

# 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

稲 本 志 良

## 1 は し が き

経済成長を人口1人当たりまたは労働者1人当たり生産物の持続的増加と規定するならば、経済成長はいかなる経済体制、いかなる経済発展の段階であれ人間の厚生を高める点で望ましいものとする。このことは現在経済成長に関する問題が経済学の中心テーマとして多くの分野において議論されていることの一つの根拠となっている。

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) に関するものである。新古典派の成長理論においては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。すなわちSolow [16] が1957年に米国非農業部門について行った測定において、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1の方向は「説明変数の数が不十分であるとして成長を説明すべき新しい変数 (nonconventional input) の導入を試みる」というものであり、従来の土地、労働、資本など慣行的投入要素 (conventional input) に新たに教育、政府の研究・普及活動への支出量など新しい変数を加えた研究が Griliches [3], [5], [6] によってなされた。

発展の第2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 な技術進歩) 研究は Solow [17] によってなされ、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 な技術進歩) 研究は Denison [2] によってなされた。

いず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変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いるのである。

一方近年になってわが国農業を経済成長論的に分析することが多くなり、技術進歩の測定が多く試みられている。これらの研究は以上に述べた非農業部門における議論を背景として展開されている。

本稿の目的はわが国農業の技術進歩に関する多くの研究のなかで、技術進歩の測定に関する研究に限定して、以上に示した最近の技術進歩論の流れに沿って展望を試みることである。

次節で農業の技術進歩測定に利用される集計的生産関数の性質について、第3節で農業における集計的生産関数の推定について、第4節で農業における集計的生産関数の変数選択と変数測定について検討する。

注) 本稿を著す過程で特に次の論文は参考になった。小泉[13]、土屋[25]、辻村・渡部[26]。

## 2 農業における集計的生産関数の性質

技術進歩測定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な方法となっている。近年多く行なわれるようになったわが国農業の技術進歩の測定も基本的には集計的生産関数を利用したものであり、技術進歩測定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なされるようになったのは技術進歩の測定が試みられるようになった時からである。

それ以前に既に、わが国農業において多くのダグラス型生産関数が推定されていたが<sup>1)</sup>、それらはここで問題にしている集計的生産関数とは性質を異にするものであり、推定目的においても異なるものであった。すなわち前者は農林省「米生産費調査」、「農家経済調査」の個別結果表など cross-section データによる推定であり、集計された要素投入量、産出量の時系列データに基づく集計的生産関数とは異なるものであった。また推定目的においても、前者は農業における資源配分・分配問題を静態的に分析することを目的としたものであるのに対し、後者は技術進歩の測定という動態的分析を目的としたものである。従って両者の間には生産関数の推定目的においても連続性はなく、集計的生産関数の推定はそれ自体全く新たな問題として展開されなければならなかった。ただ従来の cross-section データによる生産関数と集計的生産関数が関連する唯一の点は前者によって求められた分配率が集計的生産関数の係数決定に利用される場合のみである<sup>2)</sup>。

技術進歩測定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おくか、推定はどのようになさ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、本節ではわが国農業の技術進歩測定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かを検討する。集計的生産関数の測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議論される場合、次の諸点が問題にされる<sup>3)</sup>。すなわち、

- i) 集計的生産関数が同次か否か、
- 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測定において、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。ダグラス型生産関数では必ずしも1次同次性が仮定される必要性はなく、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次同次性の仮定が必要になってくる。

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、農業の技術進歩測定においては線型生産関数（代替の弾力性無限大）、ダグラス型生産関数（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測定において農業総合生産性指数の成長率

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

$A_{(t)}$  : 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,  $\dot{\cdot}$  : 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

$$Y_{(t)} = A_{(t)} (\alpha L_{(t)} + \beta K_{(t)} + \gamma T_{(t)}) \quad (2)$$

$Y_{(t)}$  : 産出量,  $L_{(t)}$  : 労働,  $K_{(t)}$  : 資本  
 $T_{(t)}$  : 土地,  $A_{(t)}$  : 効率指標,  $\alpha, \beta, \gamma$  : 分配率

を仮定したものであり、わが国農業について、宍戸[21]・[22], Tang, A.M. [23], 山田[28], Hayami, Y. [7], 梅村・他[27], 速水・山田[28]によって測定されている。

ダグラス型生産関数を用いた測定は基本的には

$$Y_{(t)} = ae^{2t} L_{(t)}^\alpha K_{(t)}^\beta T_{(t)}^\gamma \quad (3)$$

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

$\lambda, \dot{A}_{(t)}/A_{(t)}$  : 技術進歩率

のいずれかの型をとっている。

唯是[29]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測定を試みた。

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

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

わが国農業において推定されたダグラス型生産関数は前述したように cross-section データによるものであり、唯是の推定は時系列データによる最初のものである。唯是の推定で指摘された統計技術上の問題、すなわち多重共線性および関数型によって技術進歩の計測結果が異なることの問題は今後の重要な課題であろう。

これに対し、(4)式による測定は土屋[24]、頼・稲本[30]、沢田[19]によってなされている。土屋、頼・稲本の測定と沢田の測定は(4)式の分配率の決定方法において異なる。前者は独立の cross-section データから回帰分析によって基準年の分配率を決定するのに対し、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1次同次性の仮定については、前者においては1次同次性の仮定は必ずしも必要とされないが後者では必要とされる。

以上に示した線型生産関数、ダグラス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。これに対し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と仮定するのではなく、それ等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<sup>4)</sup>。しかし、CES生産関数は理論的にはn変数を含み得るものであるが、実際に推定可能であるのは二変数の場合のみである。農業では、労働と資本のみを考慮すればよい工業と異なって、土地も含めて三変数以上が考慮されねばならぬ場合が多い。ここにCES生産関数を農業に適用する場合の難かしさがあり、特別の配慮が必要になってくる。

わが国の農業についてCES生産関数を用いて技術進歩の測定を試みたのは沢田[19]、唯是[29]である。

沢田の推定したCES生産関数は

$$V = [(E_L \cdot L)^{-\rho} + (E_T \cdot T)^{-\rho}]^{-1/\rho} \quad (6)$$

$$\rho = \frac{1-\sigma}{\sigma} \geq 1 \quad \sigma: \text{代替の弾力性}, \quad V: \text{産出量}, \quad L: \text{労働}$$

$$T: \text{土地}, \quad E_L: \text{労働の効率}, \quad E_T: \text{土地の効率}$$

であり、ここでの技術進歩率は

$$\dot{F}/F = \alpha \dot{E}_L/E_L + \beta \dot{E}_T/E_T \quad (7)$$

$$\alpha, \beta: \text{分配率}, \quad \text{ただし } \alpha + \beta = 1$$

で示される。沢田の測定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

は彼の測定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おくことによって変数の数の問題を処理した。

沢田の測定において次の二点に注目しておきたい。すなわち第1点は測定対象期間を、統計的に推定される代替の弾力性の相違によって分割し、それぞれの期間について異なる代替の弾力性をもつ CES 生産関数を求めている点である。第2点は投入変数の効率すなわち投入変数の質の向上を考慮した点である。この点については4節で詳述する。

技術進歩の中立性については、全ての測定においてこれが仮定されている。

以上にみ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ペシファイされなければならない、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、仮定がゆるめられる方向へ努力されるのは必然の結果であろう。代替の弾力性に関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測定の問題が登場してくることも当然の帰結であろう。

- 1) 文献[25]参照
- 2) これに相当するものとして、土屋[24]、頼・稲本[30]がある。
- 3) 文献[13]参照
- 4) 文献[1]参照

### 3 農業における集計的生産関数の推定

農業の技術進歩測定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測定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に、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、すなわち要素限界生産力=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測定において、第1の方法によったのは唯是[29]のみである。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測定を試みたが、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お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っている。唯是は多重共線性の問題を解決する方法として、変数をグルーピングすることによって独立変数の数を少なくすることを試みている<sup>65</sup>。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ピング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<sup>66</sup>。

第2の方法による測定は独立の 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は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な問題は幾分軽減されるものとする。土屋[24]、頼・稲本[30]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。土屋はこの問題を解決するために三ヶ年の cross-section データから一つの生産関数を求めることによって平均的な分配率を決定する方法をとった。頼・稲本は偏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、分配率の時間的変化も問題にした。長期間にわたる技術進歩の測定がなされる場合は、偏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える。

わが国の農業について最も多く用いられるのは第3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は全てこの方法が用いられており、ダグラス型生産関数の推定の場合でも沢田[19]はこの方法によった。

農業総合生産性指数を測定した穴戸[21]・[22]、Tang, A.M. [23]、山田[28]、Hayami, Y. [7]、梅村・他[27]、速水・山田[8]は独立の情報から農家の生産費率を求めることによって係数の値を定めた。完全競争市場において農家が経済合理的に行動しているならば次の二つの条件

$$\text{要素の限界生産力} = \text{要素市場価格}$$

$$\text{生産物価格} = \text{生産費}$$

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[18]は同様な仮定のもとで、要素の市場評価額が付加価値額に占める割合を求めてこれを分配率とした。上に示した条件がみたされる限り、穴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言うまでもない。

沢田、唯是が用いた CES 生産関数が推定されるためには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ない。すなわち CES 生産関数が推定可能となるためには、

- i) 生産物およ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) 全てのデータは均衡状態で観測されている。

の4つの条件が満たされていなければならない。

第3の方法は以上に示したように、計算の手続きが簡単なためにしばしば用いられているがどの仮定をみても極めて厳しいものである。従ってこれ等の仮定の現実妥当性が常に問題にされるのである。第3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が多いが、上に示した仮定の現実妥当性の問題は基本的には解決されるものでもないと考える。

このように、集計的生産関数の係数の値を決定する場合、三つのどの方法によろうとも各々解決されねばならぬ重要な問題が残されているのである。しかし、現在の計量経済学における目ざましい発達、電子計算機の利用可能性の増加、種々なデータの整備が予想されている時、第1、第2の方法が今後の発展の方向であると考えたい。

注) 沢田の用いた CES 生産関数の推定については、生産要素の質の変化の測定と関連しているので次節でのべたい。

- 5) この問題について、昭和43年 TEA 秋期総会において新谷の報告があった。変数をグルーピングすることによって変数の数を減らし、線型重合の問題の解決を試みている。定稿を待ちたい。
- 6) 文献[16]参照
- 7) 文献[26]参照

#### 4 農業における集計的生産関数の変数選択と変数測定

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って技術進歩を測定する場合、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、従ってまた測定結果に強く影響するという点で極めて重要となってくる。

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 の研究を契機として、前者は新変数導入の問題として Griliches によって、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 によって議論されている。

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, Solow, Denison の研究に沿っ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、質の変化の測定の他に存在する諸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のは Tang [23] 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・普及に対する支出と考え、以下に示すモデルを使って分析を進めた。

$$y_t' = a \sum_{i=1}^k ih_{t-i} + ak \sum_{i=k+1}^{\infty} d^{i-k} h_{t-i} + u_t \quad (8)$$

$y_t'$ : 残差部分,  $h$ : 教育・研究・普及に対する支出,  $a, d$ : 推定すべき係数

(7)式では  $t$  時点までの各時点の教育・研究・普及に対する支出が一定のウェイトで  $t$  時点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 に対する速水[7]の批判はこの点に関するもので、次の三点に要約される。

i) 教育・研究・普及に対する支出が慣行的投入要素と同じ仕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まとめられている。

iii) 残差部分を説明する変数が教育・研究・普及に対する支出のみである。

以上に示した速水の批判は Tang のモデルの最も基本的な問題に対するものであり、これらの諸点をどのように解決してゆくかこの方向での研究に与えられた課題である。

わが国農業について Solow, Denison の方向で研究を進めたのは沢田[19]である。

生産要素の質の向上を考慮する技術進歩の体化説において、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に示される。

$$V = F[E_L(t) L, E_T(t) T] \quad (9)$$

$V$ : 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  $V$  で割ると

$$\dot{V}/V = \alpha(\dot{L}/L + \dot{E}_L/E_L) + \beta(\dot{T}/T + \dot{E}_T/E_T) \quad (10)$$

$\alpha, \beta$ :  $L, T$  の分配率

を得る。ここで技術進歩率は

$$\dot{F}/F = \alpha \dot{E}_L/E_L + \beta \dot{E}_T/E_T \quad (11)$$

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(5)を利用した。

先ず(5)を  $L$  に関して微分した後、変形すると



$$\frac{\partial V/\partial L \cdot L}{V} = \alpha = E_L^{-\sigma} (V/L)^{\sigma} = \omega^{1-\sigma} E_L^{\sigma-1} \quad (12)$$

$\omega = \partial V/\partial L$ : 賃金率

が得られる。 $E_L$  が成長率  $\lambda_L$  で成長すると仮定すれば、(12)式は対数に変換することによって

$$\ln \alpha = \ln E_L(0) + (1-\sigma) \ln \omega + \lambda_L(\sigma-1)t \quad (13)$$

を得る。 $\sigma$  と  $\lambda_L$  は  $\alpha$  と  $\omega$  の時系列データから(13)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(10)より得られることになる。

我々は技術進歩の体化説を支持する多くの情報を持っており、体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。

沢田がこの点に着目した測定を試みたことは注目されなければならない。一方我々はまた体化されない技術進歩の存在を支持する多くの情報も持っている。(11)式で示される沢田の測定した技術進歩は、全ての技術進歩が体化されることを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、体化されない技術進歩を同時に含むうる測定を行なうことであろう<sup>8)</sup>。

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

変数測定において質の変化を考慮することは重要な問題となっているが、従来から行なわれている変数測定そのものに種々な重要な問題がある。

残された部分で、変数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い。現在わが国農業における変数測定の問題自体が十分議論される段階に至っていないが、この問題に関する研究は今後十分になされなければならない問題と考える<sup>9)</sup>。

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

比例関係の仮定の妥当性については種々な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ない根拠がある。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。

i) 当年価格の支出系列

ii) デフレーター

iii) 減価償却方法と減価償却率

なかでも iii) の点は重要となってくる。今、i), ii) の系列が正しく得られていると仮定する。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って算出され、従って capital stock は年々直線的にまたは曲線的に減少していく。ここに capital stock は制度的要素で左右され、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。いずれにしても 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。

第3の問題は資本の内容構成および年令構成に関するものである。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。第1、第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。

わが国農業に関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[14]を用いて測定した梅村・他等[27]の農業総合生産性指数において、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が採用されている。

これらの系列が service flow と比例関係を保ち、集計的生産関数の投入変数となり得るためには、以上に示された3つの問題が解決されていなければならない。梅村等以上に示した iii) の点すなわ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、固定資本系列は純額を用いず粗額を用いた。しかし、他の問題は依然残されている。

このように、変数測定に関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。

8) 文献[9]参照

9) この問題に関して、Walter [32], Griliches [4], Yotopoulos [31]の研究がある。

## 5 む す び

以上でわれわれは、経済成長論において技術進歩の認識がどのように発展したか、技術進歩の測定がどのようになされたかについて、わが国農業に関するものを中心に整理した。

そこでは、技術進歩の測定が極めて厳しい仮定のもとではじめて可能となることが明らかにされた。我々は、このような厳しい仮定のもとでのみ得られる技術進歩の測定結果がどのよう

な意味をもつか常に問題にしなければならないが、問題に応じて、測定結果が十分に目的を果し得る場合が多いと考える。

わが国の農業が日本の経済成長において果たした役割について、大川〔14〕、山田〔28〕、ジョンソン〔11〕等が、わが国農業の技術進歩の程度と関連させて論述していることもその一例であろう。

更に従来行なわれてきたような農業全体の技術進歩の測定と同時に、部門別の測定、地域別の測定、主要な技術体系の移行に関する測定等が加えられることによって、農業の技術進歩の定量分析の目的は更に増進されるものと考えられる。

参 考 文 献

- 〔1〕 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.
- 〔2〕 Denison, E.F., "The Studies of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us," Supplementary Paper No. 13, C.E.D., 1962.
- 〔3〕 Griliches, Z., "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations," *Journal of Political Economy*, Oct., 1958.
- 〔4〕 Griliches, Z., "Measuring Inputs in Agriculture: A Critical Survey," *Journal of Farm Economics*, Dec., 1960.
- 〔5〕 Griliches, Z., "The Sources of Measured Productivity Growth: United States Agriculture, 1940~60," *Journal of Political Economy*, Aug., 1963.
- 〔6〕 Griliches, Z., "Agricultural Production Function," *American Economic Review*, Dec., 1964.
- 〔7〕 Hayami, Y., "A Critical Note on Professor Tange's Model of Japanese Agricultural Development," *The Economic Studies Quarterly*, Aug., 1965.
- 〔8〕 速水・山田「農業の技術進歩」篠原・藤野編『日本の経済成長』1967年4月
- 〔9〕 Intriligator, M.D., "Embodied Technical Change and Productivity in the United States 1929-1958," *Review of Economics and Statistics*, Feb., 1965.
- 〔10〕 ジェイムス・ナカムラ「経済発展と日本農業」1965年9月
- 〔11〕 Johnston, B.F., "Agricultural Productivity and Economic Development in Japan," *Journal of Political Economy*, Dec., 1951.
- 〔12〕 Kaneda, H., "Substitution of Labour and Non-Labour Input and Technical Change in Japanese Agriculture," *Review of Economics and Statistics*, Apr., 1965.
- 〔13〕 小泉進「巨視的生産関数による成長の定量分析：展望」村上・築井『経済成長理論の展望』1968年8月
- 〔14〕 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
- 〔15〕 大川・石渡・山田・石「資本ストック」大川・篠原・梅村『長期経済統計3』1966年8月
- 〔16〕 Solow, R.M., "The Production Function and the Theory of Capital," *Review of Economic Studies*, 1955.

- [17] Solow, R.M., "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*, Aug., 1957.
- [18] Solow, R.M., "Investment and Technical Progress," *Mathematical Methods in the Social Sciences* 1959, ed. by Arrow, Karlin, Suppes, Stanford University Press, 1960.
- [19] Sawada, S., "Effects of Technological Change in Japanese Agriculture," *Agriculture and Economic Development*, a Symposium on Japans Experience, in Prep.
- [20] Shultz, T.W., "*Transforming Traditional Agriculture*", 1964.
- [21] 穴戸寿雄「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
- [22] Shishido, T., "Japanese Agriculture: Productivity Trend and Development of Technique," *Journal of Farm Economics*, May, 1961.
- [23] 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
- [24] 土屋圭造「日本農業の技術進歩率, 1922-1963——稲作技術をめぐる」『農業経済研究』1966年9月
- [25] 土屋圭造「日本農業の計量分析：展望」『理論経済学』1967年3月
- [26] 辻村・渡部「生産関数と技術進歩：展望」『理論経済学』1966年3月
- [27] 梅村・山田・他「農林業」大川・篠原・梅村編『長期経済統計9』1966年12月
- [28] 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
- [29] 唯是康彦「農業における巨視的生産関数の計測」『農業総合研究』1964年10月
- [30] 頼・稲本「稲作技術進歩の生産関数分析」『農林業問題研究』1967年3月
- [31] Yotopoulos, P.A., "From Stock to Flow Capital Inputs for Agricultural Production Functions: A Microanalytic Approach," *Journal of Farm Economics*. May, 1967.
- [32] Walters, A.A., "Production and Cost Functions," *Econometrica*, Jan.-Apr., 1963.