

稲作の技術進歩の性格の計測

誌名	農林業問題研究
ISSN	03888525
著者	加古, 敏之
巻/号	15巻1号
掲載ページ	p. 18-25
発行年月	1979年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



稲作の技術進歩の性格の計測

加 古 敏 之

1. はじめに

日本の稲作技術は1960年以降著しい変化・発展をとげ、新段階を画した。新段階の稲作を特徴づけるのは機械化・化学化を両輪とする工業化、ならびにそれと密接に関連する生産の組織化である。この工業化された稲作では、化石燃料のエネルギーを多く利用し、その生産力の基礎をますます機械、化学肥料、農薬等の工業部門から供給される生産要素におくようになった。とりわけ、生産過程の機械化は農業生産力を規定する決定的に重要な要素となっており、機械を中核とする稲作技術体系の確立が近年急速に進展してきている。

こうした稲作の工業化・組織化は、1950年代後半から始まる日本経済の高度成長の強い影響の下に進行した。重化学工業を中心とする経済成長は、一方において土地、労働等の本源的生産要素への需要を増大させ農業部門からこうした生産要素の流出を引起こした。この結果、農業部門における土地、労働の賦存量は減少し、地価、労賃は急騰した。農業関連の工業部門の発展は、他方では、農業機械、肥料、農薬等を農産物ならびに本源的生産要素と比較して相対的に低下する価格で大量に供給することを可能にした。本源的生産要素と非農業起源の生産要素の価格のこうした動向が、後者による前者の代替をもたらす重要な要因として働いたであろうことは容易に想像できる。また、高度経済成長は多くの有利な兼業機会を作り出し、大量の基幹的農業労働力が農外へと流出した。この結果、農地改革によって創出された自作農の多くが自己完結的経営機能を喪失するにいたった。こうした状況の下で農業生産を継続するために、土地、労働、資本という諸生産要素を個々の経営体の枠組みから放出して、複数農家の間でそれらを新たに結合し直す²⁾動きが始まり、稲作の生産組織が成立・普及してゆく。高度経済成長下における農業をとりまく経済・社会環境さらには生産技術の急激な変化への1つの対応としてさまざまな形態の生産組織が生成・展開してきのであ

た³⁾。

米の産出は、以上に見たような急激な要素賦存条件の変化の下に、戦前を上まわる増大を実現したが、こうした産出の成長を可能にした重要な要因は、技術進歩、とりわけ稀少な生産要素節約的、豊富な生産要素使用的な技術進歩であると考えられる。このような性格の技術進歩により要素間の代替が促進されなかったならば、たとえ機械、肥料、農薬等が廉価に供給されても、土地、労働等の稀少な資源の賦存量の制約のため収穫通減の法則が作用し、産出の成長はより低いものとなっていたであろう⁴⁾。

本稿の目的は、1953年から70年にいたる18年間の稲作技術進歩の要素節約に関する偏りを数量的に把握することにある。このため、まず、米生産の費用関数を計測し、推定したパラメータを用いて技術進歩の偏りを計算する。次いで、生産要素価格の動向が要素節約に関し偏りのある技術進歩を誘発するという“誘発的技術進歩”仮説の検討も行う。分析対象として近畿農区で米を0.5~2.0ha生産している農家を取りあげた。ここで全国の米作農家でなく、近畿という1農区に分析対象を限定した理由は①気象条件、土壌条件等が比較的均一で②生産技術も類似している、③生産要素価格、生産物価格の差異も少ないと考えられたからである。すなわち、1農区の方が日本全国よりも、よりホモジニアスな農業生産地域であり、したがって生産技術の計測により適しているからである。

2. 分析方法

生産要素の投入量と価格の動向

まず最初に、分析に用いる標本農家の米作経営に関する概況をみてみよう。農林省『米生産費調査』を用い、近畿農区で米作面積が0.5~1.0ha、1.0~1.5ha、1.5~2.0haの3規模より毎年1つずつサンプルを取り、それらの経営の10a当たり生産要素投入量の平均値を図1に、生産要素と米の相対価格指数を図2に示した。これらの図により次の点が観察される。肥料の米に対する相対価格は1953年から1970年にいたる18年

間に約半分まで低下し、その間に10a当り肥料投入量は約2倍の水準にまで増加している。労賃は一貫した上昇傾向を見せ、1960年以降この上昇率は高まってきた。こうした労賃の動きに反比例して労働投入量は減少しているが、この減少率は日本経済が高度成長の軌道に乗る1960年以降加速化している。農業機械と米との相対価格は1953年から56年頃まで上昇、1956~60年の停滞期間を経て、1961年以降低下傾向を見せているが機械の投入量は1960年頃までは微減少ないし停滞、以後上昇傾向に転じている。1960年以降の労働と機械の投入量の動向は対照的であり、農外流出等により稀少になった労働が機械で代替されてゆく過程を示している。“その他”の要素には、肥料、農薬以外の経常財と機械類以外の固定資本を含んでいるが、この価格と投入量の間には負の相関関係が観察される。

以上より、生産要素と米の相対価格と10a当り要素投入量の間におおまかな負の相関関係が存在することが読みとれる。また、肥料（これには農薬も含まれる）、機械の投入量も1950年代後半、ないしは1960年代前半以降急速に増加しており、稲作の化学化、機械化が経済の高度成長とほぼ時期を同じくして進展したことがわかる。

ところで、図1にみられる10a当り要素投入量の変化は①既存の等量線上の移動、すなわち、生産要素間の相対価格の変化にともなう代替効果、②等量線の原点方向に向ってのシフト、すなわち、中立的技術進歩、③要素節約に関して偏りのある技術進歩、の3つの要因によってもたらされたと考えられる。本稿では以上の3つの要因のうち③の技術進歩の偏りにのみ限定して分析を進め、高度経済成長の過程で進展した稲

図1 10a当り生産要素の投入指数

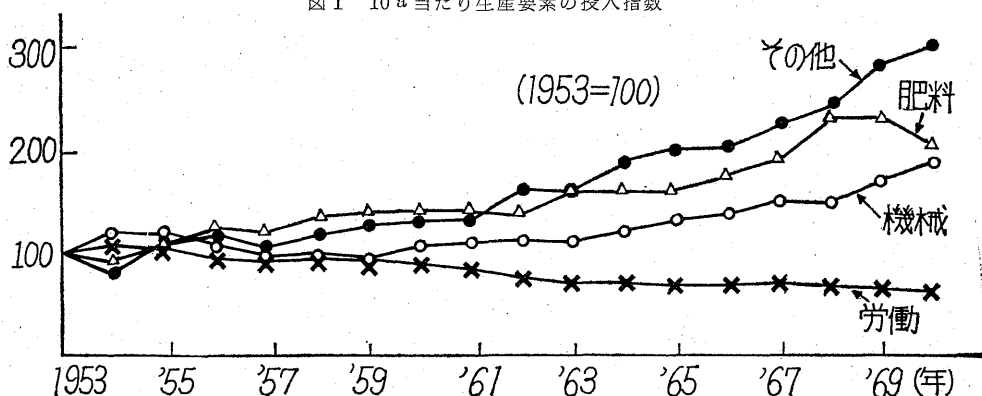
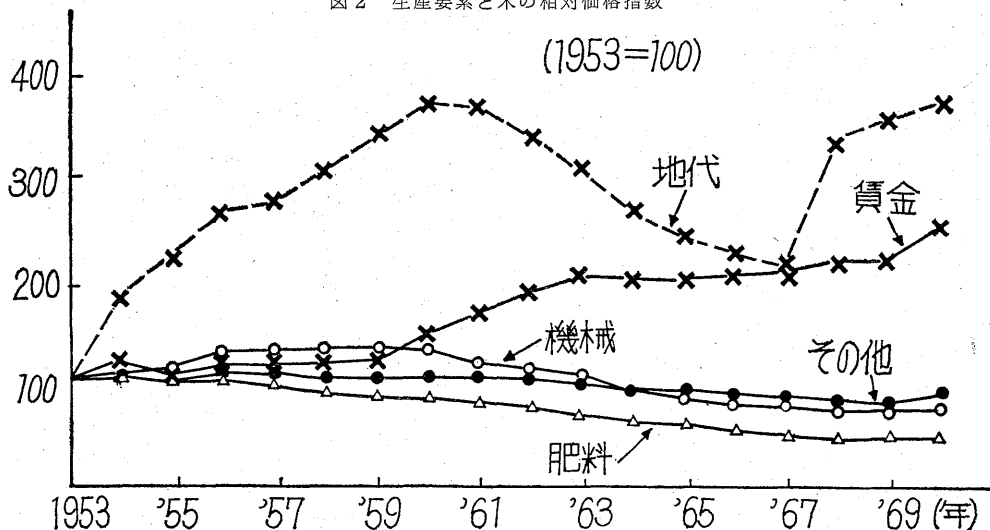


図2 生産要素と米の相対価格指数



作の化学化・機械化をもたらすのに技術進歩の偏りがいかなる役割をはたしたかを検討する。

分析モデル

農業の技術進歩の偏りについて最近なされた研究としては新谷[13], 新谷・速水[14], Binswanger[3], Le Thanh Nghiep[9]の論文があげられよう。最初の2つの論文では、日本農業に関して佐藤和夫の2水準CES生産関数を生産要素が3つと4つの場合に想定して、アレンの代替の偏弾力性を計測し、ついで、この代替の偏弾力性を用いて技術進歩の偏向性の計測がなされた。2水準CES生産関数を生産要素が3つ以上の場合に用いると、ある1組の生産要素間の代替の偏弾力性が他の組の生産要素間の代替の偏弾力性と同じ値を取り、また時系列データを用いた分析では、代替の偏弾力性が計測期間中一定の値をとるというきびしい仮定をア・プリオリに用いることを意味する。したがって、これらの仮定が現実の農業の実体と乖離したものであれば計測結果にバイアスを導入する可能性が存在することになる。Binswanger と Le Thanh Nghiep は Transcendental Logarithmic 費用関数(以下簡略化して Translog 費用関数と呼ぶ)を想定して、前者はアメリカ農業⁴⁾、後者は戦前日本農業の技術進歩の偏向性の分析を行った。この関数は、パラメーターが特定の制約条件を満たすときいわゆるコブ・ダグラス(C-D)関数になるという意味でC-D関数をその特殊な場合として含み、またCES関数も近似できるという性質をもっている⁵⁾。この関数はまた、生産要素が3つ以上の場合でも総ての要素の組合せの代替の偏弾力性は異なる値をとることができるし時系列データを用いて、定数ではなく変数の代替の偏弾力性が計測可能というこのましい特徴をそなえている。こうした理由から、本稿では Binswanger が展開した方法に主として依拠して稲作の技術進歩の偏向性の分析を行う。

Translog 費用関数

個々の農家レベルで米の産出を5つの生産要素の投入と関連づける1次同次の生産関数が存在すると仮定する。そしてこれに対応する費用関数は Translog 型でうまく表わすことができるとしよう。シェファードのデュアリティ定理(Shephard Duality Theorem [12])を用いると Translog 費用関数より生産要素の生産費比率式が次のように表わされる。

$$M = V + \Gamma \begin{bmatrix} \ln W \\ \ln t \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、

$$M = \begin{bmatrix} M_T \\ M_L \\ M_M \\ M_F \\ M_O \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} V_T \\ V_L \\ V_M \\ V_F \\ V_O \end{bmatrix}, \Gamma = \begin{bmatrix} \gamma_{TT} & \gamma_{TL} & \gamma_{TM} & \gamma_{TF} & \gamma_{TO} & \gamma_{TL} & \gamma_{TM} & \gamma_{TF} & \gamma_{TO} \\ \gamma_{LT} & \gamma_{LL} & \gamma_{LM} & \gamma_{LF} & \gamma_{LO} & \gamma_{LT} & \gamma_{LM} & \gamma_{LF} & \gamma_{LO} \\ \gamma_{MT} & \gamma_{ML} & \gamma_{MM} & \gamma_{MF} & \gamma_{MO} & \gamma_{MT} & \gamma_{ML} & \gamma_{MF} & \gamma_{MO} \\ \gamma_{FT} & \gamma_{FL} & \gamma_{FM} & \gamma_{FF} & \gamma_{FO} & \gamma_{FT} & \gamma_{FL} & \gamma_{FF} & \gamma_{FO} \\ \gamma_{OT} & \gamma_{OL} & \gamma_{OM} & \gamma_{OF} & \gamma_{OO} & \gamma_{OT} & \gamma_{OL} & \gamma_{OF} & \gamma_{OO} \end{bmatrix}$$

$$t = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} W_T \\ W_L \\ W_M \\ W_F \\ W_O \end{bmatrix}$$

\ln は自然対数、 V と Γ はパラメーター、 M_T, M_L, M_M, M_F, M_O は土地、労働、機械、肥料、“その他”の生産費比率、 W_T, W_L, W_M, W_F, W_O は土地、労働、機械、肥料、“その他”の用役価格、 t は技術進歩を表わす変数として用いられている。全分析期間は3期に区分し、それぞれの期間中技術進歩は一定の率で起こると仮定されている。このため、 t_1 は1953年に1から始まり1970年には18、 t_2 は1959年に2から始まり1964年には7、その他の年は総て1、 t_3 は1965年に2から始まり1970年には7、その他の年は総て1をとる。第1期(1953~58年)は生物学的・化学的技術進歩によって特徴づけられる時期であり、第2期(1959~64年)は耕耘機や動力噴霧機の普及が目だった時期、そして第3期(1965~70年)は農業機械の中型化・大型化、さらには全作業工程の1貫した機械化が目指された時期といえよう。

費用関数は要素価格に関して1次同次でなければならず、このことは Translog 費用関数のパラメーターに次の制約を加える。 $\sum_i V_i = 1, \sum_j \gamma_{ij} = 0, \sum_j \gamma_{ij} = 0, \sum_k \gamma_{ikk} = 0$ ($i, j = T, L, M, F, O, k = 1, 2, 3$) また費用関数のヘッセ行列式は対称であると仮定されているので $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ となる。

技術進歩の偏りの規準式

(1)式を全微分すると

$$dM = \Gamma \begin{bmatrix} d \ln W \\ d \ln t \end{bmatrix} = \Gamma_w d \ln W + \Gamma_t d \ln t \dots\dots\dots(2)$$

Γ_w は費用関数が1次同次という制約条件のためフル・ランク(full rank)でない。そこでこの制約条件を用いて(2)式より土地の生産費比率式を除くと

$$\begin{bmatrix} dM_M \\ dM_F \\ dM_O \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{ML} & \gamma_{MM} & \gamma_{MF} & \gamma_{MO} \\ \gamma_{FL} & \gamma_{FM} & \gamma_{FF} & \gamma_{FO} \\ \gamma_{OL} & \gamma_{OM} & \gamma_{OF} & \gamma_{OO} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d \ln \left(\frac{W_M}{W_T} \right) \\ d \ln \left(\frac{W_F}{W_T} \right) \\ d \ln \left(\frac{W_O}{W_T} \right) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{TL} & \gamma_{TM} & \gamma_{TO} \\ \gamma_{ML} & \gamma_{MF} & \gamma_{MO} \\ \gamma_{OL} & \gamma_{OM} & \gamma_{OO} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d \ln t_1 \\ d \ln t_2 \\ d \ln t_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

となる。要素価格の比率が一定の下で、すなわち

$d \ln \left(\frac{W_i}{W_T} \right) = 0$ ($i=L, M, F, O$) の時、技術進歩の結果生産費比率に起こった変化を dM_i^* で表わすと

$$dM_i^* = \sum_k \gamma_{ik} d\ell_{nk} \quad \dots\dots(4)$$

となる。ところで、Hicks〔7〕の意味での要素節約に関する技術進歩の偏りは次の様に定義できる。

$$\frac{dM_i^*}{dt} \cdot \frac{1}{M_i} \equiv \begin{cases} \text{生産要素 } i \text{ 節約的} \\ \text{中立的} \\ \text{生産要素 } i \text{ 使用的} \end{cases} \quad \dots\dots(5)$$

(4)式の dM_i^* を(5)に代入して技術進歩の偏りを計算できる。本稿での実際の計算は(5)の近似として $\frac{\Delta M_i^*}{M_i}$ を用いて行う。

3. モデルの計測

計測する統計モデルは、(1)式から土地の生産費比率式を取り除き、これに米作農家の費用極少行動における誤差を取り扱うために、平均がゼロで、正規分布している誤差項をつけ加えたものとする。ここで1時点における個々の農家の誤差項の共分散はゼロではないが異時点間の、そして農家間の共分散はゼロとする。この統計モデルを Wegg〔15〕により開発された Full Information Quasi Maximum Likelihood Estimator (以下 FIQML と省略) のアルゴリズムで計測する。FIQML は(1)の連立方程式より除去される1つの生産費比率とは独立であり、したがって、どの生産費比率が除去されても計測されたパラメーターの値は影響を受けない。

資料

農林省の『農業経済果年統計、第4巻、米生産費調査』より18年間の分析期間にわたり米作付面積が0.5~1.0ha, 1.0~1.5ha, 1.5~2.0ha の3規模より毎年1つずつサンプルをえた。以下、パラメーターの推定に用いた変数について説明しよう。土地は水稻作付面積を、労働は男子労働に能力換算された労働時間を用いた。機械は役畜と農業機械の使用時間をそれぞれの1時間当り使用にともなう費用をウエイトにして合計した。肥料を表わす変数は肥料、除草剤、殺虫剤への支出額(1970年価格)をディヴィジア・インデックスで集計した値が用いられた。“その他”の変数は、米生産に用いられた生産要素のうち以上の4つのカテゴリーの要素に含まれなかったものの総称で、種苗費、水利費、建物費小農具費等をディヴィジア・インデックスで集計したものとした。

土地用役の価格 (W_T) としては地代を、労働用役の価格 (W_L) は男子日雇賃金(賄は含まない)を使用した。機械用役の価格 (W_M) は、畜力費と農具の減価償却費と修繕費の和を前に試算した機械使用時間で割って求めた。肥料価格 (W_F) は肥料、除草剤、殺虫剤への総支出を肥料投入量のディヴィジア・インデックスで割って計算した。“その他”の価格 (W_O) は、肥料価格と同様に、総支出を投入量のディヴィジア・インデックスで割って求めた。5つのカテゴリーの生産要素の生産費比率は、総生産費にしめるそれぞれの変数への支出のパーセントとして計算された。

パラメーターの推定値

推定結果は表1に示すとおりである。費用関数が正常な生産構造に対応するためには費用関数は要素価格に関して増加関数であり (monotonicity 条件)、さらに要素価格に関して凹 (concavity 条件) でなければならない。Translog 費用関数はこれらの条件を総ての点において必ずしも満たさないの、計測された費用関数がこれらの条件を満たしているかどうか個々のサンプルについて検討しなければならない。monotonicity の条件は推定された生産費比率が正であれば満たされる²⁾。この計算をした所総ての点において正の値をとった。concavity 条件はヘッセ行列式が非正定符号である時満たされる。この条件も、また総てのサンプルについて満たされた。以上より計測された費用関数は正常な生産構造を表わしていると結論できる。

4. 技術進歩の偏り

技術進歩の偏りの計算結果を表2に示した。また

$$\frac{M_{it}^*}{M_{i1953}} \times 100 \text{ (ただし } M_{it}^* = M_{i1953} + \sum_t \Delta M_{it}^* \text{)}$$

の時系列が図3に示されている。ここで M_{it} は t 年における要素 i の生産費比率を、 ΔM_{it}^* は t 年と $t-1$ 年の間に、生産要素の相対価格に変化がないとした場合、技術進歩の偏りによってもたらされた生産費比率の変化を示す。

土地に関する技術進歩の偏りは、1953~58年の期間には節約的、以後4年間程の中立的時期を経て、1965年以降使用的となった。労働に関しては全分析期間を通して節約的であり、反対に、機械、肥料、“その他”の要素は総て使用的であった。

次に“誘発的技術進歩仮説”について検討してみよう。この仮説の検討は、もし革新可能性曲線が中立的であるならば、要素価格の動向とは反対の、そして

表1 パラメーターの推定値

V_L	.4762 (11.258)	τ_{FO}	.0404 (1.642)
V_M	.0855 (3.239)	τ_{OF}	-.0083 (- 1.880)
V_F	.5692 (9.270)	τ_{OO}	-.0729 (- 5.220)
V_O	-.1016 (- 1.141)	τ_{t1L}	-.0221 (- 3.623)
τ_{LT}	-.0213 (- 4.176)	τ_{t2L}	-.0047 (- 1.068)
τ_{LL}	.0513 (3.857)	τ_{t3L}	-.0343 (- 5.484)
τ_{LM}	-.0034 (- 0.500)	τ_{t1M}	.0043 (1.024)
τ_{LF}	-.0631 (- 6.010)	τ_{t2M}	.0006 (0.128)
τ_{LO}	.0364 (5.433)	τ_{t3M}	.0173 (4.943)
τ_{MT}	-.0228 (- 6.514)	τ_{t1F}	.0152 (4.903)
τ_{MM}	.0364 (5.871)	τ_{t2F}	-.0008 (- 0.421)
τ_{MF}	-.0145 (- 2.500)	τ_{t3F}	.0032 (0.457)
τ_{MO}	.0043 (0.977)	τ_{t1O}	.0082 (1.608)
τ_{FT}	-.0114 (- 1.966)	τ_{t2O}	.0022 (0.361)
τ_{FF}	.0485 (2.266)	τ_{t3O}	.0080 (1.951)

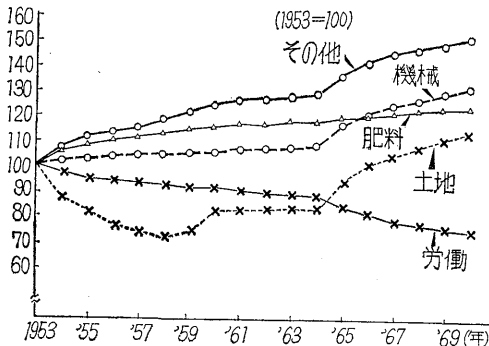
注) カッコ内はt値を表わす。

表2 技術進歩の偏り (%)

偏り	$\frac{\Delta M_T^*}{M_T}$	$\frac{\Delta M_L^*}{M_L}$	$\frac{\Delta M_M^*}{M_M}$	$\frac{\Delta M_F^*}{M_F}$	$\frac{\Delta M_O^*}{M_O}$
1953~58年平均	-0.049	-0.015	0.010	0.029	0.036
1959~64年平均	0.011	-0.007	0.006	0.009	0.018
1965~70年平均	0.019	-0.025	0.035	0.016	0.030

一定のタイム・ラグを伴った、技術進歩の偏りが存在するか否かを調べることによって行うことができる。図2、3を用いて要素価格の動向と技術進歩の偏りの関係を見てみよう。労賃は全分析期間を通して上昇しているが、特に、日本経済が高度成長の軌道に乗る1960年頃より増加は大幅になる。労働節約的技術進歩の大きさは、賃金上昇に5年程おくれ、1965年頃より増加しているのが認められる。肥料価格は傾向的に低

図3 技術進歩の偏りの指数



下しており、技術進歩も一貫して肥料使用的である。この労働と肥料の技術進歩の偏りに関しては、中立的革新可能性曲線と誘発的技術進歩と矛盾なく理解できる。機械価格は1956年頃まで上昇し、その後、停滞から低下傾向をたどったが、技術進歩は一貫して機械使用的であり、1965年頃より加速化を示している。1953~56年頃まで機械価格が緩やかな上昇をしたにもかかわらず機械使用の技術進歩であった。この事実を、革新可能性曲線の基礎的偏りが機械使用の偏りの重要な源泉であった、と理解すべきか否かはいっそうの検討を必要とする。地代は1960年に山、1967年を谷とする波形を描いているが、これに対し、技術進歩の偏りは1958年頃まで土地節約的、その後は、4年間程の中立的期間を中にはさんで、使用的となっている。1967年以降の土地使用の技術進歩は中立的革新可能性曲線と誘発的技術進歩ではうまく説明できない。“その他”の価格は1957年頃まではほぼ一定、その後、1962年頃より緩やかな下向をたどっているが、技術進歩の偏りは全期間を通して使用的であった。

図4は横軸に生産要素価格の変化率を、縦軸に技術進歩の偏りの変化率をとり、両者の相関関係を調べたものである。分析期間は1953~58年、1959~64年、1965~70年の3期に区分してあり、図中の各点はそれぞれの期間の平均値を示している。15のうち12の点が第2、第4象限にあり、要素価格と技術進歩の偏りの変化率の間にはおおまかな負の相関関係が存在していることがわかる。生産要素価格は米作農家にとって外生的と考えられるので、以上の結果は、中立的革新可能性曲線を仮定すれば“誘発的技術進歩仮説”とそれほど矛盾するものではないといえよう。

次に、以上の結果をBinswangerによるアメリカ合衆国の農業に関する研究、新谷・速水両氏の日本農業に関する研究と比較してみよう。Binswangerによると1953~68年のアメリカ農業の技術進歩は労働節約的、肥料、機械、そして土地使用の、“その他”の要素は中立的ないしは少し節約的であった。この時期の生産要素と農産物の相対価格は土地、労働、機械では急上昇、肥料は微上昇、“その他”の要素は弱い上昇傾向にあった。

Binswangerは肥料と労働に関する技術進歩は中立的革新可能性と“誘発的技術進歩仮説”とよく一致する結果であると結論している。本研究とBinswanger

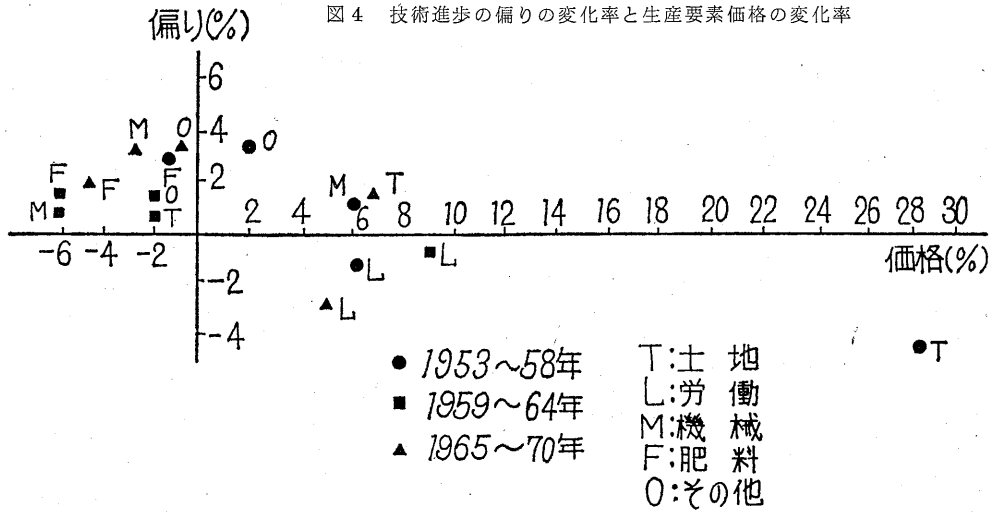


図4 技術進歩の偏りの変化率と生産要素価格の変化率

による研究結果の1つの相違点は、日本、アメリカとも機械使用的技術進歩が計測されたのに機械の対農産物相対価格はアメリカでは高騰、日本の近畿農区では1953~56年の微上昇の期間を除き、停滞ないし下落したことである。Binswanger は革新可能性の基礎的偏りがアメリカ農業における機械使用的技術進歩の重要な資源であると述べている。

新谷・速水両氏による日本農業全体に関する研究と本研究とは生産要素の分類が異なるため厳密な比較は困難である。1955~65年の両研究に共通な期間に関しては両研究結果に大きな相違点はなく、資本が一番使用的、労働が一番節約的技術進歩であるという共通の結論がえられた。

近畿農区における稲作技術の展開

ここでは以上の分析結果を近畿農区の稲作の技術的事実と関連づけて考察してみる。近畿農区における稲作技術の展開は1950年代と1960年代の2つの時期に大別できよう。1950年代の稲作技術は、土地生産性向上による生産量の増大という、わが国に伝統的な稲作技術の延長線上に発展した。1960年代は、高度経済成長期に制定された農業基本法とその関連施策を反映して、土地基盤整備と機械化を図ることにより労働生産性の向上を旨とした時期と特徴づけられる。

1950年代には、土地は他の生産要素と比較して稀少な要素であり、土地の生産上の制限を緩和するため、土地生産性を向上させるような方向へ技術開発がなされた。その手段として、肥料の供給事情の好転の下に、化学肥料を多量にかつ効率的に吸収・利用できる耐肥

性・多収穫品種(千本旭、金南風、ミホニシキなど)の育成・普及がみられ、肥料使用的技術進歩が展開された。これとならんで、近畿地方で激発するいもち病に対する抵抗力の強い農林22号も収量を安定させるという理由から広く普及した。また多肥に伴う病虫害対策としてDDTやBHCを用いた防除の集約化も進んでいる。耐肥性、多収穫性、耐病性品種の育成・普及、肥料の多投、殺虫剤の使用といった技術の確立・普及が土地生産性を高め、このため土地節約的・肥料使用的技術進歩がなされたといえる。

労働も経済の発展とともにしだいに稀少となり、農業従事者総数も減少をはじめた。こうした事情を反映して、労働を流動資本で代替するといった性格をもった技術として2-4D, MCPなどの除草剤の使用がはじまる。除草剤の使用は多額の資本を要しないという理由もあずかって時間の経過とともに急速な普及をみせた。こうした技術がこの時期の労働節約的な偏りを持った技術進歩の重要な内容をなしていると思われる。ところで、この時期に農業機械も利用されているが、機械化の中心はいまだ脱穀・調整等の米の収穫後の作業工程にあった。動力耕耘機、動力防除機等の使用は増加傾向にあるが、まだその利用水準は低かった。また前にも見たように、この時期の機械使用的技術進歩の割合は1960年代と比べ弱いものとなっている。

1960年代には、高度経済成長の強い影響の下に、労働がますます稀少な要因となり、賃金は高騰した。機械の相対価格の低下に促進され、稀少な労働を代替す

べく急速な機械化が進展してゆく。まず、動力耕耘機が小型化・汎用化を進めながら急速に普及し、耕耘機段階と呼ばれる耕耘過程の機械化が確立される。動力噴霧機も普及のテンポを早めている。ついで、構造改善事業により大型圃場の整備と、トラクターやコンバイン等の大型機械の導入、ライス・センター、カントリー・エレベーター等の大型施設の導入が図られた。これら大型機械・施設は多額の資金を必要とし個々の農家の投資能力を越える場合が多く、このため機械・施設を共同で利用する生産の組織化が進展した。この生産の組織化は、労働節約的・機械使用の技術進歩を一層おし進める方向に作用したと考えられる。

また単位面積当りの労働投入量の減少は肥培管理を不十分に、厩・堆肥の投入量の減少をきたし、土地生産性増加のテンポを遅らせる結果となった。土地使用の技術進歩はこうした要因が働いてもたらされたと思われる。

5. む す び

経済の高度成長の過程で、農業から工業への backward linkage が強化され、稲作生産力の基礎も非農業起源の生産要素に大きく依存するにいたった。稲作の工業化である。本稿では、1950年代から1960年代にかけての稲作の工業化の進展の過程で起った技術進歩の偏向性の計測を行った。その結果、相対的に稀少な労働は節約的、相対的に豊富な機械、肥料、“その他”の要素は使用的な技術進歩がなされたことがわかった。次に“誘発的技術進歩仮説”に関しては、生産要素と米の相対価格の変化率と要素節約に関する技術進歩の偏りの変化率の間におおまかな負の相関関係の存在が指摘できた。さらに、労働と機械に関しては、要素価格の動向の転換点と技術進歩の偏りの動向の間に約5年のタイム・ラグの存在が観察された。アメリカ農業に関する Binswanger の研究にも、労働と機械についてそれぞれ6～10年と6年のタイム・ラグが存在したという報告がある。彼はこの点について Robert E. Evenson の「農業部門においては研究を開始してからその結果が得られるまでに平均5.5年から8.5年のタイム・ラグ」が存在する、という説を引用し、彼の研究で観察されたタイム・ラグも研究開発に用する時間であろうと述べている⁷⁾。本研究で観察されたタイム・ラグも、社会が生産要素の相対価格の変化という経済状況の変化に適応して技術的な研究開発や制度的変化をもたらすのに必要な時間である、と理解できよ

う。タイム・ラグの長さは、新しい経済状況に適合するのに必要とされる社会の変革能力の関数と考えられ社会により当然異なった長さを必要としよう。以上の分析結果は“誘発的技術進歩仮説”をサポートするものであるといえよう。

参 考 文 献

- [1] Berndt, E.R., and Wood, D. O., "Technology, Prices, and the Derived Demand for Energy," Review of Econ. and Stat., vol. 57, No. 3, 1975, pp.259-68.
- [2] Binswanger, Hans, P., The Measurement of Biased Efficiency Gains in U.S. and Japanese Agriculture to Test the Induced Innovation Hypothesis, ph.D thesis.
- [3] Binswanger, Hans, P., "The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production," American Economic Review, Dec. 1974, pp. 964-76.
- [4] Christensen, L., Jorgenson, D., and Lau, L.J., "Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Function," Econometrica, 1971, pp. 225-26.
- [5] Christensen, L., Jorgenson, D., and Lau, L. J., "Transcendental Logarithmic Production Frontiers," Review of Econ. and Stat., 1973, pp. 28-45.
- [6] Hayami, Yujiro, and Ruttan, Vernon, W., Agricultural Development: An International Perspective, 1971.
- [7] Hicks, J. R., The Theory of Wages, 1932.
- [8] 今村奈良臣 「稲作生産組織の生成・展開・展望」, 小倉武一編著『集団営農の展開』1976年.
- [9] Nghiep, Le Thanh 「戦前日本農業の技術構造とその変化」, 『農業経済研究』第49巻, 第3号, 1977年.
- [10] 農林省統計研究会 『農業経済累年統計, 第4巻, 米生産費調査』1974年.
- [11] 坂本慶一 『日本農業の再生』1977年.
- [12] Shephard, R. W., Theory of Cost and Production Functions, Princeton university Press, 1970.
- [13] 新谷正彦 「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3号, 1969年.
- [14] 新谷正彦, 速水次郎 「農業における要素結合と偏向的技術進歩」, 大川一司, 南亮進編『近代日本の経済発展』1975年.
- [15] Wegge, L. L., "A Family of Functional Iterations and the Solution of Maximum Likelihood Estimating Equations," Econometrica, January, 1969.

- 注1) 坂本慶一〔11〕143ページを参照。
- 2) 稲作の生産組織についての包括的議論は今村奈良臣〔8〕に詳しくなされている。
- 3) 農業成長過程において偏りのある技術進歩が生産要素の代替を促進するという点についての議論はHayami, Y. and V. W. Ruttan〔6〕に詳しくなされている。
- 4) Binswanger は文献〔2〕で日本農業の技術進歩 (Binswanger は efficiency gain という言葉を用いている) についても分析を行っている。彼の分析の仮定は、要素増加的 (Factor augmenting) な仮説が正しければ、アメリカと日本農業の費用関数の r_{ij} パラメータは同じ値をとり、したがってアメリカ農業のデータを用いて計測した費用関数の r_{ij} の推定値は日本農業についても当てはまるはずであるというものである。この仮定に基づいて、アメリカ農業の1949, 54, 59, 64年のクロスセクション・データを用いて推定した r_{ij} を用いて日本農業の技術進歩の偏りを計算した。しかしながら、アメリカ農業と日本農業の費用関数の r_{ij} が同じ値を取る
- という仮説は実証されておらず、また Nghiep〔9〕による1900～40年の日本農業のデータを用いた r_{ij} の推定値は Binswanger の推定値とはかなり違った値をとっており、技術進歩の偏りに関する分析結果も両者の間では大きく異なっている。こうした理由から、Binswanger の日本農業の技術進歩の偏向性に関する研究はさらに検討する必要があるように思われるので、本論では文献〔2〕についてはふれないことにする。
- 5) Translog 関数については文献〔1〕,〔4〕,〔5〕を参照した。
- 6) このことは $\frac{\partial \ln C}{\partial \ln W_i} = \frac{\partial C}{\partial W_i} \frac{W_i}{C} = M_i$ の関係より明らかである。 W_i と C は常に正であるので、 M_i が正であることは $\frac{\partial C}{\partial W_i}$ が正であること、すなわち費用関数は要素価格に関し増加関数であることを意味する。
- 7) Binswanger〔3〕975ページ。

(筆者・京都産業大学経済学部)