HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	鶏卵の生産性向上に関する計量分析 1964-83 : 規模の経済，要素代替，技術進歩の計測を通じて
Author(s)	山本，康貴; YAMAMOTO, Yasutaka; 黒柳，俊雄 他
Citation	北海道大学農經論叢，42，1-28
Issue Date	1986-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/10999
Type	departmental bulletin paper
File Information	42_p1-28.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

鶏卵の生産性向上に関する計量分析　1964－83

―規模の経済，要素代替，技術進歩の計測を通じて―

山　本　康　貴・黒　柳　俊　雄

目　　次

Ⅰ．序－問題提起－…… 1
Ⅱ．事実認識…… 3
Ⅲ．分析方法…… 7
　1．理論モデル…… 7
　2．計測方法とデータ…… 12
Ⅳ．分析結果…… 14
　1．モデル計測…… 14
　2．規模の経済…… 16
　3．要素代替…… 18
　4．技術進歩…… 21
Ⅴ．結…… 24
　参考文献…… 25

Ⅰ．序－問題提起－

戦後日本の農畜産物の中で鶏卵は「物価の優等生」と言われてきた。これは高度経済成長期における鶏卵需要の増加のもとで，生産性向上によって相対的に低コストで鶏卵を供給できたことに起因すると考えられる。

鶏卵生産において，生産資材価格および労賃の上昇にもかかわらず，コストダウンを成し得た要因として，①羽数増加による規模の経済の追求，②要素価格変化に対して相対的に高価になった要素から安価になった要素への生産要素の代替，③高能率の鶏種の導入や飼養方式の改善といった技術進歩，が考えられる。[1)]

1）他に，集団養鶏や協業経営による集団化のメリット，飼料購入等の流通上の改善があげられるが，本稿ではこれらを explicit には考慮せず，implicit に①～③に反映されていると仮定する。

一方，順調に推移したと見られてきた鶏卵市場は，昭和40年代半ばをほぼ境として需要の停滞がみられ[2]，卵価安定基金の創設，液卵公社による買い上げ等の市場調整の段階から，昭和49年以降，３千羽以上の羽数凍結を行なう生産調整の段階に移行した。[3]

そこで，本稿では，鶏卵の生産性向上を平均費用の変化の要因として，規模の経済，要素価格変化による生産要素の代替，および技術進歩に求め，それらを計量的に明らかにすることを課題とし，今後の生産調整を考える緒としたい。

従来，鶏卵の計量分析による研究は，主に，生産量，生産物価格，あるいは羽数等の予測を目的としたモデル分析が中心となっている[4]が，生産関数もしくは費用関数のアプローチより，生産要素の投入および結合，と産出の関係を明示的に扱った分析は，ほとんど存在しなかった。[5]

これらのアプローチによる規模の経済，要素代替，技術進歩の分析は，稲作で多くの研究成果がみられる。しかし，稲作においても，ある時点のクロスセクションデータで規模の経済を，あるいは，一般に規模に関して収獲一定と仮定し，タイムシリーズデータによる技術進歩の偏向性を，別個に分析するものが，ほとんどであった。[6]したがって，規模の経済，要素代替，技術進歩を同時に把握する，方法論的試みは，充分なされているとは言い難い。一方，規模拡大と技術進歩が，同時に進展したと考えられる鶏卵生産の場合，以上の３つの効果をあわせて，分析する工夫が必要となる。

よって，本稿では，費用関数アプローチにより，平均費用の変化の要因として，規模の経済，要素代替，技術進歩を，総合的に分析し得るモデルを提

2）総理府『家計調査』によると，年間一世帯当たり鶏卵消費量は，昭和45年の44.9kgをピークにその後，40kg台で推移し，農水省『食料需給表』による国民１人当たり年間鶏卵消費量でも昭和45年よりほぼ14kg台で推移している。

3）鶏卵の需給対策については宮崎〔38〕pp 196～pp 207を参照。

4）唯是〔54〕，清水〔50〕参照。

5）新谷〔49〕による生産関数分析がある。

6）これらのサーベイについては，崎浦〔44〕第１章付論を参照。他に Lee〔36〕はトランスログ（TL）生産関数より技術進歩の偏向性を，茅野〔12〕は TL 費用関数より規模の経済を分析し，そのシフトとして技術進歩をとらえている。荏開津・茂野〔21〕は関数型と均衡条件に留意して，毎年のクロスセクションデータより生産関数を計測し，規模の経済，技術進歩さらに均衡賃金についても論及している。

示し，分析を試みた。

以下，その手順は，まず，Ⅱにおいて，事実認識として，鶏卵生産の動向を概観する。

次に，Ⅲにおいて，分析方法として，費用関数からの規模の経済，要素代替，技術進歩の理論的定式化，トランスログ関数の特定化による推定方法，並びに，計測に用いたデータについて説明する。

Ⅳにおいて，Ⅱによる事実認識とⅢによる分析方法に基づき，計測した結果を示し，検討を加える。

そして，Ⅴにおいて，結として，分析の要約と残された課題について，述べることとする。

Ⅱ．事実認識

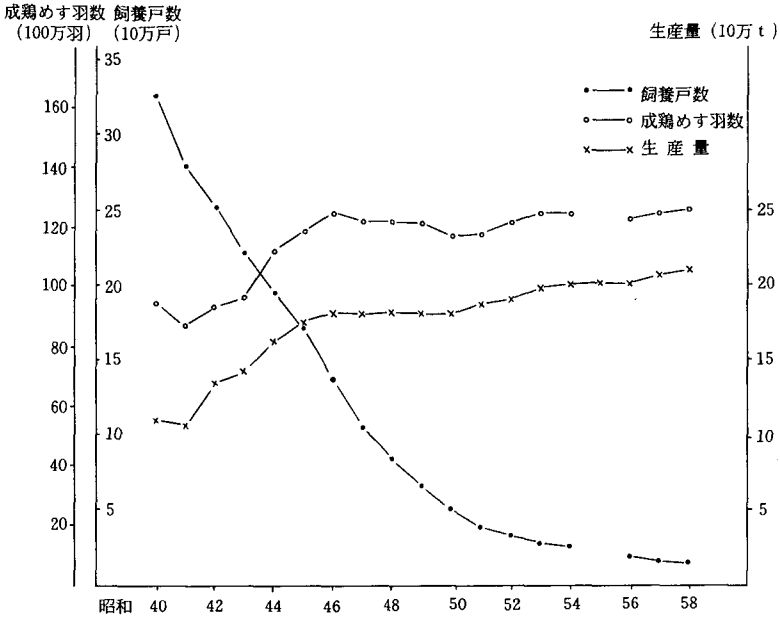
本章は，分析期間となる昭和40年代以降を中心に，鶏卵生産の動向を概観することを目的とする。

第１図は飼養戸数，成鶏めす羽数および生産量の推移について図示したものである。

第１図によると，成鶏めす羽数は昭和46年まで急激に増加する。その後，羽数は鶏卵需要の停滞により昭和50年まで漸減し，昭和50年以降，若干の増減を示しながらも全体としてほぼ横ばい傾向にある。生産量は昭和46年まで羽数と同様に急激に増加した。しかしながら，その後羽数の漸減ないしは横ばい傾向にもかかわらず，生産量は横ばいないしは漸増傾向にある。すなわち，生産量を成鶏めす羽数で割った１羽当たり生産量では，昭和40年代が14kg台，昭和50年代前半が15kg台で，昭和50年代後半には16kg台を超えている。このように，１羽当たりの生産量（産卵率）の増加が確認でき，これは飼料等の要素投入量の増加，あるいは鶏種の変化，飼養技術の向上といった，技術進歩を示唆するものとして解釈できよう。

飼養戸数は一貫して減少した。昭和48年には100万戸台を割り，昭和40年代後半の第１次オイルショックを契機とした，飼料価格の高騰により，飼養戸数の減少が一層進んだ。昭和50年代後半に入り，飼養戸数は10万戸台へと推移したが，近年その減少にも鈍化がみられる。

羽数の急激な増加，その後の横ばい傾向に対し，飼養戸数の一貫した減少



第1図 飼養戸数、成鶏めす羽数及び生産量の推移
(資料) 農水省『畜産統計』
註) 昭和55年の飼養戸数と成鶏めす羽数は，調査されていない。

は，一戸当たりの飼養羽数の増加を意味する。

第1表は，飼養羽数層別の戸数と全飼養戸数に占める戸数シェアを示したものである。圧倒的に多い300羽未満の飼養戸数が，激しく減少する一方，全飼養戸数に占めるシェアは，年々，より大羽数層において高まっている。第2図は飼養羽数層別の全飼養羽数に占める羽数シェアを示したものである。先の第1表の通り，300羽未満の戸数シェアはいまだ圧倒的に大きいが，第2図によると，羽数でのシェアは小さく，近年では数パーセントにすぎない。これに対し，1万羽以上の大羽数層は戸数のシェアでは，数パーセントにすぎないが，羽数の上では，圧倒的なシェアを占めるに至っている。

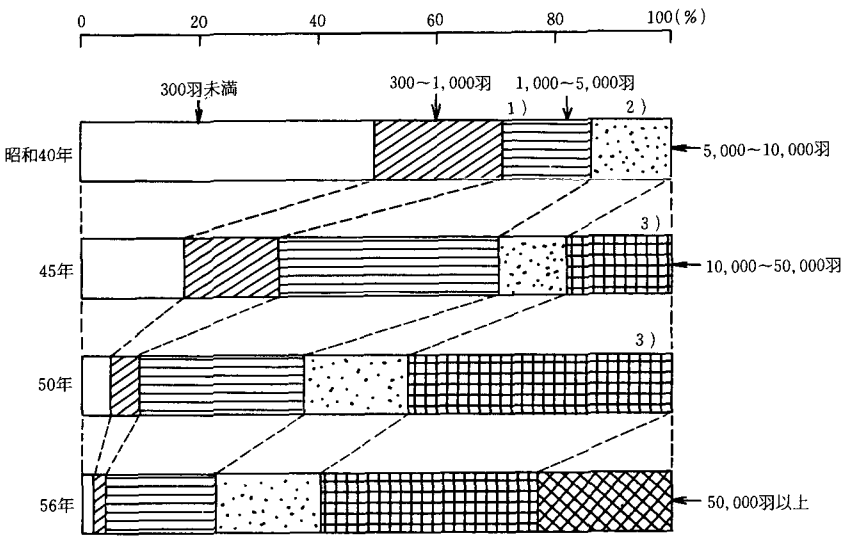
以上，一戸当たり飼養羽数の増加，大羽数層での戸数並びに羽数の増加が進展した，という観察事実は，鶏卵における飼養羽数増加による，何らかの大規模生産の有利性－規模の経済－の存在を，示唆するものとして解釈できよう。

第1表　成鶏めす羽数層別飼養戸数及び戸数シェアの推移

単位 %；( )内は1,000戸

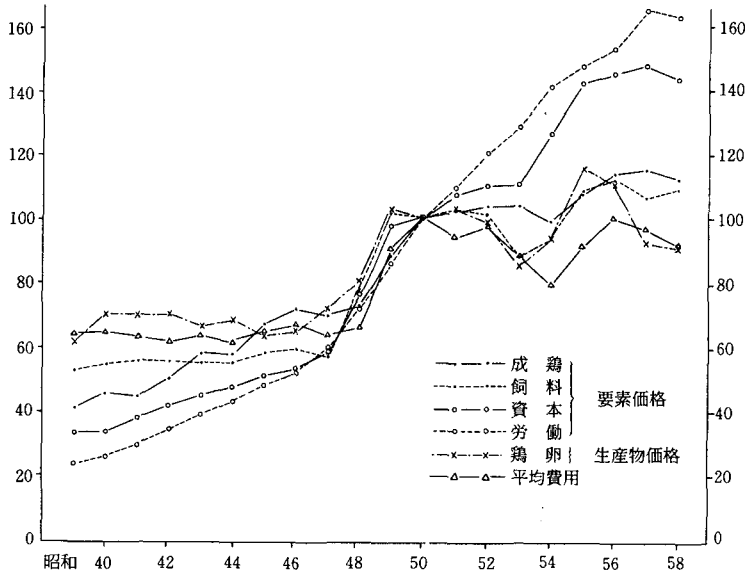
羽数 年次	300羽 未満	300 ～ 1,000	1,000 ～ 5,000	5,000 ～ 10,000	10,000 ～ 50,000	50,000 羽以上
昭和40年	98.3 (3140.0)	1.3 (42.3)	1) 0.3 (9.5)	2) 0.1 (2.1)	—	—
45年	96.3 (1616.2)	2.2 (37.0)	1.3 (22.1)	0.1 (2.0)	3) 0.1 (0.9)	—
50年	93.9 (474.6)	2.1 (10.4)	2.9 (14.5)	0.6 (3.3)	3) 0.5 (2.4)	—
56年	89.2 (165,9)	2.4 (4.4)	5.1 (9.5)	1.8 (3.3)	1.3 (2.5)	0.2 (0.3)

（資料）農水省『畜産統計』
註 1）1,000～3,000羽
　 2）3,000羽以上
　 3）10,000羽以上
　 4）ひなのみは除く。
　 5）上段が戸数シェア，(　　)は飼養戸数



第2図　成鶏めす羽数層別羽数シェアの推移
（資料）農水省『畜産統計』

註 1）1,000～3,000羽
　 2）3,000羽以上
　 3）10,000羽以上

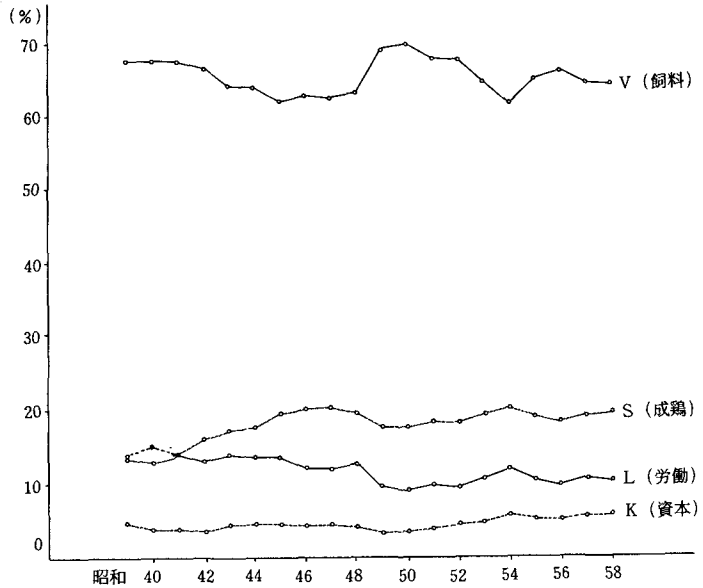


第3図 生産要素価格，生産物価格及び平均費用の推移（昭和50年＝100）
註1）各年全国平均値での動きを示す。
2）データ作成についてはⅢ－2を参照。
3）鶏卵価格は農水省『農村物価賃金統計』による。

他方，鶏卵生産に用いられた要素価格はどのように推移したであろうか。これを図示したものが第3図である。第3図により，飼料価格は第1次オイルショック以前まで安定的に推移し，その後急激に上昇したことがわかる。昭和39年－58年の20年間で4つの要素のうち，飼料価格の上昇は2.1倍と最も小さく，続いて成鶏，資本，労働の順に価格上昇は大きく，それぞれ2.7倍，4.3倍，7.0倍の上昇を示した。

さらに，これら要素価格変化の生産費への影響を概観するために，各要素のコストシェアの推移を図示したものが第4図である。この図から，飼料のシェアが6－7割と圧倒的に大きく，続いて成鶏，労働，資本の順に小さいことがわかる。先の第3図に関連づけてみると，特に，オイルショック期以降，飼料価格と飼料コストシェアの平行的な動きが確認され，これは，飼料投入の価格変化に対する硬直性を示唆するものとして解釈できよう。

このような生産要素価格の上昇およびコストシェアの変化に対して，鶏卵生産の平均費用は昭和39年－58年の20年間で1.4倍しか上昇していない。こ



第4図 生産要素コストシェアの推移
註1）各年全国平均値での動きを示す。
2）コストシェアの作成についてはⅢ－2を参照。

の上昇は，価格上昇が最も小さい飼料価格と比較しても，なお，小さいことが注目される。

一般に，平均費用の変化は，① 生産量増大による既存の平均費用曲線上の動き（規模の経済），② 要素価格変化による平均費用曲線のシフト（要素価格効果），③ ①②で説明されない平均費用曲線のシフト（技術進歩）の3つの要因によって，もたらされると考えられる。

したがって，鶏卵生産の平均費用の変化についても，以上の観察事実から，①～③の存在が示唆されたが，以下，この推論を，理論モデルの構築，それを用いた計量分析によって，検証する。

Ⅲ．分析方法

1．理論モデル

本稿では各年のクロスセクションデータより導出される平均的事前生産関数の存在を想定し，その年次変化によるシフトとして技術進歩をとらえるこ

ととする。[7]

生産理論より要求される正則条件を満たす生産関数を以下のように仮定する。

$$y=f(x,\ t) \tag{1}$$

ただし，y は生産量，x は要素投入量ベクトル，t は技術水準の代理変数としての時間を表わす。

x の要素投入量ベクトルに対して p という要素価格ベクトルが外生的に与えられると，(1)式の双対として導出される最小費用関数

$$c=c(y,\ p,\ t) \tag{2}$$

が存在する。[8]

生産の分析は(1)式または(2)式のいずれからでも行ない得るが，本稿の目的が，要素価格変化の効果および費用そのものを分析することにあるので，(2)式の費用関数からのアプローチをとることとする。[9]

費用関数を用いた規模の経済（SCE）[10]は，拡張経路上の費用と産出量の関係としてとらえ，

$$\mathrm{SCE}=1-\frac{\partial \ln c}{\partial \ln y}=1-\varepsilon \tag{3}$$

とする。ln は自然対数を表わす。SCE が 0 よりも大（小）ならば規模の（不）経済が存在し，0 のときは規模に関して収獲一定となる。

規模の経済は，生産技術の特定化に影響を受けやすく，相似拡大的（ホモセティック）ならば，SCE は要素価格に関して独立であり，k 次同次ならば，要素価格および産出量によらず，SCEは一定値をとり，1 次同次ならば，SCE は常に 0 となる[11]。これらは，モデル推定の際に検定する。

7）Lee〔35〕，佐藤〔45〕の設定に基づく。規模の経済と技術進歩の同時推定の議論は Green〔23〕，Sato〔48〕を参照。本稿は主に Green〔23〕のアイディアに依拠した。

8）生産関数と費用関数の双対性については Diewert〔17〕，〔18〕を参照。

9）費用関数から分析する利点は，Binswanger〔6〕にみられる。

10）Christensen and Green〔14〕の定式化による。茅野〔12〕，加古〔26〕でも同様に定式化されている。Ohta〔43〕は生産関数と費用関数の双対性より $1/\varepsilon$ と定式化し，この測度を用いた分析に Berndt and Khaled〔5〕がある。

規模の経済が一定でなく，平均費用曲線がU字型をなす場合，SCE＝0となる産出量を最適産出量（ES）として，平均費用曲線の位置（location）の変化を調べる目的で用いる。

要素価格変化に対する効果として，要素需要の自己価格弾力性は，当該要素価格の1％変化に対して要素投入量が何％変化するかを示す測度で，

$$\eta_{ii}=\left.\frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_i}\right|_{y=\mathrm{const}}=\sigma_{ii}w_i \tag{4}$$

ただし，

$$\sigma_{ii}=\frac{cc_{ii}}{c_ic_i},\quad c_i=\frac{\partial c}{\partial p_i},\quad c_{ii}=\frac{\partial^2 c}{\partial p_i^2} \tag{5}$$

$$w_i=\frac{p_ix_i}{c}\ \text{（}i\text{ 要素のコストシェア）}$$

と表わせる。

要素間の代替の弾力性として，アレンの偏代替の弾力性（AES）[12]は

$$\sigma_{ij}=\frac{1}{w_j}\left.\frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_j}\right|_{y=\mathrm{const}}=\frac{cc_{ij}}{c_ic_j} \tag{6}$$

で求められる。AES（σ_{ij}）は，産出量一定のもとで，プラス（マイナス）ならば，j要素価格の上昇に対して，i要素投入量が増加（減少）するという意味で，代替（補完）関係にあると判断される。AES（σ_{ij}）にj要素のコストシェアを掛けると，産出量一定のもとでの，j要素価格に対するi要素投入量の交叉弾力性となるので，AESはコストシェアで基準化された価格弾力性と解釈できる。したがって，AESは，通常，2要素のみで定義される代替の弾力性，すなわち要素価格比率に対する要素投入比率としてインプリケーションとは異なるので，平均費用およびi，j要素以外の価格が一定のもとで，要素価格比率変化に対する要素投入比率変化を表わす，Shadow Elasticity of Substitution[13]（SES）をあわせて要素間の代替の弾力性として考慮する。

$$\begin{aligned}\sigma_{ij}^{S}&=\left.\frac{\partial \ln(x_i/x_j)}{\partial \ln(p_j/p_i)}\right|_{\substack{y=\mathrm{const}\\ c=\mathrm{const}\\ p_k=\mathrm{const}\\ (k\neq i,j)}}\\ &=\frac{w_iw_j}{w_i+w_j}(2\sigma_{ij}-\sigma_{ii}-\sigma_{jj})\end{aligned} \tag{7}$$

3要素以上で定義される代替の弾力性は，何を一定に置くかで，いくつかの測度があり，それぞれ特徴を持つが，本稿ではより詳しく要素代替の関係をとらえるため，上述の2つの代替弾力性を用いることとする。

次に規模拡大にともなって，著しく増加した成鶏投入と他の生産要素との投入比率の変化を，以下に示す要因分解式を用いて分析する。すなわち，派生要素需要関数 $x_i = x_i\ (p_1 \cdots\cdots p_M,\ y,\ t)$ より均衡要素投入比率は，

$$
\begin{aligned}
G(x_i/x_j) = & \underbrace{\left[\frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln y} G(y) - \frac{\partial \ln x_j}{\partial \ln y} G(y)\right]}_{\text{(規模効果)}} \\
& + \underbrace{\left[\sum_{k=1}^{M} \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_k} G(p_k) - \sum_{k=1}^{M} \frac{\partial \ln x_j}{\partial \ln p_k} G(p_k)\right]}_{\text{(総代替効果)}} \\
& + \underbrace{\left[\frac{\partial \ln x_i}{\partial t} - \frac{\partial \ln x_j}{\partial t}\right]}_{\text{(偏向的技術進歩)}} \qquad (8)
\end{aligned}
$$

と分解できる[14)]。ただし，G（・）は成長率を表わす。(8)式の第1項は産出量変化による規模効果，第2項は要素価格変化による総代替効果，第3項は

---

11) Denny and May〔15〕参照。

12) Allen〔1〕による。費用関数での展開は Binswanger〔6〕参照。

13) McFadden〔37〕参照。Mundalk〔39〕によると，3要素以上の場合，AES は産出量一定のもとでの1要素価格変化による1要素投入量変化の測度（One Factor One Price Measures ; OFO と略す）であり，要素価格比率変化による要素投入比率変化の測度（Two Factors Two Prices Measures ; TFT と略す）ではない。Koizumi〔30〕は，j要素価格上昇に対して自己価格効果により，j要素投入量は必らず減少するので，純粋に x_i が x_j に代替すべき投入量としてみようとする場合，AESはその効果を過大評価することを指摘し，この自己価格効果を除いた測度として Morishima's Elasticity of Substituion (MES) σ^{μ}_{ij} が解釈できることを示した。しかし，MES は必らずしも対称性（$\sigma^{M}_{ij} = \sigma^{M}_{ji}$）をもたないので，MESをコストシェアで加重平均すれば対称性を持たすことができ，かつこの測度が Shadow Elasticity of Substitution (SES) となることを示した。SES は TFT の測度として解釈できる。SES は費用一定という制約が課せられるが，AES とコストシェアを用いて（7）式の通り容易に計算できるので，本稿では TFT の測度として用いることとする。

以上，代替の弾力性の概念については Kang and Brown〔29〕, Sato and Koizumi〔47〕〔48〕も参照。AES 以外の代替の弾力性の計測例として Lee〔35〕，Ball and Chambers〔2〕がある。

14) Kuroda〔32〕pp 9～pp 10（13）式を参照。

偏向的技術進歩の効果を表わす。

技術進歩の効果は，従来の研究において，費用関数のシフト（λ），生産関数のシフト（τ），あるいは総合生産性（TFP）でとらえられてきた。[15)]

費用関数のシフトとしての技術進歩（λ）は，年率何％，コストの減少をもたらしたかを示す測度で，

$$\lambda = -\frac{\partial \ln c}{\partial t} \tag{9}$$

でとらえられる。

生産関数のシフトとしての技術進歩（τ）は，年率何％，生産量の増大をもたらしたかを示す測度で，

$$\tau = \frac{\partial \ln f}{\partial t} = \frac{\lambda}{\varepsilon} \tag{10}$$

で求められる。(9)式及び(10)式では，収獲一定や中立的技術進歩の事前的制約は課せられず，また，技術進歩の測度として費用関数のシフト（λ）と生産関数のシフト（τ）は，必ずしも同一ではないことに注意すべきである。両者が一致するのは $\varepsilon = 1$，すなわち，収獲一定の場合である。

成長会計分析でよく用いられてきた総合生産性（TFP），すなわち総要素投入量の増加で説明されない産出量の増加分の効果は，

$$G(\mathrm{TFP}) = \lambda + (1-\varepsilon)G(y) \tag{11}$$

で与えられる。(11)式から明らかなように，TFPの成長率は，第1項の費用関数のシフトである技術進歩の効果と第2項のSCE（$=1-\varepsilon$）と産出量の成長率を掛けた規模の効果よりなる。したがって，TFPは技術進歩の効果だけでなく規模の効果をも含む測度である。TFPが技術進歩のみの測度となるのは，収獲一定の場合である。さらに，この時，(9)式，(10)式及び(11)式は，技術進歩を表わす同一の測度となることが示される。

これまで展開してきた理論モデルの説明から明らかなように，(2)式の費用関数を推定すれば，従来，1次同次を仮定して残差として求められることが

15）これら，λ，τ，TFPの関係については，Denny, Fuss, and Waverman〔15〕，Ohta〔43〕を参照。なお，TFP（Total Factor Productivity）は総要素生産性とも呼ばれる。

多かった技術進歩，また，規模の経済や代替の弾力性が，事前的制約を課されることなく，パラメトリックに分析し得る利点を持つことが，理解できよう。

以上，平均費用（ＡＣ）の変化の要因として，規模の経済，要素価格変化（要素代替），および，技術進歩の効果は，(2)式とシェファードの補題を用いて，

$$\mathrm{G(AC)} = \underset{\text{(規模効果)}}{\mathrm{SCE}\cdot \mathrm{G}(y)} + \underset{\text{(要素価格効果)}}{\sum_{k=1}^{M} w_k \mathrm{G}(p_k)} \quad \underset{\text{(技術進歩)}}{-\lambda} \tag{12}$$

と総合的にとらえることができる。[16]

2．計測方法とデータ

(2)式の費用関数は，規模の経済，要素代替および技術進歩に事前的制約を置くことなく，しかも，簡便に分析し得る点を考慮して，トランスログ（TL）型に特定化した。[17]

$$\begin{aligned}\ln c = {} & \alpha_0 + \alpha_y \ln y + \sum_{i=1}^{M} \alpha_i \ln p_i + \alpha_t t \\ & + \frac{1}{2}\gamma_{yy}(\ln y)^2 + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M}\gamma_{ij}\ln p_i \ln p_j \\ & + \frac{1}{2}\gamma_{tt}t^2 + \sum_{i=1}^{M}\gamma_{yi}\ln y \ln p_i + \gamma_{yt}\ln y\, t \\ & + \sum_{i=1}^{M}\gamma_{ti}\, t \ln p_i + \varepsilon_c\end{aligned} \tag{13}$$

ただし，α，γ：推定すべきパラメーター　　ε_c：誤差項

モデル推定にあたって，TL関数は多くのパラメーターを含むので，あらかじめ，対称性制約，要素価格に関する１次同次の制約を付けた。さらに，シェファードの補題より導出されるコストシェア式に加法的誤差項を付し，費用関数とコストシェア式との連立推定を Zellner [55]の Seemingly Unrelated Regression を改良した Iterative Seemingly Unrelated Regression (ITSUR) により行なった。[18]

16）Green〔23〕pp 124を参照。

17）Christensen *et al.*〔13〕による。最近の関数型についのサーベイは，*Amer. J. Agr. Econ.* (1984) " Estimation Functional Forms with Special Reference to Agriculture" pp 204～pp 224を参照。

次に計測に用いたデータについて略述する。以下では，いずれも農林水産省統計を用いている。

分析に使用したデータは，主に『鶏卵生産費調査』に拠った。『鶏卵生産費調査』は，昭和36年から開始されたが，昭和38年までは，標本数が少なく，標本の拡充と全面的な選定替えが行なわれるのは，昭和39年以降である。以上の点を考慮して，分析期間は，昭和39－58年の20年間とした。[19]

投入要素は，飼料（V），成鶏（S），労働（L），資本（K）に区分した。[20]

飼料価格は『農村物価賃金統計』の飼料価格指数を用い，成鶏価格は，成鶏費を換算羽数で除して求めた。労賃は，『鶏卵生産費調査』に拠れば，昭和51年以降，家族労働評価に変更がある[21]。そこで，『農家経済調査』に拠り，農業臨時雇用賃金を求め，これに家族労働時間を掛けて家族労働費を算出した後，雇用労働費との合計を総労働費とし，これを総労働時間で，除して，労賃とした[22]。資本用役価格は，農具費，建物費，及び光熱動力費[23]を各々『農村物価賃金統計』で対応する価格指数で除して各投入量を求め，それらを各支出額に占めるシェアウエイトとして集計した総資本投入量で，各支出額の合計である総資本費を除して求めた。

総費用は，上記の4要素支出額の合計であり，コストシェアは，各要素支

18）Zellner〔55〕，Oberhofer and Kmenta〔42〕参照。連立推定する利点はChristensen and Green〔11〕pp 662～pp 663を参照。なお，推定にあたって，要素価格データは全サンプル平均で除して基準化し，誤差項のsingularityにより，資本シェアを除いて連立推定を行なった。

19）この期間を含めた戦後日本の鶏卵の画期区分は，宮崎〔38〕，杉山〔52〕にみられる。

20）要素投入量及び要素価格作成についての議論は荏開津〔20〕，加古〔28〕，黒田〔31〕，季〔34〕を参照。

21）農業臨時雇用賃金から農村雇用賃金への評価変更である。荏開津〔22〕pp 50～pp 56，pp 100～pp 103参照。

22）したがって，本稿で作成した家族労働に対する賃金率は，階層間で一定となる。家族労働の評価は階層間で異なる（荏開津〔20〕）との見解もあるが，本稿で特に注目したいのは時系列的な賃金上昇による費用への影響であるので，上述の賃金率を用いることとする。

23）光熱動力費として費目が計上されるのは昭和43年からである。この年以前については原単位表より光熱動力費部分を分離した。昭和39年および昭和42年には原単位表が利用できなかったので，光熱動力費が含まれていたと考えられる各費目の費用に，前年の当該費目が光熱動力費部分を含んだ割合を乗じて合計し，光熱動力費として分離した。

出額と総費用の比率である。

産出量は，正常卵生産量を用い[24]，時間変数 t は，昭和49年を0とし，昭和39年の－10から昭和58年の9まで，コード化した。

サンプル数は，各年全国平均の飼養羽数100羽以上の各羽数層より得た，107個である。[25]

Ⅳ．分析結果

1．モデル計測結果

トランスログ費用関数の計測結果は，第2表の通りである。

はじめに，規模の経済の特定化に影響する相似拡大性，同次性および1次同次性の仮説をこれらの制約がない第2表のモデルを基準に統計的検定を行なった。検定の結果，いずれの仮説も棄却された[26]。

次に，生産理論より要求される正則条件については，サンプル平均において満された[27]。したがって，以下では第2表のパラメータを用いて分析を行なうこととする。

24）不正常卵，鶏ふん等の副産物は費用から控除されていない。副産物も正常卵と共に産出として考えられるが，正常卵生産量と副産物が平行的な動向を示すと仮定し，簡単化のために産出量は正常卵で代表させた。

25）本稿で用いたデータは，年によって羽数層区分に変更があり，必らずしも十分に制御されたデータとはいえないが，タイムシーズ平均データのみではサンプル数が小さいことと，規模の経済と技術進歩の効果を分離するために，クロスセクションとタイムシリーズのプールデータとして用いた。

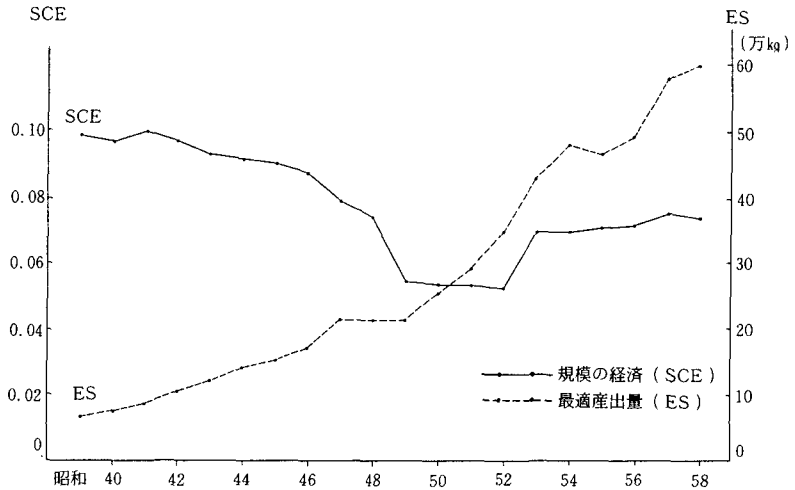
26）1％の棄却水準を設定し，χ^2検定を用いた。

27）正則条件はコストシェアの推定値がプラスで，費用関数のヘッセ行列式が非正値定符号ならば満される。全サンプルについて以上の条件を検討すると，コストシェアの推定値はいずれも正値をとり前者の条件は満されたが，後者の条件は満されないサンプルが存在した。これが満されない理由として，①20年にわたるクロスセクションデータをプールしているので推定の近似の展開点（全サンプル平均値）より大きく離れたサンプルを含むこと。②オイルショック等の攪乱による一時的な費用最小化の失敗が考えられる。特にこの violations は，自己価格弾力性がプラスをとるものが存在することに起因するが，後に第3表でみるように展開点での自己価格弾力性は小さく，符号条件は満されているので，以下の分析結果に与えるバイアスもきわめて小さいものと考えられる。この点については，Caves and Christensen〔10〕，Wales〔53〕参照。

第2表 トランスログ費用関数の計測結果

パラメーター	推定値	標準誤差
α_0	16.2065	0.0071
α_t	−0.0195	0.0011
α_1	0.6588	0.0020
α_2	0.1871	0.0012
α_3	0.1101	0.0015
α_4	0.0440	
α_y	0.9524	0.0054
r_{tt}	0.0005	0.0003
r_{1t}	0.0010	0.0009
r_{2t}	0.0005	0.0005
r_{3t}	−0.0009	0.0007
r_{4t}	−0.0007	
r_{y1}	0.0237	0.0016
r_{y2}	0.0089	0.0009
r_{y3}	−0.0332	0.0011
r_{y4}	0.0006	
r_{yt}	−0.0017	0.0007
r_{yy}	0.0313	0.0048
r_{11}	0.1997	0.0162
r_{22}	0.1313	0.0071
r_{33}	0.0760	0.0123
r_{44}	0.0336	
r_{12}	−0.1101	0.0072
r_{13}	−0.0625	0.0106
r_{14}	−0.0270	
r_{23}	−0.0141	0.0077
r_{24}	−0.0071	
r_{34}	0.0005	
	決定係数 R^2	
コスト式	0.9980	
飼料シェア式	0.8621	
成鶏シェア式	0.7778	
労働シェア式	0.9467	

註1）標準誤差のないパラメータは，制約条件より算出した。
2）1，2，3，4は各々，飼料，成鶏，労働，資本であり，y は産出，t は時間を表わす。



第5図　規模の経済（SCE），最適産出量（ES）の推移

2．規模の経済

各年の平均要素価格を用いて，各年の平均産出量[28]における規模の経済（SCE）および，最適産出量（ES）を求め，図示したものが第5図である。

第5図によると，SCE[29]は，昭和40年代後半まで減少傾向にあり，オイルショック並びに生産調整による羽数規制が行なわれた昭和49年に更に減少した後，昭和52年まで横ばい傾向に推移した。その後，SCEは，生産調整による羽数規制が3千羽から5千羽に変更された昭和53年に再び増加し，以後その水準で横ばい傾向に推移している。

次に，ESは，同じく第5図によると，昭和47年まで増加し，昭和47年から49年までの停滞を経て，再び増加するが，昭和50年代後半以降，その伸び率にも鈍化がみられる。

また，すべてのサンプルについてSCEを算出すると，ほとんどのサンプ

28）ここで言う各年平均産出量は各年サンプルの単純平均ではなく，『鶏卵生産費調査』の各年の全国平均値の産出量である。

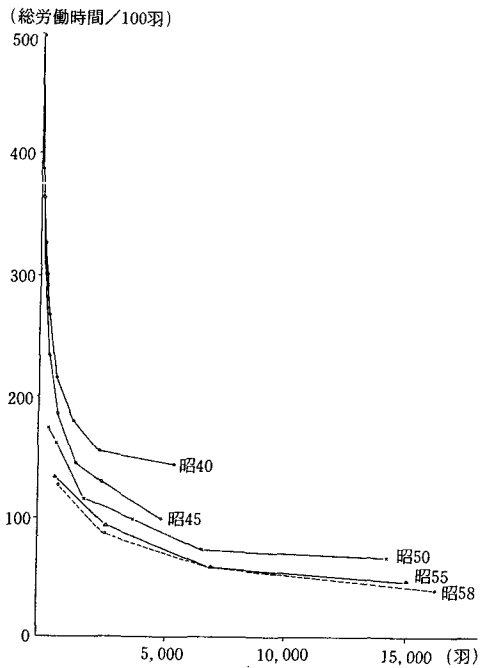
29）新谷〔49〕は鶏卵について昭和44－46年の同じく『鶏卵生産費調査』を用いてコブ・ダクラス型生産関数を計測し，生産弾力性の和が1.074と規模の経済を検出している。本稿の結果を，10）の1／εを用いて生産関数のタームで計算すると1.100～1.095となりほぼ同じ値だが，若干大きい。これは定式化の違い，あるいは，本稿の資本には光熱動力費も含まれるので，その分大きく計測されたと考えられる。

ルで規模の経済が存在することが明らかとなった。

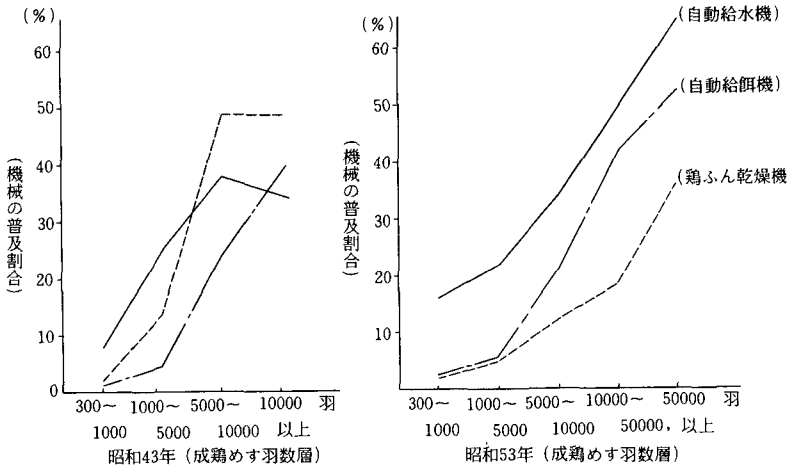
以上の計測結果より，各年の平均費用曲線は，ESの増加を反映して，年々，右方へシフトしたこと，並びに，各年の平均産出量が平均費用曲線上に占める位置は，よりESの水準に近づく傾向にあったことが示された。このことは，規模拡大が要素価格の上昇による費用増加を克服すべく進展したが，その有利性も各年の平均産出量でみて，近年停滞しつつあるものと解釈できる。

次に，この規模の経済の存在理由を考察をしてみる。第6図は，羽数と100羽当たりの総労働時間を示したものである。この図から，各年とも，労働時間は羽数増加と共に減少していることが確認できる。また，第7図から明らかなように，省力機械である自動給餌機，自動給水機，除糞機は，羽数が多い層ほど，より普及していることがわかる。

したがって，このような羽数によって異なる資本装備が，規模間の労働時間の格差をもたらし，その結果として，規模の経済を存在させた重要な原因



第6図　羽数と100羽当たり総労働時間の関係
（資料）農水省『鶏卵生産費調査』



第7図 成鶏めす羽数層別機械普及状況
（資料）農水省『畜産統計』

であったと考えられる。[30)]

3．要素代替

サンプル平均で求めた自己価格弾力性および代替の弾力性は第3表，第4表の通りである。自己価格弾力性は負値をとり，符号条件は満されている。自己価格弾力性の絶対値はいずれも小さく，要素投入が要素価格の変化に対して非弾力的であったことがわかる。特に飼料の価格弾力性は4要素の中で－0.04と最も小さく，これは飼料価格が1％増加した場合，飼料投入を0.04％しか減少できないことを示している。

AES（σ_{ij}）は産出量一定のもとでプラス（マイナス）であれば，j要素価格の増加に対して，i要素投入量が増加（減少）するという意味で，iとj要素は代替（補完）関係にあると判断される。また，AES（σ_{ij}）が，1より大きい場合，j要素価格の増加に対してi要素のコストシェアは増加す

30）規模の経済の存在は，通常，生産要素の非分割性に求められる。中村〔40〕pp 42～pp 43は飼養施設としてのケージ飼育は大羽数管理を容易にしたが，分割性の高さでは従来の技術と基本的差異はないとした。しかし，このケージ飼育と結びついて普及した自動給餌機，自動給水機は，分割性を急速に減少させると論じている。

第3表 自己価格弾力性の計測結果

自己価格弾力性			
飼料	成鶏	労働	資本
− 0.0381	− 0.1111	− 0.1992	− 0.1912

註）展開点（全サンプル平均）のコストシェアを用いて算出した。

第4表 代替の弾力性の計測結果

	代替の弾力性					
	飼料−成鶏	飼料−労働	飼料−資本	成鶏−労働	成鶏−資本	労働−資本
AES	0.1066	0.1384	0.0672	0.3174	0.1338	1.1068
SES	0.1260	0.2023	0.1871	0.2106	0.1855	0.2630

註）展開点（全サンプル平均）のコストシェアを用いて算出した。

る[31]。したがって，この場合，要素の代替は大きい（弾力的）と判断できる。

第4表によると，AES は，いずれの要素もプラスであるが，労働と資本以外では，1よりも小さい値をとっており，生産要素の代替は小さいことが確認できる。

AES は，通常2要素のみで定義される代替の弾力性，つまり，要素価格比率変化に対する要素投入比率変化の測度とは解釈できない。そこで，多要素で上述した解釈が可能な SES（σ_{ij}^{S}）を算出したものがあわせて，第4表に示されている。第4表から，SES は，資本と労働を含めて，かなり小さな値をとっていることがわかる。このことは，産出量一定のもとで，いずれの2要素間においても，要素価格比率の変化に対して，大きくその要素投入比率を変化させることは，困難であったことを意味する。

以上，自己価格弾力性ならびに代替の弾力性の計測結果より，要素価格変化に対する要素投入の反応は，硬直的であったことが明らかとなった。特にコストシェアの大半を占める飼料の自己価格弾力性は，最も小さく，他要素との代替も小さい。したがって，飼料価格が著しく上昇する場合でも，飼料投入を減らすことは困難であり，また，他要素との代替も進みにくいことを意味する。結果として，飼料価格の上昇は，直接にコスト上昇をもたらすこととなる。これは，Ⅱの第3図，第4図でみた，オイルショック期の飼料価

31）Sato and Koizumi [46] 参照。

格と飼料のコストシェア並びに平均費用の平行的な動きとして確認できる。したがって，鶏卵生産における，飼料価格安定の重要性は，本稿の計測結果からも，強調されるべき点であることが指摘できる。[32)]

次に，このように小さな要素間の代替のもとで，羽数増加による規模拡大によって，成鶏投入と他要素との結合関係はどのように変化したのであろうか。成鶏と他要素との均衡要素投入比率の要因分解式Ⅲの(8)式を用いて，このことを分析した結果が第5表である。第5表から，全期間平均で，いずれの要素も成鶏投入比率を高める方向に推移したことがわかる。特に，成鶏－労働投入比率の上昇が最も大きかった。これら投入比率の変化を，産出量の変化による規模効果，要素価格の変化による総代替効果，および偏向的技術進歩の効果に要因分解した結果によると，いずれの3つの効果も，成鶏投入比率を上昇させる方向に貢献したことが示された。特に，成鶏－労働投入比率で，規模効果の貢献が，大きかったことを確認できる。

成鶏－労働投入比率の上昇において，規模効果が大きいことは，次の理由によると考えられる。規模の経済の存在理由を検討した第7図で確認したように，省力機械は大羽数層ほど所有されており，産出量一定での要素間の代替というよりは，むしろ産出量増加による労働投入の相対的な減少が，大幅な成鶏－労働投入比率の上昇として，計測されたものと考えられる。

さらに，分析期間中，成鶏に対する他要素との投入比率の動きをとらえやすくするため，飼料価格および羽数のトレンドによって3期に区分した結果によると，第3期（昭和53－58年）において，成鶏に対する他要素との投入比率の上昇に鈍化がみられる。これは，主に規模効果の貢献が減少したことに起因する。

以上，成鶏に対する各生産要素との投入比率変化は，均衡要素投入比率の要因分析により，各生産要素投入当たりの成鶏投入を高める方向に推移し，多羽数化に貢献したこと，並びに成鶏－労働投入比率の上昇は，特に規模効果が要因となって大きいことが明らかとなった。しかしながら，成鶏投入比率の上昇も，近年，規模拡大の進展の鈍化に対応して停滞する傾向にあったといえよう。

32）関連する施策として，「飼料需給安定法（昭和27年）」，「配合飼料価格安定基金制度（昭和43年）」がある。宮崎［38］pp 208～pp 219参照。

第5表 均衡要素投入比率変化の要因分析結果　単位（年率%）

均衡要素投入比率	期間	均衡要素投入比率の成長率	規模効果	総代替効果	偏向的技術進歩
	昭和39—46	0.39	0.36	− 0.15	0.19
			(91.6)	(−38.9)	(47.3)
S / V	47—52	1.33	0.40	0.79	0.15
			(29.8)	(59.1)	(11.1)
	53—58	0.37	0.03	0.21	0.13
(成鶏—飼料)			(8.1)	(56.7)	(35.1)
	39—58	0.68	0.27	0.26	0.16
	(全期間)		(39.1)	(38.0)	(22.9)
	39—46	9.25	5.12	3.24	0.89
			(55.3)	(35.1)	(9.6)
S / L	47—52	12.18	9.35	1.83	1.00
			(76.8)	(15.0)	(8.2)
	53—58	2.87	1.08	0.79	1.00
(成鶏—労働)			(37.6)	(27.5)	(34.8)
	39—58	8.16	5.18	2.02	0.96
	(全期間)		(63.5)	(24.8)	(11.8)
	39—46	2.13	0.78	− 0.83	2.18
			(36.6)	(−39.0)	(102.3)
S / K	47—52	3.58	1.10	0.58	1.89
			(30.9)	(16.2)	(52.9)
	53—58	2.30	0.12	0.46	1.72
(成鶏—資本)			(5.1)	(20.1)	(74.8)
	39—58	2.64	0.67	0.02	1.94
	(全期間)		(25.5)	(0.9)	(73.6)

註）カッコ内は均衡要素投入比率の成長率に対する寄与率。ただし，ラウンドの関係で必ずしも合計が100にならない。

4．技術進歩

鶏卵生産における技術進歩の効果を計測した結果が，第6表である。

技術進歩を費用関数の下方シフトとして計測した結果が λ であり，その効果は，全期間平均で，費用を年率1.8%減少させるものであったことを示している。

生産関数の上方シフトとして技術進歩をとらえると，τ の計測結果から，その効果は，全期間平均で生産量を年率2.0%上昇させるものであったこと

第6表 技術進歩の計測結果　　単位　(年率%)

期　間	費用関数のシフト	生産関数のシフト	総合生産性	総合生産性への寄与率 (技術進歩)	(規　模)
	λ	τ	$T\dot{F}P$	$\lambda / T\dot{F}P$	$(1-\varepsilon)\dot{y}/T\dot{F}P$
昭和39−46	1.80	1.99	3.62	(49.7)	(50.3)
47−52	1.85	1.98	3.87	(47.8)	(52.2)
53−58	1.76	1.86	1.97	(89.3)	(10.7)
39−58 (全期間)	1.80	1.95	3.18	(56.6)	(43.4)

註)　(　　)は総合生産性への寄与率(%)を表わす。

を示している。

さらに，総要素投入量の増加によって，説明されない産出量の増加の効果をとらえる測度として，総合生産性（TFP）を計測した結果によると，全期間平均で年率3.2%の効果をもったことを示している。TFP をⅢの(11)式により，技術進歩の効果と規模の効果に分解した結果によると，規模の効果の減少が第3期（昭和53−58年）にみられ，TFP の成長率も年率2.0%と鈍化している。

従来の研究において，鶏卵の技術進歩を計測した結果を見い出すことができなかったが，本分析期間に対応する，日本農業全体を対象とした新谷〔49〕による昭和40−50年の TFP の計測は，年率1.8%の成長率を示し，稲作を対象とした土井〔19〕による昭和44−54年の計測は，全国平均で年率1.4%の成長率であった。本分析とのモデルの特定化，データ等の相違を考慮するとしても，鶏卵において，生産性向上が相対的に大きなものであったことが理解できよう。さらに，本分析において，TFP を単に技術進歩だけの測度としてではなく，規模の効果にも分離し，加えて，中立的技術進歩や収獲一定を仮定することなく，計測し得た。

以上の技術進歩がもたらされた原因[33]として，次の4点があげられよう。第1に，鶏種の変化があげられる。昭和37年より導入された外国鶏は従来の日本鶏と比較し，強健で斉一性に優れていた。それゆえ，規模拡大に合致した品種とみなされ，急速に普及し，配合飼料の広範な普及と相まって，飼料

33) 以下の鶏卵生産における，技術の全般的な解説は，農業技術体系〔41〕に詳しい。

要求率の改善並びに，産卵率向上に貢献したと考えられる。

第2に，鶏の資質向上をもたらす種々の技術（強制換羽，淘汰方法の改良，病気予防対策など）の普及も，技術進歩の原因としてあげられよう。

第3に，鶏を飼養する際に，育種学上の成果を積極的に取り込む等の，経営者の learning effect（学習効果）による能力向上も，技術進歩の重要な原因であったと推察される。

第4に，ある時点での，ケージやウィンドレス鶏舎といった飼養施設と結びついて普及した，自動給餌機等の機械設備の差異は，規模の経済の原因として，とらえられた。しかし，これら機械設備のモデルチェンジ等の経年的な能率向上は，技術進歩の原因となると考えられる。

したがって，上述した原因の総合した結果として第6表の技術進歩が計測されたものと考えられる。

さて，いままで検討してきた規模の経済，要素代替および技術進歩の効果をⅢの(12)式により，平均費用の変化率として総括してみる。

第7表 平均費用変化率の要因分析結果

単位（年率%）

期　　間	規模効果	要素価格効果	技術進歩	平均費用
昭和39—46	— 1.82	4.35	— 1.80	0.74
47—52	— 2.02	9.19	— 1.85	5.32
53—58	— 0.21	1.88	— 1.76	— 0.10
39—58（全期間）	— 1.37	5.10	— 1.80	1.92

第7表によると，全期間平均で平均費用は年率1.9%で増加した。これに対し，要素価格効果は，年率5.1%で平均費用を増加させる効果をもつ一方，規模効果は年率1.4%，技術進歩は年率1.8%で平均費用を減少させる効果をもった。仮に，規模効果も技術進歩も存在しなかったとすれば，要素価格の上昇分だけ，すなわち分析期間中で，平均費用は，2.7倍上昇したことになる。しかしながら，規模の経済および技術進歩の貢献で，実際に平均費用は1.4倍の上昇に留まった。こうした規模の経済および技術進歩があったがゆえに，鶏卵を他の農畜産物と異なり，相対的に安価に供給し得たのである。

近年，平均費用の増加をおさえた原因の1つである，規模の経済を享受できる余地は，停滞しつつある。一般に，規模の経済の存在は長期の競争的均

衡とは合致しない。つまり，最適産出量（ES）よりも小さい（規模の経済が存在している）産出量水準での生産は，競争上不利であり，そこでの生産者は，鶏卵生産を中止するか，規模拡大を行なって，ES 近くで生産すると考えられる。

したがって，分析期間中の大幅な飼養戸数の減少は，上述した均衡への動学的な調整過程として理解できよう。しかし，近年，これまでの大幅な飼養戸数の減少率が鈍化しはじめ，こうした調整も，かなりの程度，完了しつつあるものと見做される。

V．結

本稿では，昭和39－58年に渡る，鶏卵の生産性向上を，平均費用の変化の要因として，規模の経済，要素価格変化による生産要素の代替，および，技術進歩に求め，分析し，次の諸点を明らかにすることができた。

まず，Ⅱでは，事実認識として，鶏卵生産を概観し，その結果，生産要素の価格以上に平均費用が上昇していないことを確認した。そして，この要因が，① 規模の経済，② 要素代替，および，③ 技術進歩である，との示唆を得た。

Ⅲでは，トランスログ費用関数を用いて，平均費用を①～③の要因に分解し，同時に計測し得る，モデルの作成を試みた。

Ⅳでは，Ⅲのモデルを用いて，実証分析を行なって，以下の点を検証した。

第 1 に，鶏卵生産においては，規模の経済が存在していた。しかし，その効果は，近年，停滞していた。

第 2 に，生産要素の代替は小さく，要素投入は，要素価格変化に対して硬直的であった。また，どの生産要素も成鶏投入比率を高める方向に推移した。特に，成鶏－労働投入比率の上昇が最大であり，均衡要素投入比率の要因分析により，規模効果の要因が相対的に大きく，多羽数化に貢献したことが示された。

第 3 に，技術進歩は生産性向上に，大きな効果をもつものであった。

以上の効果を平均費用の変化率の貢献として総合すると，要素価格上昇による費用増加圧に対し，規模の経済および技術進歩が，費用を低下させる大きな効果を持ち，鶏卵を相対的に安価に供給し得たことが，実証的に明らか

にされた。

なお，本稿において残された課題としては，以下の3点があげられる。

すなわち，1）本分析のサンプルでの最大羽数は，1万6千羽水準に留り，これ以上の羽数について，断定的な結論を下すことはできない。

2）本分析の羽数水準内にあっても，データの階層区分の変更による影響を考慮しなければならない。

3）要素市場の完全性並びに費用最小化の仮定を設けている。 という点である。

今後，これら1）～3）を改善するには，まず，1）2）に関して，より多羽数のサンプルを含み，階層区分の変更が少ないデータを入手する必要があり，次に3）に関しては，少なくとも短期的に固定要素と考えられる資本に対して，費用最小化を仮定せずに分析し得る，variable cost function モデル[34]等の構築が必要となろう。

参考文献

〔1〕Allen, R. G. D., *Mathematical Analysis for Economists*, London, Maclmillan, 1956.（高木秀玄訳『経済研究者のための数学解析』上・下，有斐閣，1965）

〔2〕Ball, V. E., and R. G. Chambers, "An Economic Analysis of Technology in the Meat Products Industry," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 33,1982, pp 699－709.

〔3〕Berndt, E. R., and L. R. Christensen, "The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures and Labor in U. S. Manifacturing 1929－68," *Journal of Econometrics*, Vol. 1, 1973, pp 81－113.

〔4〕Berndt, E. R., and D. O. Wood, "Technology, Prices and Derived Demand for Energy," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 57,1975, pp 259－268.

〔5〕Berndt, E. R., and M. S. Khaled, "Parametric Productivity Measurement and Choice among Flexible Functional Forms," *Journal of Political Economy*, Vol. 87, 1979, pp 1220－1245

〔6〕Binswanger, H., "A Cost Function Approach to the Measurement of Elasticities of Factor Demand and Elasticities of Substitution," *American Journal of Agicultural Economics*, Vol.56, 1974, pp 377－386.

〔7〕Binswanger, H., "The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production," *American Economic Review*, Vol. 64, 1974, pp 964－976.

34) variable cost function の分析例として，Brown and Christensen〔8〕，Caves, Christensen and Swanson〔11〕がある。

〔8〕 Brown, R. S. and L. R. Christensen, "Estimating Elasticities of Substitution in a Model of Partial Static Equilibrium : An Application to U. S. Agriculture, 1947 to 1974," In E. R. Berndt and B. C. Field, eds., *Modeling and Measuring Natural Resource Subustitution*, The MIT Press, 1981, pp 209−229.

〔9〕 Caves, D. W., L. R. Christensen, and J. A. Swanson, "Productivity in U. S. railroads, 1951−1974," *Bell Journal of Economics*, Vol. 11, 1980, pp 166−181.

〔10〕 Caves, D. W., L. R. Christensen, "Global Properties of Flexible Functional Forms," *American Economic Review*, Vol. 70, 1980, pp 422−432.

〔11〕 Caves, D. W., L. R. Christensen, and J. A. Swanson, "Productivity Growth, Scale Economies, and Capacity Utilization in U. S. Railroads, 1955−74," *American Economic Review*, Vol. 71, 1981, pp 994−1002.

〔12〕 茅野甚治郎,「稲作生産構造の計量経済分析」,宇都宮大学農学部学術報告特輯,第42号, 1984.

〔13〕 Christensen, L. R., D. W. Jorgenson, and Lau, "Transcedental Logarithmic Production Frontiers," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 55, 1973, pp 28−45.

〔14〕 Christensen, L. R., and W. Greene, "Economies of Scale in U. S. Electric Power Generation," *Journal of Political Economy*, Vol. 84, 1976, pp 655−676.

〔15〕 Denny, M. and J. D. May, "Homothetic and Real Value-Added in Canadian Manufacturing," In M. Fuss and D. McFadden, eds., *Production Economics : A Dual Approach to Theory and Applications*, Vol. 2, Amsterdam, North Holland, 1978, pp 53−70.

〔16〕 Denny, M., M. Fuss, and L. Waverman, "The Measurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries, with an Application to Canadian Telecommunications," In T. G. Cowing and R. E. Stevenson, eds., *Productivity Measurement in Regulated Industries*, Academic Press, 1981, pp 179−218.

〔17〕 Diewert, W. E., "Applications of Duality Theory," In M. D. Intriligator and D. A. Kendrick, eds., *Frontier of Quantitative Economics*, Vol. 2, Amsterdam, North Holland, 1974, pp 106−199.

〔18〕 Diewert, W. E., "Duality Approaches to Microeconomics Theory," In K. J. Arrow and M. D. Intriligator, eds., *Handbook of Mathematical Economics*, Vol. 2, Amsterdam, NorthHolland, 1982, pp 535−599.

〔19〕 土井時久,「稲作労働生産性の上昇とその要因分析」, 崎浦誠治編『経済発展と農業開発』, 農林統計協会, 1985, pp 174−192.

〔20〕 荏開津典生,「生産関数分析における統計データと統計的方法」,『農業経済研究』, 第54巻, 1982, pp 100.

〔21〕 荏開津典生・茂野隆一,「稲作生産関数の計測と均衡要素価格」,『農業経済研究』, 第54巻, 1983, pp 167−174.

〔22〕 荏開津典生,『農業統計学』, 明文書房, 1985.

〔23〕 Greene, W. H., "Simultaneous Estimation of Factor Substitution, Economies of Scale, Productivity, and Non-Neutral Technical Change," In Dogramachi, A., eds., *Developments in Econometric Analysis of Productivity*, Kluwer-Nijhoff Pub-

lishing, 1983, pp 121－144.

〔24〕 Hanoch, G., "The Elasticities of Scale and the Shape of Average Costs.", *American Economic Review*, Vol. 65, 1975, pp 492－497.

〔25〕 Kako, K., "Decomposition Analysis of Derived Demand for Factor Inputs : The Case of Rice Production in Japan," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 60, 1978, pp 628－635.

〔26〕 加古敏之,「稲作における規模の経済性の計測」,『季刊理論経済学』, 第30巻, 1979, pp 160－171.

〔27〕 加古敏之,「稲作の技術進歩の計測」,『農林問題研究』, 第15巻, 1979, pp 18－25.

〔28〕 加古敏之,「指数問題と生産関数, 費用関数の特定化」,『農業経済研究』, 第55巻, 1984, pp 238－239.

〔29〕 Kang H., and G. M. Brown, "Partial and Full Elasticities of Substitution and the Energy-Capital Complementality Controversy," In E. R. Berndt and B. C.Field, eds., *Modeling and Measuring of Natural Resource Substitution*, The MIT Press, 1981, pp 81－89.

〔30〕 Koizumi, T., "A Further Note on Definition of Elasticity of Substitution in Many Input Case," *Metroeconomica*, Vol. 28, 1976, pp 152－155.

〔31〕 黒田　誼,「利潤関数分析における価格データと統計的方法－荏開津典生氏のコメントに答える－」,『農業経済研究』, 第55巻, 1984, pp 236－237.

〔32〕 Kuroda, Y., "The Production Structure and the Demand for Labor in Postwar Japanese Agriculture, 1952－82," Institute of Socio-Economic Planning, Discussion Paper Series, University of Tsukuba, 1985, pp 1－35.

〔33〕 黒柳俊雄・猪口幸一,「戦前における北海道農業総合生産性指数の計測」,『農経論叢』, 第29集, 北海道大学農学部, 1973, pp 1 －33.

〔34〕 季　貞煥,「微視データにおける生産要素投入量計測に関する覚書」,『農業経営研究』, 第 6 号, 北海道大学農業経営学教室, 1979, pp 181－214.

〔35〕 Lee, J. H., "Factor Relationship in the Postwar Japanese Agriculture : Application of Ridge Regression to the Translog Production Function",『季刊理論経済学』, 第31巻, 1980, pp 33－44.

〔36〕 Lee, J. H., "The Measurement and Sources of Technological Change Biases, with an Application to Postwar Japanese Agriculture", *Economica*, Vol. 50, 1983, pp 159－173.

〔37〕 McFadden, D., "Constant Elasticity of Substitution Production Functions," *Review of Economic Studies*, Vol. 30, 1963, pp 73－83.

〔38〕 宮崎　宏,「鶏卵の需給構造と調整対策の課題」, 梶井巧編『農産物過剰』, 明文書房, 1981, pp 179－219.

〔39〕 Y. Mundlak,"Elasticities of Substitution and the Theory of Derived Demand", *Review of Economic Studies*, Vol. 35, 1968, pp 225－236.

〔40〕 中村昌介,『鶏卵の経済学』, 明文書房, 1973.

〔41〕 農山漁村文化協会,『農業技術体系』, 畜産編 5 , 採卵鶏・ブロイラー, 1980.

〔42〕 Oberhofer, W. and J. Kmenta, "A General Procedure for Obtaining Maximum Likeli-

hood Estimates in Generalized Regression Models," *Econometrica*, Vol. 42, 1974, pp579－590.

〔43〕 M. Ohta, "A Note on the Duality between Production and Cost Functions : Rate of Return to Scale and Rate of Technical Progress," 『季刊理論経済学』, 第25巻, 1974, pp 63－65.

〔44〕 崎浦誠治,「〔付論〕稲作の技術進歩に関する計量分析概観－分析方法を中心として－」, 崎浦誠治編『米の経済分析』, 農林統計協会, 1984, pp 15－19.

〔45〕 佐藤和夫,『生産関数の理論』, 創文社, 1975.

〔46〕 Sato, R. and T. Koizumi, "The Production Function and the Theory of Distributive Shares," *American Economic Review*, Vol. 63, 1973, pp 484－489.

〔47〕 Sato, R. and T. Koizumi, "On the Elasticities of Substitution and Complementarity.", *Oxford Economic Papers, New Series*, Vol. 25, 1973, pp 44－56.

〔48〕 Sato, R., *Theory of Technical Change and Economic Invariance*, Academic Press, 1981.

〔49〕 新谷正彦,『日本農業の生産関数分析』, 1983, 大明堂

〔50〕 清水哲郎, "鶏卵供給過程の計量経済分析", 『農林問題研究』, 第14巻, 1978, pp 70－77.

〔51〕 Stevenson, R., "Measuring Technical Bias", *American Economic Review*, Vol. 70, 1980, pp 162－173.

〔52〕 杉山道雄,「日本養鶏業展開に関する経済的考察」, 岐阜大学農学部研究報告, Vol. 41, 1978, pp 219－232.

〔53〕 Wales, T. J., "On the Flexibility of Flexible Functional Forms.", *Journal of Econometrics*, Vol. 6, 1977, pp 183－193.

〔54〕 唯是康彦,「畜産モデルの簡略化と配合飼料原料の代替関係」,『農業総合研究』, 第31巻, 1977, pp 1－57.

〔55〕 Zellner, A., "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression and Test for Aggrigation Bias," *Journal of American Statistical Association*, Vol. 57, 1962, pp 348－368.

付記

本研究をとりまとめる草稿の段階で, 前髙嶋正彦教授（現北海学園北見大学教授), 出村克彦助教授, 廣政幸生助手をはじめ農政学シンポジウムの大学院諸兄より有益な助言をいただいた。ここに謝意を表する次第である。無論, あり得べき誤りの責任は筆者にある。

なお, 計測については, 北海道大学大型計算機センターHITAC M－280H, M－200Hを利用した。