と結
びつき、全層施肥、合施技術の確立などを通
じて一定量の水稲生産を得るために必要な流
動資本（肥料）は減少するであろう。

以上を示すように、我々の土地と固定資本
は(b)式にあるような代替関係にある。Cobb-
Douglas型生産関数の条件を満たしているもので
ある。

3) 計測結果の分析

以上で試みた耕耘手段別農家に関する生産
関数の主要な計測目的は耕耘手段を異にする
農家の技術的異質性を技術水準、技術構造の
側面から分析することによって、2節、3節
において論じてきた「主要な技術進歩」の性
格をより明らかにし、水稻生産における技術

進歩の動態過程を計量的に明らかにすること
である。

第一に、畜力使用農家、畜力＋耕耘機使用農家、耕耘機使用農家の技術的異質性と技術水準についてのみ考慮して、これらの耕耘手段別農家間における技術水準の比較を行くと第一表から明らかとなるように、耕耘手段別農家間には技術水準の差が認められ、畜力使用農家の技術水準よりも畜力＋耕耘機使用農家、更には耕耘機使用農家の技術水準が高いことが認められる。

第二に、耕耘手段別農家の技術的異質性と技術水準と技術構造について考慮して、これらの耕耘手段別農家間における技術構造の比較を行くと第二表から明らかとなるように、耕耘手段別農家間には技術構造の差が認められ、畜力使用農家に比較して畜力＋耕耘機使用農家、耕耘機使用農家の土地、固定資本の各弾性係数が大きいこと（ a_2 , b_2 の比較）、さらに固定資本の弾性係数が相対的に大きいこと

(b_2/a_2 の比較) が認められ、したがって、また規模効果を示す二つの弾性係数の和も後者の農家において大きいことが認められる ($a_1 + b_1$ の比較)。

ところで、2節、3節において論じた「主要な技術進歩」としての動力耕耘機の普及は畜力と動力耕耘機の代替を意味し、生産関数の二つの計測によって示された耕耘手段別農家間における技術水準、技術構造の差異はそれぞれ「主要な技術進歩」に伴う技術水準の上昇、技術構造の変化として考えらるべきである。換言すれば、「主要な技術進歩」としての動力耕耘機の普及は技術水準の上昇、固定資本の相対的重要性を増加し、また規模効果をもたらしうな技術構造の変化を伴う性格のものであり、したがって、これらは技術進歩の定体化を担うものであるといえよう。このことは以下の分析によって、より明らかにすることが出来る。

いま、我々の計画Ⅱにおいて用いた生産関

数(5)を次のように展開すれば、耕耘手段別農家の生産量の差異は要素量の差異に帰因する部分と技術進歩に帰因する部分によって説明できることが出来る。¹⁸⁾

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta T}{T} + \Delta a \log X_1 + \Delta b \log X_2 + a \frac{\Delta X_1}{X_1} + b \frac{\Delta X_2}{X_2} \quad (7)$$

但し、要素量の差異に与る部分； $a \frac{\Delta X_1}{X_1} + b \frac{\Delta X_2}{X_2}$

技術進歩の效果に与る部分；中立的效果 $\frac{\Delta T}{T}$

非中立的效果 $\Delta a \log X_1 + \Delta b \log X_2$

TはL、交互作用効果は無視した。

上に示したモデルによって耕耘手段別農家の生産量の差異に与る要因を計測し、その結果は次の表に示した。計測結果に示されているように、耕耘手段別農家に於ける生産量の差異の多くの部分、昭和31～33年では26.6

表12 庄内平野に於ける耕耘手段別農家の生産量の差異に与る要因

		生産の増加	要素増加の貢献	技術進歩の貢献		
				合計	中立的	非中立的
昭和31～33年	畜力使用農家 → 畜力+耕耘機使用農家	76.1 % (100)	55.9 % (73.5)	20.2 % (26.6)	10.7 % (14.6)	9.5 % (12.5)
昭和34～36年	畜力使用農家 → 畜力+耕耘機使用農家	35.5 (100)	33.2 (93.5)	2.3 (6.5)	0.1 (0.3)	2.2 (6.2)
	畜力+耕耘機使用農家 → 耕耘機使用農家	6.2 (100)	4.9 (78.5)	1.4 (21.5)	0.3 (4.2)	1.1 (17.3)

%、昭和34～36年ではそれぞれ6.5%、21.5%の
 部分の技術進歩の効果による部分である。ま
 た技術進歩の効果による部分のうち、昭和
 31～33年は中立的效果 ($\Delta T/T$) 14.6%、非中立
 的效果 ($\Delta a \log X_1 + \Delta b \log X_2$) 12.5%で両効果に相半
 ばしているが、昭和34～36年ではそれぞれ非
 中立的效果が著しく大きいことが理解される
 。したがって、「主要な技術進歩」としての
 動力耕耘機の普及は中立的技术進歩の効果と
 同時に非中立的技术進歩の効果の評価されな
 ければならない。

ところで、以上の計量分析によって示され
 たように「主要な技術進歩」としての動力耕
 耘機の普及について、実態的側面から明らか
 にできることが残されている。これについて、

例えば文献〔10〕によって示すことが出来る。

山形県庄内平野において昭和30年以降動力
 耕耘機の急速に普及したか、それによって多くの面
 で半馬耕段階の技術に革新をもたらしえた。そ
 の主要なものは、土壌条件の安定化、それに

伴をう合施肥技術の確立、早植栽培の普及、品種の適応である。土壌条件の安定化というのは耕深の均平化および深耕のある程度進んだこと、乾土効果を防ぐようにする、これとを指してあり、これによって合施肥が確立して増収安定に寄与した。一方、耕耘作業の効率化に伴ない、田植時期が早まり、品種も中生系の多肥多収型のものへ変化した。

「以上のように庄内地方における動力耕耘機の役割は、稲作の省力化をなし得るもの」と前提とら、ていふことは、いうまでもないことではあるけれども、収量の増収を欠いてきた天竺石技術体系というものを、馬耕段階ではみられなかった変革をもたらしただけではないのと思うわけであります。しかもその動力耕耘機によって確立された稲作技術体系というものは、さきに述べました「四石の壁」を破る条件を作ったというふうに私はみるわけである。¹¹⁾とあり、「主要な技術進歩」としてこの動力耕耘機の普及の実態的側面を理解す

h f 3 .

第5節 さいご

以上に示したより分析の「主要な技術進歩」としての中型トラクターの普及について行なわれることが必要であるが、データの制約のために計測Ⅰによる分析のみにとどまらざるを得なかった。ただし、耕耘手段別農家の技術的異質性を技術水準についてのみ考慮した計測Ⅰの結果では、耕耘機使用農家と耕耘機＋中型トラクター使用農家の間に技術水準の差はほとんど認められない。

3節において生産函数上の平均的要素組合の比較によつて明らかにしたように、耕耘機使用農家と耕耘機＋中型トラクター使用農家の間には技術構造の顕著な差異があり、したがつて、「主要な技術進歩」として中型トラクターの普及の評価については耕耘手段別農家の技術的異質性としての技術構造の差異、換言すれば非中立的技術進歩の効果を考慮したものでなければならぬ。

また、「主要な技術進歩」が動力耕耘機、
中型トラクターの普及によって示されるよう
に固定資本に係化されるものである場合には
当然、規模の問題が考慮されて二分ければ不
なり。

本章では上に示したオ-の問題はテ-タの
制約のため正し得なかった。オ-の問題は農
業における技術進歩と規模の問題として次章
で展開される。

(付論) Cobb-Douglas 型生産関数による残差分析
本章は以上を示したよう正分析に先だてて
同様正問題に對して Cobb-Douglas 型生産関数によ
る残差分析を展開した。以下、付論として方
法と計測結果を示しておこう。cross-section テ-
タによる生産関数の計測は多くの仮定のもと
で可能である。特に重要な仮定は生産関数の
計測対象となる特定時点の農家群の採用する
生産技術が同一技術水準に属するということ
であり、この仮定のもとで生産関数の計測が

可能となる。本章の課題は、耕耘手段の異なる農家群の間の技術水準の差異の計測を主要な目的としたものであり、この目的のためには耕耘手段を異にする農家群についての生産関数の計測が必要となる。この場合、計測される生産関数は型が等しいこと、即ち、計測される生産関数の間では、生産関数の型を示す slope coefficient (生産弾性係数) は等しくなり、技術水準を示す intercept coefficient (定数項) のみが異なる可能性をもちうる。以上を示したような制約のもとで生産関数の残差分析が有効な手段となる。

一般に intercept coefficient は多くの要因によって規定される。本章では多くの要因の中から技術の差異、即ち、耕耘手段の種類の違い——固定資本の質の差異を主要な要因として考え、分析を進める立場をとっている。

耕耘手段が二種類の場合を考える。

耕耘手段の種類を k, k_2 、各耕耘手段を使用する農家群に固有な技術水準を T_k, T_{k_2} で表示し

各農家群について次の Cobb-Douglas 型の生産関数を仮定する。

$$\hat{Y}_{k_1,i} = T_{k_1} X_{1,i}^{\alpha_1} X_{2,i}^{\alpha_2} \cdots X_{n,i}^{\alpha_n} e_i$$

$$\hat{Y}_{k_2,i} = T_{k_2} X_{1,i}^{\alpha_1} X_{2,i}^{\alpha_2} \cdots X_{n,i}^{\alpha_n} e_i \quad (1')$$

即ち、両辺の対数をとり、表示すれば、

$$\log \hat{Y}_{k_1,i} = \log T_{k_1} + \alpha_1 \log X_{1,i} + \alpha_2 \log X_{2,i} + \cdots + \alpha_n \log X_{n,i} + \log e_i$$

$$\log \hat{Y}_{k_2,i} = \log T_{k_2} + \alpha_1 \log X_{1,i} + \alpha_2 \log X_{2,i} + \cdots + \alpha_n \log X_{n,i} + \log e_i \quad (2')$$

但し Y : 産出量, $X_1, X_2, \dots, X_n$: 要素投入量

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$: パラメータ, e_i : 残差

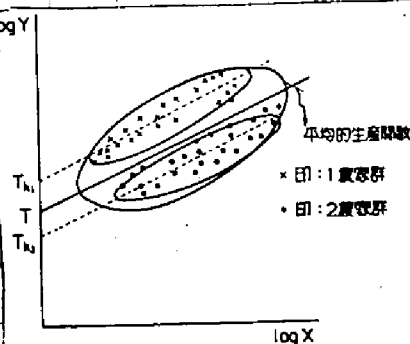
耕耘手段 k_1, k_2 を使用する農家群を pool し、全農家群について平均の生産関数を求め、これを次の式で示す。

$$\log Y_{k_j,i} = \log T + \alpha_1 \log X_1 + \alpha_2 \log X_2 + \cdots + \alpha_n \log X_n + \log E_{k_j,i} \quad (3')$$

但し T : 平均の技術水準, $E_{k_j,i}$: 新しい残差,

j : 耕耘手段の種類

全農家にについて求めた平均の生産関数においては各農家群に固有な技術水準 T_{k_1}, T_{k_2} と平均の技術水準 T との差は残差項 $E_{k_j,i}$ に移行し、その中に



合はれてしまうことに注意。

従って、(3')式における $E_{k_1, i}$ の k_1, k_2 については
の平均値

$$E_{k_1} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} E_{k_1, i}}{n_1}, \quad E_{k_2} = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} E_{k_2, i}}{n_2}$$

を求めることにすると、耕耘手段を異にする
農家群の技術水準 T_{k_1}, T_{k_2} を知ることからなる。

以上のような方法による計測結果を
付表1、付表2に示した。

付表1. 庄内平野における耕耘手段別農家の残差の計測結果

	昭和31~33年	昭和34~36年
畜力使用農家①	-28 kg (53戸)	-103 kg (40戸)
畜力+耕耘機使用農家②	115 (33戸)	136 (30戸)
耕耘機使用農家③	—	384 (8戸)

付表2. 蒲原平野における耕耘手段別農家の
残差の計測結果 (昭和42年)

耕耘機使用農家①	-297 kg (14戸)
中型トラクタ+耕耘機使用農家②	176 (31戸)

付表1より明らかなように、二つの計測期間
のいずれにおいても畜力使用農家、畜力+耕
耘機使用農家、耕耘機使用農家の順に差残 E_{k_2}

が次第に下さくなり、技術水準の較差が確認されよう。また付表2に昭和42年の耕耘機使用農家、中型トラクター使用農家の残差Eに示されているが、後者の方が残差が下さく、ここでも両農家間の技術水準の較差が確認されよう。しかし、この残差分析による計測結果については統計的仮検定の手続きが省略されており、この意味で単に付論として示し、積極的検討を加えなかった。

注1) 「主要な技術進歩」の概念は五ヶ箇(3)の基幹技術、攪乱技術の概念に負うところである。

2) 非可逆的な基幹概念は近年展開されている Vintage type の生産関数の基礎的概念を構成する。こゝでの分析は非可逆的な基幹概念を基礎とした Vintage type の生産関数による分析への一次的接近であるといえよう。

3) 本章で分析の対象とする主な期間はお前章での計測結果から明らかたように、戦後の水稻生産における技術進歩率の最も高かった昭和30年代前半に相当する。

4) 明治以降現在までの長期間にわたる水稻生産における技術進歩についての概観を与えるものとして文献(1),(3),(12)参照。特に戦後の水稻生産における技術進歩を詳しく論じたものとして文献(8),(11),(19)参照。

5) 文献(17)参照

6) 文献(6),(10)参照

7) 文献(7)参照

8) 文献(3)参照

9) 文献(1),(12)参照

10) 文献(13)参照

11) 本章では水稻生産の技術進歩のみを考慮しており、また、比較

的水稻単作地帯ともいわれるべき地域を対象としているので

③の問題は生じない。また、本章では④の生産規模関係は無視する。この点については次章で農業における技術進歩と規模の問題として展開される。

12) 仮定として3ヶ年間は技術進歩はないとしている。

13) ここでは「使用的」、「節約的」の用語はヒックスの意味であり、それとは異なり、単に単位生産物当り要素の絶対量の変化を意味している。

14) データの制約のため中型トラクターの場合については省略せざるを得なかった。

15) したがって、計測される工地の弾性係数の解釈についてはこの点を十分考慮されねばならない。

16) この点については「技術革新と線型集合」として文献(16)に詳しい。

17) したがって、われわれは工地、労働、流動資本について固定係数型生産関数を仮定することになる。

18) このモデルの詳細は文献(2)参照

19) 文献(10) pp.308 より引用

参考文献

- (1) 安田誠三 『明治以降における農業技術の発達』 1952年3月
- (2) Brown, M. and J. Popkin, "A Measure of Technological Change and Return to Scale" The Review of Economics and Statistics, Nov., 1962.
- (3) 五十嵐憲蔵 「稲作技術の発展と体系化に関する研究」
『農業技術研究所報告』 1965年3月
- (4) 稲本志良 「わが国の農業における技術進歩測定と集計的生産関数：展望」『農業計算法研究』 1969年2月
- (5) ———— 「戦後日本農業における技術進歩の経済分析」
『農業計算法研究』 1970年2月
- (6) 伊藤喜雄 「農民層分層と農業技術構造—動力耕耘機段階の総括—」 加藤・阪本編『日本農政の展開過程』 1967年3月
- (7) ———— 「少数個人所有制中型機械稲作の展開—新潟県蒲原平野—」 近藤編『米作新しい波』 1967年8月 石谷水書房
- (8) 飯谷桂 「稲作技術の発展」 重畑精一編『日本農業の変革過程』
1968年5月 岩波書店
- (9) 加田信文編著『日本農業機械化の課題』 1962年3月 農政調査委員会
- (10) 丸藤政吉 「動力耕耘機段階の庄内稲作農業」 近藤康男編『食』

糧自給』 1967年6月 御茶の水書房

- (11) 農林省農林水産技術会議・日本農業研究所『戦後農業発達史
第9巻 総括編』 1971年3月 農林統計協会

- (12) 坂本慶一 「日本農業における技術革新の諸段階」 神谷編『
技術革新と日本農業』 1969年1月 大明堂

- (13) Salter W.E.G. 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

- (14) 武井昭 「水稻栽培における技術革新」 神谷編『技術革新
と日本農業』 1969年1月 大明堂

- (15) 辻村・渡辺 「生産関数と技術進歩：展望」『理論経済学』
1967年3月

- (16) 土屋圭造 『農業経済の計量分析』 1962年12月 勁草書房

- (17) ———— 「日本農業の技術進歩率」『農業経済研究』 1966
年9月

- (18) ———— 「日本農業における機械化の意義と役割」 神谷
編『技術革新と日本農業』 1969年1月 大明堂

- (19) 宇野・他編 『農業技術の新段階—日本農業年報VIII』
1958年12月 中央公論社

- (20) 頭平 「農業経営における技術進歩」『農業経済研究』 1966

年9月

(21) 頭・指本 「稲作技術進歩の生産関数分析」 『農林集団問題研究』 1967年3月

(22) 頼平 「農林技術の生産関数分析」 『農家経済の主体均衡と経営管理に関する研究』 1967年6月

第4章 農業における技術進歩と規模

— 規模別農家の技術構造に関する動態分析 —

第1節 課題と方法

わが国の農業を討究に、特に『米生産費調査結果』の cross-section データを用いて、Cobb-Douglas 型生産関数の戦前、戦後において多く計測されているが、これらの計測は第4節に詳しく示されるように大川の計測をほじめとしてわが国の農業について規模に関する収穫不変の関係 (constant return to scale) の存在を指摘してきている。他方、既に第1章に詳しく示した如く、近年、わが国の農業における技術進歩の計量分析が広く展開されているが、この中で技術進歩率の計測、技術進歩の性格の計測においてしばしば規模に関して収穫不変の関係、即ち、1次同次の生産関数が仮定されている。

このように、わが国の農業について実態的にも規模に関して収穫不変の關係の存在は是

認められ、分析方法上も現模に因する収穫不変の関係が仮定されてきているが、前章の分析で示された如く、特に、昭和30年以降における「主要な技術進歩」の内容や性格が著しく変化してきてあり、わが国の農業について事実認識の点から、また、分析方法の点から、も現模に因する収穫不変の関係についての議論の展開が要請されていふと考へる。

ところで、昭和30年以降の「主要な技術進歩」といわれるものは従来の労働対象的、土地節約的、又技能的技術の進歩から機械化によって代表される労働節約的又手段使用的技術の進歩といわれるものへ移行してきている。これは既に前章で論じた如く一般に新しい知識が固定資本財に体化された技術進歩として理解されるべきものである。前章では昭和30年以降の「主要な技術進歩」が固定資本財に体化されたものであるという理解にたつて、特に、耕耘手段別農家の技術構造の差異に着目し、これを技術の発展段階の差異として動態

的に把握して分析を展開した。

本章では昭和30年以降の「主要な技術進歩」が固定資本財に体化されたものであるという理解と、またそれが不分割性であることを考慮して、特に、規模別農家の技術構造の差異に着目して、しかもこれを規模別農家間における技術進歩の採用に因する time-lag によるものがあるとして動態的に把握して分析を展開しようとするものである。

既に前章で示された如く、農業の技術構造と生産関数の概念によつて定量的に把握できるとし、①の生産要素・生産物変換関係、②生産要素間結合関係、③生産物間結合関係、④生産規模関係という技術構造の4つの局面から把握する方法が示されしほとられる。本章で問題とするのはこの4つの局面のうちで①の生産要素・生産物変換関係、②生産要素間結合関係、④生産規模関係に因する3つの局面についてであり、それから生産係数、生産要素結合係数、Cobb-Douglas 型生産関数の生産弾性係数の

和によつて把握する方法をとる。以下次のような順序で本章の分析を展開される。

第2節では農林省「米生産費調査」の農区別データを用いて東北及び近畿の規模別農家の技術構造と生産係数、生産要素結合比によつて把握し、これによつて規模別農家の技術構造の差異の存在を明らかにすると同時に、規模別農家の生産係数、生産要素結合比の差異、即ち、技術構造の差異が規模別農家間の time-lag として存在していることを示す。

第3節では生産係数、生産要素結合比の規模別農家間の time-lag が同一生産関数上の初動に伴つて time-lag ではなく異なる生産関数への初動に伴つて規模別農家間の time-lag、即ち、技術進歩の採用に伴つて規模別農家間の time-lag であることを示すと同時にこのような time-lag を生ぜしめる要因について検討する。

第4節では以上で把握される規模別農家間の技術構造の差異の存在を考慮して、農業における生産規模関係の計測——特に規模の経済

性の計測に關する前提条件の吟味を行ない、
次節に於ける規模の経済性の計測方法を検討
する。

第5節では以上での議論を理論的基礎とし
て、農林省『米生産費調査』の山形県庄内地
方に於ける昭和30～36年の収表を利用して、
規模の経済性の計測を行ない、1.5ha以上の規
模の農家について規模に關して収穫逓増の関
係 (increasing return to scale) が存在することを示
す。

第2節 規模別農家の生産係数及び生産要素結合比

第1表、第2表は農林省『米生産費調査』の農区別データによつて、東北及び近畿の規模別農家の生産係数、生産要素結合比を昭和30年、35年、40年、44年について示したものである。生産係数は水稻100kg当りの工地(アール)労働(時間)、流動資本財(円)、固定資本財(円)、動力使用時間によつて、生産要素結合比は工地10アール当りの労働(時間)、流動資本財(円)、固定資本財(円)、動力使用時間によつて計測した。但し、流動資本財、固定資本財は40年基準の価格指数によつてデフレートした実価額であり、また、全2の生産係数、生産要素結合比は5ヶ年移動平均値が用いられてゐる。

以上の如く計測された生産係数、生産要素結合比によつて、規模別農家の技術構造の二つの局面、即ち、生産要素・生産物変換関係

第1表 規模別農家の生産係数 及び生産要素結合比 東北

		B/Y	L/Y	K ₁ /Y	K ₂ /Y	K ₃ /Y	L/B	K ₁ /B	K ₂ /B	K ₃ /B
30	307-1L未満	2.439	58.0	738	94	0.16	237.6	3027	384	0.66
	30~507-1L	2.404	50.4	763	150	0.29	207.6	3176	626	1.2
	50~1007-1L	2.519	50.8	763	174	0.66	201.8	3073	740	2.6
	100~1507-1L	2.551	47.8	773	193	0.84	187.3	3031	757	3.3
	150~2007-1L	2.392	41.9	780	197	1.08	175.3	3259	822	4.5
	200~3007-1L	2.381	41.2	796	202	1.26	173.1	3345	848	5.3
	3007-1L以上	2.198	33.9	828	191	1.60	154.0	3766	871	7.3
35	307-1L未満	1.942	43.5	778	125	0.23	223.8	4006	642	1.18
	30~507-1L	2.165	40.7	802	215	0.71	187.8	3703	992	3.3
	50~1007-1L	2.174	41.9	834	282	1.13	192.6	3838	1298	5.2
	100~1507-1L	2.128	38.3	858	298	1.40	180.1	4031	1400	6.6
	150~2007-1L	2.132	36.0	867	337	1.58	168.9	4068	1580	7.4
	200~3007-1L	2.070	34.5	815	350	1.68	166.8	3738	1689	8.1
	3007-1L以上	2.033	28.3	879	329	2.32	139.4	4325	1619	11.4
40	307-1L未満	1.859	29.4	721	339	0.98	157.9	3879	1822	5.28
	30~507-1L	2.012	33.8	854	504	1.69	168.1	4242	2503	8.4
	50~1007-1L	2.049	33.2	925	631	2.05	161.8	4513	3081	10.0
	100~1507-1L	2.024	30.6	921	656	2.31	151.1	4552	3239	11.4
	150~2007-1L	1.988	28.8	947	655	2.37	144.7	4765	3297	11.9
	200~3007-1L	1.984	27.6	955	628	2.36	139.3	4813	3167	11.9
	3007-1L以上	1.942	25.2	876	564	2.41	129.8	4513	2903	12.4
45	307-1L未満	1.776	28.2	827	755	1.11	158.7	4658	4252	6.24
	30~507-1L	1.905	29.0	909	911	2.02	152.1	4773	4784	10.6
	50~1007-1L	1.876	27.1	924	1047	2.29	144.4	4926	5581	12.2
	100~1507-1L	1.855	25.1	897	1092	2.56	135.2	4836	5886	13.8
	150~2007-1L	1.828	23.7	921	1073	2.58	129.7	5038	5867	14.1
	200~3007-1L	1.801	22.1	907	1011	2.60	122.5	5034	5611	14.4
	3007-1L以上	1.845	20.2	877	983	2.86	109.7	4755	5329	15.5

注1) B: 生産物 100kg 当り水田面積 (P-1L)

L/Y: " 労働時間

K₁/Y: " 流動資本財 (円)K₂/Y: " 固定資本財 (円)K₃/Y: " 動力機械使用時間

L/B: 水田 10P-1L 当り 労働時間

K₁/B: " 流動資本財K₂/B: " 固定資本財K₃/B: " 動力機械使用時間

注2) 以下 第5表 まで 同様

表2 規模別農家の生産係数及び生産要素結合比 近畿

		B/Y	L/Y	K ₁ /Y	K ₂ /Y	K ₃ /Y	L/B	K ₁ /B	K ₂ /B	K ₃ /B
30 年	30 T-1L未満	2.717	61.5	811	244	0.46	226.2	2983	899	1.7
	30~50 T-1L	2.653	58.3	754	306	0.85	219.9	2841	1152	3.2
	50~100 T-1L	2.667	53.2	722	295	1.41	199.4	2707	1032	5.3
	100~150 T-1L	2.667	51.0	738	250	1.79	191.1	2769	939	6.7
	150~200 T-1L	2.646	46.8	709	226	1.51	176.7	2679	855	5.7
35 年	30 T-1L未満	2.293	51.3	755	368	1.05	225.6	3320	1621	4.6
	30~50 T-1L	2.381	46.0	770	480	1.57	193.0	3234	2015	6.6
	50~100 T-1L	2.392	42.1	781	447	1.91	175.8	3264	1869	8.0
	100~150 T-1L	2.358	39.0	783	462	2.59	165.5	3321	1957	11.0
	150~200 T-1L	2.342	39.9	755	462	2.72	170.4	3222	1973	11.6
40 年	30 T-1L未満	2.212	38.6	852	1097	1.77	174.3	3853	4957	8.0
	30~50 T-1L	2.353	36.7	847	1265	2.99	156.0	3601	5377	12.7
	50~100 T-1L	2.320	33.9	863	1317	3.78	146.0	3720	5678	16.3
	100~150 T-1L	2.304	31.1	901	1091	4.31	135.1	3910	4739	18.7
	150~200 T-1L	2.198	28.8	886	894	4.22	131.0	4030	4068	19.2
44 年	30 T-1L未満	2.146	32.0	959	2951	3.33	149.0	4468	13753	15.5
	30~50 T-1L	2.232	32.7	945	2591	4.29	146.6	4234	11607	19.2
	50~100 T-1L	2.193	29.3	983	2282	4.87	133.4	4481	10408	22.2
	100~150 T-1L	2.105	25.4	964	1800	4.99	120.7	4580	8550	23.7
	150~200 T-1L	1.992	25.4	847	1277	5.70	127.5	4505	6409	28.6

及び生産要素間結合関係に関する差異の把握
 される。第1表、第2表に示されていさ如く
 、計測された各年度において規模別農家
 同での差異が存在すると同時に、計測された各年
 度同でも差異が存在する。

最初に問題とするのは各々の生産係数、生
 産要素結合比について、計測された各年度に
 おいて規模別農家同での差異が存在する事
 についてである。そこで、生産係数、生産要素
 結合比について存在する規模別農家同での差
 異について詳しくみると、これらの規模別農
 家同での差異は各々の生産係数、生産要素結
 合比によつて異なつていさことが理解されよ
 う。

5つの生産係数及び4つの生産要素結合比
 のなかで、労働係数、動力使用時間係数及び
 労働—土地比率、動力使用時間—土地比率に
 ついては、計測の各年度において規模別農家
 同での差異が存在し、労働係数及び労働—土
 地比率は規模の大さい農家ほど小さいといさう

傾向的相差異が存在すること、動力使用時間係数及び動力使用時間—土地比率は規模の大きい農家ほど大きいという傾向的相差異が存在することが示される。他の生産係数及び生産要素結合比、即ち、土地係数、流動資本係数、固定資本係数及び流動資本—土地比率、固定資本—土地比率については、計測の各年度に於いて規模別農家間での差異が存在するか、労働係数、動力使用時間係数及び労働—土地比率、動力使用時間—土地比率についてみられたような規模別農家間での傾向的相差異はみられない。

以上のことは各々の生産係数、生産要素結合比と経営規模（水田面積）との間の相関係数によつてより正確に定量的に示すことが出来る。次の表に示される如く、労働係数、動力使用時間係数及び労働—土地比率、動力使用時間—土地比率と経営規模との間の相関係数は極めて高く、労働係数、労働—土地比率と経営規模の間には負の相関係数がある。動力使

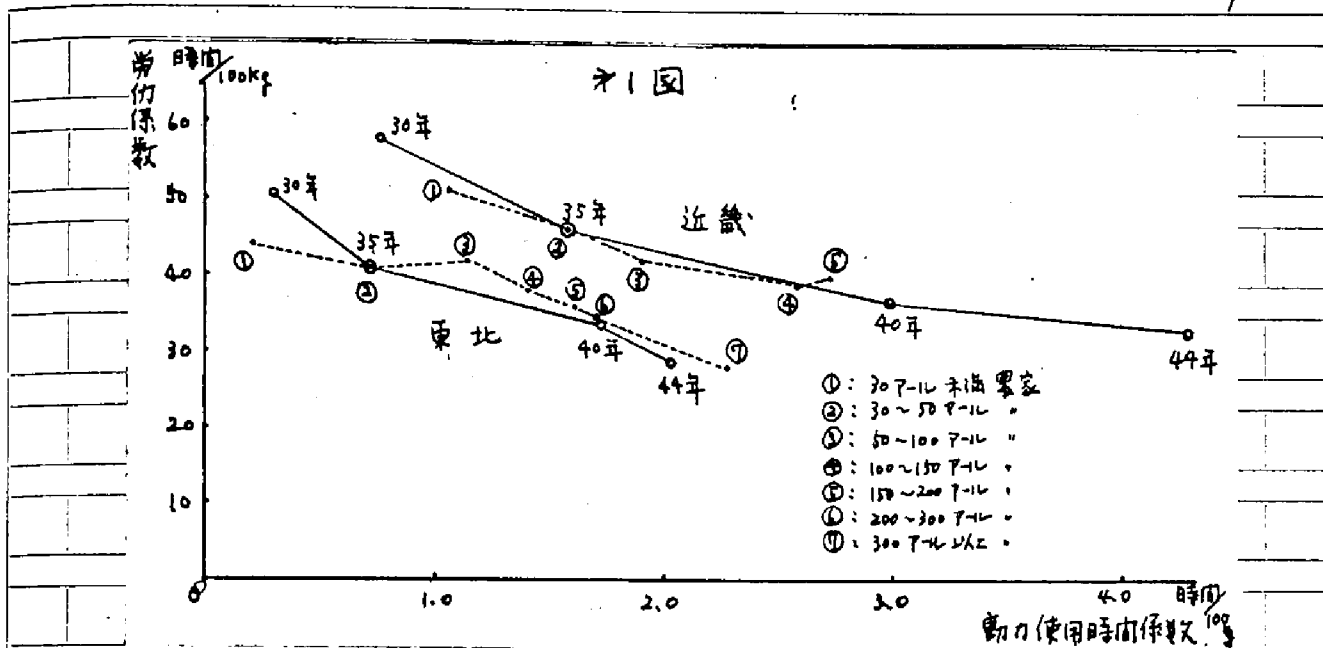
表3 生産係数、生産要素結合比と経営規模間の単純相関係数

		B/Y	L/Y	K_1/Y	K_2/Y	K_3/Y	L/B	K_1/B	K_2/B	K_3/B
東北	30年	-0.731	-0.962	0.971	0.707	0.978	-0.932	0.895	0.802	0.990
	35年	-0.163	-0.985	-0.688	0.751	0.941	-0.918	0.666	0.810	0.995
	40年	-0.043	-0.861	0.451	0.431	0.734	-0.953	0.617	0.502	0.788
	44年	-0.142	-0.967	0.342	0.369	0.756	-0.971	0.227	0.425	0.781
近畿	30年	-0.640	-0.974	-0.789	-0.597	0.826	-0.978	-0.800	-0.535	0.830
	35年	0.203	-0.848	-0.027	0.486	0.954	-0.787	-0.332	0.520	0.960
	40年	-0.324	-0.995	0.853	-0.678	0.862	-0.930	0.738	-0.735	0.906
	44年	-0.878	-0.911	-0.674	-0.988	0.907	-0.807	0.522	-0.973	0.965

用時間係数、動力使用時間—土地比率と経営規模の間に正の相関係数が存在する。他方これら以外の各々の生産係数、生産要素結合比と経営規模との間の相関係数は労働係数、動力使用時間係数、労働—土地比率、動力使用時間—土地比率と経営規模との間の相関係数に比較してかなり低い。

以上の生産係数、生産要素結合比に関する分析で明らかにされた如く、規模別農家間の学習係数、動力使用時間係数及び学習—土地比率、動力使用時間—土地比率の傾向的相差異が存在しており、技術構造の二つの局面に於いて、即ち、生産要素・生産物変換関係及び生産要素間結合関係の傾向的相差異が存在していることが示されるのである。

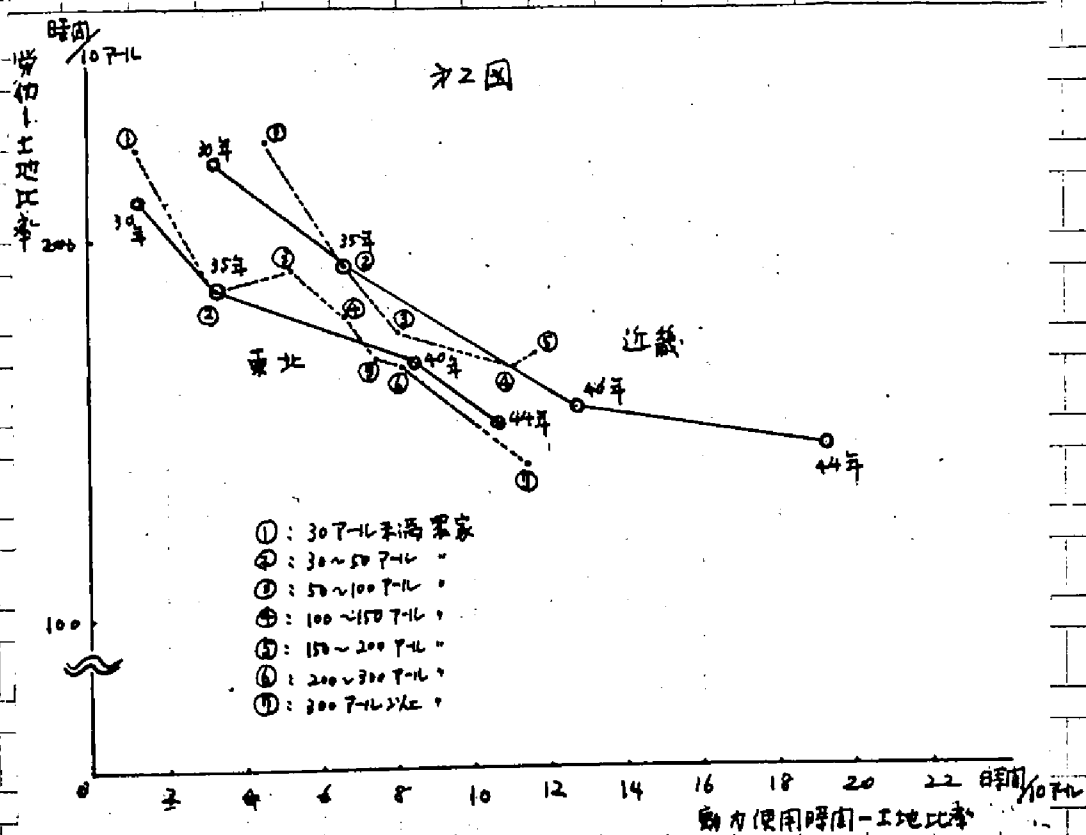
そこで、次に問題とするのは第1表、第2表に示された各々の生産係数、生産要素結合比について存在する各計測年度の規模別農家間での差異と同時に各計測年度間での差異に因してであり、以上で把握された規模別農家の二つの局面に因する技術構造の差異が規模別農家間の time-lag として存在することとを示すことである。第1図は規模別農家間で傾向的相差異の存在していた学習係数を縦軸に、動力使用時間係数を横軸にとり、一つは任意に選ばれた30～50パーセント階層の農家の学習係数、動力使用時間係数の年度間の推移を実線で



二つは任意に選ばれた昭和35年における規模別農家の労働係数、動力使用時間係数の差異を点線で示したものである。才1図から理解されるように、点線で示された昭和35年における規模別農家の労働係数、動力使用時間係数の差異と点線で示された30~50アール階層の農家の労働係数、動力使用時間係数の年度間の差異とがパラレル関係にある。即ち、点線は30~50アール階層の農家の労働と動力使用時間に関する異時点間の代替関係を示すものであり、これが点線で示される特定の一時点における規模別農家間における差異とパラレル関係にあるのである。われわれは以上

のことり同一時点における規模別農家の技術構造の差異を規模別農家の time-lag として存在するものであることと容易に理解することが出来る。

同様にこの生産要素結合比の点から表示することが出来る。才2図は縦軸に労働—土地比率、横軸に動力使用時間—土地比率をとり、一つは任意に選ばれた30~50アール階層の農家の労働—土地比率、動力使用時間—土地比率の年度間の推移を実線で、二つは任意に選ばれた



昭和35年における規模別農家の労働—土地比率、動力使用時間—土地比率の差異を実線によって示したものである。第2図に示されるように、実線及び虚線はパラレルな関係にあり、先に示した生産係数の場合と全く同様、規模別農家の技術構造の差異を規模別農家の間の time-lag として示すことができる。

最後に問題とするのは各計画年度の規模別農家の生産係数、生産要素結合比の差異の年度が進むにしたがってどのように変化するかについてであり、これによって以上で把握された規模別農家の技術構造の差異が持続的に存在することとを示すことである。第4表、第5表は各々の生産係数、生産要素結合比の各計画年間に於ける変化率を示したものである。

各々の生産係数、要素結合比率の変化率は第4表、第5表に示される如く著しく多様な差異を示しているが、特に規模別農家の間で傾向的な差異が存在した労働係数、動力使用時間係数、労働—土地比率、動力使用時間—土

地比率の变化率についてみると以下の諸点に
指摘しうる。労働係数、動力使用時間係数の
变化率については計画期間によって若干の差
はあるが、規模別農家間で傾向的な差異は存
在しない。動力使用時間係数、動力使用時間
—土地比率については30—35年、35—40年の
計画期間にあって経営規模が大きい程变化率
の大きい傾向が存在するが40—44年の計画期
にあってはこの傾向は解消する傾向がみられ
る。また、他の生産係数、要素結合比率の変
化率についても規模別農家間で傾向的な差異
は認められない。

以上にみるように生産係数、要素結合比率
の变化率の計画結果は先に指摘した規模別農
家間の技術構造の差異を解消するものではな
く、これが持続的に存在することを示すもの
と考えられる。

第3節 技術進歩の採用に關する規模別農 家間の time-lag

前節に於ける生産係数、生産要素結合比に
關する分析によつて、規模別農家間での二つ
の局面に關する技術構造の持続的な差異が存
在すること、しかもこのようない規模別農家間
での技術構造の持続的な差異が規模別農家間
の time-lag として存在することが指摘されたが、
これらに對する經濟學的理解として次の二
つの理解が可能である。一つの理解は上に示
すような time-lag として存在する規模別農家間
での技術構造の持続的な差異を同一生産関数
上の異時点間の生産要素代替關係に關する time-
lag として理解するものであり、二つの理解は
これを異なる生産関数への移行過程を伴つた
異時点間の生産要素代替關係に關する time-lag
として理解するものである。本節では後者の
理解に於いて、才1の問題としてこれを特に
種々なる農業機械に關連した技術進歩の採用に

関する規模別農家の time-lag という点から統計資料によつて実証的に示すと同時に才2の
 問題としてこのよう技術進歩の採用に関する
 規模別農家の time-lag を生じせしめる要因
 について同いく統計資料によつて実証的に示
 すことにする。特に、ここに示すような規模
 別農家の技術構造の差異に関する章節の理
 解は、同一時点においていくつかの長期費用
 曲線の存在、即ち、いくつかの長期の生産関
 数の存在を仮定し、これらの仮定に基づいて
 従来の単一の長期費用曲線の存在を仮定した
 、即ち、単一の長期の生産関数の存在の仮定
 に基づいた静態的分析とは異なつて、動態
 的分析を展開してあり、これが本章の一貫
 した分析方法上の特徴となつてゐる²⁰。

先づ才1の問題と関連して、昭和44年農林
 省『半生産費調査』の農区別データによつて
 東北及び近畿における規模別農家の主要な農
 業機械別所有台数を才6表、才7表に示した
 。特に昭和44年について示したのは近年水稻

表6 規模別農家の主要農業機械所有台数 — 東北 —

	30P以下未満	30~50P以下	50~100P以下	100~150P以下	150~200P以下	200~300P以下	300P以上以上
耕種機							
{ けんいん型(小型)	1.9	3.5	5.4	7.1	8.8	8.5	7.4
{ < 動力型(中型)	1.3	1.0	2.6	4.0	3.7	4.3	3.4
{ 兼用型(大型)	—	—	0.0	0.0	1.2	1.9	4.6
防除機							
{ 動力噴霧機	1.1	1.1	1.5	1.8	1.7	2.2	1.0
{ 動力散粉機	0.6	0.6	1.0	1.3	1.7	2.1	2.4
{ ミスト機	0.3	0.7	1.3	2.1	2.4	2.5	2.7
播種機							
{ バイスター	—	—	0.2	0.6	1.4	2.0	5.6
{ 自脱型コバシ	1.3	2.3	5.3	7.8	8.7	9.9	9.1
脱穀機							
{ 脱穀機	1.8	3.3	2.9	1.9	1.6	0.3	0.3
{ 全自動脱穀機	1.3	2.3	5.3	7.8	8.7	9.9	9.1
もみり機	—	1.0	1.9	5.0	6.4	7.5	9.3
乾燥機	—	0.0	0.1	1.2	1.7	2.5	4.8
揚水ポンプ	0.5	0.5	1.0	1.7	2.0	4.8	5.8
(農機具資本)	23.7	50.5	114.1	210.6	322.4	476.6	957.9
(動力使用時間)	14.4	38.4	91.8	180.7	260.8	346.5	600.7

資料：農林省『米生産費調査』昭和44年度

表7 規模別農家の主要農業機械所有台数 — 近畿 —

	30P以下未満	30~50P以下	50~100P以下	100~150P以下	150~200P以下	200~300P以下
耕種機						
{ けんいん型(小型)	2.0	3.2	5.4	7.1	6.3	10.0
{ < 動力型(中型)	2.0	2.9	5.6	7.5	7.5	5.0
{ 兼用型(大型)	—	—	0.1	0.3	0.8	2.5
防除機						
{ 動力噴霧機	1.2	0.8	2.2	2.0	1.7	2.5
{ 動力散粉機	1.3	1.1	1.5	1.4	0.8	5.0
{ ミスト機	—	1.6	2.7	5.1	4.2	2.5
播種機						
{ バイスター	0.7	0.2	1.2	2.2	2.9	5.0
{ 自脱型コバシ	—	—	0.1	0.5	—	—
脱穀機						
{ 脱穀機	2.7	4.4	3.0	0.8	—	—
{ 全自動脱穀機	2.4	4.3	6.6	8.5	10.0	10.0
もみり機	2.2	5.6	7.4	9.5	9.2	12.5
乾燥機	4.2	5.6	7.4	9.5	9.2	12.5
揚水ポンプ	1.0	1.2	2.1	4.0	11.7	5.0
(農機具資本)	102.2	114.1	177.1	325.5	433.4	464.0
(動力使用時間)	43.1	92.2	166.3	294.5	576.6	532.8

資料：農林省『米生産費調査』昭和44年度

生産における機械化の急速に多様化してきており、このような機械化に関連した技術進歩の採用に関する規模別農家間の time-lag について旧い時点に比較してより多くの事例を提供するからである。

表6表、表7表によつて次のような諸点の理解される。脱穀機の場合を例外とすれば、いづれの農業機械についても昭和44年の時点において農家10戸当りの所有台数は規模の大きい農家ほど大きいという一般的な傾向がみられる。しかし、更にこれを詳しくみるとこの傾向は農業機械の種類によつてやや異なり、興味ある事実を含んでいる。動力耕耘機については現在の統計資料ではけん引型(小型)、く動型(中型)、重句型(大型)、の三つに分類されて示されている。いづれも規模の大きい農家ほど10戸当り所有台数の大きい傾向が示されるが、この規模別農家間での所有台数の差異は小型のけん引型においてよりも中型のく動型において、また、く動型においてよりも大

型の乗用型に於いて顕著にみられることが指
 摘できよう。しかも乗用型については東北で
 は150アール未満、近畿では50アール未満の農家に
 於いてまだ全く所有されてゐない。同様なこ
 とは動力防除機についても指摘することので
 きる。動力防除機については現在の統計資料で
 は動力噴霧機、動力散粉機、ミスト機の三つ
 に分類されてゐる。いづれも規模の大きい農
 家ほど10戸当り所有台数が多い傾向が示さ
 れてゐるが、この規模別農家間での所有台数
 の差異は動力噴霧機に於いてよりも動力散粉
 機に於いて、また、動力散粉機に於いてより
 もミスト機に於いて顕著にみられることが指
 摘できよう。また、脱穀機については現在の統
 計資料では旧来の脱穀機と新しい全自動脱穀
 機の二つに分類されて示されてゐるが、旧来
 の脱穀機は規模の小さい農家ほど10戸当り所
 有台数が多い傾向が示され、全自動脱穀機
 は規模の大きい農家ほど10戸当り所有台数の
 多いという傾向の存在することゝ指摘でき

よう。

以上にみるような種々な農業機械に関する
規模別農家の所有台数の差異はいうまでもな
く特定の農業機械の採用に関する規模別農家
の time-lag、即ち、技術進歩の採用に関する規
模別農家個々の time-lag を示すものであり、以
下第2の問題としてこのような規模別農家個
々の time-lag を生じしめる要因について検討す
る。

ところで、農家の技術進歩採用の時期の決
定は採用される技術進歩の性格と同時にこれ
が結合すべき生産要素量（特に土地）、資金
力、経営者能力、危険に対する性向、技術に
関する知識や経験の蓄積などの内部条件およ
び生産物、生産要素市場条件などの外部条件
によって規定される。いま、われわれが問
題とする技術進歩の性格が学習節約的な手段
使用的技术進歩であり、また、不分割性の固
定資本財に体化された技術進歩であることに
考慮して、上に示された経営内部条件及び経

営外部条件の下で、これらの技術進歩と結合すべき生産要素量、特に土地租税と技術進歩即ち農業機械の価格及びこれと直接代替関係にある営内の価格即ち賃金水準の側面から接近する。即ち、以下ではこれを租税別農家間での技術進歩に討する需要価格の差異³⁾として把握し、これによって技術進歩採用に関する租税別農家間の time-lag を説明しようとするのである。

表8は本研究で最も主要な分析対象としている動力耕耘機の租税別農家における稼働実績を文献[11]からの引用によって示したものである。これによると若干の不規則な変動は

表8 小型農用トラクター稼働実績 — 経営規模別 —

		0.5ha未満	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	3.0~5.0	5.0ha以上	平均
東 北 道 北 海 道	調査台数	31	207	233	252	204	85	13	1025
	1台当り稼働時間	60	83	87	69	95	91	164	84
西 日 本	調査台数	54	236	215	119	43	5(?)	9	681
	1台当り稼働時間	59	126	86	90	116	45	100	101

原注 1) 全部結果の1台当り稼働時間は90.2時間である。

2) 基本問題調査参考資料(34.8.6)振興局農産課による。

3) 原表は農産課の農作業改善指導地の農家のうち、1,800基について照会したものより求めた非公式の資料である。

注 1) 文献[11] pp. 40より引用

存在するが、大規模の農家は動力耕耘機1台当り稼働時間が長くなり、小規模の農家は稼働時間が短くなる傾向の明らかに存在している。先にも指摘した如く、動力耕耘機という場合でも馬力数、型式が異なり、規模を異にする農家が選択する動力耕耘機は馬力数、型式などの点で異なる場合が一般であろう。いま、単純化のためにこれをどの規模の農家も同一の動力耕耘機を同一価格で購入すると仮定すれば、規模別農家間における動力耕耘機1台当りの稼働時間の差異は稼働時間1時間当りの動力耕耘機価格または減価償却額の差異としてあらわれる。勿論、flowとしての動力耕耘機の用役が購入される場合には規模別農家間でその購入価格に差異は存在しないが、stockとしての動力耕耘機が購入される場合には以上のことは不可避免である。⁴⁾

同様にこれは表9、表10から示すことが出来る。表9、表10は農林省『米生産者調査』の農区別データをもとに東北及び

第9表 動力に對する規模別農家の需要価格 — 東北 —

		30P-H未満	30~50P-H	50~100P-H	100~150P-H	150~200P-H	200~300P-H	300P-H以上
需要価格 A	30年	577	525	284	295	182	160	119
	35年	542	302	250	212	213	208	142
	40年	346	298	309	284	277	258	234
	44年	682	451	458	426	416	389	344
需要価格 B	30年	17.3	15.8	8.5	8.9	5.5	4.8	3.6
	35年	14.6	8.2	6.8	5.7	5.8	5.6	3.8
	40年	4.2	3.6	3.7	2.4	2.3	2.1	2.8
	44年	4.8	2.2	3.2	2.0	2.9	2.7	2.4

第10表 動力に對する規模別農家の需要価格 — 近畿 —

		30P-H未満	30~50P-H	50~100P-H	100~150P-H	150~200P-H
需要価格 A	30年	529	359	195	140	150
	35年	352	305	234	178	170
	40年	620	423	348	253	212
	44年	888	609	469	361	224
需要価格 B	30年	10.6	9.2	3.9	2.8	3.0
	35年	6.3	5.5	4.2	3.2	2.1
	40年	5.0	3.4	2.8	2.0	1.7
	44年	4.4	2.0	2.3	1.8	1.1

近畿について動力使用時間当りの機械償却額
(上段: 以下これを簡素化のために需要価格
Aとよぶ) 及びこれを10時間当り賃金で除し
た額(下段: 以下これを需要価格Bとよぶ)
を示したものである。需要価格Aについてみ
ると各年度に於いて規模別農家間に傾向的な
差異が存在し、規模の大きい農家ほど需要価

格 A は低い。また、需要価格 B についてみても各年度において上と同様の傾向が存在するが更にこれの年度間の変化についてみると各規模別農家の需要価格 B の年々低下していることも指摘できよう。

以上に示すように、農業機械と関連した技術進歩に対する規模別農家間の需要価格の差異が技術進歩採用に因する規模別農家間の time-lag をもたらすことはいうまでもない。また、第 9 表、第 10 表においてみた各規模別農家の需要価格 B の年々の低下が近年の急速な農業機械化を促進していることも合せて理解されよう⁵⁾。

第4節 規模の経済性の計測に関する前提条件の吟味

農業における技術構造の一局面として生産規模関係と生産関数の概念によって分析する。多くの場合規模の経済性、即ち、規模に関して収穫逓増の関係の有無という点から議論される。一般に、規模の経済性と生産関数の概念によって論ずるとき、次のように定式化される。

$$\lambda^r f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(\lambda x_1, \lambda x_2, \dots, \lambda x_n) \quad (1)$$

但し、 f : r 次同次生産関数

$x_1, x_2, \dots, x_n$: 生産要素投入量

(1)式は経済学でいう長期的生産関数であり、全ての生産要素を一定割合で増加するとき、即ち、要素結合比率一定のもとでの投入—産出 (input-output) の量的関係を示している。

(1)式におけるこれらの投入—産出の量的関係は

$r > 1$: 規模に関して収穫逓増 (increasing return to scale)

$r=1$: 規模に関して収穫不変 (constant return to scale)

$r<1$: 規模に関して収穫逓減 (decreasing return to scale)

のように要約される。

以上の議論を定証的研究と結びつき、しばしば農業に適用される Cobb-Douglas 型の生産関数を用いて表現すれば次のようになる。いま、単純化のために次のような二生産要素の Cobb-Douglas 型の生産関数を考える。

$$Y = A x_1^\alpha x_2^\beta \quad (2)$$

α および β は一般に生産弾性係数と呼ばれ、次式のように定義される。

$$\alpha = \frac{dY}{dx_1} / \frac{Y}{x_1} = \frac{dY}{Y} / \frac{dx_1}{x_1}, \quad \beta = \frac{dY}{dx_2} / \frac{Y}{x_2} = \frac{dY}{Y} / \frac{dx_2}{x_2} \quad (3)$$

即ち、生産要素 1% の増投によってもたらされる産出量の増加割合を示すものであり、

各生産要素の産出効果を表わすものである。

したがって、 $\alpha + \beta$ は全 2 の生産要素の 1% 増

加すると、即ち、要素結合比一定のもとで

要素投入の 1% 増加による産出量の増加

割合を示すものである。(2)式にあつるこれらの投入—産出の量的関係は

$\alpha + \beta > 1$: 規模に因りて収穫递增

$\alpha + \beta = 1$: 収穫不変

$\alpha + \beta < 1$: 収穫递减

のようによつて要約される。

ところで、わが国の農業を対象として多くの Cobb-Douglas 型の生産関数の戦前から計測され、これらの計測結果が規模の経済性の議論と結びつる多くの議論が展開されてきた。⁶⁾

大川は昭和12、13、14年の各年について、

『米生産費調査』の附表を用いて次のように

1) Cobb-Douglas 型の生産関数

$$P = bT^{\alpha}L^{\beta}C^{\gamma} \quad (4)$$

但し、 P : 生産量、 T : 土地面積、 L : 労働時間、 C : 資本額

α, β, γ : 推定すべきパラメーター

を計測し、生産弾性係数の和 $\{\alpha + \beta + \gamma\}$ の値を昭和12年 0.997、13年 0.945、14年 0.908 で各年ほぼ1に等しい結果を得た。大川はこれらの計測結果より、わが国の農業においてもっとも重要な

地位を占める水稻生産において、規模に関して収穫不変の關係が存在し、したがって、大經營と小經營の間に生産能率の差はほとんどなく、小農經營存続の経済的、技術的根拠のあることを示した。

大川の見解はその後、わが国の多くの農業経済学徒によって支持され、また戦後工屋の計測をはじめ多くの Cobb-Douglas 型の生産関数の計測されたが、これらの計測結果も大川の見解を積極的に支持するものであり⁸⁾、た。

本研究でも大川の計測以降支持されてきた見解を基本的には支持するものであるが、昭和30年以降の段階においても上に示された見解がそのままの形で支持されることについては前節までの議論を基礎として次の諸点から疑問をもつものであり、規模の経済性に関する定証的分析に、新たな側面からの分析を要請されていると考える。

第一は農業における技術進歩の性格の変化という点からであり、第二は規模の経済性の

計劃に關する前提条件からである。

既に前章に於いて詳述したように、わが国の農業に於ける技術進歩の性格は昭和30年以降著しく変化したと考えられる。わが国の農業に於ける「主要な技術進歩」は品種の改良・育成、肥料の改善と施肥技術の改善、土地改良、栽培管理の改善などによって代表される学知対象的・土地節約的・技能的技術の進歩であり、それと機械化によって代表される学知節約的・手段使用的技術の進歩へ移行した。前者は多額の資本投下と結びつくといふ少なく、結びつく場合でも投下される資本財は可分割性 (divisibility) に富み、いわゆる規模の問題にかかわる側面はほとんどないといえるものであり、一方、後者は多額の資本投下と結びつくものであり、しかも投下される固定資本財は不可分割性 (indivisibility) が強く、当然に規模の問題にかかわる側面をもつものといえる。

次の節までの議論は以上について行う。

国の農業における「主要な技術進歩」の性格の变化を考慮して、規模別農家間での技術構造の差異の存在を指摘すると同時に、このような規模別農家間での技術構造の差異が主として技術進歩の採用に関する規模別農家間での time-lag によってもたらされるものであることと指摘するものである。このことは当然次にのべるような規模の経済性の測定に關する前提条件の吟味を要求するものである。

ところで、生産関数の計測可能と仮定するためには一般に次に示すような標準農家の同質性に關する前提条件が満足されていなければならない⁹⁾。

1) 略々均一とみられる気象条件、土壤条件の農家が選択されること

2) 経営規模の著しく異なる経営を同一生産関数に属するものとして取り扱わないこと

3) 生産技術の著しく異なる経営を同一生産関数に属するものとして取り扱わないこと

と。

先にも指摘したように、わが国の農業を対象に現種の経済性の議論に関連して実証的立場から多くの Cobb-Douglas 型の生産関数が計測されてきたが、いうまでもなくこれらの計測は上に示したような標準農家に関する前提条件が満足されるという仮定のもとに行われていた。特に本章の主題としている規模別農家の技術構造に関連して言えば、規模を異にする農家が単に量的関係においてのみ異なり、技術的・質的関係において同質的 (homogeneous) であること、即ち、同一の技術構造を有することとを前提にして、規模を異にする全ての農家について一つの生産関数を計測しているのである。換言すれば、全ての農家を技術的に同質な集団と看做し、ただ一つの生産関数によってこれらの農家の技術的関係を表示しようとしているのである。

しかし、前節までの議論において、技術構造の二つの局面において規模別農家間での持

統的の差異が存在し、しかもそれが規模別農
家同の time-lag として存在すること、また、こ
れらと異なる生産函数への移行過程を伴って、
異なる時点同の生産要素代替関係に因する time-
lag であるとする経済学的理解がなされたと
を示した。したがって、このような経済学的
理解にたつ時、これまでの計測においてなされ
た規模を異にする農家の技術的關係の同質
性に因する前提条件の仮定の妥当性は失われ
れ、規模を異にする農家の技術的關係の異質
性を考慮した計測がなされなければならない
ことはいうまでもない。もし、このような規
模別農家の技術的異質性を無視した計測に基
づいて規模の経済性を論ずる場合、そこから
導かれる情報は制限され、偏りをもつもの
となる。

わが国の農業を対象に Cobb-Douglas 型の生産関
数が多く計測されたが、規模を異にする農家
を技術的に異質な集団として把握し、各々の
規模別農家の生産函数を計測したものである

、⁽¹⁰⁾ 沢田・北園、⁽¹¹⁾ 土屋の計測がある。但し、これらの計測結果は次節に示される。これらの計測は農業機械化の効果を規模別に分析しようとしたものである。また前章では労働手段—耕耘手段を異にする農家を異質な集団として把握し、各々の規模別農家の生産関数を計測し、昭和30年以降における農業の技術進歩について定証的計量分析を試みた。この前章での計測は本章の課題を展開するところ、不可欠の技術的情報を提供するものであり、この技術進歩に関する定証的計量分析と規模に関する定証的計量分析を同時に行ない、これらの二つの結果を統一しようとした点が前二者の分析と異なるところである。

第5節 規模の経済性の計測と分析

本節の計測で対象とするのは前章の場合と同様、山形県庄内平野に於ける農林省「米生産費調査」農家（昭和31～36年）であり、計測する Cobb-Douglas 型の生産関数は前章と同じく、

$$Y = A X_1^{\alpha} X_2^{\beta} \quad (9)$$

但し、 Y : 産出量(kg), X_1 : 土地面積(a), X_2 : 固定資本(円).
 農機具償却額、畜力費、賃料+金935年基準定価額
 α, β : 推定すべきパラメーター, δ : 規模を示すサフィックス

であり、異なる点は前章では α, β の変動を耕耘手段別農家の技術的構造の差異にもとづくと考え、本章では規模別農家の技術構造の差異にもとづくと考えている点である。

われわれの計測にあいてもっとも重要であり、困難な問題は農家の規模分類に関するものである。第3節までの分析において示したように、規模を異にする農家の技術的異質性をわれわれは技術進歩の採用に関する規模別農家個々の time-lag に求めるという動態的に把握する立場にたっており、したがって、農家

の規模分類はこの点から考えられるべきことはいうまでもない。

昭和31～36年の庄内地方は動力耕耘機の畜力に代替して急速に普及する時期である。特に駆動型の動力耕耘機は比較的大規模層の農家を中心に普及しており、動力耕耘機普及の階層性が指摘されている。同様なことは前章に示けるわれわれの実証的計量分析からも知ることである。耕耘手段別農家の平均経営土地面積は昭和31～33年では畜力使用の農家1.5ha、畜力+耕耘機使用の農家2.5ha、昭和34～36年では畜力使用の農家1.7ha、畜力+耕耘機使用の農家2.2ha、耕耘機使用の農家2.3haであって、各計測期間とも畜力使用の農家は2ha以上に偏りをもつて分布していることが知られる。したがって、これまで論じてきたような技術構造の差異にもとづく農家の異質性という点から、対象とする農家52ha未満層の農家と2ha以上層の農家に分類する。以上の分類にもとづく規模別農家の生産園数計測

第11表 規模別農家の生産関数計測結果

		α_s	β_s	$\alpha_s + \beta_s$	β_s / α_s
21 23 年	2ha未満農家 ①	0.863*	0.210*	1.073	0.243
	2ha以上農家 ②	0.873*	0.283*	1.156	0.324
	全農家 ③	0.846*	0.243*	1.089	0.287
24 26 年	2ha未満農家 ①	0.923*	0.026	0.949	0.028
	2ha以上農家 ②	1.059*	0.078*	1.137	0.074
	全農家 ③	1.011*	0.041	1.052	0.041

但し、1) *印: 有意水準 1%

2) 定数項の値は、21~23年 ① 1.109 ② 0.629 ③ 0.897
24~26年 ① 1.766 ② 1.197 ③ 1.492

結果を第11表に示した。計測結果より明らかに第一点、各計測期間において生産弾性係数 α_s 、 β_s は共に2ha未満層よりも2ha以上層の農家において大きいことである。このことは次頁に示す沢田・北園、工屋の計測結果からも裏付けられることとができる。特に工屋は本章の計測と同じ山形県の農林省「米生産費調査」農家（昭和29年）を対象とし、規模別農家の Cobb-Douglas 型の生産関数を計測している。工屋の計測は生産要素を工地面積、労働時間、流動資本、固定資本財額の四つに分類して行なったもののであるが、2ha未満の農家と2ha以上の農家の間で特に工地面積と固定資本の生

規模別農家の生産函数計測事例

1) 沢田・北園計測

	α	β	γ	$\alpha+\beta+\gamma$	R^2
A	0.712	0.048	0.169	0.929	0.284
B	0.384	0.394	0.352	1.130	0.833
C	0.607	0.175	0.428	1.210	0.606

注 1) 計測式 $P = b G^{\alpha} L^{\beta} K^{\gamma}$ 但し、 P : 農業粗収益、 G : 経営耕地面積 L : 能力換算による労働投入量、 K : 固定資本(大機械・大家畜)2) 資料: 昭和28年度福岡県「農家経済調査」(口表
(平担部、50アール以上農家のみ)3) 原注)、定数項 b は (A) 2.669, (B) 3.545, (C) 20.655)4) 規模分類: (A) — 機械資本額 5万円以下の農家
(B) — " 5~10万円の "
(C) — " 10万円以上の "

(5) 文献[15]より引用

2) 工屋計測

	α	β	γ_1	γ_2	$\alpha+\beta+\gamma_1+\gamma_2$	R^2
5反未満	0.4459	-0.0225	0.3355	0.0713	0.8302	0.4976
5反~1町	0.4609	0.0620	0.4230	0.0837	1.0291	0.8162
1町~2町	0.4858	-0.0895	0.9236	-0.1314	1.1905	0.9900
2町以上	0.8220	-0.1682	0.1396	0.2749	1.0683	0.8152

注 1) 計測式 $P = b T^{\alpha} L^{\beta} C_1^{\gamma_1} C_2^{\gamma_2}$ 但し、 P : 総収量、 T : 工地面積、 L : 労働時間 C_1 : 流動資本、 C_2 : 固定資本財額

2) 資料: 昭和29年度山形県 米生産費調査(口表(平年作農家のみ)

3) 文献[16]より引用

生産弾性係数が大きく異なり、2ha以上の農家に
 においてこれら二つの生産弾性係数の大きい
 ことが指摘されている。工屋のこの計測結果
 とわれわれの計測結果は一致しており、また
 われわれの農家の規模分類の妥当性を示す
 ものといえる。

計測結果より明らかになることは上に示
 したことの当然の結果として、規模の経済性
 の尺度—生産弾性係数の和 $\{\alpha_x + \beta_x\}$ の値が2
 ha未満の農家よりも2ha以上の農家に
 において大きいことである。表11に示されてい
 るように、各計測期間において2ha未満の農家の
 生産弾性係数の和は1.073、0.949でありほぼ1に
 等しい値であり、これは従来、わが国の農業
 について主張された見解と一致するものであ
 る。一方、各計測期間において2ha以上の農
 家の生産弾性係数の和は1.156、1.137であり1よ
 り大きい値が得られている。即ち、各計測期
 間において2ha未満の農家にあっては規模に
 因して収穫逓増の関係が存在していると考え

られる。

われわれは2ha以上の農家における現模に
 関して収穫逓増の関数の存在をより明らかに
 するために生産関数の linearity test⁽¹²⁾を試みた。test
 の結果、各計測期間において1%の有意水準
 で生産関数の linearity はみたされない。換言す
 れば1%の有意水準で $\{\alpha_T + \beta_T\}$ の値は1から
 乖離しており、現模に関する収穫逓増の関数
 の存在することが示される⁽¹³⁾。

ところで、以上の現模を要にする農家につ
 いての生産関数の計測結果と、前章における
 耕耘手段を要にする農家についての生産関数
 の計測結果の比較を行なうと次のようなこと
 が理解される。

耕耘手段を要にする農家についての生産関
 数の計測結果は前章第8表に示したが、各計
 測期間において生産弾性係数 α_T , β_T は共に畜
 力使用の農家においてよりも畜力+耕耘機使
 用の農家、耕耘機使用の農家において大きい
 ことが示される。また、このことの当然の結

果として生産弾性係数の和 $\{\alpha_T + \beta_T\}$ の値は畜力使用の農家よりも畜力 + 耕耘機使用の農家、耕耘機使用の農家において大きく、前者においてほぼ1に等しく、後者において1より大きな値となっている。前と同様に耕耘機使用の農家の生産関数について、その linearity test を行なうと1%あるいは10%の有意水準で生産関数の linearity は認められない。換言すれば1%あるいは10%の有意水準で各生産関数の $\{\alpha_T + \beta_T\}$ の値は1から乖離していることが示される⁽¹⁴⁾。即ち、前者において規模に関して収穫不変の関係が、後者において規模に関して収穫逓増の関係が存在している。すでに明らかたように、畜力使用の農家は2ha未満、畜力 + 耕耘機使用の農家および耕耘機使用の農家は2ha以上の農家に偏りをもつて分布しており、本節の規模を異にする農家に因する計測結果は前章における耕耘手段を異にする農家に因する計測結果を反映したものと考えられる。

このように、農業における手段使用的技術の進歩の過程、即ち、耕耘手段の移行の過程においてそれが種々の規模の農家に与える影響は異なっている。旧来の畜力は耕耘手段移行の過程において比較的小規模の農家におとくまで使用され、われわれの計測資料の範囲内においてどの規模の農家にとってもその有利性は等しいといえる。一方、昭和30年以降急速に普及する動力耕耘機は比較的大規模の農家において早く使用され、われわれの計測資料の範囲内では大規模の農家にとつて有利といえる。われわれが計測の対象とした昭和31～36年の山形県を内地方における規模別農家数の変動をみると2～3haおよび5ha以上の農家数はほとんど変化せず、一方、3～5haの農家数が増加している¹⁵⁾。このことはいわれわれの計測資料の範囲内で、昭和30年以降の技術進歩がなかでも3～5haというように大規模な農家に有利であり、たゞと無関係ではなっていない。ここにわれわれは靜態的に

「技術と規模の経済性」の関連と同時に動態的
 的「技術進歩と規模の経済性」の関連をみ
 ることが出来るのである。

われわれは規模を異にする農家の技術的異
 質性を無視して規模の経済性を連続的概念に
 よる分析方法によつて論ずるとき、以上の不
 連続的概念による分析方法によつて得たよう
 な情報は見落されるであらう。ちなみに全て
 の規模の農家を同質的な一つの集団として把
 握し、一つの生産関数を計測した結果、次の
 表に示したように生産弾性係数 α_s 、 β_s は各計
 測期間に於いて2.0未満および2.0以上の農
 家のそれらの平均値に近く、また生産弾性係
 数の和 $\{\alpha_s + \beta_s\}$ の値は二つの農家のそれらの
 値の平均値に近く、ほぼ1に等しい値と考え
 られる。

オも節　　むすこ

わが国農業における規模別農家の技術構造に関する事実認識として従来収穫不変の関係の存在が指摘されてきた。しかし、戦後の農業における技術進歩の性格の変化によって以上の分析によって明らかにならぬ、生産要素・生産物変換関係、生産要素間結合関係、生産規模関係という三つのいづれの局面においても規模別農家間の技術構造に差異が存在した。

勿論、以上に示される規模別農家間の技術構造の差異は特に技術進歩の採用に関する規模別農家間の time-lag によってもたらされるという理解にたっており、技術進歩が存在しない静的な状態のもとではこのような規模別農家間の技術構造の差異は解消されるべきものである。しかし、現在のような極めて動態的な社会において技術進歩の存在しない静的な状態を想定することは多くの意義を認めることができない。

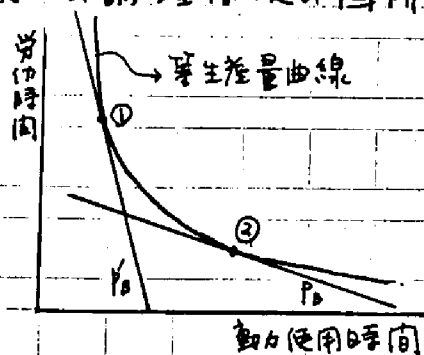
注1) この仮定はいうまでもなく、技術水準を異にする技術の同時併存を仮定しているのと同じである。

2) 従来、経済学あるいは経営学の分野で多くの議論をあつめてきた現模問題は単一の長期費用曲線を前提にした完全に静態論的な分析によって展開されてきている。特に、経済学の分野における現模問題に因する基本的な文献として[8]が参考になる。

3) ここでいう需要価格の概念はA. J. LELの需要曲線の理解にたつておこなわれている。

4) 動力耕耘機に事例をとっていえば、現在のわが国において、賃耕作にはよりflowとしての動力耕耘機の用役市場はまだ小さく、stockとしての動力耕耘機が購置されるcaseが一般的である。本章の分析はこの想定に基づいている。

5) 以上の論理は次の図解によってより明瞭になる。



いま、 P_B, P'_B を各々大規模農家、

小規模農家の動力使用時間に

対応する需要価格とであるとす

れば (但し $P'_B > P_B$)、大規模

農家ではより少ない労働とより多い動力使用時間の組合わ

せの点②を選択し、小規模農家では逆により多い労働とより

少ない動力使用時間の組合せの集の互選取可能であらう。

また、 P_0 , P'_0 を各々時点 T_1 , T_2 の需要価格 B であるとする。

(但し $P'_0 > P_0$)、時間と共に需要価格が低下することによって

選取される集は①から②へ移行する。即ち、機械化の進展が

説明される。

6) 展望論文として文献〔18〕参照

7) 文献〔12〕参照

8) 文献〔18〕参照

9) 文献〔16〕参照

10) 文献〔15〕参照

11) 文献〔17〕参照

12) linearity test の方法については文献〔16〕参照

13) 各計測期間の F 値は、それぞれ 4.717, 10.083 である。

14) 各計測期間の F 値は、それぞれ 3.924, 2.275 である。

15) 特に社内平野における水稲生産農家の動向を示すものとして

佐藤繁「集団栽培がラス中型トラクター 稲作の必然性——山

形県社内平野——」近藤編『米作・新しい波』1967年12月、み

原の水書房を参考にした。

16)

参考文献

- (1) M. Brown and Popkin, J., "A Measure of Technological Change and Returns to Scale", *The Review of Economics and Statistics*, 1966.
- (2) Bronfenbrenner, M., "Production Functions", *Econometrica*, vol. 12, 1944.
- (3) Z. Grilliches, "Specification Bias in Estimates of Production Function", *Journal of Farm Economics*, 1957.
- (4) 今村奈良臣 「稲作の階層同格差」 *日本の農業* No. 62 1968年2月
農政調査委員会
- (5) 稲丰志良 「わが国の農業における技術進歩測定と集計的生産関数」 『農業計算学研究』 第3号 1969年2月
- (6) ——— 「農業における技術進歩と規模の経済性」 『近代農学論集』 1972年3月 養賢堂
- (7) Kaneda, H., "Substitution of Labor and Non-Labor Inputs and Technical Change in Japanese Agriculture", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 47, No. 2, May 1965.
- (8) 熊谷尚夫 「規模の経済性」 『大阪大学経済学』 第17巻 2・3号
1967年12月
- (9) 増井幸夫 「規模の経済性」 『農業経済学新説』 1973年 養賢堂

- (10) 南・石渡 「農業の生産関数と技術進歩」『経済研究』1963年8月
- (11) 農林大臣官房企画室・農林省農政局編 『日本農業の機械化』
1963年9月 富民協会
- (12) 大川一司 『食糧経済の理論と計画』 1945年
- (13) Reder, M.W., "An Alternative Interpretation of the Cobb-Douglas Function," *Econometrica*, Vol. 11, 1943
- (14) 坂本慶一 「日本農業における技術革新の諸段階」神谷編
『技術革新と日本農業』 1969年1月 大明堂
- (15) 沢田・北園 「農業機械化の経済的效果に関する若干の計画」
『農業経済研究』 第28巻2号 1956年7月
- (16) 高山 宗 『農業の生産経済学』 1960年6月
- (17) 土屋圭造 「動力耕耘機をめぐる農業経営範疇已分」東田編『農
民範疇に関する研究』 1957年
- (18) _____ 「日本農業の計量分析—展望」『理論経済学』第17巻
3号 1967年
- (19) 唯是 康彦 「農業における巨視的生産関数の計画」『農業総合研
究』 第18巻 第4号 1964年10月
- (20) 頼 平 『農業経済経営論』 1971年12月 明文書房

第5章 農業における技術進歩の普及過程 に関する計量分析

第1節 課題と方法

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ような新・旧技術の併存現象は「技術進歩のおくれ」¹⁾といわれ、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。本章の課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着目して、以上を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によ

、て明らかに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、うすでもなく、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³⁾に基づくものである。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「技術進歩のあぐれ」に関する問題への接近を試みようとするものである。既に前章の一部において農業における技術進歩の採用に関する規模別農家間の time-lag について分析を展開したが、本章では動力耕耘機の普及という具体的技術進歩に着目して規模要因のみでなく技術進歩の需要と供給に関連する経済的・非経済的要因を考慮した分析を展開されよう。

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いゝが、技術進歩率の計測や技術進歩の偏りの計測に關するものがほとんどであり、技術進歩の普及過程に關する経済学的研究は極めて少ない。⁵⁾ E. Griliches⁵⁾や E. Mansfield⁶⁾の研究は技術進歩の普及過程に關する経済学的研究の数少ない事例である。E. Grilichesの研究は技術進歩の普及過程を Logistic Curve によつて把握し、Logistic Curve より導き出した三つの変数、Origin、Rate of acceptance、Ceiling によつて普及過程の三つの局面についで地域間の分析を行つたものであり、E. Mansfieldの研究も同様な方法によつて、特に、Rate of acceptance についで種々な技術進歩および企業間の分析を行つたものである。本章の分析も以上に示すように E. Griliches や E. Mansfield の研究の流れに沿つたものである。

次節ではわが國における動力耕耘機の普及過程に關する既存の研究や統計資料に基づいて以下の分析のための予備的考察を行なう。3 節では分析方法の検討を行なうと同時に農

業機械別・地域別の Logistic Curve の計測が行われる。4 節では日本の国の主要な農業機械について計測された Logistic Curve より導出される三つの変数 $t_{p=0.05}$, b' , K の分析を通して農業機械に関連する技術進歩の普及過程に関するいくつかの事実が指摘される。これによって、動力耕耘機の普及過程に関する特徴が一層明らかになる。5 節では動力耕耘機の農区別・府県別の 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行われる。

才2節 技術進歩の普及過程に関する若干の整理

わが国における農業機械化に関する研究の歴史は旧く、既に極めて多面的な研究の蓄積がある⁷⁾。その中でも動力耕耘機に関する研究はその主要部分をなすものであり、動力耕耘機の技術的性格に関する研究、動力耕耘機の経済性に関する研究（以上本研究の才3章、才4章と関連する）及び動力耕耘機の普及に関する研究の⁸⁾この主要な問題領域となつてゐる。本章の分析は上に示す主要な問題領域のなかで特に動力耕耘機の普及に関する一群の研究と関連するものである。本節の以下では3節以降の分析に先だつて既存の主要な研究成果と統計資料によつて動力耕耘機の普及過程に関する予備的考察をなすものである。

ところで、わが国における動力耕耘機の普及は、はじめにガーデン・トラクターの紹介されたと推定される大正8年に端を発する。

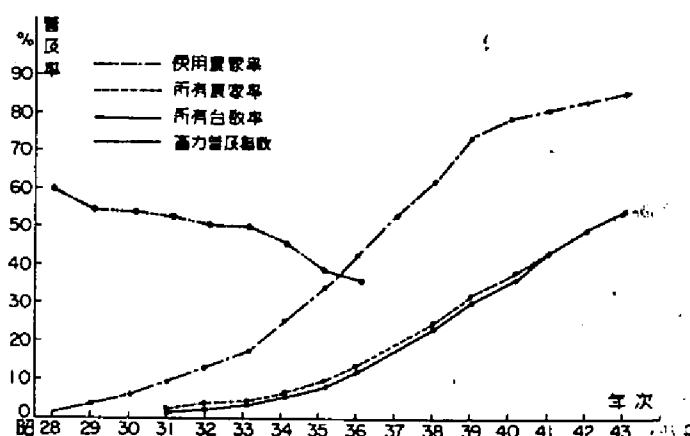
それが岡山県興除村において種々技術的改良が行われ昭和4～5年頃から普及の段階についていま今日まで極めて長い普及過程を有する。しかし、わが国における動力耕耘機の普及に関する研究ではこの中で特に戦前における普及過程と昭和28～30年頃以降の普及過程の研究の主要な対象とされてきた。

戦前においては、たとえば、昭和16年における農家1000戸当りの動力耕耘機所有台数が全国平均では1.4台であることから示されるように、動力耕耘機の普及率は極めて低く、土地の極度に墾く畜力による耕耘が困難な地帯、しかも家畜の飼育にたく役畜に不足している地帯というような特殊条件下での限定された地域あるいは階層への普及であった。昭和12～17年の普及台数は6,866台であるが、この中で25.9%が岡山、20%が福岡、5.6%が新潟、5.4%が秋田に、また、岡山では南部平野、福岡では筑後平野というよう^りに限定された地域への普及が集中していた。また、階層では大規模

模上層農家に普及が集中していった。これらの事実はいわゆる国の農業機械化においても動力耕耘機普及の地域性、階層性として戦前にあける動力耕耘機の普及過程に関する研究で主要な問題として注目されてきたことである¹⁰⁾。

他方、わが国にあける動力耕耘機の極めて長い普及過程の下で昭和28～30年頃以降は動力耕耘機が新技術として定着することが見通される段階として、あるいは全般的普及期としてそれ以前の時期から区別することとしはしはたされる。戦後の動力耕耘機の普及に関する研究の多くは昭和28～30年頃以降の普及過程を対象とすることもあり、本章の分析でもそうである¹¹⁾。

表1図は昭和28年以降の動力耕耘機の普及過程を示したものである。動力耕耘機の普及過程の使用農家率、所有農家率、所有台数率の三つの指標によつて示されている。これらの三つの指標間には各年度で差異が存在するが年次的な推移の傾向はほぼ類似したものである。



第1図

り、以下の分析では普及過程を所有台数率によって把握する。また、才1図には電力普及指数の合わせて示されているが、これによって前節で指摘した動力耕耘機と電力の併存現象、即ち、新旧技術の併存現象の長期間にわたって存在したことも同時に理解されよう。

ところで、以上に示されるよう昭和28～30年頃以降の動力耕耘機の普及過程に関する研究で主に問題とされた点の一つは戦前の普及過程に関する場合と同様、動力耕耘機普及の地域性及び階層性であり、ほとんどの研究の何らかの形でこの問題に関連している。これら多くの研究によって示されているように、昭和28～30年以降の普及過程において各地

域性及び階層性¹⁾がなお存在する²⁾ことが指摘されている。しかし、戦前の普及過程の場合と異なつて、昭和28～30年以降の普及過程では動力耕耘機の普及がすみ飽和水準に接近するにつれて普及の地域性及び階層性が両端³⁾されつつあることが指摘されている。昭和28～30年以降の普及過程において動力耕耘機普及の中心が戦前⁴⁾にあつた佐賀県・岡山県・福岡県から北陸・東北の米作先進地域へ、更に工業化の著しい地域へ移行して⁵⁾いること、戦前ではほとんど大規模上層農家だけに普及していた動力耕耘機が中・下層農家にまで普及⁶⁾しつつあることが上の指摘の具体的な内容である。

以下では動力耕耘機の昭和28～30年以降の普及過程に關する研究のなかで特に本章の分析と関連する西垣一郎氏〔15〕、佐久間孝氏〔18〕、久宇藤男氏〔10〕らの研究成果にふれておくことが有効であろう。

西垣はこれまでの研究で問題とされた動力耕耘機の地域性に着目して、回帰分析による

要因分析を試みている。他方、この研究では
 動力耕耘機普及の階層性を直接問題にしては
 いないが、独立変数に規模に因する変数を導
 入することによって間接的に考慮しているも
 のといえよう。この研究では昭和34年の『農
 家経済調査』が使用され、考慮された変数及
 びこれらの変数と従属変数との単純相関係数
 について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 ($r_{1.3} = 0.897$)

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 ($r_{1.10} = -0.146$)

以上の諸要因のそれぞれ線型重合等の計測
 上の問題を考慮しつつ与えられた比較的良好な

計測結果は次の諸式である。但し、式中()は標準誤差を示すものである。

$$X_1 = -11.5 + 0.640 X_2 \quad R^2 = 0.797 \quad (1)$$

(0.114)

$$X_1 = -8.23 + 0.844 X_3 \quad R^2 = 0.787 \quad (2)$$

(0.155)

$$X_1 = -3.64 + 1.41 X_5 \quad R^2 = 0.619 \quad (3)$$

(0.391)

$$X_1 = -16.046 + 0.614 X_2 + 0.123 X_6 \quad R^2 = 0.799 \quad (4)$$

(0.158) (0.456)

$$X_1 = 0.636 + 1.294 X_5 - 0.058 X_8 \quad R^2 = 0.736 \quad (5)$$

(0.212) (0.029)

これらの計測結果によつて明らかとなるように、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) ~ (5) 式の決定係数は各々 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 を加えても決定係数は (4)・(5) 式に示される如く、ほとんど改善されず、普及率の地域間の変動を説明する主要因は農業粗収益、農業所得、耕地面積であることが示された。

佐久間にはわが国における動力耕耘機の長期需要予測を行なつたが、このなかで昭和30年
から38年までの動力耕耘機普及に関する資料

を用いてはじめに Logistic Curve の計測を行ない次のような計測結果を得た。

$$S = \frac{K}{1 + me^{-at}} = \frac{263.2054}{1 + 125.091e^{-0.557469t}} \quad (\text{万台}) \quad R^2 = 0.893787 \quad (6)$$

Logistic Curve の性格や計測方法について12次節で詳述されるが、佐久田の行った計測結果の意味するところだけを示せば次の如くなる。即ち、動力耕耘機に大まか技術革新が起らないとした場合の普及の飽和水準が263,205.4万台であること、この水準に到達するまでに年率およそ0.557で普及水準が上昇していくこと、普及の変曲点が昭和38年頃であることなどがあ

る。久守は1960年代水田農業機械化に関する研究のなかで、1図に示したような動力耕耘機の普及過程をE・ロジャースの理論にしたがって¹³⁾、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%になると33年以降36年までその他の追随農家へのデモンストラレーションの時

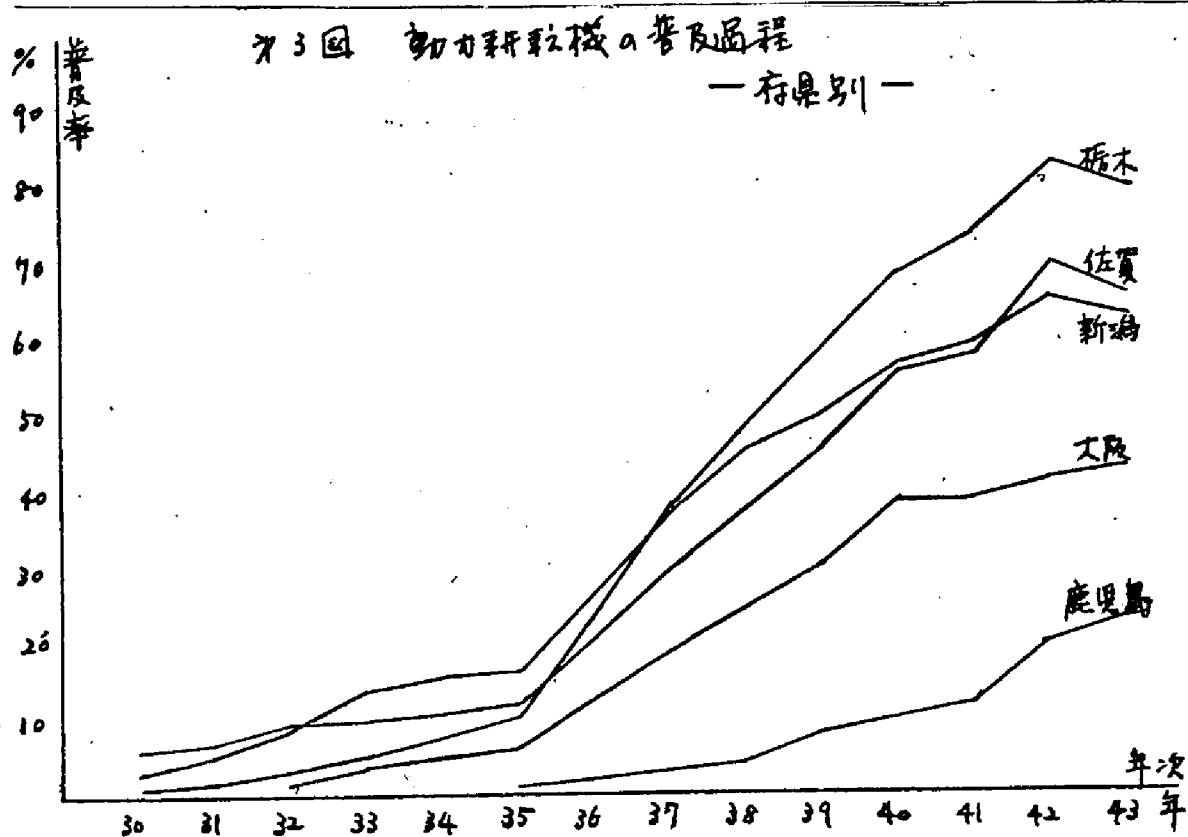
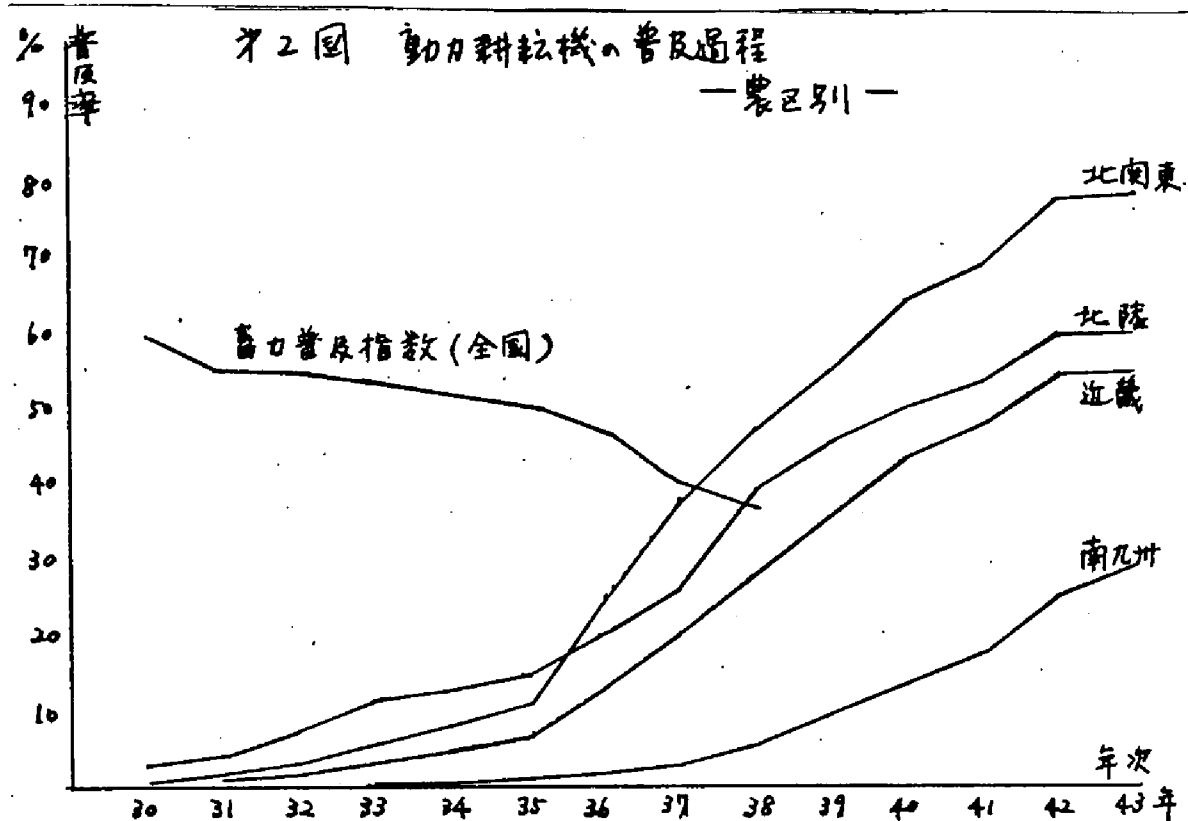
代の終り急進的普及時代としての前期追隨者の時代、36年以降は後期追隨者の時代として、連続的普及過程に関するいくつかの局面の類型化を試みている。

以上において、戦前にあつた動力耕耘機の普及過程及び昭和28～30年以降にあつた動力耕耘機の普及過程に関する主要な研究成果を検討した。本章第1節に指摘した如く、また佐久間や久守らの研究からも容易に理解されるように、普及過程を一つの連続的普及過程として把握すること、しかもこのように連続的過程にも経済的に異なる意味を有するいくつかの局面の想定されるということの普及過程に関する経済学的研究において考慮されねばならない。わが国にあつた動力耕耘機の普及に関する研究で一貫して問題とされてきた地域性及び階層性についても上に指摘するよう動態的視座の導入が必要なことはいふまでもない。次節以降の分析は第1節に指摘した如く普及過程を技術進歩の過程にあつた調

整の動態的経路 (dynamic path) として理解すること及び動態過程に関する経済学的理解から導き出される三つの局面を設定することとを基礎に展開される。これに先だって、分析の直接の対象とする昭和30年以降、普及の飽和水準に到達すると考えられる昭和43年までの動力耕耘機の普及過程を農区別データ及び府県別データによって示してある。

第2図及び第3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。二つの国中の曲線は本章の理解に基づく各地域における動力耕耘機普及の動態過程を示すものであり、二つの地域間の差異を次節に示す経済学的理解を基礎に性格を異にする三つの局面での差異として把握することになる。

即ち、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（次節以降の分析では理論的に推定される普及率が5%になる時点に注目し



ていゝ)が地域間で異なつていゝこと。二つは動力耕耘機の普及が急速に進展する局面について、図中の曲線の交錯していゝことからも理解されよう。動力耕耘機普及の速度が地域間で異なつていゝこと。三つは動力耕耘機普及の終りの局面について、動力耕耘機普及の飽和水準が地域間で異なつていゝことである。以上を示すように、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つて、また、これらに因する地域間の比較分析を行なうことによつて動力耕耘機の普及過程に因する多くの情報が確保され、この情報のより有効に利用しうることを分析の次節以降の主題である。

第3節 普及曲線の性格とその計測

特に、前節後半において日本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。第2~3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S字型の成長曲線によって近似されるべき形状を有している。本章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。このことは本節で同時に計測する電動機以下動力防除機までの種々の機械の場合についても同様である。

ところで、Logistic Curve は一般に(7)式

$$P(t) = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}} \quad (7)$$

但し、 $P(t)$ ；普及率、 a, b, K ；パラメーター、 t ；時間

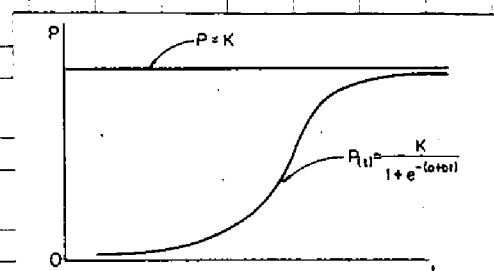
によって表わされる。したがって、(7)式によ

て表わされる Logistic Curve はパラメータ a, b, K が与えられることにより、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り、その Logistic Curve の形状が一意的に定まる。ここで、本章の分析に先だて、Logistic Curve の持つ属性について整理しておくことが便利である⁽¹⁴⁾。Logistic Curve の形がで次に示す属性はその基本的なものである。一つは Logistic Curve の、 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 (8) 式の t に関する 1 次微分

$$\frac{d}{dt} P(t) = -b \frac{P(t)}{K} \cdot \{K - P(t)\} \quad (8)$$

により、示されるように、パラメータ b 、既に達成された普及水準 $P(t)$ 、上方漸近線からの距離の程度 $\{K - P(t)\}$ 及び K に依存するものがあり、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。才 (4) 図

は以上を示した Logistic Curve の基本的な属性を端的に示している。



第4図

本章の分析は以上を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と一つの特徴とすることとは既にのべたが、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よって有知な三つのパラメータを 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、(7)式により次式で導かれる。

$$t_{P=\bar{P}} = \frac{\log_e \frac{\bar{P}}{K-\bar{P}} - a}{b} \quad (9)$$

二つは Logistic Curve の傾きを構成するパラメータ $-b$ である。三つは Logistic Curve における上方漸近線 K である。勿論、これに導出されるこれらの三つのパラメータは相互に依存関

係にあるが、本章の分析ではこの三つのパラメータ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、以上を示された三つのパラメータ $t_p, \bar{p}, b, k$ 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、ここで計測された Logistic Curve に関する経済学的理解に規定される。本章における普及過程に関する経済学的理解は最初に述べた如く、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) を特定化できるものであるというのが本章における一貫した理解である。したがって、パラメータ $t_p, \bar{p}, b, k$ に関する次のような経済学的理解が導かれるよう。

パラメータ $t_p, \bar{p}$ 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

のである。本章では一定水準 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・O・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¹⁵⁾。したがって、パラメータ $t_p = a$ は新技術の導入が定着し、その後に急速な普及過程を展開する 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。

パラメータ 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 (8) 式によって示されたが、よって明らかに、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。この意味においてパラメータ b は調整の速さを示すものである。Logistic Curve の傾きを示すものである。

パラメータ $-K$ は新技術の普及過程において普及がゆる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総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飽和水準を示すものである。

以上を示すような経済的理解にたつて、三つのパラメータ $-t_p = a, b, K$ 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、三つのパラメータの計測にあたり一つの重要な単純化がなされる。本章で主として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、このことにより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¹⁶⁾。

本章ではあら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 によつてその普及過程を把握する方法が可能に於る。このことはここで計測する他の農業機械についても同様であり、各々の農業機械に種々なる改良が加えられて新しい機種の開発がなされてきている。これを一つの農業機械の普及過程として把握し、したがつて、一つの Logistic Curve によつて把握する方法をとる。

ところで、Logistic Curve の計測は種々なる方法によつてなされるが本章では次のような計測方法⁽¹⁷⁾をとった。⁽¹⁸⁾ 第2~3図に示して示しているように、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⁽¹⁹⁾から43年にほぼ飽和水準に到達していると考えられる。したがつて、上方漸近線 K はほぼこれらの飽和水準の近傍にあることが容易に予想される。本章では $P_{(0)}$ - 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、

$$K = P_{(0)} \times (1 + 0.05)$$

(10)

によつて求めた。また、他の農業機械についても同様の方法をとり、次節の図に示されるように電動機・発動機・原動機は各々42年、動力脱穀機は40年、動力噴霧機・動力散粉機・動力防除機は各々42年頃ほぼ飽和水準に到達していると考えた。⁽¹⁹⁾

パラメータ a, b については(7)式より導かれる次式、

$$\log_e \frac{P(t)}{K - P(t)} = a + bt \quad (11)$$

を最小二乗法によつて求めることによつて得た。勿論、(11)式にあけるパラメータ K は(10)式によつて求めた K の値を用いられ、パラメータ a, b については更に地域間で異なるパラメータ K について調整された変数 $b' = b \cdot K$ を求め、次節以下の分析ではここに求めた調整されたパラメータ b' について回帰分析による要因分析を行う。

パラメータ a, b は $t_p = 0.05$ 以上において求められ、 a, b, K の値は次式

$$t_{p=0.05} = \frac{\log e \frac{0.05}{K-0.05} - a}{b} \quad (12)$$

に代入することによつて求められる。便宜上、昭和30年を原点として換算した。以上に表示されるような計測方法によつて得られた結果を次のように示した。

表1 表 計測結果1 主要農業機械の普及曲線—全国平均データ

表2 表 計測結果2 動力耕耘機の普及曲線—農区別データ

表3 表 計測結果3 動力耕耘機の普及曲線—府県別データ

表4 表 計測結果4 動力脱穀機の普及曲線—府県別データ

表5 表 計測結果5 動力防除機の普及曲線—府県別データ

これらの計測結果より明らかとなるように、これらの Logistic Curve の決定係数 R^2 も極めて高く、種々の農業機械の普及曲線が Logistic Curve によつてよく近似され、本章における Logistic Curve の適用妥当性を示していることが理解される。また、以上で計測された三つのパラメータ— $t_{p=0.05}$ 、 b 、 K について農業機械相互間で、動力耕耘機・動力脱穀機・動力防除機について地域間で変動が存在してゐる。次節

以下の分析では特にこれから三つのパラメータ
一の農業機械相互間及び地域間の変動について
この分析が展開される。

第1表 計測結果1: 水田における主要農業機械の普及曲線

	計測期間	$t_{p=0.05}$	$t_{p=\frac{1}{2}K}$	b	b'	K	R^2
① 電動機	14～42年	21.5	29.4	0.186	0.050	26.8	0.969
② 発動機	10～42年	19.0	27.1	0.214	0.072	33.5	0.879
③ 原動機①②	6～42年	11.8	26.0	0.175	0.106	60.3	0.973
④ 動力脱穀機	8～40年	16.9	28.4	0.203	0.114	56.2	0.972
⑤ 動力耕耘機	31～42年	32.7	37.5	0.500	0.297	59.4	0.992
⑥ 動力噴霧機	31～45年	34.7	38.7	0.339	0.081	24.0	0.969
⑦ 動力散粉機	33～45年	39.0	42.0	0.455	0.119	26.2	0.915
⑧ 動力防除機⑥⑦	31～45年	34.9	40.9	0.362	0.182	50.2	0.946

注) T は昭和30年を基点とした年数で、たとえば $t_{p=0.05}=20.1$ は昭和33年を意味している。

第2表 計測結果2 動力耕耘機の普及曲線—県別データ

	$t_{p=0.05}$	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	0.385	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。

表 3 計劃結果 3 動力耕松機の普及曲線 — 符見別添一

	$t_{p=0.05}$	b	b'	K	R^2		$t_{p=0.05}$	b	b'	K	R^2
青森	2.1	0.458	0.216	47	0.984	盛岡	3.8	0.631	0.414	66	0.984
岩手	3.4	0.525	0.290	55	0.982	京都	0.8	0.543	0.352	65	0.984
宮城	3.9	0.587	0.318	54	0.988	大阪	4.0	0.587	0.265	45	0.860
秋田	1.5	0.431	0.276	64	0.945	兵庫	2.6	0.527	0.336	64	0.979
山形	2.4	0.449	0.334	74	0.955	奈良	4.6	0.564	0.276	44	0.974
福島	2.9	0.537	0.403	75	0.991	和歌山	3.2	0.539	0.265	49	0.973
茨城	4.2	0.675	0.532	79	0.988	鳥取	2.4	0.553	0.364	66	0.976
栃木	3.1	0.617	0.537	87	0.988	島根	4.2	0.541	0.309	57	0.987
群馬	3.0	0.560	0.454	81	0.991	岡山	0.9	0.378	0.260	69	0.935
埼玉	1.6	0.497	0.428	86	0.984	広島	4.3	0.530	0.302	57	0.993
千葉	3.2	0.608	0.463	76	0.880	山口	4.7	0.557	0.318	57	0.981
東京	1.3	0.442	0.221	50	0.966	徳島	3.0	0.451	0.258	57	0.969
神奈川	1.7	0.472	0.297	63	0.974	香川	2.6	0.495	0.325	66	0.953
新潟	1.0	0.465	0.320	69	0.967	愛媛	3.4	0.511	0.251	49	0.999
富山	0.6	0.382	0.226	59	0.979	高知	2.3	0.440	0.246	56	0.836
石川	1.9	0.440	0.251	57	0.972	福岡	2.1	0.417	0.253	61	0.903
福岡	2.7	0.513	0.325	63	0.988	佐賀	1.0	0.408	0.302	74	0.929
山梨	4.2	0.530	0.265	50	0.487	長崎	3.6	0.548	0.334	61	0.982
長野	0.3	0.493	0.286	58	0.983	熊本	4.5	0.557	0.313	56	0.980
岐阜	4.1	0.617	0.401	65	0.988	大分	5.7	0.525	0.246	47	0.976
静岡	3.7	0.513	0.242	47	0.971	鳥取	6.5	0.564	0.272	48	0.989
愛知	4.2	0.606	0.309	51	0.987	鹿児島	8.2	0.543	0.131	29	0.938
三重	3.3	0.530	0.325	61	0.971						

表4 計劃結果4 動力脫穀機の普及曲線——府県別——

	$t_{\text{power}, 0.10}$	b	b'	K	R^2		$t_{\text{power}, 0.10}$	b	b'	K	R^2
青森	-66	0.262	0.115	44	0.937	送路	-4.7	0.350	0.290	83	0.960
岩手	-57	0.259	0.145	50	0.939	京都	-65	0.242	0.189	65	0.910
宮城	-10.3	0.226	0.117	52	0.915	大坂	-6.0	0.299	0.173	58	0.948
秋田	-11.7	0.221	0.147	67	0.898	兵庫	-10.3	0.251	0.196	77	0.913
山形	-12.4	0.228	0.143	64	0.957	奈良	-10.0	0.242	0.157	65	0.846
福島	-9.9	0.237	0.140	60	0.925	和歌山	-8.8	0.256	0.147	57	0.910
茨城	-9.7	0.246	0.163	66	0.906	鳥取	-16.4	0.191	0.129	68	0.871
栃木	-14.3	0.216	0.166	77	0.956	島根	-12.1	0.226	0.131	59	0.948
群馬	-12.7	0.204	0.122	60	0.835	岡山	-10.1	0.246	0.161	65	0.928
埼玉	-20.1	0.161	0.134	83	0.864	広島	-11.7	0.219	0.127	58	0.857
千葉	-9.5	0.260	0.193	75	0.930	山口	-15.9	0.184	0.115	63	0.866
東京	-12.7	0.216	0.131	60	0.950	徳島	-13.1	0.203	0.111	54	0.800
神奈川	-9.4	0.253	0.182	72	0.934	香川	-14.1	0.210	0.159	76	0.833
新潟	-12.6	0.228	0.182	80	0.912	愛媛	-2.7	0.327	0.120	37	0.892
富山	-11.9	0.237	0.203	85	0.923	高知	-3.7	0.325	0.157	48	0.934
石川	-6.7	0.302	0.219	73	0.955	福岡	-12.6	0.221	0.152	69	0.921
福井	-11.7	0.237	0.189	87	0.927	佐賀	-11.5	0.237	0.161	68	0.940
山梨	-6.9	0.258	0.101	40	0.906	長崎	-2.1	0.389	0.161	42	0.754
長野	-5.2	0.281	0.127	45	0.925	熊本	-4.7	0.320	0.163	51	0.904
岐阜	-7.3	0.283	0.196	69	0.965	大分	-5.0	0.292	0.143	49	0.933
静岡	-11.0	0.221	0.124	56	0.907	宮崎	-0.4	0.396	0.127	32	0.955
愛知	-9.7	0.244	0.163	67	0.932	鹿児島	1.5	0.357	0.094	22	0.860
三重	-9.4	0.249	0.161	65	0.932						

表5 計劃結果5 動日防除機の普及曲線——存果別平均

	$t_{p=0.05}$	b	b'	K	R^2		$t_{p=0.05}$	b	b'	K	R^2
青森	-2.7	0.224	0.089	40	0.872	滋賀	9.4	0.470	0.111	24	0.924
岩手	6.2	0.257	0.047	18	0.943	京都	7.6	0.397	0.073	23	0.947
宮城	6.1	0.367	0.100	27	0.942	大阪	5.5	0.311	0.081	26	0.961
秋田	4.4	0.387	0.166	43	0.978	兵庫	6.6	0.435	0.299	53	0.968
山形	4.0	0.391	0.221	56	0.992	奈良	5.6	0.382	0.192	50	0.953
福島	7.7	0.365	0.149	41	0.930	和歌山	-1.8	0.281	0.235	84	0.978
茨城	7.6	0.463	0.206	44	0.943	鳥取	2.9	0.301	0.161	54	0.905
栃木	6.4	0.486	0.262	54	0.972	島根	6.1	0.408	0.215	53	0.937
群馬	6.9	0.424	0.188	44	0.967	岡山	6.0	0.394	0.243	62	0.896
埼玉	6.6	0.519	0.243	47	0.970	広島	5.0	0.416	0.287	68	0.967
千葉	6.4	0.410	0.161	39	0.960	山口	5.5	0.414	0.295	71	0.919
東京	6.8	0.330	0.076	23	0.943	徳島	5.1	0.371	0.206	55	0.936
神奈川	2.9	0.306	0.120	39	0.970	香川	3.9	0.400	0.392	98	0.959
新潟	5.4	0.413	0.176	43	0.955	愛媛	3.2	0.395	0.330	84	0.956
富山	6.3	0.497	0.351	71	0.955	高知	4.8	0.464	0.420	91	0.989
石川	5.8	0.391	0.206	53	0.887	福岡	5.8	0.425	0.286	67	0.952
福井	6.5	0.526	0.320	61	0.930	佐賀	4.2	0.405	0.388	96	0.931
山梨	3.2	0.335	0.134	40	0.983	長崎	6.8	0.466	0.337	72	0.951
長野	0.9	0.286	0.142	50	0.952	熊本	6.0	0.434	0.318	73	0.934
岐阜	6.7	0.352	0.113	32	0.874	大分	6.8	0.392	0.149	38	0.906
静岡	2.4	0.339	0.228	67	0.973	宮崎	7.3	0.490	0.226	46	0.978
愛知	5.8	0.384	0.165	43	0.961	鹿児島	10.1	0.461	0.115	25	0.915
三重	7.4	0.396	0.139	35	0.959						

第4節 技術進歩の普及過程に関する若干の fact-finding

わが国における農業機械化の過程で動力耕耘機の普及の以前に、既に電動機・発動機・動力脱穀機・動力初撈機など定置式機械の普及段階があり、また、現在では動力耕耘機の他に動力防除機、中・大型トラクター、コンバイン、田植機など多くの新しい機械が急速に普及しつつある。第2節において、既存の研究成果と統計資料によつて動力耕耘機の普及過程に関する予備的考察を行つたため、更に進んで上記の種々な農業機械の普及過程との相互比較を行なうことによつて動力耕耘機の普及過程に関する特質をより多く明らかにすることの出来ると同時に、種々な農業機械の普及過程、即ち、技術進歩の普及過程に関するいくつかの事実を指摘することゝ可能とならう。

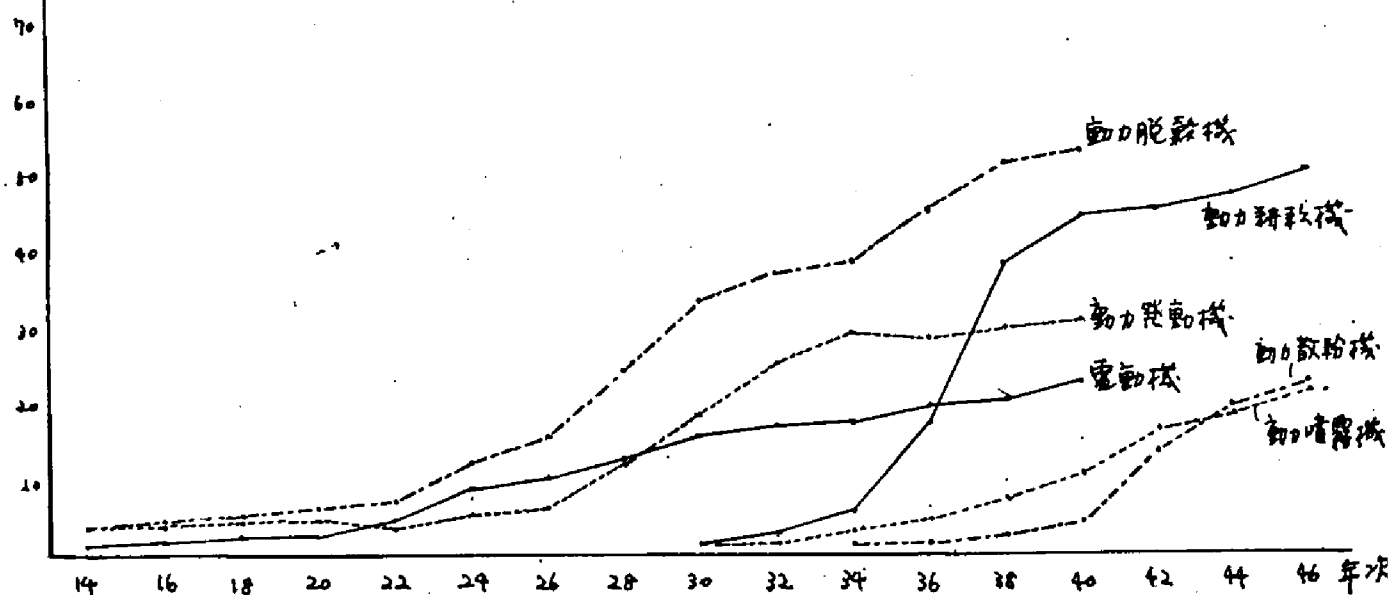
以下では前節で展開した技術進歩の普及過

程に関する議論に基づいて、即ち、上にのべた種々の農業機械の普及過程を Logistic Curve によって把握すること、普及過程の三局面に対応する三つのパラメーター、 $t_p=0.05$ 、 b' 、 k に着目することによってこれらに関する農業機械相互間の比較分析を二つの点から試みる。第一の比較分析は種々の農業機械の普及過程（全国水準）の相互比較分析であり、前掲表1表（計測結果1）の分析が中心になる。表1表は既に普及が飽和水準に到達しているかあるいはそれに近い水準に到達しており、統計的にも整備されている6つの農業機械に関する Logistic Curve の計測結果を示したものである。

パラメーター $t_p=0.05$ についてみれば、農業機械相互間に大きな差異が存在する。これはいうまでもなく、わが国の農業における機械化が表5図に示される如く原動機（電動機→発動機）→動力脱穀機・剥摺機→動力耕耘機→動力防除機（動力噴霧機→散粉機）という順序で展開した事実を端的に示すものであり、

普及率 %

第5図 主要農業機械の普及過程



以下について言及の必要は存せらる。

パラメータ b' についてみれば、これについて農業機械相互間で大きな差異が存在する。この b' について、電動機と発動機を合わせた原動機、動力脱穀機、動力耕耘機及び動力噴霧機と動力散粉機を合わせた動力防除機の4つの農業機械に関する相互比較を行なうと次の二点が指摘されよう。一つは b' の値が新しく普及する農業機械、即ち、 $tp = \frac{1}{2}k$ の値が大きい農業機械ほど大きい傾向がみられること。二つは動力耕耘機に関する b' の値が他の農

業機械のそれに比較して著しく大きいことの
 二点である。第一の指摘はわが国の農業機械
 の普及が加速化されていること、即ち、農業
 機械に関する技術進歩の普及が加速化されて
 きていること、第二の指摘はわが国の農業に
 おける動力耕耘機の普及が他の農業機械の普
 及に比較していかに急速に普及したかを示す
 ものであり、また、わが国の農業における動
 力耕耘機の重要性の著しく高いことを意味す
 るものである。

バウメーターについてみれば、これは先
 にみたバウメーター $t_p=0.05$ 、 b' に比較して農業
 機械相互間の差異は小さく、4つの農業機械
 についてほぼ50~60%の値をとっている。
 これを特に普及が飽和水準に到達している原
 動機、動力脱穀機、動力耕耘機についてみれ
 ばほぼ60%の値をとる。いまこの問題にし
 ている農業機械は個人所有を主な所有形態と
 しており、わが国における個人所有形態を主
 とする農業機械の普及の飽和水準、即ち、農

業機械に関する技術進歩の普及の飽和水準がおよそ60%の値であることを示していると考ええる。

才二の比較分析は種々な農業機械の普及過程(府県別水準)に関する農業機械相互間及び地域間の比較分析であり、前掲計測結果3、4、5より作製された才6表、才7表の分析が中心になる。

計測結果3、4、5は府県別の Logistic Curve の計測を可能とすることが統計資料の整備されており、しかもわが国における主要な農業機械である動力脱穀機、動力耕耘機及び動力防除機²⁰⁾に関する Logistic Curve の計測結果であり、才6表、才7表はこれらの計測結果をもとに三つのパラメータ $-tp=0.05$ 、 b' 、 K の上位6府県、下位6府県をそれぞれ示したものである。これらに関する才1の問題は特定のパラメータについて一つの農業機械で上位を占める府県が他の農業機械についても同様に上位を占めるか、才2の問題は逆に特定のパラメータ

表6 10.3×9-tp=0.05, b', K に因り上位6都府県

(247)

		1	2	3	4	5	6
tp =0.05	動力脱穀機	埼玉 -20.1	鳥取 -16.4	山口 -15.9	栃木 -14.3	香川 -14.1	徳島 -13.1
	動力耕耘機	長野 0.3	富山 0.6	京都 0.8	岡山 0.9	佐賀 1.0	新潟 1.0
	動力防除機	青森 -2.7	和歌山 -1.8	長野 0.9	静岡 2.4	神奈川 2.9	鳥取 2.9
b'	動力脱穀機	滋賀 0.290	石川 0.219	富山 0.203	岐阜 0.196	兵庫 0.196	千葉 0.193
	動力耕耘機	栃木 0.587	茨城 0.532	千葉 0.463	群馬 0.454	埼玉 0.428	滋賀 0.414
	動力防除機	高知 0.420	香川 0.392	佐賀 0.388	富山 0.351	長野 0.337	愛媛 0.330
K	動力脱穀機	富山 85	埼玉 83	滋賀 83	福井 81	新潟 80	兵庫 77
	動力耕耘機	栃木 87	埼玉 86	群馬 81	茨城 79	千葉 76	福島 75
	動力防除機	香川 98	佐賀 96	高知 91	和歌山 84	愛媛 84	熊本 73

表7 10.3×9-tp=0.05, b', K に因り下位6都府県

		40	41	42	43	44	45
tp =0.05	動力脱穀機	熊本 -4.7	高知 -3.7	愛媛 -2.7	長崎 -2.1	宮崎 -0.4	鹿児島 1.5
	動力耕耘機	熊本 4.5	奈良 4.6	山口 4.7	大分 5.7	宮崎 6.5	鹿児島 8.2
	動力防除機	京都 2.6	茨城 2.6	福島 2.7	宮城 2.1	滋賀 2.4	鹿児島 10.1
b'	動力脱穀機	宮城 0.117	青森 0.115	山口 0.115	徳島 0.111	山梨 0.101	鹿児島 0.094
	動力耕耘機	大分 0.246	静岡 0.242	富山 0.226	東京 0.221	青森 0.216	鹿児島 0.131
	動力防除機	宮城 0.100	京都 0.093	青森 0.089	大阪 0.081	東京 0.076	岩手 0.047
K	動力脱穀機	青森 44	長崎 42	山梨 40	愛媛 37	宮崎 32	鹿児島 22
	動力耕耘機	宮崎 48	大分 47	静岡 47	青森 47	大阪 45	鹿児島 24
	動力防除機	大阪 26	鹿児島 25	滋賀 24	京都 23	東京 23	岩手 18

一について一つの農業機械で下位を占める存
 景。他の農業機械についても同様に下位を占
 めるものがある。二点である。

パラメータ $tp=0.05$, b , k に関して動力脱穀機
 、動力耕耘機、動力防除機のいずれの二つあ
 るいはこれらの三つの農業機械について其に上
 位6存景に入る存景及び其に下位6存景に入
 る存景は表3表4表5表から次の如く整理し
 て示される。

上位6存景

パラメータ $tp=0.05$: 鳥取—動力脱穀機2位、動力防除機6位

長野—動力耕耘機1位、動力防除機3位

パラメータ b : 滋賀—動力脱穀機1位、動力耕耘機6位

千葉—動力脱穀機6位、動力耕耘機3位

パラメータ k : 埼玉—動力脱穀機2位、動力耕耘機2位

下位6存景

パラメータ $tp=0.05$: 熊本—動力脱穀機40位、動力耕耘機40位

宮崎—動力脱穀機44位、動力耕耘機44位

鹿児島—動力脱穀機45位、動力耕耘機45位

動力防除機45位

パワー-9-b' : 宮城—動力脱穀機 40位、動力防除機 40位
青森—動力脱穀機 41位、動力耕耘機 44位
動力防除機 42位。

東京—動力耕耘機 43位、動力防除機 44位

鹿児島—動力脱穀機 45位、動力耕耘機 45位

パワー-9-k : 青森—動力脱穀機 40位、動力耕耘機 43位

宮崎—動力脱穀機 44位、動力耕耘機 40位

大阪—動力耕耘機 44位、動力防除機 40位

鹿児島—動力脱穀機 45位、動力耕耘機 45位

動力防除機 41位

以上の整理によつて明らかとなる如く、各パワー-9-に於いて2つ以上の農業機械に上位6位に属する府県は1~2県であり、しかもこれらは全て異なる府県であるが他方、各パワー-9-について2つ以上の農業機械に下位6位までに属する府県は3~4県あり、しかもこれらのなかで鹿児島・宮崎・青森は2つ以上のパワー-9-について下位6位に属している。これらの事實は先に提起した2つの問題に對して、即ち、次の問題については

特定のバウメーカーについて一つの農業機械で上位を占める府県が他の農業機械についても上位を占める case は比較的稀であり、他方、次の問題については特定のバウメーカーについて一つの農業機械で下位を占める府県が他の農業機械についても下位を占める case は比較的多いという解答を示唆するものである。より一般的に換言すれば、技術進歩の普及過程の3つの局面において、上位を占める府県は必ずしも一定の傾向をもって現われないうが、下位を占める府県は前者に比較すれば相対的に一定の傾向をもって現われる程度が高いという一つの仮説を提示するものである。勿論、この仮説は他の多くの分析によって検証するべきものであることはいうまでもない。

第5節 技術進歩の普及過程に関する要因分析

1) 変数選択

第3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パラメータを導出し
、それら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パラメータの
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。この要因分析にあ
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需要側面にか
かるとする要因によっても規定されるのみでなく、

同時に販売過程も含めた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。才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、本節に於ける動力耕耘機の普及に関する分析は、全国を12地域に分けた農区（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）の水準及び北海道を除く45都府県の水準で行われ、したがって、ここでも選択される変数はそのような農区水準及び都府県水準の分析に有効なものが選択されなければならぬという理解である。

特に、以上に示した才一の基本的理解は重要である。わが国に於ける農業機械化、その中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デモニスト・レーン効果説、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。

他方、工屋至造氏は上に示すような諸見解の

零細な経営規模、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」の下で経済合理的な視点からの再検討を行なった²²⁾。先に示した才一の基本的理解はこのように農業機械化、特に動力耕耘機の普及に関わる従来の諸見解を考慮したものである。

以上を示すように三つの基本的理解に基いて、本節の分析において考慮される変数のリストを才も表に示した。以下の分析では順次才も表に示した諸変数と三つのパラメータ α, β, K の間の要因分析を農区別データ及び

第8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} : 農村貸金(男女平均)(昭和42年)資料; 『農村物価貸金統計』
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』

府県別データを用いて回帰分析によって行なう。こ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、通常の回帰係数と標準化係数²³⁾（一般に β 係数といわれるものである）の二つの回帰係数による分析がなされる。

2) 農家別データによる要因分析

1) $t_p=0.05$ の要因分析

パウデータ - $t_p=0.05$ の地域間の変動を規定する要因として考慮した変数は表8表に示した $X_1 \sim X_5$ の5つの変数である。 X_1, X_2, 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。

パウデータ - $t_p=0.05$ とこれらの変数及び変数相互間の単純相関係数は表9表に示した。表

表7 変数間単純相関係数

	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

表7より明らかに、 $t_{p=0.05}$ と $X_1 \sim X_5$ の各変数との間には全て負の相関係数がある。この関係は特に $t_{p=0.05}$ と X_1 との間は強く、 X_3 との間では比較的弱い。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) などより程早く、10a当り水稲収量 (X_4) によって示される農家の技術進歩導入に討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という関係が示される。特に $t_{p=0.05}$ は農家所得より程早い、経営面積より程遅い、 $t_{p=0.05}$ が早いという関係は

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は回帰線(13)～(14)によって示される。

$$\log t_{p=0.05} = 5.409 - 1.893 \log X_1 - 0.626 \log X_5 \quad R^2 = 0.699 \quad (13)$$

(0.588) (0.284)
(-0.600) (-0.411)

$$t_{p=0.05} = 13.193 - 0.025 X_1 - 0.791 X_5 \quad R^2 = 0.627 \quad (13')$$

(0.008) (0.699)
(-0.695) (-0.238)

$$\log t_{p=0.05} = 1.389 - 1.715 \log X_4 - 1.010 \log X_5 \quad R^2 = 0.695 \quad (14)$$

(0.540) (0.254)
(-0.533) (-0.663)

$$t_{p=0.05} = 13.182 - 2.661 X_4 - 1.863 X_5 \quad R^2 = 0.590 \quad (14')$$

(0.884) (0.642)
(-0.581) (-0.561)

但し、上段()は回帰係数の標準誤差を示し、下段()はt係数を示すものである。以下の全ての回帰式についても同様である。

これらの回帰式(13)～(14)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。²⁴⁾ この表は以下パラメータ a, b, k の場合についても同様である。回帰式(13)～(14)から明らかに、パラメータ $t_{p=0.05}$ と変数 $X_1 \sim X_5$ の間の回帰関係に

いて、 $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$ $t_p=0.05$ と X_1 、 X_5 対数線型の回帰関係 (13)、もう一つは $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$ $t_p=0.05$ と X_4 、 X_5 の同数の対数線型の回帰関係 (14) が説明力の高い。前者は $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$ $t_p=0.05$ 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) によっておおよそ割りで説明されること、 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 $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$ $t_p=0.05$ 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、 $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$ $t_p=0.05$ の地域間の変動が、10a 当たり収量 (X_4) 及び農機具小売店数 (X_5) によっておおよそ割りで説明されること、 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 当たり収量よりも $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$ $t_p=0.05$ の地域間の変動をより多く説明することを示している。

ii) b' の要因分析

$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$ の地域間の変動を規定する要因として考慮した変数は表に示される 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_8 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10表 変数間単純相関係数

	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	-0.0253	1	
b'	0.6115	-0.4113	0.3618	0.5254	1

パラメータ b' とこれらの変数及び変数相互間の単純相関係数を第10表に示した。第10表より明らかなように、パラメータ b' と X_6 、 X_9 の間には正の相関関係が、パラメータ b' と X_7 との間には負の相関関係があり、この関係は特にパラメータ b' と X_6 、 X_9 の間で比較的強く、 X_7 、 X_8 との間では比較的弱い。即ち、動力耕耘機の普及過程にある調整の速度 b' は非農業所得成長率 (X_6)、経営面積 (X_9)、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_4)が大きい程早く、畜力普及指数(X_7)が大きい程あそいといいう関係が示される。しかし、これらの相関関係は他のパラメータ $t_{p=0.05}$ 、 K についてみられる相関関係に比較して弱い。

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(15)~(16')を示した。これらの回帰式(15)~(16')によって示されるように、パラメータ b' と変数 X_6 ~ X_9 の間の回帰関係において、一つはパラメータ b' と X_7 、 X_8 、 X_9 の間の対数線型関係、もう一つはパラメータ b' と X_6 、 X_8 の間の対数線型関係の説明力の比較的高い。前者はパラメータ b' の地域間の変動が旧技術の普及のゆきつぐ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あおよそ5.5割説明されること、相関係数によって理解されるように、農家自家用車普及率がパラメータ 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

種の説明する割合は小さい。

$$\log b' = -1.090 + 0.610 \log X_7 + 0.367 \log X_8 + 0.692 \log X_9 \quad (15)$$

(0.314) (0.224) (0.217)
(0.871) (0.333) (1.430) $R^2 = 0.549$

$$\log b' = -1.342 + 0.725 \log X_6 + 0.288 \log X_8 \quad R^2 = 0.400 \quad (16)$$

(0.262) (0.258)
(0.648) (0.261)

$$b' = -0.001 + 0.018 X_6 + 0.061 X_8 \quad R^2 = 0.389 \quad (16')$$

(0.007) (0.042)
(0.610) (0.340)

後者はパラメータ b' の地域間の変動は非農業所得成長率、1戸当り経営面積によって4割の説明できること、 β 係数より理解できるように、非農業所得成長率のパラメータ 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割合は少ないことを示している。

iii) Kの要因分析

パラメータ 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表1に示す $X_{10} \sim X_{16}$ の7つの変数である。変数 $X_{10} \sim X_{14}$ は動力新機械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。

第11表 変数間単純相関係数

	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}	0.2764	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	0.7493	0.2498	1	
K	0.6765	0.6981	0.4719	0.4843	0.4446	0.4134	0.8061	1

パウメータ-Kとこれらの変数及び変数相互間の単純相関係数を第11表に示した。第11表より明らかなように、パウメータ-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、パウメータ-Kと X_{10}, X_{11}, X_{16} の各変数との相関関係は比較的強く、 $X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}$ 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・技術的摩擦に對するあらゆる調整が完了した後到達可

る普及の飽和水準 K は変数 $X_{10} \sim X_{16}$ の大まかに高いという関係が示され、この関係はバウ X- η - K と X_{10}, X_{11}, X_{16} との間で比較的強く、 $X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}$ との間で比較的弱い。以上の関係に関する回帰分析の主要な結果は回帰式 (17) ~ (19) によって示される。

$$\log K = 0.031 + 1.272 \log X_{10} - 0.895 \log X_{12} + 0.598 \log X_{16} \quad (17)$$

$(0.471) \quad (0.362) \quad (0.220)$
 $(0.848) \quad (-0.693) \quad (-0.611)$

$$R^2 = 0.734$$

$$K = 8.818 + 0.114 X_{10} - 0.435 X_{12} + 25.912 X_{16} \quad R^2 = 0.683 \quad (17')$$

$(0.058) \quad (0.234) \quad (8.833)$
 $(0.739) \quad (-0.662) \quad (0.727)$

$$K = 13.462 + 0.029 X_{11} - 0.455 X_{13} + 28.652 X_{16} \quad R^2 = 0.664 \quad (18)$$

$(0.018) \quad (0.455) \quad (10.439)$
 $(0.346) \quad (-0.262) \quad (0.800)$

$$K = 27.154 + 0.059 X_{10} - 0.757 X_{13} + 30.641 X_{16} \quad R^2 = 0.629 \quad (19)$$

$(0.045) \quad (0.524) \quad (10.993)$
 $(0.639) \quad (-0.435) \quad (0.855)$

これらの回帰式によって示されるように、バウ X- η - 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は他のバウ X- η - $t_{p=0.05}$ 、 b' に比較して強くある。これらのうち、主要な結果について示されておれば、一つは (17) 式によって示されるものであり、バウ X- η - K の地域別の変動は 1 戸当り

農業所得、経営面積、農機具小売店数との間の
 対数線型関係によっておよそ7.3割が説明さ
 れること、 β 係数より理解されるようにパラ
 メータ 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(18)
 式によって示されるものであり、パラメータ
 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
 との間の線型関係によっておよそ6.6割が説明
 されること、 β 係数より理解されるように、
 パラメータ 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(19)式
 によって示されるものであり、パラメータ
 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
 の間の線型関係によっておよそ6.4割が説明さ
 れること、 β 係数より理解されるように、パ
 ラメータ 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。

3) 府県別データによる要因分析

以上で農区別データを用いて動力耕耘機の
普及過程に関する要因分析を三つの局面につ
いて行なったが、更に府県別データを用いて
同様の分析を展開する。以下の分析で明らか
になるように、農区別データによる計測結果
と府県別データによる計測結果との間に若干
の相違点が存在する。以下特にこの点に限定
して分析を展開するが、いうまでもなく、分
析の方法は農区別データによる分析の場合と
全く同様である。

次頁の才12表～才14表にパラメータ - $t_{p=0.05}$
と変数 $X_1 \sim X_5$ 、パラメータ - b' と変数 $X_6 \sim X_9$ 、
パラメータ - K と変数 $X_{10} \sim X_{16}$ 及びこれらの
変数相互間の単純相関係数を示した。農区別
データによる単純相関係数と比較して、府県

表12 多数间单纯相关系数

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$t_{p=0.05}$
X_1	1					
X_2	0.7681	1				
X_3	0.1985	0.4684	1			
X_4	0.4313	0.3529	0.1792	1		
X_5	0.4139	0.3960	0.3692	0.1411	1	
$t_{p=0.05}$	-0.4950	-0.3787	-0.2433	-0.3858	-0.3489	1

表13 多数间单纯相关系数

	X_6	X_7	X_8	X_9	b
X_6	1				
X_7	-0.5740	1			
X_8	-0.1993	0.2056	1		
X_9	0.5962	0.5740	-0.2564	1	
b	0.2438	-0.0675	0.3418	0.2643	1

表14 多数间单纯相关系数

	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	K
X_{10}	1							
X_{11}	0.1442	1						
X_{12}	0.7850	-0.1339	1					
X_{13}	0.6468	0.0610	0.9039	1				
X_{14}	0.9600	0.6938	-0.5303	-0.3272	1			
X_{15}	-0.0573	0.7095	-0.3195	-0.2020	0.5491	1		
X_{16}	0.6414	0.1401	0.7027	0.6921	-0.1414	0.0451	1	
K	0.4750	0.1916	0.4544	0.4080	-0.0376	0.2854	0.6836	1

別データによる単純相関係数は小さいが、相関係数の変動はほぼ同様な変動傾向を示している。

他方、三つのパラメータと諸変数との間の回帰式、即ち、パラメータ $t_p=0.05$ と変数 $X_1 \sim X_5$ 、パラメータ b' と変数 $X_6 \sim X_9$ 及びパラメータ k と変数 $X_{10} \sim X_{16}$ との間の線型及び対数線型の回帰式を府県別データによって計測すると農区別データによる計測結果との間に若干の相違点が存在する。一つの大なる相違点は農区別データによる回帰式の決定係数に比較して府県別データによる回帰式の決定係数が著しく低くなる点であり、ほとんど採用し得ないものであった。そこで府県別データを使用しつつ農区に関するカミ変数 $X_{17} \sim X_{20}$ を新たに加えて先の計測と同様の計測を行った。このようにして計測された回帰式の決定係数は農区別データによる計測の場合に比較して若干低いが、農区に関するカミ変数を導入することによって決定係数は大きく改

善された。

ここで農区別データに於ける計測に加え、農区に属するカミ一変数を導入して府県別データに於ける計測を行なうのは後者が前者に比較して計測上のより多くの情報を提供すると考えらるであり、以下この点を考慮しつつ府県別データに於ける計測結果の分析を行なう。

パウ_イ×_イ - $t_{p=0.05}$ を従属変数、変数 $X_1 \sim X_5$ を独立変数とする回帰式の形で決定係数の比較的高く、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は次式である。

$$t_{p=0.05} = 14.892 - 3.459X_3 - 0.579X_5 + \sum_{i=17}^{28} \delta_i X_i \quad R^2 = 0.331 \quad (20)$$

(2.334) (0.551)
(-0.463) (-0.184)

これはパウ_イ×_イ - $t_{p=0.05}$ の地域間の変動の1戸当り経営面積(X_3)及び農機具小売店数(X_5)との間の線型関係に於ておおよそ3.3割説明されること、 β 係数に於て理解されるようには、

1戸当り経営面積のパウ_イ×_イ - $t_{p=0.05}$ の地域

同の変動をより多く説明し、農機具小売店数の説明する部分の小さいことを示している。農区別データによる計測結果ではパラメータ $t_p=0.05$ と 1 戸当り農家所得 (X_1)、農機具小売店数 (X_5)、及びパラメータ $t_p=0.05$ と 10 a 当り水稻収量 (X_9)、農機具小売店数 (X_5) との間の線型、対数線型関係の説明力の高く、経営面積は有意な説明変数ではないことが、府県別データによる計測結果では経営面積の有意な変数として含まれ、しかも係数に示されるように経営面積のパラメータ $t_p=0.05$ の地域同の変動を説明する最も重要な変数であることと示している。

パラメータ b' を従属変数、変数 $X_6 \sim X_9$ を独立変数とする回帰式のなかで決定係数の比較的高く、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は次式である。

$$\log b' = -1.961 + 0.202 \log X_7 + 0.629 \log X_8 + 0.143 \log X_9 + \sum_{i=10}^{28} \delta_i \log X_i \quad (21)$$

(0.132)
(0.253)
(0.115)
 $R^2 = 0.536$

(0.350)
(0.670)
(0.210)

$$\log b' = -1.923 + 0.189 \log X_7 + 0.653 \log X_8 + \sum_{i=1}^{28} \beta_i \log X_i \quad R^2 = 0.527 \quad (22)$$

(0.133)
(0.255)

(0.326)
(0.695)

これはパウメータ - b' の地域間の変動に畜力普及指数 (X_7)、1戸当り経営面積 (X_8)、農家自家用車普及率 (X_9) との間の対数線型関係によつてあつたと説明されること、 β 係数によつて理解されるように1戸当り経営面積のパウメータ - b' の地域間の変動を最も強く説明し、次いで畜力普及指数、農家自家用車普及率であり、しかも後者2変数は前者に比較してかなり小さくなつてゐる。更に別データによつて計測結果では一つはパウメータ - b' と畜力普及指数 (X_7)、1戸当り経営面積 (X_8)、農家自家用車普及率 (X_9)、一つはパウメータ - b' と農業所得成長率 (X_{10})、1戸当り経営面積 (X_8) との間の対数線型関係の説明力の比較的高く、いずれの回帰式にあつても1戸当り経営面積が有意な説明変数として含まれてゐる。 β 係数によつて理解されるように、これらの回帰式にあつて前者では特に農家自家用車普及率の、後

者では非農業所得成長率がいう $X - \eta - b'$ の地域間の変動を説明する重要な変数であることとを示している。この点で府県別データによる計測結果と農区別データによる計測結果とで異なっている。

いう $X - \eta - K$ を従属変数、変数 $X_{10} \sim X_{16}$ を独立変数とする回帰式のなかで決定係数が比較的高く、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は次式である。

$$\log K = 2.732 - 0.236 \log X_{10} + 0.587 \log X_{12} + 0.295 \log X_{15} + 0.220 \log X_{16} + \sum_{i=17}^{29} \delta_i \log X_i$$

(0.195)	(0.263)	(0.099)	(0.167)	
(-0.229)	(0.231)	(0.506)	(0.304)	$R^2 = 0.657$ (23)

$$\log K = 2.609 - 0.404 \log X_{11} + 0.421 \log X_{12} + 0.341 \log X_{15} + 0.180 \log X_{16} + \sum_{i=17}^{29} \delta_i \log X_i$$

(0.303)	(0.248)	(0.116)	(0.163)	
(-0.298)	(0.166)	(0.586)	(0.586)	$R^2 = 0.661$ (24)

$$\log K = 3.139 - 0.584 \log X_{11} + 0.446 \log X_{13} + 0.365 \log X_{15} + 0.288 \log X_{16} + \sum_{i=17}^{29} \delta_i \log X_i$$

(0.305)	(0.307)	(0.120)	(0.129)	
(-0.404)	(0.336)	(0.627)	(0.397)	$R^2 = 0.652$ (25)

これはいう $X - \eta - K$ の地域間の変動からいう $X - \eta - K$ と 1 戸当り農家所得 X_{11} 、1 戸当り経営面積 X_{12} 、農家自家用車普及率 X_{15} 、農機具小売店数 X_{16} 、という $X - \eta - K$

と 1 戸当り農家所得 (X_{11})、1 戸当り経営面積 (X_{12})

、農家自家用車普及率 (X_{15})、農機具小売店数 (X_{16})

、三つばう $X - \text{タ} - K$ と 1 戸当り農家所得

、基幹従事者 1 人当り経営面積 (X_{13})、農家自家用車普及率 (X_{15})、農機具小売店数 (X_{16}) との間の対

数線型関係によっておおよそ 6.5割説明されるこ

と、 β 係数によって理解されるように、いず

れの回帰式においても農家自家用車普及率の

ばう $X - \text{タ} - K$ の地域間の変動を説明する最

も重要な変数である。これはばう $X - \text{タ} - K$ の

場合と比較して 1 戸当り経営面積のこ

のばう $X - \text{タ} - K$ の地域間の変動を説明す

る最も重要な変数であるという点と異なっ

て、

他方、農区別 $\text{タ} - \text{タ}$ による計測結果と比較

すると、この場合いずれの回帰式にも農家自

家用車普及率が有意な変数として含まれてい

ないといふ点で府県別 $\text{タ} - \text{タ}$ による計測結果

と異なる。また、 β 係数によって示される如

く、農区別 $\text{タ} - \text{タ}$ による計測結果において

才1の回帰式では1戸当り農業所得が、才2・
 才3の回帰式では農機具小売店数がパウ×
 一タ一Kの地域間の変動を説明する最も重要
 な変数であり、府県別データによる計測結果
 においてはいずれの回帰式でも農家自家用車
 普及率であるという点で両計測結果は異なっ
 ている。

4) 手段使用的技術進歩の普及と規模要因
 以上、動力耕耘機の普及過程について農
 別データによる要因分析と府県別データによ
 る要因分析を示した。動力耕耘機という分
 割不可能な手段使用的技術進歩の普及にと
 っ最も関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ぬ。これはいうま
 でもなく、前章における技術進歩の採用に関
 する規模別農家間のtime-lagという問題への計
 量分析による接近でもある。本章の分析にお
 ける規模要因は前掲才8表に示した如く、パ
 ウ×一タ一tp_{area}について1戸当り経営面積

(昭和30年) (X_3) $\log x - \tau - b'$ についで、1戸当り経営面積(昭和35年) (X_8) $\log x - \tau - k$ についで、1戸当り経営面積(昭和40年) (X_{12})、葛幹雄事者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 $\log x - \tau - tp=0.05$, b' , k との関連を前掲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。先づ表3別添一に示る分析結果から示される。

$\log x - \tau - tp=0.05$ と経営面積 (X_3) の間の相関係数は -0.4272 で、規模が大きくなる程理論的に推定される普及率の5%に下る timing $tp=0.05$ は早いという関係が認められる。 $\log x - \tau - tp=0.05$ 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係数は弱い。また、回帰分析において経営面積を有意な変数とせる回帰式は得られなかった。

$\log x - \tau - b'$ と経営面積 (X_8) の間の相関係数は 0.3618 で、規模が大きくなる程普及過程における調整の速度 b' は大きいという関係が認めら

れら、パラメータ- 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を有意
な変数とする回帰式(15)式、(16)式が得られた。
これらの回帰式においていずれも普及過程に
おける調整の速度 b' が規模の増大と共に早ま
る関係が示されるが、これを β 係数によつて
みると(15)式及び(16)式いずれにおいても他の変
数に比較して小さく、したがつて、パラメー
タ- b' と規模要因との関係の弱いことを示さ
れる。

パラメータ- k と1戸当り経営面積(X_2)、基
幹従事者1人当り経営面積(X_3)の間の相関係数
は0.4719、0.4843で、規模が大きう程あらゆる調
整の俊到達する普及水準 k は高いという関係
が認められる。パラメータ- 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、農家所得、農機具小売
店数に比較して弱い。他方、回帰分析におい
て1戸当り経営面積を有意な変数とする回帰

式(17) 基幹従事者1人当り、経営面積を有意な
変数とする回帰式(18)~(19)を得たが、これらの
回帰式における二つの変数の偏回帰係数の符
号は負の相関係数とは逆の結果であり、また
変数 X_{12} の β 係数は他の変数とほぼ同じ下
で、 X_{13} の β 係数は他の変数のそれに比較して小さい
。以上のことからこれらの二つの変数がそれぞ
れ X_{12} と X_{13} とを規定する程度は弱いと判
断される。

以上にみよふに、農区別データを利用し
た計画による動力耕耘機の普及過程に
おいてこの X_{12} と X_{13} とを規定する程度は弱いと判
断される。この関係は相関係数でも、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の分割不
可能手段使用の技術進歩でありにもかかわ
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。しかし、村
集別データによる分析結果についてみれば、

以上に指摘されることは逆の結果に指摘される。

$\log X - Y - t_{p=0.05}$ と経営面積 (X_p) の間の相関係数は -0.2433 で極めて低く、他の変数と $\log X - Y - t_{p=0.05}$ の間の相関係数と比較しても最も低い。しかし、これを重回帰分析によつてみると経営面積は有意な変数とすることができる (20) 式にある。回帰係数は -3.459 で経営面積が 1 単位増加することによつて理論的に推定される普及率が 5% に及ぶ timing は大きく早まる関係を示され、また、 β 係数によつてみると他の変数に比較して極めて大きく、経営面積によつて $\log X - Y - t_{p=0.05}$ の府県間の差の約 3% の部分が説明されることを示している。

$\log X - Y - b'$ と経営面積 (X_p) の間の相関係数は 0.3418 であり、かなり近い相関係数である。他の変数と $\log X - Y - b'$ との間の相関係数に比較すれば最も高い。これを重回帰分析によつてみると、経営面積は有意な変数として含む回帰式 (21)、(22) 式にある。回帰係数は

各々 0.629, 0.653 で他の変数に比較して特に大きく、経営面積の1単位の増加によつて普及過程における調整の速度がかなり早く存する。とが示されると同時に、 ρ 係数は各々 0.670, 0.695 で他の変数に比較して特に大きく、経営面積によつてパラメータ- b の存量同の変動の多くの部分が説明されることを示している。

パラメータ- 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})の間の相関係数は各々 0.4544, 0.4080 で必ずしも高くはないが、他の変数とパラメータ- K との間の相関係数に比較すれば最も高い方である。これを回帰分析によつてみると、1戸当り経営面積を有意変数とすると(23)、(24)式において回帰係数は各々 0.587, 0.421、基幹従事者1人当り経営面積を有意変数とすると(25)式において回帰係数は 0.446 で各々の変数の1単位増加することによつてパラメータ- K が高まる関係が示される。しかし、 ρ 係数をみると他の変数に比較してこれよりも小さく、これらの変数のパラメータ-

夕-Kの府県間の変動を説明する割合は小さい。

以上にみえるように府県別データによる計測結果では動力耕耘機の普及過程において三つのパラメータ- $t_{p=0.05}$ 、 b' 、 K と規模要因との間には一定の関係が認められる。換言すれば、規模要因は分割不可能な手投使用の技術進歩である動力耕耘機の普及過程の各々の局面を規定する重要な要因であるといえる。

第6節 以下に

農業における技術進歩の普及過程に関する理論的・計量的研究はこれまでにほとんど展開されていない分野であった。しかし、以上の分析によって明らかにされた如く、技術進歩の動態過程を明らかにする極めて重要な研究分野である。本章の研究は動力耕耘機の普及過程に関する Logistic Curve の計測とそこから導き出される三つのパラメータ a 、 b 、 K に関する要因分析を中心に展開された。更に農業機械に対する投資論的接近、需要理論的接近と密接な関係にあり、これらを加えた普及過程に関する研究の展開がこの分野における主要な課題の一つといえよう。

注1) 「技術進歩のあぐれ」に因りる問題を分析したものととして文献(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」に因りる研究において、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(26)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(役用用牛を以て馬)を併せて所有する農家の5.6%、動力耕耘機のみ所有する農家の9.4%、畜力のみ所有する農家の34.5%、いずれも所有しない農家の50.5%あったことが示される(農業調査結果)。

4) 文献(4)、(23)参照

5) 文献(2)参照

6) 文献(11)、(12)、(13)参照

7) わが国の農業機械化に因りる主要文献の解説と莫大の文献リストを含んだ文献として次のものがある。農林省図書館編『農業機械の文献』、1958年5月 財団法人日本農業文庫

8) 動力耕耘機に因りる文献は極めて多く、中でも文献(9)は以上の問題を体系的に論じたものである。

9) 文献(28)参照

10) 文献(21)参照

11) 文献 (16), (24) 参照

12) 文献 (16), (24) 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
 革新者を革新者 (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、それぞれ普及過程
 における一つの時期として区画した。

14) Logistic Curve に関する一般的属性を概説した文献として (14)、
 (25) がある。

15) 勿論、一定水準 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中で重要な地位を占
 める E. ロジャースの研究との連続性を考慮して、本章の分析では 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。

16) 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して、たと
 えは文献 (16), (25) 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
 して、たとえば文献 (16), (25), (27) 参照。

17) Logistic Curve の計測方法を示したものとして、たとえば文献 (14)、
 (25) 参照

18) 本章における Logistic Curve の計測方法は Griliches (2) の方法に依る。

参考文献

- [1] Goldberger, A. S., "Econometric Theory", 1964, 福地・孫口訳『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 States, 1921-57," Harberger, A. C., eds., *The Demand for Durable Goods* 1960
- [4] 指本 志良 「わが国の農業における技術進歩測定と集計的生産関数：展望」『農業計算学研究』No. 3 1969年2月
- [5] ——— 「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
- [6] ——— 「農業における技術進歩と現糧の経済性」『近代農学論集』1971年3月 養賢堂
- [7] ——— 「動力耕耘機の普及過程に関する計量分析」『農業計算学研究』No. 7 1973年3月
- [8] 神谷・伊藤 「耕耘機と従畜の有利性比較」岡田・神谷編『日本農業機械化の分析』1960年6月 創文社
- [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

『農業機械化の課題』1962年12月 農政調査委員会

- [10] 久守 勝男 「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

- 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, 星沢一清訳『生産性と技術進歩』1964年12月 好学社
- (20) 清水浩『日本における農業機械化の展開』1957年9月 農林水産省生産性向上会議
- (21) ———, 「機械化の進展と退化」農業発達史調査会編『日本農業発達史』第8巻』1956年5月
- (22) 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
- (23) 新谷正寿「わが国農業の技術進歩計画の系譜：展望」西南学院大学経済学論集 第6巻 第1号 1971年6月
- (24) 武井昭『日本農業の機械化とその経営的分析』1971年1月 大明堂
- (25) Tinbergen, G., "Econometrics", 1952 徳重善文訳『計量経済学』1966年10月 文雅堂
- (26) 車畑精一「農業における技術の発展」『経済学論集』Vol. 2 No. 6, 昭和27年
- (27) 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
- (28) 吉田忠「農業経営上に見た動力耕作機械の技術的性格」『農業機械学会 関西支部報』1960年6月