

質的変数定量化の試み

速水佑次郎

はしがき

本稿の標題に云う質的変数の定量化とは技術、嗜好の如き質的要因の数量化である。その目的とする所は、経済關係に無視し得ぬ影響を及ぼすこれら質的要因を変数として導入し、計量経済分析を現実には有意なものたらしめるにある。

以下本論においては計量経済分析の歴史と現状とに對比して質的変数定量化の必要を明らかにし、更にアメリカにおける家禽の生産技術という一つの質的変数を取り上げ、その定量化の試みを示そうとするものである。

一、質的変数定量化の意義

一・一 計量経済分析の発展と現状

今世紀における経済学進歩の一側面は定性分析より定量分析への移行である。この点に関して経済学の進歩は諸科学進歩の一類型にほかならない。経済の定量分析、すなわち計量経済分析とは何か。これを一言にして云うなら

質的変数定量化の試み

ば、経済模型のパラメターを現実のデータから計測することである。その目的とするところは経済諸量間の因果関係を量的に把握することによって理論仮説の妥当性を検証し、計画決定の基礎を与えるにある。

定量分析への移行は科学としての経済学にとって必然の過程であるが、その前提として次の三条件が必要とされる。第一に計測可能な理論模型の設定であり、第二に計測技術の存在であり、第三に資料の整備である。もとより上記三条件は相互に相対的なものであって、一つの模型が計測可能か否かは或程度計測技術の進歩に依存しており、資料の整備が十分であるか否かは計測すべき模型と計測技術の如何にかかっている。

上記三条件が或程度相対的に満たされた時が、ムーア、H・シュルツ、ビン、エゼキエル等による計量分析の先駆的な仕事が主として農業経済の分野に現われた一九一〇年代末と考えられる。まず理論として一八九〇年マールシャル⁽¹⁾によって綜合された部分均衡の理論がガウス以来の最小自乗法によってたやすく計測され得る模型を与えた。一方今世紀初頭以来、整備されて来た米國農務省の個別作物統計がこの時期に至って必要な長さの時系列データを提供した。

R・A・フィッシャー⁽²⁾による近代統計学の成立は計量経済分析にも至大な影響を与えたのであって、経済模型中の変数はランダムな擾乱に影響される確率的な変数と見られるようになり、推計模型は誤差項を含む確率的なものに組み換えられるようになった。経済データは時系列データといえ、クロスセクション・データといえ、母集団より抽出されたサンプルの一つである⁽³⁾と見られ、計測されたパラメターの信頼度なり、有意度なりは確率的に表現される。かかる方法的立場はハーベルモ⁽³⁾により明示的な表現を得る。以後計量経済学者の興味は新たな方法的導入によって生じた計測技術上の問題に集中したと云って過言ではない。その中心は誤差項の確率分布をめぐって

の諸問題であつて、連立方程式的接近、時系列相関等がそれである。

一九四〇／五〇年代を通じてのコールス・コミッションを中心とする計量経済学者の努力は推計技術の精密化として結集した。かかる計量技術の進歩はたして計量経済分析をして経済諸量間の因果關係を量的に把握し、計画決定の基礎を与えると云う所期の目的を達成させるに見るべき寄与を与えたであろうか。答えは否定的である。計量分析が所期の目的をより良くしたか否かの判定基準は、計量分析に基づいてなされる経済予測の精度如何にある。近時現実上の要請に基づき、経済予測の組織は公約、私的レベルを問わず強化され、予測の精度も全体として向上しているが、多くの場合それはデータそのものの改善、予測者の経験の蓄積に依存しているのであつて、計測技術の進歩によるところは少ない。連立方程式推計その他の理論的に高度な計測技術が現在のところ経済予測にさしたる寄与を与えていない事實は經驗的に知られている。これは計算上の難易の問題ではない。端的に云つて現在の進歩した方法によるパラメターの測定値が二〇年前の方法による測定値と同様に精度に乏しく、予測の適中率が同様に低いのである。

注(一) A. Marshall, *Principle of Economics*, 1890.

(二) R. A. Fisher, *Statistical Method for Research*, 1925

(三) T. Haavelmo, *The Statistical Approach in Econometrics, Econometrica*, 12, Suppl., 1944.

一・二 質的変数を欠くことによつて生ずる困難

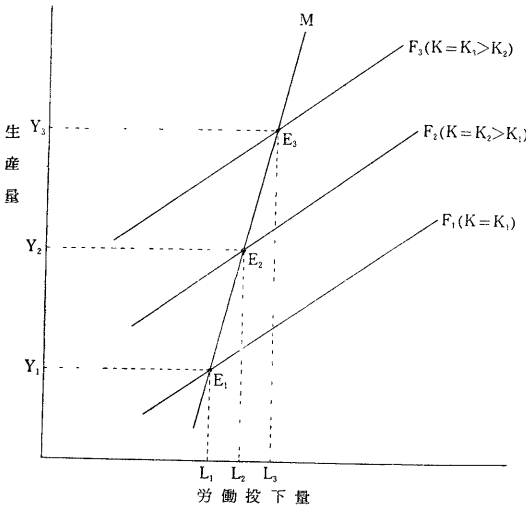
計測技術上及びデータの整備上の進歩にもかかわらず、計量分析の結果が現実のテストにおいて見るべき進歩を示さないと云うのは如何なる理由によるのであろうか。もとより進歩したとはいえ、推計技術なり、データの整備

なりがいまだ完全なものでないことは事実である。しかし根本的な欠陥は推計の対象となる模型自体にあるように思われる。

計測の対象となる模型、すなわち推計模型とは理論模型を一次函数、対数函数等の推計可能な数式をもつて近似したものである。一つの推計模型が理論模型の近似として許容され得るか否かはかかって分析の目的による。もし近似による誤差が目的とする予測を無意味にする大きさを持つなら、その推計模型は理論模型の近似として使用することは出来ない。現在計量経済分析の陥ち入っている困難はかかる許容範囲をこえた近似としての推計模型を使用している事に起因すると思われる。

従来使用されてきた推計模型の欠陥は何処に存するのであろう。従来の推計模型を点検する時、われわれは重要な変数のいくつかが欠けていることに気付く。これらの変数とは技術、嗜好、期待、経営能力等の質的な要因である。経済データは現実経済の均衡過程に実現された数値であるから、推計の対象である一つの経済関係を現実のデータから純粹に抽出するには、その関係に影響を及ぼす要因を変数として模型中に組み入れ、その影響を除去せねばならない。

或る生産物が労働と資本と云う二つの要素のみから生産さ



第1図 労働の変形曲線群

れている場合を例として考えよう。生産量 Y と労働投下量との関係は第一図に F_1 、 F_2 、 F_3 の如く労働の生産物への変形曲線群として表わされる。一般に同一量の L に対して Y の値は資本投下量 K により変化し、 K が $K_1 \downarrow K_2 \downarrow K_3$ と増加するにつれ労働の生産物への変形曲線は $F_1 \downarrow F_2 \downarrow F_3$ とシフトして行く。ところで現実にサンプルされた生産、労働、資本のデータがたまたま F_1 、 F_2 、 F_3 上の点 E_1 、 E_2 、 E_3 で表わされるようなものであったとする。労働の限界生産力が推計の対象となった場合、 K と云う変数を除いて単純に Y を L に回帰させたならば得られる曲線は E_1 、 E_2 、 E_3 を結ぶ M であって、その傾斜は求める労働の限界生産力である F の傾斜とは異なるものとなる。

このことは回帰分析の第一課であって、この場合労働の限界生産力を計測するのに資本を変数として模型中に導入せねばならぬことは誰しも知るところである。ところが在来の計量分析はこの第一課において重大な欠陥をもっている。生産分析について云えば生産に寄与するものとして労働、土地、資本と云う測定可能な生産要因は変数として模型中に含まれているが、技術、経営能力と云う質的な生産要因は含まれていない。かかる模型をもって労働、土地、資本の限界生産力を計測すれば、その計測値は偏奇を持たざるを得ない。もし経営能力の差や技術進歩の程度が大であれば、かくして生ずる偏奇は推計の結果を無意味なものとする大きさに達するであろう。とすれば計量的生産分析においてこれらの要因を変数として導入することは不可欠である。その前提として質的な要因を定量化すると云う操作がなくてはならない。

かかる主張に対して、上述のような困難は、データの撰択によって回避出来るのではないかと云う意見もあろう。クロスセクション・データによる生産分析を例にとれば、経営能力が比較的同質であると考えられる母集団を設定してサンプル抽出を行なえば、経営能力の差異を零と見做しても実践的に差しつかえない。同様のことが時系列デ

一タの場合、比較的技術変化の少ない時期をサンプルとして選ぶことによって可能となるであろう。

しかしかかる方法は問題に対するきわめて不満足な解答である。まず第一にこの方法は利用可能なデータを著るしく限定する。特に時系列データの場合、推計上有意な大きさのサンプルを求めることが著るしく困難となる。しかしより根本的な問題は、かくして推計された模型がそれ自体では実践的意義に欠ける点である。一つの経済関係が正確に把握されたとしても、その関係が他の要因によつて影響されるならば、将来予測を行なうにあつて、その影響自体を把握することが不可欠である。シュルツの言葉をかりて云うなら「一個の函数が有用なものであるためにはその函数が一定期間を通して安定しているか、或はその関係が如何に変化するかを予測出来なければなら⁽¹⁾ない」のである。今現実⁽²⁾に技術が変化しつつあるならば、その変化が生産関係に及ぼす影響を把握することなしに将来の生産関係を予測することは出来ない。

この困難を回避する便法として時と云う擬変数 *dummy variable* を技術に代替することが一般に行なわれている。しかしこれは多くの場合問題の解決策としてきわめて不満足である。なぜなら時を技術進歩の代替として使用すると云うことは技術が連続的に等しい間隔で進歩したと云う仮定に依存しているが、この仮定は多くの場合、現実の近似として実践的に承認し難い。⁽³⁾コクレンによれば今世紀におけるアメリカ農業の生産性は、当初二〇年間停滞的であつたものが一九二一―二四年においてトラクターを中心とする機械化により大きく飛躍し、その後再び停滞的になり、三八―四四年の時期において雑種トウモロコシその他の生物学的な技術革新によつて再び飛躍した。このように技術の発展は多くの場合断続的であり、連続的な場合でもその進歩は或る時期に速く、或る時期に遅く、等間隔な時と云う変数をもつて近似し得るようなものではない。それ故、時をもつて技術進歩を代表する変数とし

て使用すれば必要な変数を欠く場合と類似した偏倚を生ずる。

注(一) T. W. Schultz, *Reflections on Agricultural production, Output and Supply, Journal of Farm Economics* 38, 1956, p. 750.

(二) W. W. Cochrane, *Conceptualizing the Supply relation in Agriculture, Journal of Farm Economics* 37, 1955.

一・三 質的変数定量化の必要

以上生産分析を例として、計量分析中に質的な要因を変数として欠くことによって生ずる困難を述べたが、かかる困難は生産のみならず、消費、需要、投資等々あらゆる局面につきまとい、多くの場合分析の結果を無意味なものとしている。

注意せねばならぬ点は、計量経済分析におけるかかる欠陥は、分析者が質的・要因の影響を無視したことに起因するのでなく、質的・要因の変化を定量的に把握することの困難による。この困難の故に分析者は技術、嗜好等の質的・要因を経済内変数としてではなく、経済関係の作用する枠、すなわち供給なり、需要なりと云う構造を決定する要因であるとする立場を取る。云い換えれば質的・要因を一定と見なして模型を作成し、パラメーターの推計値をもって質的・要因の一定レベルを示すものとし、更に各時期におけるパラメーターの差をもって構造変化と呼ぶ。

かかる立場は技術進歩なり、嗜好の変化なりが僅少であって、その影響が相対的に無視し得るものならば実践的意味を持つであろう。しかし何人も、現在に於て技術革新が農業、非農業を問わず、生産関係に至大な影響を与え、生産函数を、ひいては供給函数を大巾にシフトさせつつある事実を否定するものはない。嗜好もまた、わが国のように経済発展の過程において文化的、社会的変化を伴う国では無視し難い大きさを持つ。

かかる経済の現実の下で質的要因の変化を零と見なした分析の結果が無意味なものとなるのは当然といえよう。この事実は経済予測に失敗し、その失敗を構造変化をもって説明しなければならぬ計量経済学者自身誰よりもよく知る所である。

以上最近二〇年来進歩してきた推計の技術が経済予測の精度を高めるのに見るべき寄与をなさなかったこと、及びその根本原因が質的要因の変化が変数として分析の模型に含まれていなかった点に求められることを明らかにした。実践的な見地からすれば計量経済分析は現在一つの壁に遭遇しつつあるのであって、推計技術の精密化はいたずらに体を壁に強圧するに過ぎない結果に陥ち入っているように思われる。現在の壁をこえて計量経済分析の前進を図るためには、質的要因を推計模型に組み入れねばならない。その前提としてこれら質的要因の定量化、すなわち質的要因変化の態様を量的に表現することが不可欠の前提となるであろう。

二、アメリカにおける家禽生産技術の定量化

前章において計量経済分析を有用なものにするためには質的変数の定量化が必要である点を述べた。しかし現実には質的変数の定量化とは云うに易くして行なうに難かしい作業である。事実、一定の経済関係に影響を及ぼす質的要因の変化の態様を量的に表現し、それを変数として含む模型を設定し、推計するという操作はいまだ経済分析に例を見ない。以下本章において述べる分析は、かかる意味での質的変数定量化の試みとして、米国における家禽生産の供給に及ぼす技術進歩の影響を、定量的に把握せんとした試みである。⁽¹⁾

注(一) 本章の内容は Y. Hayami, *Poultry Supply Functions*, Ph. D. Thesis, Iowa State University, 1960. の一部である。

二・一 アメリカ養禽業の発展に果たした技術進歩の役割

アメリカにおける家禽生産物の供給分析の前提条件として技術を定量化すると云う課題に入る前に、分析の対象たる家禽生産の実状を明らかにしよう。

養禽業は価値生産額において全農業生産の一〇%を占め、アメリカ農業の重要な一部門をなしている。アメリカの養禽業は三つの主要部門、すなわち(一)、卵(鶏肉を副生産物として)、(二)、ブロイラー、(三)、七面鳥から成立っている。これら三部門は生産物のみならず、生産期間、季節変動等の生産の型を異にする。特に生産の担い手と云う観点からすれば、卵が主として家族経営農家により副業的に生産されているに對し、ブロイラー及び七面鳥の生産は現在ほぼ完全に専業化されている。しかも防疫上の要請からブロイラーと七面鳥の生産は経営的に分離して行なわれている。本稿において家禽と云う言葉は卵、ブロイラー及び七面鳥を一括して指す言葉として使用されているが、これら三生産物は生産分析においても、供給分析においても分離して取扱う必要がある。

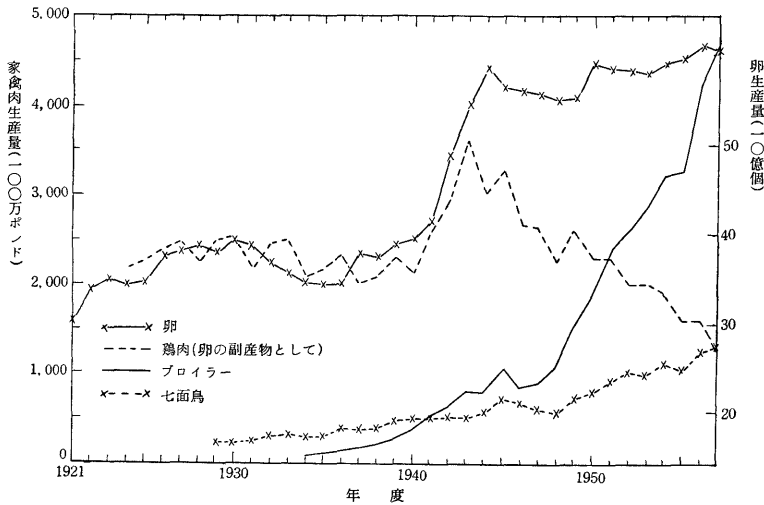
今世紀におけるアメリカの養禽業の発展は目覚ましい。一九一九～二五年より、一九五三～五九年に至る期間、農業生産全体として五二%、家畜生産全体として五九%の増加を見たに對し、家禽生産の増加は一〇七%である。急速な発展を遂げた養禽業のうちでも生産の増加率は部門別に異なる。最も顕著な成長を示したものはブロイラーであつて、農務省統計に始めて表われた一九三四年の生体重量九、七〇〇万ポンドから一九五七～五八年の五〇億ポンドの水準へ、五〇倍と云う正に驚異的な増加を示した。七面鳥生産もまた三〇年代初以来、二〇年間に約四倍となった。価値額的に最も重要な部門たる卵の生産は同期間にほぼ倍加した。主たる家禽生産物中減少したものは卵の副産物としての鶏肉のみである。各生産物の変化の態様は第二図に示す如くである。

質的変数定量化の試み

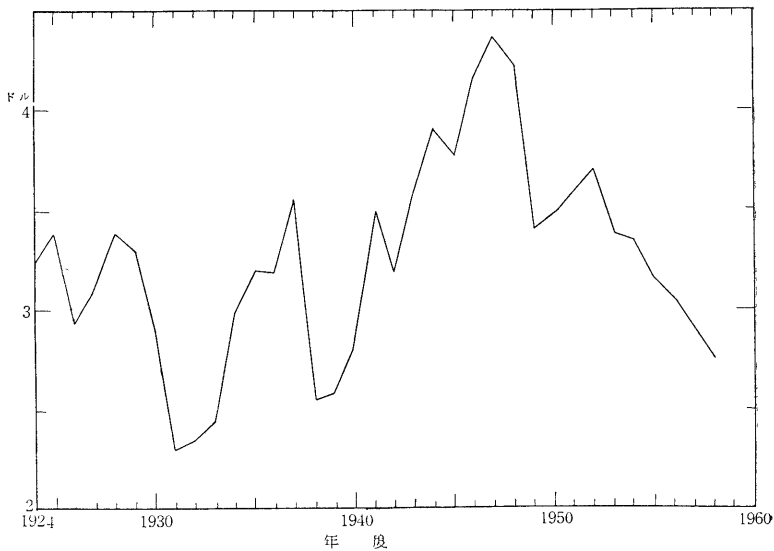
家禽生産のかかる急速な増加は何によってもたらされたのであろう。生産の増加は生産物価格の上昇もしくは生産費用の低下によってもたらされる。ところで各家禽生産物の価格の動向は第三図の示す通り、大戦の期間を除いて増加の傾向を持たない。むしろ生産増加の著しい四八年以降において価格は低下している。かかる生産と価格の動向は家禽生産物の供給曲線が急速に右方に移動し、需要曲線の下方を切って行ったと考えてよからう。

供給曲線の右方シフトをもたらすものとしてまず生産費を低下させる要因、すなわち生産要素価格の低下と技術進歩とが考えられるが、この場合要素価格の低下が供給曲線の右方シフトをもたらしたとは考え難い。なぜなら最も重要な生産費項目である飼料価格は第四図に示したように、かなり大なる変動を伴いつつもほぼ同一水準にとどまっている。故に家禽生産において生産費を低下させた原因として技術進歩を考えねばならない。

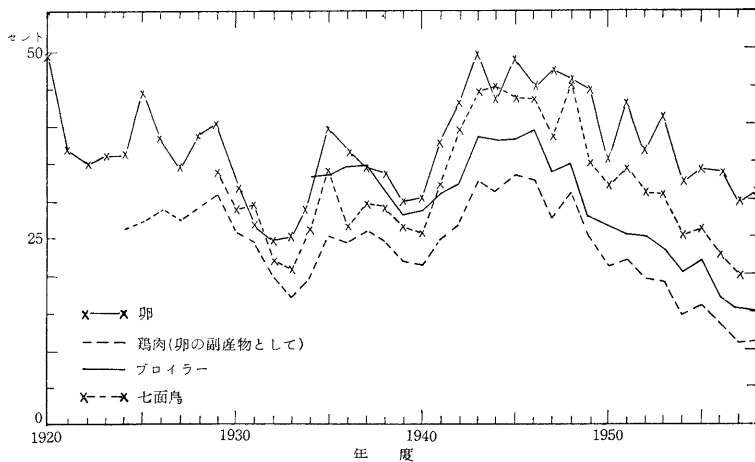
生産費の低下以外に供給曲線の右方へのシフトを齎らすも



第2図 品目別家禽生産の変化



第4図 消費者物価指数によりデフレートした家禽飼料価格 (100ポンド当り)



第3図 消費者物価指数によってデフレートした家禽生産物価格
(卵 1 ダース、家禽肉 1 ポンド当り)

のとして競合生産物の利潤率の低下、外部経済external economy of scale、市場の不確定性market uncertaintyの減少等があげられるが、現実には家禽に対する競合生産物としての家畜生産物にさして著しい利潤率の低下は見られず、又外部経済、市場の不安定性の減少等はシフトを加速させる要因とはなり得ても原動力とは考え難い。かく見る時、生産技術の進歩をもって供給曲線の右方シフトを、価格低下を伴う生産の大巾な増大を齎した主要因と考えてよいであろう。生産の急速な増大が養禽業の特徴であり、生産の増大が技術進歩によってもたらされたと考えれば、家禽生産物の供給分析をなすにあたって、技術進歩の影響を分析することが必要となる。

二・二 経済学的概念としての技術進歩

禽家生産技術の定量化という特殊問題に入る前に技術なり、技術変化なりが経済学において如何なる概念として把握されるかを明らかにせねばならない。

シュンペーターによれば技術革新は「新しい生産函数の設立」⁽¹⁾と定義される。シュンペーターの云う技術革新は経済学的概念であって、物理的な意味での技術変化と同一でない。実験室において発明された新機械はそれ自体では技術革新ではない。その機械が企業者に超過利潤を約束し、企業によって採用されてはじめて技術革新となる。かかる経済学的概念としての技術革新の意味は「技術革新とは与えられた市場条件の下で企業にとり実現可能な最大利潤の現在値を増大させる如き……生産函数の変化である」⁽²⁾とするランゲの定義においてはじめて明確なろう。もしシュンペーター・ランゲ的な技術革新の定義を採用すれば一定の技術水準は特定の生産函数として定義され、技術の変化は新旧の生産函数の差異として表現される。しかば技術変化は生産函数のパラメーターの値の変化とし

て把握されよう。これを現在の分析対象である家禽の生産技術の定量化の問題に即していえば、或る一時点における家禽の生産技術は、一個の家禽生産函数として表現されこれと異なる時点に異なる生産函数があればその差異をもって技術変化の尺度とする。それ故現在の分析目的にとって直接必要な作業は技術革新の結果として生じた産業全体としての家禽生産函数の変化を計測することである。

家禽生産の技術革新は企業家としての農民達が新技術を採用することに始まり、彼等の獲得した超過利潤に誘引され、他の農民が追従する過程において養禽業全体の生産函数は上方にシフトして行く。かかる技術革新の創始と伝播の過程は複雑な研究対象をなす。しかし現在の家禽生産技術定量化の目的が産業全体としての供給函数に影響を及ぼす技術変化の量的把握である以上、ここに云う技術革新の定量化は技術革新の結果として生じたアグリゲイटना生産函数の変化の計測によって達成される。

注(1) J. A. Schumpeter, *Business Cycles*, 1939, p. 87

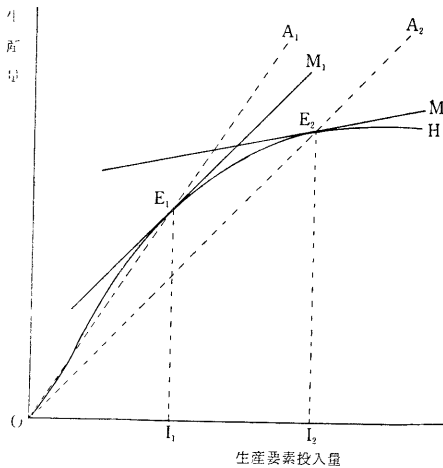
(2) O. Lange, *A Note on Innovation, Review of Economic Statistics*, 25, 1943, p. 40

二・三 技術進歩の指標としての数値系列

家禽生産技術の定量化の問題が家禽生産函数の変化の計測という問題に変換出来るとすれば、問題の解決は家禽生産函数を各年について農家生産費調査データから推計し、その変化を計ることによって達成される。しかしこの方法はデータの制約によって実行不可能である。現時点において一〇年、二〇年前の生産費に関する調査を行なうことは不可能であろうし、諸研究機関において集積されてきた農家生産費調査のデータから家禽生産費データを抽出するには天文学的な労力を要する。たとえこの作業を実行したとしても得られるデータはアメリカ養禽業全体を

代表し得るような生産函数を各年について推計し得るようなものとは考えられない。

データの制約から生産函数の変化が直接計測出来ないとするれば、これに代る方法として考えられるのは時系列データとして存在する数値中、生産函数の変化を最も良く反映すると思われる系列を選び、生産函数の変化を間接的に推定せねばならない。生産函数の変化を反映する時系列データとして産出投入係数が考えられる。時系列データとしての産出投入係数とは各期毎に与えられた市場条件の下に決定された平均生産性である。それ故、生産函数のみならず、生産物及び生産要素の相対価格もまた産出投入係数に影響を及ぼす。従って一つの生産函数に対して産出投入係数は市場条件によって同一ではない。第五図において、産出投入係数は生産函数Hの傾斜が産出投入価格比と一致する点と原点とを結ぶ直線の勾配である。今二つの異なる産出投入価格比が直線 M_1 と M_2 とで表わされるとすれば、同一の生産数に対して $E_1 I_1 / O I_1$ 及び、 $E_2 I_2 / O I_2$ と云う二つの異なる産出投入係数が与えられる。かかる市地条件の産出投入係数に及ぼす影響は生産曲線の形状によって異なる。もし生産曲線の勾配が大であれば価格比の変化の産出投入係数に及ぼす影響は相対的に大であり、勾配が小であれば相対的に小である。更に価格変化の産出投入係数に及ぼす影響は市場の不安定性の程度に左右される。市場の不安定性を割引くことにより、将来の産出投入価格比についての農民の期待値は一般に実際の値と



第5図 価格比の変化による投入産出比の変化

一致せず、生産の均衡点は価格比と限界生産物とが等しくなる点から乖離する。

以上のように産出投入係数が市場価格によって影響を受けるとすれば、産出投入係数を生産函数の指標として使用するには産出投入係数のデータが次の三条件のいずれかを満たさねばならない。すなわち、(一)、産出投入係数に及ぼす価格変化の影響が技術変化の影響に比して無視できる大きさである。(二)、価格変化の影響が分析期間において特定の方法により除去し得るような一定の型を持つ。(三)、生産函数の変化に伴う産出投入係数に一定の型があり、特定の函数によって近似できる。故に現在の問題である家禽生産技術における変化の測定には家禽生産技術を代表する産出投入係数の選択及びそのデータが上記三条件を満足するかどうかの判定がなされねばならない。

二・四 産出投入係数の選択

生産函数のレベルを最も良く代表すると思われる産出投入係数は、生産量とすべての量的生産要素の集計量の比である。しかし家禽生産の各要素を満足できる程度に正確に計量し、集計することは困難である。従来、家禽生産、特に卵生産の主要部分は家族経営農家の副業生産であつて、家禽生産に投下される要素は労働にせよ、飼料にせよ、農家生産全体から分離して計測することが難しい。それ故、改善の策として現在相当程度の長さの系列として得られる個別生産要素と家禽生産量の比のうち、家禽生産技術の進歩を最もよく反映すると思われるものによつて代用することにする。

ヘディによれば農業生産における技術革新は「機械的」と「生物的」と云う二つの範疇にわけられる。⁽¹⁾ヘディの云う機械的技術革新とは物理的作業を機械化する労働節約的な技術革新を指し、生物的技術革新とは農業生産の手

段である有機体の生理的変革を主内容とする技術革新である。家禽生産の場合でいえば通風、給水、給餌等の設備の能率化は前者に属し、育種、栄養、衛生等の改良は後者に属する。機械的技術革新は労働の平均生産性の変化として表われる。この労働の平均生産性は技術水準を代表する指標として広く使われているものであるが、養禽業の場合は労働生産性をもって技術の代表的指標とすることは問題である。第一に労働費の生産費に占める割合は比較的少であり、近年の生産費調査を見ても、生産費中労働費の占める割合が三〇%を越えるケースは見当らない。しかも家禽生産の大部分は主として副業として行なわれてきたもので、投入された労働が余暇労働、婦女子労働と云う機会費用が零である場合が多い。

労働の家禽生産に占める位置がかなうなものとすれば、アメリカ養禽業の発展の主因は労働節約的技術の進歩であるよりも、むしろ家禽生産の生理的変革、すなわち生物的技術革新に求められるように思われる。生物的技術革新すなわち育種、栄養、衛生その他の改良を通じての家禽生産の能率の向上は有機的生産要素の単位当り生産量の増加として現れる。農務省の資料によれば一九三五年において飼料一〇〇ポンドにつき一八・九ポンドのブロイラー、もしくは一三・八ポンドの七面鳥が生産されたに対し、一九五七年には同量の飼料よりブロイラー一三三・九ポンド、もしくは七面鳥一七・一ポンドが生産された。一方同期間において牝鶏一羽当りの産卵量は一二二個より一九八個へと増大した。

飼料は家禽生産の最大費用項目であって、全生産費の五〇%から八〇%を占める。しかも四〇年代以前において飼料は現金支出としてほとんど唯一の項目であった。農民が飼料の効率向上に強く反応したであろうことは推測に難くない。この点を考慮すれば、家禽生産技術の指標として飼料変形率、すなわち飼料投入量と家禽産出額の比を

用いることは極めて妥当と思われる。

ゆえにブロイラー及び七面鳥の技術進歩を定量化する基礎データとしては、それぞれの飼料変形率を用いることとする。しかし卵の生産技術に限っては卵飼料変形率の代りに牝鶏一羽当りの産卵量をもってその指標とする。その理由の一つは一羽当り産卵量が「過去五〇年間養鶏農家、農科大学、飼料工業にとって最大の関心のま⁽²⁾」であったからであり、次に一羽当り産卵量の統計が精度において卵飼料変形率の統計に比らべて優れており、この二量間に高い内的相関があることが証明されている以上、統計精度においてまざる産卵量を使用することがより妥当と考えられるからである。

牝鶏一羽当り産卵量、ブロイラー飼料変形率及び七面鳥飼料変形率の趨勢は第六図に示す如く、総生産の趨勢と合わせて類似している。このことはの産出投入係数が家禽の三生産部門における技術進歩を代表すると云う仮説を支持するものである。

注(一) E. O. Heady, *Economics of Agricultural Production and Resource Use*, 1952, pp. 818-819

(二) H. R. Bird, *Fifty Years of Scrambling for More Efficient Egg Production*, *Feedstuffs* 31, No. 8, 1959, p. 10

二・五 技術進歩の抽出方法

家禽生産の技術進歩を測る基礎データとして牝鶏一羽当り産卵量、ブロイラー飼料変形率及び七面鳥飼料変形率選ばれた。これら産出投入係数の値は生産函数の変化と同時に価格の変化によって変化する。産出投入係数のデータから技術進歩を純粹に把握するためには二・二節において述べた三条件のいずれかを満足させていなければな

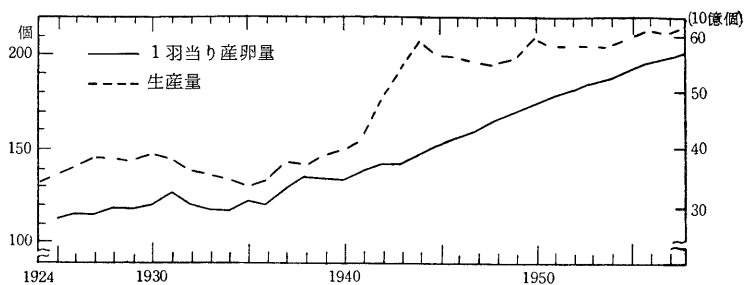
らない。

まず第一の条件はそれがはたして満足されているか否かを判定することが難しい。産出投入係数に及ぼす価格の影響は技術進歩の影響に比らべて少なくなることは推測されるが、相対的に無視し得る程度であるか否かを判断する材料は存在しない。

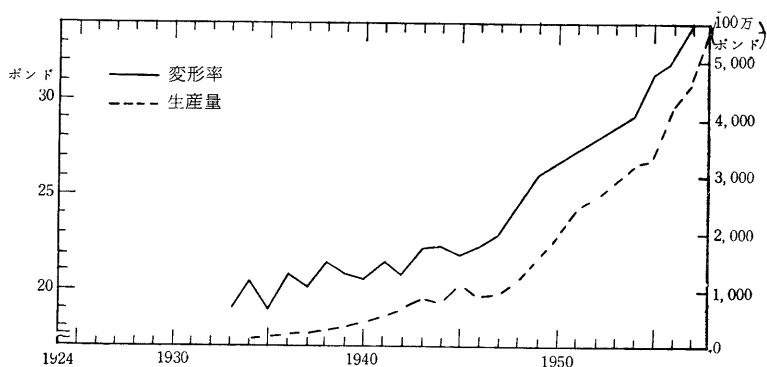
データから判断すれば、第二の条件は満足されていないように思われる。七面鳥を例に取れば七面鳥と飼料の価格比が平均水準以下である一九三四～三七年において飼料変形率は趨勢値を上まわっているのに対し、価格比に低下傾向のある一九五五年以後、飼料変形率は低下している。すなわち飼料変形率と価格比の動きが前期においては反対方向に、後者においては同一方向にと相い異なった関係を示している。

一般に産出投入係数は他の条件が一定の場合、生産函数と価格比と云う二つの要因により決定されるが、現実には様々な他の要因の影響を受ける。家禽生産は、まず自然環境に影響される。産卵率にせよ、飼料変形率にせよ気候条件の良好な年に上昇し、不良な年に下降する。疫病の流行は羅病鶏の産卵率を低下させ、あるいは産卵不能にし、産出投入係数の全国平均を低下させるであろう。環境制御が不充分であった戦前の時期における平均産卵量及び飼料変形率のいちじるしい変動は自然的環境の変動によって説明されよう。

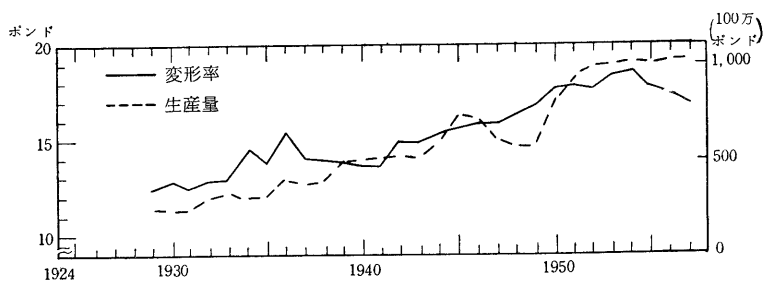
生産要素及び産出物の内的構成もまた産出投入係数に影響を及ぼす。一九五五年以降における七面鳥の飼料変形率の低下は、これにより説明できる。七面鳥は重量種 *heavy breed* と軽量種 *light breed* に大別されるが、消費者嗜好の変化により軽量種の全七面鳥中に占める割合は一九五五年以降減少傾向にある。軽量種の飼料変形率は重量種のそれに比らべて高率であるから軽量種の減少は飼料変形率の全国平均を低下させる。しかしかかる原因に



第6図A 牝鶏1羽当り産卵量及び卵生産量



第6図B プロイラー飼料変形率及びプロイラー生産量



第6図C 七面鳥飼料変形率及び七面鳥生産量

よる飼料変形率の低下は飼料効率の低下を意味するものではない。肥育の仕上げ段階において重量種は配合飼料に比らべて低廉な粒状トウモロコシを主たる飼料として使うことができる。それ故重量種の増加により物理的な飼料変形率が低下しても価値に換算した変形率はかならずしも低下したわけではない。むしろ七面鳥生産における飼料効率は引きつづいて上昇したと考えることが妥当である。云いかえれば生産要素及び生産物の内的不均質性を調整すれば七面鳥の生産函数は一九五五年以後も上方にシフトしたと思われる。

以上述べたように産出投入係数の変化は様々な要因の総合結果であって、生産函数の変化以外の要因による影響をすべて除去することは至難である。かくして産出投入係数のデータに生産函数の変化を表わすと考えられる函数を当てはめる方法が可能な道として残される。

前掲第六図を見れば明らかなように平均産卵量、ブロイラー飼料変形率、七面鳥飼料変形率の値には著るしい上昇傾向が存在する。かかる上昇傾向は技術進歩を除いては考えられない。問題は如何にしてこれら産出投入係数のデータから技術進歩を抽出するかである。具体的に云えば、上昇の趨勢を近似するのに如何なる函数型を使用するかである。

特定の函数型を選択する場合の判断基準は(一)、データの性質に関するアプリオリな知識、(二)、観測値と推計値との間の相関度、(三)、計算上の便宜の三点であろう。まず第一の点であるが、平均産卵量及び飼料変形率を趨勢的に変化したさせた技術進歩は、主として生物学的なものである。このことは函数型の選択に重要な手がかりを与える。

生物的成长はロジスティック曲線 *logistic curve* に従うとは一般に認められた仮説である。この仮説は単に生物体及び生物体集団の成長に関する観察や実験によって経験的に認められるのみでなく、成長現象に関する基本的

な仮定から演算的に導き出される。デービスの⁽¹⁾定義によればロジスティック函数は

$$1. \quad X = \frac{K}{1 + e^{at}}$$

の如き分数函数のうち $\phi(t)$ が一次函数である特殊型である。ロトカはこのロジスティック函数を生物の動学基本方程式 fundamental equation of kinetics の特殊解としてとらえる。⁽²⁾生物の動学基本方程式とは一定時点における生物体(個体或いは個体の集団)の成長率は与えられた条件下、その時点における生物体の大きさそのものに依存すると云う仮定の数学的表現である。すなわち

$$2. \quad \frac{dX}{dt} = f(X)$$

上式で X は生物体の大きさであり、 t は時である。

具体的な例として X を一定の条件に保たれた瓶の中で実験的に培養されている蠅の数とする。初期において蠅は幾何的に増加するが、瓶内における蠅の増殖余地が次第にせばまるにつれて増加率は減速する。すなわち瓶内の蠅の増加率 dX/dt は蠅の数 X 自体の函数である。

さて生物体はその成長の過程においていくつかの均衡点、すなわち生長率が零である点を通過する。均衡点では

$$3. \quad \frac{dX}{dt} = f(X) = 0$$

なる関係が成立する。第1式で表わされたロジスティック函数は微分方程式である第2式に第3式が零根及び零以外の一根を有するという条件を与えた場合の解である。⁽³⁾第3式が二根を有し、そのうち一根が零であると云う条件

は零という下限から成長を開始し、一定の上限値に至って成長を停止すると云う生物体成長の態様を示すものである。

ロジスティック函数の動学基本方程式からの導出は生物的成長がロジスティック曲線にしたがうという経験的法則に理論的基礎を与えるものである。生物体のロジスティック的成長過程は生命に内在する成長への衝動と自然によって課せられた制約がバランスする過程と考えられる。自然によって課せられた制約とは成長中枢による制御、限定された成長空間或いは栄養量等である。

生物的成長がロジスティック曲線に従うと云う経験的法則の理論的解釈は以上の通りであるが、筆者は生物的技術革新は根本的に生理的な現象である以上、生物的な技術の進歩もまたロジスティック型を取るといふ仮説を立てる。有機的生産の生理を改良することに向けられた研究努力の限界報酬が、初期段階において漸増し、或る点をこえると減少に向うというのは経験的事実である。未開拓の研究テーマを取り上げることが、多くして目に見える成果にとぼしい作業である。しかるに研究が進み、文献が蓄積されるにつれ、研究者は既存の知識を踏み台として加速的な成果をあげることができる。しかし、有機的生産の生理的改良には自然の限界があり、その限界に近づくにつれ研究努力の限界報酬は減少する。生物的成長とのアナロジイをもつていえば、かかる生物的技術進歩の過程は、有機的生産の効率を高めようとする研究努力と自然によって課せられた制約とがバランスする過程とかんがえられる。

動物単位あるいは飼料単位当りの生産量に生理的限界があることは明らかである。牝鶏一羽当り平均産卵量は年間三六五個以上になることはないであろうし、一ポンドの飼料から一ポンド以上の肉を生産することは不可能であ

る。現実には産出投入係数の全国平均値の上限は、かかる物理的限界よりかなり小さい値であろう。第六図（前掲）に見る限り、家禽生産の産出投入係数の上昇は初期においてゆるやかであったのが次第に加速している。今後上限値に近づくにつれ増加率は低下して行くであろうと予想される。産出投入係数の変化の態様がかかるものである以上、生物的技术革新に基づく産出投入係数の上昇傾向がロジスティック曲線の型を取ると考えることは妥当であろう。ゆえに平均産卵量、飼料変形率のデータから、卵、ブロイラー及び七面鳥の生産技術の進歩を抽出する手段としてロジスティック函数を使用することとする。

注(一) H. T. Davis, *The Theory of Econometrics*, 1941, Chap. 8.

(二) A. J. Lotka, *Elements of Physical Biology*, 1925, Chap. 6.

(三) 第2式をテラー展開すれば

$$N.1 \quad \frac{dX}{dt} = F(X) = ax + bx^2 + cx^3 + \dots$$

(N.1)における x は X の平均値よりの差であり、従って(N.1)には定数項が存在しない。第3式が2根を有するといふ必要条件を満たすため(N.1)の展開を第2項で止める。

$$N.2 \quad \frac{dX}{dt} = ax + bx^2$$

微分方程式である(N.2)の解は

$$N.3 \quad X = G_1 e^{at} + G_2 e^{2bt} + G_3 e^{3bt} + \dots$$

(N.3)を(N.2)に代入し、同類項の係数を等号で結べば

$$N.4 \quad G_2 = \frac{b}{a} G_1^2$$

$$N.5 \quad G_3 = \left(\frac{d}{a}\right)^2 G_1^3$$

質的変数定量化の試み

質的変数定量化の試み

一三四

以下 N.3 は単純な幾何級数となり、その和は

$$N.6 \quad X = \frac{G_1 e^{at}}{1 - \frac{K}{aG_1} e^{at}} = \frac{\frac{a}{b}}{e^{-at} - 1}$$

となる。(N.6) 係数を

$$N.7 \quad -a = c, \quad \frac{a}{bG_1} = d, \quad -\frac{a}{b} = K$$

と表わせば、(N.6) は

$$N.8 \quad X = \frac{K}{1 + de^{ct}}$$

となる。

二・六 ロジスティック函数による技術の定量化

ロジスティック函数を平均産卵量及び飼料変形率のデータに当てはめる場合の問題は、上限値の決定である。平均産卵量の増加率には多少漸減の傾向が見えているが、まだ著るしいものではない。ブロイラー飼料変形率は現在なお加速的に上昇している。七面鳥飼料変形率は一九五五年以降低下しているが、これをもって飼料効率の低下とすることができないことは既に述べた通りである。

このような性質のデータにロジスティック函数を通常の方法¹⁾によって当てはめれば、得られる上限値は現実的妥当性に欠けるものとならざるを得ない。それ故、ロジスティック函数を家禽の産出投入係数データに当てはめるに

際しては、まずその上限値を家禽生産に関する生理的及び経済的要因についての知識に基づいてア priori に決定し、上限値を所与としてロジスティック函数の推計をおこなう。上限値決定についての説明はここでははぶき、その結果のみを記せば、牝鶏一羽当り平均産卵量は一年につき二五〇個、ブロイラー飼料変形率は飼料一〇〇ポンド当り六七ポンド、七面鳥飼料変形率は、飼料一〇〇ポンドにつき三三ポンドである。これらの値は「専門科学者の当て推量」の域を出ない不確実な予測値であるが、データ面の制約からしてこれらを上限値として使用せざるを得ない。

一方下限値はデータを対数に変換し、時との関係において図を描き、フリー・ハンドに当てはめた直線によって得られる一九〇〇年度の値である。かくして決定された下限値は平均産卵量一〇〇個、飼料一〇〇ポンド当りブロイラー一八ポンド、飼料一〇〇ポンド当り七面鳥一二ポンドである。

上限値及び下限値が与えられればロジスティック函数は対数一次式に変換した上、最小自乗法により簡単に計測される。計測結果は次の通りである。

牝鶏一羽当り平均産卵量

$$4. \quad R_e = 100 + \frac{250}{1 + 19.62e^{-.07777t}}$$

ブロイラー飼料変形率

$$5. \quad R_b = 18 + \frac{67}{1 + 55.67e^{-.1116t}}$$

七面鳥飼料変形率

質的変数定量化の試み

$$6. \quad R_T = 12 + \frac{33}{1 + 42.07e^{-.0889t}}$$

上式において R_e 、 R_b 、 R_T は、それぞれ平均産卵量、ブロイラー飼料変形率、七面鳥飼料変形率を表わし、 t は計測に用いられたデータの基準時を一として等間隔で測った時である。

4、5、6 式から各年について推計された産出投入係数の値は原観測値との対比において第一図に記されているが、推計値と原観測値との相関係数は平均産卵量について・九九三〇、ブロイラー飼料変形率について・九八八二、七面鳥飼料変形率について・九一一一である。これらの値から判定すれば、ロジスティック函数のデータへの適合度はほぼ満足すべきものであると考えられる。適合の態様は第七図によって見られたい。

第一表に記された平均産卵量、ブロイラー飼料変形率及び七面鳥飼料変形率の推計値は、原データより価格変化その他の影響を捨象したものであり、純粋に技術進歩の態様を示す数値系列であると考えられる。ここにこれら推計値をそれぞれ卵、ブロイラー及び七面鳥の生産技術指数と呼ぼう。家禽生産技術の定量化と云う課題はこれら技術指数の作成によって答えられたわけである。

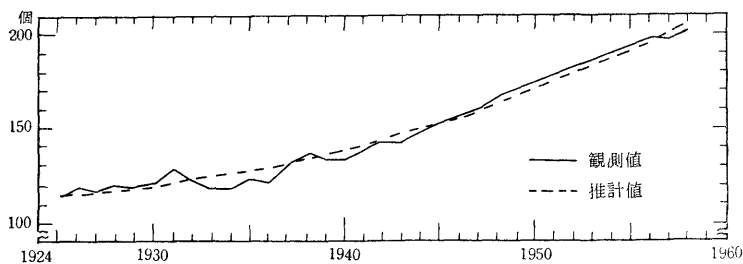
注(一) ロジスティック函数の諸推計法に関しては H. T. Davis, op. cit 及び G. Tinbergen, *Econometrics* 1952, Chap. 8 に詳し。

(2) 上記数値の決定は H. R. Bird (Dept. Poultry Husbandry, University of Wisconsin), G. F. Comb (Dept. of Poultry Husbandry, University of Maryland), M. L. Scott (Dept. of Poultry Husbandry, Cornell university), 及び P. R. Walther を始めとする Dept. of Poultry Husbandry, Iowa State University のスタッフの示唆によつて所大である。くわしくは Y. Hayami, op. cit, Chap. 2 を参照されたい。

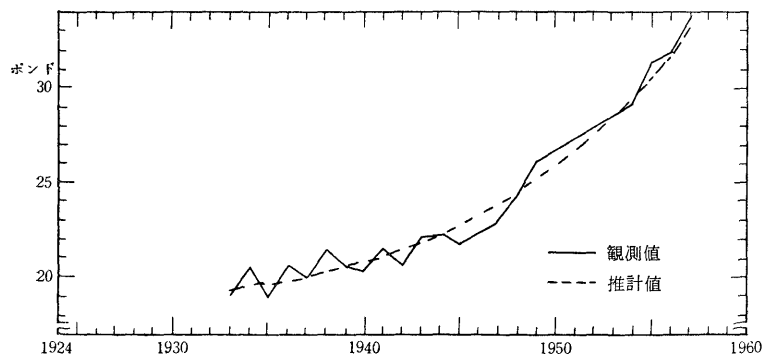
第1表 家禽の投入産出係数：原観測値及びロジスティック推計値

年 度	牝鶏1羽当り産卵量		ブ ロ イ ラ ー 飼 料 変 形 率		七面鳥飼料変形率	
	原観測値	ロジスティック	原観測値	ロジスティック	原観測値	ロジスティック
1925	112	113				
1926	118	114				
1927	117	115				
1928	119	116				
1929	119	117			12.4	12.8
1930	121	118			12.8	12.9
1931	127	119			12.5	13.0
1932	121	121			12.9	13.1
1933	118	123	18.9	19.3	13.0	13.2
1934	118	125	20.5	19.4	14.5	13.3
1935	122	127	18.9	19.5	13.8	13.4
1936	121	129	20.7	19.7	15.4	13.5
1937	130	131	20.0	19.9	14.1	13.6
1938	135	133	21.5	20.2	14.1	13.7
1939	134	135	20.8	20.5	13.9	13.9
1940	134	137	20.4	20.8	13.8	14.1
1941	139	140	21.5	21.1	13.8	14.3
1942	142	143	20.7	21.5	15.0	14.5
1943	142	146	22.2	21.9	15.0	14.7
1944	148	149	22.3	22.3	15.4	15.0
1945	152	152	21.8	22.8	15.8	15.3
1946	156	155	22.3	23.3	15.9	15.5
1947	190	158	23.0	23.9	15.9	15.8
1948	166	161	24.4	24.5	16.4	16.1
1949	170	165	26.2	25.2	16.9	16.5
1950	174	169	26.7	25.9	17.8	16.8
1951	177	173	27.3	26.7	18.0	17.2
1952	181	177	27.9	27.6	17.8	17.6
1953	185	182	28.5	28.6	18.4	18.1
1954	188	186	29.2	29.6	18.6	18.5
1955	192	190	31.5	30.7	17.9	19.0
1956	196	195	32.0	31.9	17.6	19.5
1957	198	200	33.9	33.2	17.1	20.0
1958	201	204				

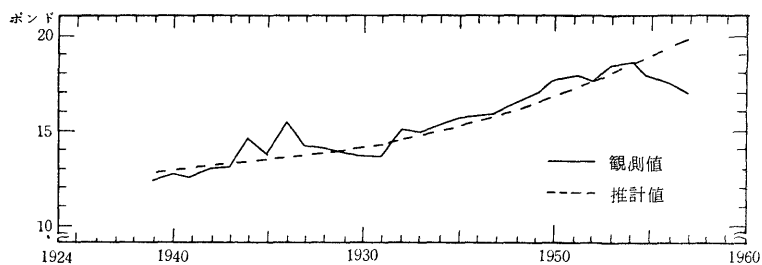
U. S. D. A., *Production Report*, 21, 1958 による.



第7図A 牝鶏1羽当り産卵量：原観測値及びロジスティック推計値



第7図B ブロイラー 飼料変形率：原観測値及びロジスティック推計値



第7図C 七面鳥 飼料変形率：原観測値及びロジスティック推計値

二・七 供給分析における技術指数の寄与

前節において作成された技術指数の有用性は所期の目的である家禽生産物の供給分析に対する寄与によって判定されなければならない。以下卵、ブロイラー及び七面鳥の各ケースについて技術指数を変数として含む供給函数の計測結果を技術指数を時と云う変数をもって代置した模型の計測結果と対比し、技術指数の有用性を判定する資料としよう。

分析に使用さるべき供給函数として様々な型が考えられるが、ここには技術指数の寄与を示すに最も単純なものを選んだ。供給模型の作成に関する議論の詳細はここでははぶくことにする。

A、卵

アメリカ農家の卵生産の型は一般に春季において雛を購入し、その雛が秋期より産卵を始め、翌年の秋にいたって廃鶏となる。一年間の卵生産は当年春季および前年春季の育成雛数によって大半が決定される。ゆえに当年および前年に於ける雛購入意欲を左右し、ひいては卵の生産量を決定する価格変数として、前年の十一月より当年の五月に至る七カ月平均の卵・飼料価格比を当年及び前年について取り、供給函数（この場合農業レベルにおける供給、すなわち農家生産の価格に対する反応函数）を作成する。一九二六―五八年のデータについての最小自乗法による計測結果は

時を使用した場合

$$7. \quad X_1 = 1.1405 + .1090X_2 + .1604X_3 + .2151X_4, \quad R^2 = .5770 \\ (.2430) \quad (.2425) \quad (.0419)$$

質的変数定量化の試み

技術指数を使用した場合

$$8. \quad X_1 = -2.2430 + .3637X_2 + .4824X_3 + 1.3898X_5, \quad R^2 = .9056 \\ (.1154) \quad (.1175) \quad (.0939)$$

ここに

X_1 卵の年間生産量（単位一〇億個）

X_2 当年の卵・飼料価格比（十一月～五月平均）

X_3 前年の卵・飼料価格比（十一月～五月平均）

X_4 時（一九二六年基準）

X_5 卵生産の技術指数 R_e

変数はすべて対数値とする。

以上二つの供給函数を比較する時、技術指数の寄与を示す二つの統計的証拠が見出される。まず第8式の決定係数 R^2 の値が第7式の R^2 の値に比べて五〇%以上大きいことである。このことは供給模型のデータへの適合度が技術指数を用いたことによって著るしく高められたことを意味する。

次に本年度及び前年度の価格変数の係数が第8式において、ともに一%の水準において零からの有意差を有するに對し、第7式の場合その水準は五〇%及び六〇%と云う統計的に殆んど意味のない大きさを取る。価格変数の係数は第7式で非常に小さく計測されているが、これは技術進歩を時によって近似したことによって生じた偏倚によると考えられる。

B、ブロイラー

ブロイラーの生産は完全に專業化されており、雛より成鶏に至る生産期間は二乃至三カ月と云う短期間であつて、卵生産におけるが如き季節的な型をもたない。ブロイラーの年間生産量を決定する価格変数として当年及び前年の年間平均ブロイラー・飼料価格比を選ぶ。一九三五〜五八のデータについての最小自乗法による計測結果は時を使用した場合

$$9. \quad X_6 = 3.0342 - .8898X_7 - .7447X_8 + 1.1860X_9, \quad R^2 = .9171 \\ (.5963) \quad (.6579) \quad (.0679)$$

技術指数を使用した場合

$$10. \quad X_6 = -8.2756 + 1.4925X_7 + .3802X_8 + 7.1406X_{10}, \quad R^2 = .9268 \\ (.8515) \quad (.8667) \quad (.5516)$$

ここに

X_6 ブロイラーの年間生産量(単位一〇〇万ポンド)

X_7 当年度における年間平均ブロイラー・飼料価格比

X_8 前年度における年間平均ブロイラー・飼料価格比

X_9 時(一九三五年基準)

X_{10} ブロイラー生産技術指数 R_6

変数はすべて対数値とする。

質的変数定量化の試み

供給分析に及ぼす技術指数の寄与は第9式と第10式における価格係数の符号の差異として表われている。第10式で前年度及び今年度の価格の変化に対する生産の反応は共に正であるに対し第9式では相方とも負である。ブロイラーの生産者が価格の変化に対して反対の方向に生産を調節することは理論的にも、経験的にも考え難いことであるから、第9式において価格変数の係数はが負であるの時を技術指数の代替として用いたことによって生じた偏倚であると考えられる。技術指数を用いた第10式の場合にも価格変数の係数は5%の水準で零と有意差を有しない。これは技術進歩に基づく生産増加が大巾で、価格変化による生産の変動を蔽ってしまった結果であると思われる。

C、七面鳥

七面鳥生産はブロイラーの場合と同じく專業化されているが、七面鳥の消費が、感謝祭からクリスマスにかけてのシーズンに集中すると云う需要面の特徴から非常に明瞭な季節的な型を有している。すなわち一〇月から二月にかけて出荷出来るように大半の七面鳥雛は春季において育成される。それ故前年の利潤を左右し、当年の育成雛数を決定する前年度末、すなわち一〇、一一、一二月の七面鳥・飼料価格比の平均値をもって七面鳥供給函数の価格変数とする。一九三〇～五八年のデータについての最小自乗法による計測結果は

時を使用した場合

$$11. \quad X_{11} = -1.9706 + .0186X_{12} + .6976X_{13}, \quad R^2 = .8830 \\ (.1923) \quad (.0537)$$

技術指数を使用した場合

$$12. \quad X_{11} = -2.0902 + .2861X_{12} + .3827X_{14}, \quad R^2 = .9639 \\ (.1106) \quad (.1557)$$

ここに

X_{11} 年間七面鳥生産量（単位一〇〇万ポンド）

X_{12} 前年度一〇月～一二月期における平均七面鳥・飼料価格比

X_{13} 時（一九三〇年基準）

X_{14} 七面鳥生産技術指数 R_T

変数はすべて対数値である。

七面鳥の供給分析における技術指数の寄与は、上記二式の比較において卵の場合と同様 R^2 の値及び価格変数の係数の統計的有意度に見られる。第12式における R^2 の値は第11式のそれより約一〇%大きく、価格変数の係数は第12式において五%の水準において有意であるに対し、第11式では九〇%の水準においてようやく零との有意差を認めるに過ぎない。

第11式の著るしく小さい価格係数は、技術進歩を時によって近似したことによって生じた偏倚に基づくと考えられる。

二・八 技術指数の評価と問題点

前節において技術指数の有用性は供給分析を通じて示された。一方、技術指数の理論的基礎はその作成過程において詳説されている。ここに技術指数の理論的意義に関する議論を補足し、本稿を終ることとしよう。

まず技術進歩を抽出するためロジスティック函数を使用することはロジスティック以外の函数、例えば指数函数

第2表 家禽の生産及び価格データ

年 度	卵生産量 (10億個)	卵・飼料 価 格 比 (11—5月平均)	ブロイラ ー生産量 (100万ポンド)	ブロイラー・ 飼料価格比 (年平均)	七面鳥生産 量 (100万ポンド)	七面鳥・飼 料 価 格 比 (10—12月平均)
1925	35.0	12.5				
1926	37.2	13.9				
1927	38.6	13.4				
1928	38.7	12.2				
1929	37.9	13.1			239	11.4
1930	39.1	13.8			228	10.5
1931	38.5	10.6			244	14.7
1932	36.3	11.6			303	12.0
1933	35.5	14.3			319	8.0
1934	34.4	10.9	96.6	5.6	300	7.4
1935	33.6	11.4	122.6	5.6	298	11.4
1936	34.5	13.1	152.2	5.8	405	6.9
1937	37.6	9.4	195.6	5.6	376	10.3
1938	37.4	11.4	239.1	5.8	395	12.3
1939	38.8	12.6	306.1	5.2	494	6.5
1940	39.7	10.4	413.5	5.1	502	9.4
1941	41.9	11.5	558.9	5.2	512	10.0
1942	48.6	13.2	674.1	5.9	522	12.0
1943	54.5	14.7	832.8	6.7	509	11.1
1944	58.5	11.2	817.6	6.4	584	11.7
1945	56.2	12.8	1,107.2	6.6	740	11.1
1946	56.0	11.9	883.9	6.6	714	10.2
1947	55.4	11.3	936.4	5.9	611	7.3
1948	54.9	9.8	1,126.6	6.4	574	12.9
1949	56.2	12.7	1,590.2	5.7	769	10.2
1950	59.0	9.6	1,944.5	5.4	817	8.9
1951	58.1	11.4	2,414.8	5.3	950	9.1
1952	58.1	9.1	2,623.9	5.2	1,049	8.2
1953	57.9	11.3	2,904.2	5.1	1,008	9.1
1954	58.9	19.9	3,236.2	4.3	1,161	7.5
1955	59.5	9.7	3,309.3	5.0	1,090	9.0
1956	60.9	12.1	4,269.5	4.0	1,274	7.5
1957	60.4	9.1	4,692.6	3.9	1,351	7.0
1958	60.7	11.7	5,431.3	3.7	1,369	7.0

質的変数定量化の試み

U. S. D. A, Statistical Bulletin 249, 1959, 及び The Poultry and Egg Situation, 1958—59, による。

或いは対数函数などを使用する場合と原理的に異なるという点を強調したい。データに対する適合度と云う点ではロジスティック函数と同等もしくはそれ以上の函数型がいくつか存在する。例として指数函数を家禽の産出投入データに当てはめると次のような結果を得る。

牝鶏一羽当り平均産卵量

$$13. \quad R_e = 105.2 \cdot e^{-0.186t}$$

ブロイラー飼料変形率

$$14. \quad R_b = 17.8 \cdot e^{-0.0223t}$$

七面鳥飼料変形率

$$15. \quad R_T = 12.4 \cdot e^{-0.1040t}$$

原観測値と指数函数による推計値との相関係数は卵について・九八三〇、ブロイラーについて・九五九四、七面鳥について・九四〇六である。データに対する適合度からいえばロジスティック函数と指数函数の間に見るべき差異はない。七面鳥の場合には指数函数の相関係数はわずかながらもロジスティック函数より大である。

相関係数の値から判定すれば技術指数の作成にロジスティック函数を使用しなければならないという理由はない。むしろ計算の便から云って指数函数を用いることが妥当であるように見える。ロジスティック函数を技術進歩の抽出手段とした根拠は家禽生産の技術進歩に関する理論仮説、すなわち家禽生産の技術進歩は生物学的なものであるから、生物体の成長と類似した経路をたどると云う仮説である。データへの適合度は函数型選択に際して考慮すべき重要な要因であるが、技術指数作成における函数選択の決定要因ではない。一方指数函数の当てはめは純粹に機械

的な連想に基づくものであって理論的基礎を有しない。この差異は長期予想を行なう場合に明らかであって、指数函数が如何によく過去のデータに適合していても技術が加速的に上昇を続けると云う仮説が妥当でない以上、指数函数による予測を信頼することは出来ない。

次に補足したい点は、ロジスティック函数を当てはめるに際して用いられた産出投入係数の上限値についてである。上限値の決定は現在の知識に基づいてなされたものである以上、現在の科学の定見をくつがえすような劇的な技術革新が起れば上限値は上方にシフトするであろう。例えば或る予見不可能な技術により一回の排卵に必要な時間が二四時間以内に短縮され、牝鶏が一日に一個以上の卵を産むようになれば平均産卵量の上限は大巾に引き上げられるかもしれない。

この問題はドイツの人口成長に関してパール⁽¹⁾が提出した問題と類似している。すなわちドイツの人口の成長率は前世紀中頃において漸減したが、一九七〇年の普仏戦争を期として再び増加し始めた。この現象はパールの解釈によれば一九七〇年頃を期としてドイツが産業革命を遂行し、農業国から工業国に移行したため、人口の経済的上限値がシフトしたことによって生じた。かかる種類の劇的な変化が家禽生産の技術に起らぬと云う保証はない。そしてこのような変化が起れば予測は当然狂ってこよう。将来予測と云う点に関して上限値が変化するかどうかは根本的な問題である。しかし過去における産出投入係数の変化の態様が現在与えられている上限値によって規定されていたとするならば、たとえその値が将来シフトしたとしても現在の上限値にもとづき推計されたロジスティック函数は現在に至る技術進歩を正しく示すであろう。ドイツ人口の成長を對比させて云えば、人口成長の一九世紀中頃における漸減は一九七〇年以降に関する予測の当否にかかわらず歴史的事実なのである。

かかる劇的な技術革新は別としても、使用された上限の値が不正確であり、かなりの誤差が見込まれる点は技術指数の作成上最も大きな弱点であろう。技術進歩の定量的表現としての技術指数を、より信頼し得るものとするため、上限値の精度向上が痛感される。家禽の生理機構及びその変革の可能性についての生物科学的知識が増加し、得られる上限値の精度が高まることを期待したい。

注(1) R. Pearl, *The Biology of Population Growth*, 1925.

〔附記〕この論文執筆にあたり渡辺兵力、三枝義清両研究員から数々の御教示をいただいたことを附記して謝意を表したい。