資本・労働間代替弾力性の計測に関する一試論

―― タイムシリーズ分析の場合 ――

渡 久 地 朝 明

目 次

Ⅰ 序

本稿は，戦後期間のタイムシリーズ分析により，日本の農業生産における資本労働間代替弾力性を計測することを意図している。かかる試みも，資本労働間代替弾力性がハロッド・ドーマモデル等によって示される経済成長経路の安定性の問題[1)]や産業内の技術進歩の性格吟味の問題等[2)]に重要な情報を提供するものであるにもかかわらず，日本の農業生産分析に関して，その計測例が極めて少ないことから従来の分析と比較して以下のようなアプローチは意義あるものと考える。

1) Nerlove, Marc, "Recent Empirical Studies of the CES and Related Production Functions"., in Murray Brown (ed)," The Theory and Empirical Analysis of Production" Columbia University Press, N. Y., 1967.
2) 新谷正彦，速水佑次郎「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 ― 長期経済統計による分析 ―』東洋経済，pp. 228―248.

本稿は，次の二点において，従来の類似の研究例と相違する。

(1)弾力性計測に H. Thornber の非線形計測方法を適用したこと。

(2)労働の時間当り強度の変化を勘案したこと。

従来，資本労働間代替弾力性は Arrow et al.[3] の示した方法で計測されてきた。即ち，二要素モデルの CES 生産関数を要素で偏微分して要素の限界生産力の理論値を求め，それを，市場の完全競争と生産者の利潤最大化行動を前提することで，要素の市場価格と等しいとおくことにより計測式を線形化して，それに最小自乗法を適用する方法である。弾力性の計測方法として，他に J. Kmenta[4] や H. Binswanger[5] 等の示したテイラー展開による近似法が存在するが，最も一般的に用いられているのは，この方法である。

この一般的計測方法を日本における戦後期間のタイムシリーズ分析に基づく農業生産の例に適用した場合，次の点が問題となる。(1) 要素市場が完全競争であったとは考え難いこと，また，(2) たとえ大雑把な観点から，完全競争がほぼ支配的であったと仮定しても，高度成長の影響を強く受けて多くの経済現象が相対的に大きく変化していたと考えられる期間を長く持つ戦後期では，要素の限界生産物についても，理論値と実際値の間に常にタイムラグが存在して，両者が常に大きく乖離していたと充分考えられること，である。こうした問題の存在は，弾力性計測のための従来の一般的方法が，この期間の日本農業生産に関する分析手法としては，必ずしも適当な方法ではないことを示唆している。それ故，本稿ではその点を考慮して，このような問題に抵触しない H. Thornber の CES 生産関数の非線形計測法の適用を試みることとした。

次に，本稿では分析期間において，農業生産に投入された労働の時間当り強度の変化が考慮される。このことは次の理由による。

戦後の日本農業は，かつて例を見ない急速な機械化の進展を経験した。こ

3) Arrow, K. J. Chenery, B. S. Minhas and R. M. Sosow, "Capital — Labor Substitution and Economic Efficiency", Review of Economics and Statistics, Aug., 1961, pp. 225—250.

4) Kmenta, J., "On Estimation of the CES Production Function", International Economic Review, vol. 8, No. 2, June, 1967, pp. 180—189.

5) Binswanger, Hans P., "A Cost Function Approach to the Measurement of Elasticities of Factor Demand and Elasticities of Substitution", Am J. Agr. Econ., May, 1974. pp. 377—386

れを個人経営の農家の所有する動力機械の金額でみると，昭和30年代前半から40年代の後半に至る20年足らずの期間に7倍以上の増加となっている。かかる急速な機械化は，農業生産に投入される労働力の大きさが通常労働日数や労働時間の単位で測定される慣習の下では，その測定に特定のバイアスをもたらすと考えられる。即ち，機械が仕事に必要な人間の労働の時間当り強度を軽減させる側面を無視して，機械化の未だ進展せざる時期の一時間当りの労働力もそれが大きく進展した時期の一時間当りの労働も同一に評価するバイアスである。機械が人間の労働時間を短縮すると同時に時間当りの労働強度をも軽減する性質を有することは明瞭な事実である。鍬のみで耕作する労働より，耕うん機を押す労働の方が，同じ一時間であっても，はるかにエネルギーの消耗度の少ないものであろうし，それにもまして，大型カルチベーターを運転するのみの労働の方が更に軽いものであろうことは想像に難くない。かかる機械の性質に注目すれば，戦後期の日本農業生産に投下された労働の時間当り強度がその急速な機械化の進展に即応して急速に軽減されていったことが容易に理解される。もし，こうした労働強度の変化を無視するとすれば，現実に資本が労働に代替する程度を大きく過小評価する結果を得ることになるのは必定である。それ故，本稿では，簡単なモデルによって機械化による労働強度の変化を示すインデックスを作成して，それによって，労働力が労働時間で測定される場合のバイアスを是正するよう試みた。

なお，巻末に本稿の分析に用いられた CES 生産関数非線形計測法のフォートラン・プログラムを掲示する。

II 資本・労働間代替弾力性の計測方法

H. Thornber による CES 型生産関数の非線型計測法[6]は次の理論に基づいている。

先ず，二要素モデルの CES 生産関数が次式で示されているものとする。

$$Q_t = A\ [\delta K_t^{-p} + (1-\delta) L_t^{-p}]^{-\frac{v}{p}} e^{U_t} \quad {}_{(t=1,\cdots,n)} \qquad (1)$$

注 6) H. Thornber, "The Elasticity of Substitution: Properties of Alternative Estimators", manuscript, University of Chicago, 1966. or Arnold Zellner," An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics", John Wiley & Sons, New York, 1971, pp 169—183.

(1)式を対数化して

$$\log Q_t = \log A + v \log\left\{[\delta K_t^{-\rho} + (1-\delta)L_t^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}\right\} + U_t \tag{2}$$

ここで，各々のパラメーターのとり得る範囲は以下の如くである。

$$0 < \delta < 1 \qquad -\infty < v < \infty$$
$$-1 < \rho < \infty \qquad 0 < A < \infty$$

さて，計測には次の前提が必要とされる。即ち，誤差項 U_t $(t=1, \cdots, n)$ は互いに独立であって平均が0で分散が σ^2 である正規分布に従うものとする。更に，K_t も L_t も確率変数ではないか，或はもし確率変数であれば，誤差項 U_t と独立に分布するものであり，しかも，上記のパラメーターのいずれをも含まないものとする。

いま，(2)式に個のデーターをあてはめるとして，(2)式を行列で表わせば

$$y = \times\beta + U \tag{3}$$

となる。但し，

$$y = \begin{pmatrix} \log Q_1 \\ \vdots \\ \log Q_n \end{pmatrix}, \quad x = \begin{pmatrix} 1 & \log\left\{[\delta K_1^{-\rho} + (1-\delta)L_1^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}\right\} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \log\left\{[\delta K_n^{-\rho} + (1-\delta)L_n^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}\right\} \end{pmatrix},$$

$$\beta = \begin{pmatrix} \log A \\ \\ v \end{pmatrix}, \qquad U = \begin{pmatrix} U_1 \\ \vdots \\ U_n \end{pmatrix}$$

上記の前提の下で，サンプルの値の尤度関数は次式[7]で与えられる。

$$L = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{n/2}} \mathrm{lxp}\left(\frac{-U'U}{2\sigma^2}\right)$$
$$= \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{n/2}} \exp\left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2}\right] \tag{4}$$

(4)式を簡単化すれば[8]

7）例えば J. Johnston, "Econometric Methods," 2nd. ed. pp. 135—152

8）$(y-x\beta)'(y-x\beta) = [(y-x\hat{\beta}) - (x\beta - x\hat{\beta})]'[(y-x\hat{\beta}) - (x\beta - x\hat{\beta})] = (y-x\hat{\beta})'(y-x\hat{\beta}) - (y-x\hat{\beta})'(x\beta - x\hat{\beta})$ $(x\beta - x\hat{\beta})'(y-x\hat{\beta}) + (x\beta - x\hat{\beta})'(x\beta - x\hat{\beta})$ となるが $(y-x\hat{\beta})'(x\beta - x\hat{\beta})$ も $(x\beta - x\hat{\beta})'(y-x\hat{\beta})$ も，ともに零であるので $(y-x\beta)'(y-x\beta) = (y-x\hat{\beta})'(y-x\hat{\beta}) + (x\beta - x\hat{\beta})'(x\beta - x\hat{\beta})$ $= (y-x\hat{\beta})'(y-x\hat{\beta}) + (\beta - \hat{\beta})'x'x(\beta - \hat{\beta})$ となる。

$$L(A,\ v,\ \delta,\ \rho\,|\,y,\ K,\ L) \propto \frac{1}{\sigma^n}\exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2}[\hat{U}'\hat{U}+(\beta-\hat{\beta})'x'x(\beta-\hat{\beta})]\right\} \tag{5}$$

となる。但し,

$$\hat{\beta}=(x'x)^{-1}x'y$$

$$\hat{U}'\hat{U}=(y-x\hat{\beta})'(y-x\hat{\beta})$$

$\propto$ の記号は比例関係を示すものとする。

(5)式を対数化する。

$$\mathcal{L} \propto -\frac{n}{2}\log\sigma^2-\frac{1}{2\sigma^2}[\hat{U}'\hat{U}+(\beta-\hat{\beta})'x'x(\beta-\hat{\beta})] \tag{6}$$

但し, $\mathcal{L}=\log L$

(6)式を最大にする σ と β の値を求めるためにそれを σ と β で偏微分して,これをゼロとおいて二式を解けば,次式が得られる。

$$\bar{\sigma}^2=\frac{1}{n}\hat{U}'\hat{U}$$

$$\bar{\beta}=\hat{\beta}$$

但し, $\bar{\sigma}^2$ と $\bar{\beta}$ は最尤推定量を示す。

すなわち

$$L_{max}=\text{定数}-\frac{n}{2}\log\ (\hat{U}'\hat{U}) \tag{7}$$

を得る。

$\hat{U}'\hat{U}$ は δ と ρ の関数であるから,(7)式より $\hat{U}'\hat{U}$ の値を最小にする δ と ρ が存在すれば,それが各々の最尤推定量であることがわかる。

こうした $\bar{\delta}$ と $\bar{\rho}$ を求めるために, δ と ρ がとり得る範囲の全ての値に関しての $\hat{U}'\hat{U}$ の値を求めて,それらを比較する操作をしなければならない。ρ に関しては,とり得る範囲がゼロから無限大までであるので, ρ と次の関係にある λ を考え,その λ を δ と同じくゼロから1までの範囲で動かして $\hat{U}'\hat{U}$ を求める。

$$\phi=\frac{1}{1+\rho} \tag{8}$$

$$\lambda=\frac{1}{1+\phi} \tag{9}$$

但し, ϕ は代替の弾力性を示す。

III　時間当り労働強度指数

先ず，或る一定期間内の農業生産に投入される労働の時間当り強度の平均値を l_t，その時の総労働量を L_t，そして，総労働時間を h_t とすれば，次式が成り立つ。

$$L_t = h_t \cdot l_t \tag{1}$$

即ち，l を生産を営む各農業労働者が種々の農作業を遂行するために放出しなければならない時間当りエネルギーの産業内における平均値と考えるのである。無論これを客観的な尺度で実際に測定することは不可能であるから，l の持つ性質と矛盾をきたさぬようにスペシファイすることによって近似する以外に方法はない。

さて，l に以下の性質があることは認めてよいであろう。

(1)生産に用いられる機械の使用水準，M，の増加とともに減少する。この場合機械の使用水準は機械の効率単位で測定されるものとする。

(2) M の増加は必ず l の減少をもたらし，M の減少は必ずの増加をもたらす。これは，機械を使用すれば，然らざるときより，必ず労働強度が軽減されるということに外ならない。

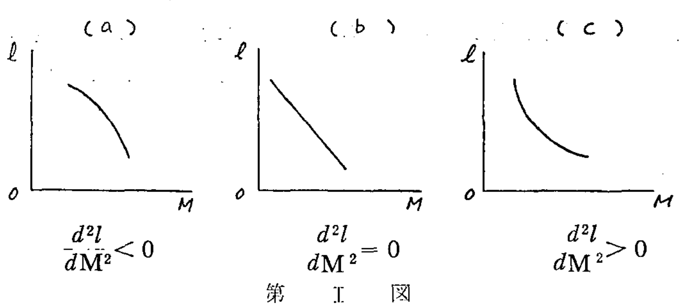
(3) M が無限大に接近するにつれて，l は零に接近する。当然 l は非負であり，M ももとより非負の値である。

性質 (1) は次式で示される。

$$l = f(M) \tag{2}$$

$$\frac{dl}{dM} < 0 \tag{3}$$

性質 (2) は，l と M が互いに一対一で対応することを示すから，(2) 式の連続性を仮定すれば，l は M の単調減少関数となり，二次微分の符号如何により，次の三つのケースが存在する。



第　I　図

このうちで，正である如何なる M の値に対しても l が負にならない条件を満たし得るのは(c)のケースのみである。即ち，満たされねばならないl の性質の一つは

$$\frac{d^2l}{d\mathrm{M}^2}>0 \tag{4}$$

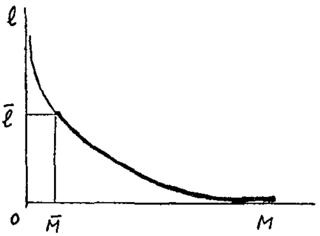
である。

(2)，(3)，(4) 式と性質(3)の条件を満足する関数型の最も簡単な例は双曲線であろう。即ち，

$$l=\frac{k}{\mathrm{M}} \tag{5}$$

但し，k は未知の定数である。

双曲線の $\mathrm{M}\to 0$，$l\to\infty$ である性質については，労働人口が所与のとき，M の或る一定水準 $\bar{\mathrm{M}}$，以下の値では，人間のだし得る最大限の強度，$\bar{l}$，をもってしても所定の生産水準 $\bar{\mathrm{Q}}$，を維持し得ないと仮定すれば，説明可能である。即ち，次図である。従って，l も M も $0<l<\bar{l}$、$\bar{\mathrm{M}}<\mathrm{M}<\infty$ の範囲で意味を持つ。さて，M によって決定される変数が他にあると想定した場合の l についての識別の問題であるが，その場合の制約条件は(i) M のみの関数である。(ii) M の減少関数である。(iii) 二次微分が正である。(iv) $\mathrm{M}\to\infty$，$l\to 0$ である。(v) $\mathrm{M}\to\bar{\mathrm{M}}$，$l\to\bar{l}$ である。以上五つであるので識別可能であると考えられる。



第 II 図

(5)式から

$$l_t=\frac{k}{\mathrm{M}_t} \tag{6}$$

が得られるので，l についての指数作成が可能となる。先ず，基準時の労働強度，l_o，で測ることを考えて，t 期の労働強度，l_t，を l_o で割れば，$\mathrm{M}_o/\mathrm{M}_t$ を得るから，k が未知であっても l_t の指数を作ることができる。即ち，

$$l_t = \frac{M_o}{M_t} \tag{7}$$

(7)式で得た l_t を(1)式に代入することによって，労働の時間当り強度を考慮した場合の労働量を計測することができる。しかし，もとより労働強度を実際に正確に測定する完全な方法ではないのだから，当然，かかる近似法を採用した故の誤差を招来することが予想される。つまるところは，明らかに存在すると考えられる労働強度の変化を変化なしと見なして計測するか，或は，このような簡単な近似法を用いても是正策をとった方がよいかの選択となる。それ故，それ程機械化の進展が著しいとは考えられない状況の下では，こうした方法は必ずしも有効ではないかも知れないが，戦後期の日本農業のような状況では一つの有効な方法と考えられる。

IV　代替弾力性の計測結果

実際の計測にあたっては，次のような方法をとらざるを得なかった。

先ず，M の値には，個人経営の農家所有の動力機械の金額とした。機械の効率の変化は金額で表示されているものと仮定されている。従って，より性能の良い機械がより安価になっていたとは考えないのである。また，機械の実際の利用度も分析期間（昭和26年〜昭和48年）[9] を通じてそれ程変化がないと考えられている。

次に，CES 生産関数の三要素モデルは関数形自体の制約が[10]厳しいことと電子計算機の費用も小さくないので，土地要素をデフレーターとして用いて関数より除去した。分析期間の中点である昭和36，37，38年の平均の土地・産出比率が1となるような土地のインデックスを作成して産出をデフレートした。土地生産性の時間を通じての変化がほぼ一定であれば，このような方法を用いてもそれ程大きなバイアスを持つ結果にはならないと考えられる。

計測には次のデーターが用いられた。

9）資本については，昭和43年以降，労働時間については，昭和46年以降，また産出については，昭和45年以降，のデーターは後述の各データーと接続が可能となるように推計してつけ加えた。

10) Uzawa, Hirohumi, "Production Function with Constant Elasticities of Substitution", *Review of Economic Studies*, Vol. 29, No. 4, Oct., 1962.

資本：速水佑次郎氏推計[11]による「農業生産要素の投入」の固定資本で，動植物，農機具，建物，の合計で1934～1936年固定価格表示のものである。

労働時間：新谷正彦氏推計[12]の労働日数を八倍して用いた。

産出：資本の場合と同じ出典で速水氏の推計による農業総産出で，やはり，1934～1936年固定価格表示のものである。

動力機械：農林省「農林業センサス」「農業調査」より，動力耕うん機，農用トラクター，動力噴霧機，動力散粉機，動力田植機，稲麦用動力刈取機，自脱型コンバイン，米麦用乾燥機，農用トラック，オート三輪車の合計金額である。

土地：新谷氏による延べ作付面積を用いた。[13]

以上のデーターを用いてⅢに述べた計測法に基づいて計測がなされた。電子計算機が使用されたが，費用の都合で δ と λ の値を初めから細かく刻まずに0.1刻みにして，その場合の最適点の近傍を更に0.1刻みにして計測したので，その点に関する多少の誤差はあると考えられる。

計測の結果は次の通りであった。

労働の強度を考慮しない場合

代替弾力性	0.58	標準誤差	0.239
資本分配率	0.64	標準誤差	0.941

労働の強度を考慮した場合

代替弾力性	1.20	標準誤差	0.451
資本分配率	0.51	標準誤差	0.980

以上の計測結果に見られる如く，労働の強度を考慮した場合の代替弾力性の方が，それを考慮しない場合の代替弾力性よりはるかに大きい。この結果は，二つの場合のパラメーターの安定性の点からも信頼し得るものと思われる。これは，機械化の過程では労働強度を考慮した場合の労働力の方が単に労働時間のみで測定した労働力より小さいものとなることを思えば，より少ない労働力が同等の資本と結合して同等の産出をもたらすという，それだけ

11）速水佑次郎『日本農業の成長過程』創文社 pp. 196--210.
12）新谷正彦「農業部門の労働力フローの推計（1874--1970）に関するノート」西南大学『経済学論集』第八巻第1号，1973年6月 pp. 55—99.
13）資料の出典は注12に同じ。

労働と資本との高い代替の状態を説明するもので，我々の常識的見解とも一致する。

V　結

本稿では，戦後の日本の農業生産における資本と労働との代替弾力性を次の二点に留意して計測した。(1) 投入要素の限界生産物が要素の実際の市場価格に等しいという仮定を必要としないCES型生産関数の非線形計測法を用いた。(2)戦後の日本農業生産の急速な機械化による農業労働の時間当り強度の変化を簡単なモデルで考慮した。

計測により，代替弾力性の値は，労働の時間当り強度を考慮した場合の方が，それを考慮しない場合より，大きいという結果を得た。推計値は，統計的にも安定したものであるし，我々の常識的見解とも一致するところから次のことが結論づけられる。日本の農業生産に関して戦後の期間のタイムシリーズ分析から得られた従来の資本労働間代替弾力性の推計値は，資本が労働の時間当り強度を軽減するという代替性を無視することから，実際の代替弾力性を過小に評価したものであり，機械が人間の労働強度をも軽減する側面を考慮すれば，代替弾力性の値はもっと大きいものと考えられる。

付1

CES 生産関数の非線型計測法のためのフォートランプログラム

```
C     THE THORNBER'S ESTIMATION METHOD OF THE CES PRODUC-
      TION  FUNCTION
      DIMENSION  Q (30), AK (30), AL (30), Y (30), YHAT (30), U (30),
      X (30), QQ (30),
    1  VALUE (11, 11)
      READ (5, 5) N, KIZAMI
   5 FORMAT (215)
      S=N
      READ (5, 10) (Q (I), I=1, N)
  10 FORMAT C 7 F 10.0)
      READ (5, 19) (AK (I), I=1, n)
  19 FORMAT (14 F 5.0)
      READ (5, 10) (AL (I), I=1, N)
```

```
    READ (5, 12) SLD, UPD, SLR, UPR
 12 FORMAT (4 F 10.2)
    WRITE (6, 90)
 90 FORMAT (1H1, ///, 2X, 'ORIGINAL DATA')
    WRITE (6, 91)
 91 FORMAT (1HO, 2X, 'OUTPUT')
    WRITE (6, 92) (Q (I), I=1, N)
 92 FORMAT (1HO, 5X, 10F12.0)
    WRITE (6, 93)
 93 FORMAT (1HO, 2X, 'CAPITAL')
    WRITE (6, 92) (AK (I), I=1, N)
    WRITE (6, 94)
 94 FORMAT (1HO, 2X, 'LABOR')
    WRITE (6, 92) (AL (I), I=1, N)
    DO 15 I=1, N
 15 Y (I)=ALOG (Q (I))
    NSTAGE=1
405 DO 20 K=1, 11
    IF (NSTAGE. EQ. 2) GO TO 85
    WRITE (6, 200) K
200 FORMAT (1HO, / 2X, 'COLUMN no. *****', I3, 1X, '*****')
    KK=K-1
    UNITR=(UPR-SLR) / FLOAT (KIZAMI)
    RAMDA=SLR+UNITR * KK
    IF (RAMDA. EQ. 0.5) GO TO 188
    GO TO 189
188 RAMDA=RAMDA+0.005
189 RHO=(2.* RAMDA-1.) / (1.-RAMDA)
 85 DO 25 L=1, 11
    IF (NSTAGE. EQ. 2) GO TO 744
    LL=L-1
    UNITD=(UPD-SLD) / FLOAT (KIZAMI)
    DELTA=SLD+UNITD * LL
    IF (DELTA. EQ. O.) GO TO 741
    GO TO 742
741 DELTA=DELTA+0.0001
742 IF (DELTA. EQ. 1.) GO TO 743
```

```
    GO TO 744
743 DELTA=DELTA-0.0001
744 DO 75 I=1, N
 75 X (I)=ALOG ((DELTA * (1./AK (I) ** RHO)+(1. -DELTA) *
      (1./AL (I) ** RHO))
   1  **(-1/RHO))
    W=0.
    DO 55 I=1, N
 55 W=W+X (I)
    Z=0.
    DO 40 I=1, N
 44 Z=Z+X (I)*X (I)
    D=Z/(S*Z-W*W)
    F=-W/(S*Z-W*W)
    G=S/(S*Z-W*W)
    P=0.
    DO 50 I=1, N
 50 P=P+Y(I)
    R=0.
    DO 60 I=1, N
 60 R=R+X (I)*Y (I)
    B1=D*P+F*R
    B2=F*P+G*R
    DO 70 I=1, N
 70 YHAT (I)=B2*X (I)
    DO 80 I=1, N
 80 U (I)-YHAT (I)
    UU=0.
    DO 130 I=1, N
130 UU=UU+U (I)*U (I)
    IF (NSTAGE. EQ 2) GO TO 410
    VALUE (L, K)=UU
    IF (L. GT. 1.) GO TO 102
    DELTA1=SLD+UNITD*FLOAT (KIZAMI)
    WRITE (6, 31) RAMDA, SLD, DELTA1
 31 FORMAT (1HO, 2X, 'RAMDA VALUE IS FIXED AT', F7. 3, 2X,
      'AND DELTA
```

```
  1VALUE IS VARIED FROM ., F7. 3, 2X, 'TO', F7. 3)
102 WRITE (6, 64) L
 64 FORMAT (1HO, 2X, 'ROW NO. ***', I3, 1X, '***')
    WRITE (6, 65) RAMDA, RHO, DELTA, UU
 65 FORMAT (1H, 5X, 'RAMDA=', F9. 5, 5X, 'RHO='. G9. 5, 5X,
      'DELTA=', F9. 5,
   1 5X, 'UU=', F15.9)
    WRITE (6, 240) B1, B2
240 FORMAT (1H, 5X, 'B-1=', F15.5, 2X, 'B-2=', F15.5)
 25 CONTINUE
    WRITE (6, 101)
101 FORMAT (1HO, 2X, '..................................................................')
 20 CONTINUE
    NSTAGE=NSTAGE+1
    LK 1=1
    LK 2=1
    SMALL=VALUE (1, 1)+1.
    DO 42 J=1, 11
    DO 42 I=1, 11
    DIF=VALUE (I, J)-SMALL
    IF (DIF. LT. 0.) TO TO 43
    GO TO 42
 43 SMALL=VALUE (I, J)
    LK 2=J
    LK 1=I
 42 CONTINUE
    F1=LK 1-1
    F2=LK 2-1
    DELTA=SLD+UNITD*F1
    RAMDA=SLR+UNITR*F2
    RHO=(2.*RAMDA-1.)/(1.-RAMDA)
    SIGMA=1./(1.+RHO)
    WRITE (6. 47) LK2, LK1, VALUE (LK1, LK2)
 47 FORMAT (1HO, 2X, 'THE', I3, 1X, 'COLUMN', I3, 1X, 'ROW
      ELEMENT IS THE MINIM
   1UM, AND ITS VALUE IS', F15.9)
    WRITE (6, 302)
```

```
302 FORMAT (1HO, 2X, 'THE PARAMETERS WHICH PROVIDE THE
      LEAST VALUE OF UU')
    WRITE (6, 301) RAMDA, DELTA, RHO, SIGMA
301 FORMAT (1HO, 2X, 'RAMDA=', F12.8, 3X, 'DELTA=', F12.8, 3X,
      'RHO=', F12.8, 3X,
   1 'SIGMA=', F12.8)
    GO TO 405
410 Y2SUM=0.
    DO 400 I=1, N
400 Y2SUM=Y2SUM+Y (I)*Y (I)
    DEN=((B1*P+B2*R)-(P*P)/S)
    DEM=(Y2SUM-(P*P)/S)
    R2=DEN/DEM
    WRITE (6, 320)
320 FORMAT (1HO, 2X, 'ACTUAL VALUES OF Y')
    WRITE (6, 305) (Y (I), I=1, N)
    WRITE (6, 316)
316 FORMAT (1HO, 2X, 'THEORETICAL VALUES OF Y')
    WRITE (6, 305) (YHAT (I), I=1, N)
    WRITE (6, 322)
322 FORMAT (1HO, 2X, 'DIFFERENCE BETWEEN ACTUAL-AND
      THEORETICAL-VALUES O
   1F Y')
    WRITE (6, 305) (U (I), I=1, N)
    VARPAR=UU/(S-2)
    WRITE (6, 319)
319 FORMAT (1HO, 2X, 'THE VALUES OF PARAMETERS')
    WRITE (6, 321) B1, B2
321 FORMAT (1HO, 2X, 'CONSTANT TERM=', F20.9, 5X, 'COEF-
      FICIENT=', F20.9)
    PARV1=D*VARPAR
    PARV2=G*VARPAR
    WRITE (6, 323)
323 FORMAT (1HO, 2X, 'VARIANCES OF PARAMETERS')
    WRITE (6, 888) PARV1, PARV2
888 FORMAT (1HO, 2X, 'CONSTANT TERM', F20.9. 4X, 'COEF-
      FICIENT', F20.9)
```

```
    T1=B1/SQRT (PARV1)
    T2=B2/SQRT (PARV2)
    WRITE (6, 877)
877 FORMAT (1HO, 2X, 'T-VALUES OF THE PARAMETERS')
    WRITE (6, 876) T1, T2
876 FORMAT (1HO, 2X, 'CONSTANT TERM', F20.9, 5X, 'COEF-
      FICIENT', F20.9)
    DO 303 I=1, N
303 QQ (I)=2.71828 ** YHAT (I)
    GAMMA=2.71828 ** B1
    WRITE (6, 315)
315 FORMAT (1HO, 2X, 'FINAL RESULTS')
    WRITE (6, 330) GAMMA, B2, DELTA, RHO
330 FORMAT (1HO, 2X, 'GAMMA=' F20.7, 5X, 'B2=', F15.7, 5X,
      'DELTA=', F15.7,
   1 5X, 'RHO=', F15.7)
    WRITE (6, 335) RAMDA, SIGMA, UU
335 FORMAT (1HO, 5X, 'RAMDA=', F15.9, 5X, 'SIGMA=', F15.9, 5X,
      'UU=', F15.9)
    WRITE (6, 350) B1, R2
350 FORMAT (1HO, 2X, 'CONSTANT TERM=', F15.9, 5X,
      'R-SQUARE=', F8.4)
    WRITE (6, 304)
304 FORMAT (1HO' 2X, 'THE THEORETICAL VALUES OF OUTPUT'
    WRITE (6, 305) (QQ (I), I=1, N
305 FORMAT (1HO, 5X, 5F19.5)
    STOP
    END
```

参考文献

1. 速水佑次郎『日本農業の成長過程』創文社昭和48年
2. 新谷正彦「農業部門における投下労働日数の推計（1874～1970）」『経済研究』一ツ橋大学第25巻第3号，1974年7月 pp. 264—271.
3. 沢田収二郎「日本農業における技術進歩の効果分析 1885—1960」川野重任・加藤譲編『日本農業と経済成長』東京大学出版会，1970年所収

4. Hicks, J. R., "The Theory of Wages" Macmillan, London, 1963
5. Uzawa, Hirohumi, "Production Function with Constant Elasticties of Substitution", *Review of Economic Studies*, Vol. 29, No. 4, 1962.
6. Zellner, Arnold "An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics", John Wiley & Sons, Inc., 1971, New York
7. Solow, Robert M. "Capital, Labor, and Income in Manufacturing", in National Bureau of Economic Research, 1964
8. Binswanger, H., "A Cost Function Approach to the Measurement of Elasticies of Factor Demand and Elasticities of Substitution", *Amer. Jour. Agr. Econ.*, May, 1974, pp. 377—386
9. Kaneda, Hiromitsu, "Substitution of Labor and NonLabor Inputs and Technical Change in Japanese Agriculture", *Review of Econ. and Stat.*, Vol. 47, No. 2, May 1965 pp. 163—171.