偏向的技術進歩と所得分配

荒　憲治郎

1　問題の提起

他の機会に私は，生産が資本と労働のみによって行なわれる場合に関し，いわゆる中立的技術進歩を3つに区別した[1]。すなわち

(1)　純粋に生産増大的……$Y=T(t)F(K, L)$

(2)　純粋に労働増大的……$Y=F(K, T(t)L)$

(3)　純粋に資本増大的……$Y=F(T(t)K, L)$

がそれである。ここで，Y=産出量，K=資本財，L=雇用量，T=生産技術の水準であり，技術進歩が時間の経過における T の増大に他ならぬことを明示する意味で $T(t)$ とした。勿論 t =時間である。(1)は技術進歩がヒックスの意味で中立的なるケースであって所与の $\left\{\frac{K}{L}\right\}$ に対して常に所得分配率が不変，(2)は技術進歩がハロッドの意味で中立的なるケースであって所与の $\left\{\frac{K}{Y}\right\}$ に対し常に所得分配率が不変，そして(3)は技術進歩がソローの意味で中立的なるケースで所与の $\left\{\frac{Y}{L}\right\}$ に対して常に所得分配率は不変である[2]。

いま，以上の3つのタイプの技術進歩を総称して「純粋型」pure type の技術進歩とよぼう。所で，最近，これらの3つのケースをそれぞれ特殊な場合として含む所の

$$Y=F(A(t)K, B(t)L) \tag{1. 1}$$

の生産関数が提示されるようになった。ここで，$A(t)$ は資本に乗ぜられる能率係数で capital-augmenter とよばれ，$B(t)$ は労働に乗ぜられる能率係数で labor-augmenter とよばれるものである[3]。もし資本および労働の単位を適当に選んで

$$A(0)=B(0)=1$$

とし，且つ生産関数が K と L とに関して1次同次であるとすれば，この生産関数が上述の3つの純粋型の技術進歩を特殊な場合として含む所の一般型であることは明白である。

本稿の課題は，技術進歩を含む一般的な生産関数

$$Y=F(K, L, T(t)) \tag{1. 2}$$

に対して(1. 1)式の生産関数は如何なる条件の下で成立するのか，その必要且つ充分なる条件を明らかにし，次いで，ヒックス・ハロッド・ソローの規準の下での偏向的技術進歩の計測の尺度を定式化し，最後に「誘発された」偏向的術進歩と所得分配率の関係を明らかにすることである。

2　混合型の技術進歩

以下の分析を通じ，われわれは生産関数はすべて新古典学派の条件に従うものとする。かくして，労働生産性を y，労働の資本集約度を k とすれば，(1. 2)式は

$$y=f(k, T(t)) \tag{2. 1}$$

となる。いま，技術進歩によって変化するパラメター

$$\mathrm{C}(T(t))\equiv C(t)$$

を考え，$C(t)$ を k に乗じた変数を

$$C(t)k\equiv z$$

で示そう。後述するようにこれは能率単位で測定した資本 $(A(t)K)$ を能率単位で測定した労働 $(B(t)L)$ で割った比率に他ならず，$C(t)$ は t の増加関数，t の減少関数，或いは t から独立であるかも知れない。そこで

1)　拙稿「技術進歩の中立性」『一橋論叢』昭和40年1月号。

2)　当初，私は，「ソローの意味での中立性」という用語を用いることに当惑を感じながらこの用語を採用していたが，R. G. D. Allen, *Macro-Economic Theory*. 1967 でこの用語が使用されているのを見て，学界の通用語としての資格があると判断する。

3)　$A(t)$ または $B(t)$ のいずれかが t の減少関数である場合，それにもかかわらず *augmenter* とよぶのは適切ではないように思われる。

$$\frac{\partial y}{\partial z}\Big/\frac{y}{z}=\phi(z) \qquad (2.2)$$

という関係を想定する。$\phi(z)$ は z のみに依存する関数である。もし $C(t)$ が t から独立ならば，これは技術進歩がヒックスの意味で中立的であることの解析的表現に他ならない。なぜならば，その時には

$$\frac{\partial y}{\partial k}\Big/\frac{y}{k}=\phi(k)$$

となるからである。いずれにしても，(2.2)式は，z が一定の水準をとると所得分配率が一定となることを意味する。なぜならば $\frac{\partial y}{\partial z}\Big/\frac{y}{z}=\frac{\partial y}{\partial k}\Big/\frac{y}{k}$ だからである。

以上の準備で，われわれは次の命題を提出することができる。

命題［1］

技術進歩を含む生産関数が

$$Y=F(A(t)K, B(t)L)$$

となるための必要且つ充分なる条件は

$$\frac{\partial y}{\partial z}\Big/\frac{y}{z}=\phi(z)$$

が成立することである。但し

$$z\equiv C(t)k$$

である[4)]。

(1)必要条件の証明

必要であることをいうためには，生産関数が $Y=F(A(t)K, B(t)L)$ ならば必ず(2.2)式が成立することをいえばよい。先ず，Y が K と L とに関して1次同次であることより

$$y=f\left(\frac{A(t)}{B(t)}k\right)B(t)\equiv f(z)B(t)$$

である。これより

$$\frac{y}{z}=\frac{f(z)}{z}B(t)\equiv\Psi(z)B(t) \qquad (2.3)$$

である。また，$y=f(z)B(t)$ を z で微分すると

$$\frac{\partial y}{\partial z}=f'(z)B(t) \qquad (2.4)$$

となるから，(2.4)式を(2.3)式で割って

$$\frac{\partial y}{\partial z}\Big/\frac{y}{z}=\frac{f'(z)}{\Psi(z)}\equiv\phi(z)$$

を得る。　(Q. E. D)

(2)充分条件の証明

充分であることをいうためには(2.2)式が成立すれば生産関数が必ず $Y=(A(t)K, B(t)L)$ の形に展開できることを言えばよい。所で(2.2)式を解くと

$$\log y=\xi(z)\log z+\log B(t)$$

となる。ここで，$\xi'(z)\cdot z\cdot\log z+\xi(z)=\phi(z)$ であり，$B(t)$ は $y=f(k, T(t))$ によって y が k (従って z) のみならず $T(t)$ にも依存していることによって導入された。上の方程式の真数をとれば

$$y=B(t)z^{\xi(z)}$$

または $z^{\xi(z)}\equiv H(z)$ とおいて

$$y=B(t)H(C(t)k) \qquad (2.5)$$

である。いま，$C(t)B(t)=A(t)$ とおこう。そこで y および k を元の変数に戻してやると

$$\frac{Y}{B(t)L}=H\left(\frac{A(t)K}{B(t)L}\right)$$

または

$$Y=H\left(\frac{A(t)K}{B(t)L}\right)\cdot B(t)L\equiv F(A(t)K, B(t)L)$$

が成立し所望の結果に到達する。　(Q. E. D)

いま，$A(t)K\equiv J$ を能率資本，$B(t)L\equiv N$ を能率労働とよべば，

$$C(t)k=\frac{A(t)K}{B(t)L}\equiv\frac{J}{N}$$

であって，z は能率資本を能率労働で割った比率，すなわち資本および労働をそれぞれ能率単位で測定した場合の労働の資本集約度に他ならないのである。記号の簡単のために，以下では

$$\frac{1}{x}\frac{dx}{dt}\equiv G(x)$$

という記号を用いる。

さて，興味あるケースは $G(A)$ および $G(B)$ のいずれもがゼロではなく且つ $G(A)\neq G(B)$ のケースである。これを総称して「混合型」mixed type の技術進歩という。混合型の技術進歩は2つに大別できる。第1は

4)　この論文を書き終えてから，私は，この命題［1］と同じことが，最近のフェルプスの著書によって論ぜられていることを知った。B. S. Phelps, *Golden Rules of Economic Growth*, 1966, p. 25. 但し定式化の方式は異なっている。

$$G(A)>G(B)\neq 0$$

のケースであって，これを「相対的に資本増大的」relatively capital augmenting なる技術進歩という。これに対して第2は

$$G(B)>G(A)\neq 0$$

のケースである。これを「相対的に労働増大的」relatively labor augmenting なる技術進歩とよぶ。ここで，技術進歩とよばれる事象の存在する限り $G(A)$ または $G(B)$ のいずれかは必ずプラスでなければならないが，両者が共にプラス（または非負）である必要はないということに注意すべきである。問題は技術進歩によって生産関数が全体として上方にシフトするかどうかなのであって，例えば

$$G(B)>0>G(A)$$

であってもかまわないのである。この例でいえば，$G(A)$ がマイナスであるにもかかわらず技術進歩が存在しているといわれるのは，資本の能率の減少を補って余りある程に労働の能率が向上しているからである。しかしこのような叙述が可能であるためには，$G(A)$ と $G(B)$ とを何等か共通の評価単位で比較し得なければならない。この問題に光を投ずること，これも以下の課題の１つである。

3　偏向的技術進歩の尺度

さて，資本の限界生産力＝資本利潤率，労働の限界生産力＝実質賃金率とした場合，われわれは $Y=F(J, N)$ より

$$G(\theta)=(1-\theta)\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\{G(J)-G(N)\} \quad (3.1)$$

$$G(\theta)=\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\{G(J)-G(Y)\} \quad (3.2)$$

$$G(\theta)=\left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\{G(Y)-G(N)\} \quad (3.3)$$

を導くことができる（数学注参照）。ここで θ＝利潤分配率，σ＝労働と資本の要素代替の弾力性である。これらは $G(A)=G(B)=0$ とすれば静態的論脈における周知の公式と同じものであって，例えば(3.1)式についてみれば，$\sigma>1$ ならば $\left\{\frac{K}{L}\right\}$ の増大は利潤分配率を高め，$\sigma<1$ ならば $\left\{\frac{K}{L}\right\}$ の増大は賃金分配率を高めるのである[5]。

まず，技術進歩のタイプの判定に関するヒックスの規準から始めよう。よく知られているようにそれは $G(K)=G(L)$ である。そこで，$G(J)=G(A)+G(K)$ および $G(N)=G(B)+G(L)$ の関係を銘記しながらこの規準を(3.1)式に適用すると

$$G(\theta)=(1-\theta)\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\{G(A)-G(B)\} \quad (3.4)$$

を得ることができる。これはヒックスの意味での技術進歩のバイアス（偏向）の程度を示す公式であって，$G(\theta)=0$ ならば技術進歩はヒックスの意味で中立的，$G(\theta)>0$ ならば労働節約的，$G(\theta)<0$ ならば資本節約的なのである。$\sigma=1$ ならば技術進歩は常にヒックスの意味で中立的である。しかし σ の大きさの如何にかかわらず $G(A)=G(B)$ であっても同じく技術進歩はヒックスの意味での中立性を保持する。問題なのは $\sigma\neq 1$ で且つ $G(A)\neq G(B)$ のケースである。

さて，$G(A)>G(B)$ としよう。２つの場合を区別しなければならぬ。第１は $\sigma>1$ の場合であって $G(\theta)>0$ となり，利潤分配率は増大する。これに対して $\sigma<1$ ならば $G(\theta)<0$ となって利潤分配率は減少する。すなわち，前者の場合には技術進歩はヒックスの意味で労働節約的であり，後者の場合には資本節約的である。今度は逆に $G(B)>G(A)$ としよう。得らるべき結論は上の場合と正反対である。すなわち，$\sigma>1$ ならば技術進歩はヒックスの意味で資本節約的であり，$\sigma<1$ ならば労働節約的である。かくして，(3.4)式を基礎にしてわれわれは，ヒックスの規準による技術進歩のタイプを次の如くにまとめ得る。

	$G(A)>G(B)$	$G(A)=G(B)$	$G(A)<G(B)$
$\sigma>1$	労働節約的	中立的	資本節約的
$\sigma=1$	中立的	中立的	中立的
$\sigma<1$	資本節約的	中立的	労働節約的

いま，正常な経済成長の過程で，$G(K)>G(L)$ であったとしよう。もし，$G(\theta)=0$ であったとしたならば，$\sigma\neq 1$ なる限り

$$G(B)>G(A)$$

5)　これは，要素代替の弾力性と所得分配率とに関してよく知られた法則である。J. R. Hicks, *The Theory of Wages*. 1932，邦訳（昭和40年版），p. 102.

でなければならない。なぜならば $G(J)=G(N)$ だからである。では，ヒックスの観点からみてこれは如何なるタイプの技術進歩なのであろうか。この問題に関してヒックスは

「もし資本が労働の供給よりも急速に増加しつつあるならば，資本の増加につれて代替の弾力性の低下傾向が始まる」

という仮設を提示し，σ は結局には1よりも小さくなると想定した[6)]。もしこの仮定を承認するならば，$G(K)>G(L)$ なる限り $G(\theta)=0$ と両立し得る技術進歩はヒックスの意味で労働節約的である，ということになる。しかしながら，本来的には要素代替の弾力性は実証研究によってのみその大きさが確定されるのであって，ア・プリオリイに確定的なことを述べることはできない。

次に，技術進歩のタイプに関するハロッドの規準について検討しよう。ハロッドの規準はわれわれの記号では $G(K)=G(Y)$ で示すことができる。そこで，$G(J)=G(A)+G(K)$ を考慮しながらこの規準を(3.2)式に適用すると

$$G(\theta)=\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)G(A) \qquad (3.5)$$

が成立する。これはハロッドの意味での技術進歩のバイアスを示す尺度の公式であり，$G(\theta)=0$ ならば技術進歩はハロッドの意味で中立的，$G(\theta)>0$ ならば労働節約的，$G(\theta)<0$ ならば資本節約的である。明白に，ハロッドの意味で技術進歩が中立的であるのは，$\sigma=1$ かまたは $G(A)=0$ の時である。上述したように $G(A)=0$ は技術進歩が純粋に労働増大的であることを意味する。

いま，$\sigma\neq1$ とし且つ $G(A)>0$ としよう。2つの場合を区別しなければならぬ。第1は $\sigma>1$ の場合であって，当然に $G(\theta)>0$ である。すなわち，技術進歩はハロッドの意味で労働節約的である。これに対して $\sigma<1$ ならば $G(\theta)<0$ であり，技術進歩はハロッドの意味で資本節約的である。次に $G(A)<0$ の場合には上の結論は正反対となる．すなわち，$\sigma>1$ ならば $G(\theta)<0$ となって技術進歩はハロッドの意味で資本節約的であり，$\sigma<1$ ならば $G(\theta)>0$ となって技術進歩はハロッドの意味で労働節約的である。かくして以上の結論をまとめると，ハロッドの規準による技術進歩の分類をわれわれは次表によって示すことができる。

	$G(A)>0$	$G(A)=0$	$G(A)<0$
$\sigma>1$	労働節約的	中立的	資本節約的
$\sigma=1$	中立的	中立的	中立的
$\sigma<1$	資本節約的	中立的	労働節約的

この表について注意すべきことは，これはあくまでも $\left\{\frac{Y}{K}\right\}$ の一定性を基準にしているということである。従って $\left\{\frac{Y}{K}\right\}$ が変化しつつある世界において $G(\theta)=0$ であるためにはハロッドの意味でバイアスをもった技術進歩の存在が必要となるのである(但し $\sigma\neq1$)。その条件は(3.2)式から明白なように

$$G(A)=G\left(\frac{Y}{K}\right) \qquad (3.6)$$

である。すなわち，$\left\{\frac{Y}{K}\right\}$ が増大しつある世界ではそれと同じ率で A は増大し，$\left\{\frac{Y}{K}\right\}$ が減少しつつある世界ではそれと同じ率で A は減少していなければならない。いま，観察される現実の経済において $\sigma<1$ で且つ $G\left(\frac{Y}{K}\right)>0$ であったとしよう。もし $G(\theta)=0$ であったとしたら，$G(J)=G(Y)$ なる故に

$$G(A)=G\left(\frac{Y}{K}\right)>0$$

でなければならない。すなわち，技術進歩はハロッドの意味で資本節約的でなければならない。この場合には資本節約的技術進歩の存在が所得分配率を不変に維持する要因となっているのである。然るに A の増大が $\left\{\frac{Y}{K}\right\}$ の増大を中和する以上の率で行なわれ，従って

$$G(A)>G\left(\frac{Y}{K}\right)>0$$

であったとすれば，利潤分配率は減少することとなる。すなわち，資本増大の程度が過度に進行するとそれは利潤分配率に不利に作用するのである。

最後に技術進歩のタイプに関するソローの規準が残っている。ハロッドの場合と対照的にソローの規準は $G(Y)=G(L)$ である。そこでこの規準

6) J. R. Hicks, *The Theory of Wages*, 邦訳(上掲) p. 117.

を再び (3.3) 式に適用すると，$G(N)=G(B)+G(L)$ を考慮して

$$G(\theta)=\left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)\left(\frac{1-\sigma}{\sigma}\right)G(B) \qquad (3.7)$$

を得ることができる。これはソローの意味での技術進歩のバイアスの程度を示す公式であって，$G(\theta)=0$ ならば技術進歩はソローの意味で中立的，$G(\theta)>0$ ならば労働節約的，そして $G(\theta)<0$ ならば資本節約的である。論ずるまでもなく，$\sigma \fallingdotseq 1$ で且つ $G(B)\fallingdotseq 0$ ならば技術進歩はソローの意味でバイアスをもっている。いずれにしてもわれわれは，(3.7)式を中心に，ソローの規準による技術進歩のタイプを次の如くに分類することができる。

	$G(B)>0$	$G(B)=0$	$G(B)<0$
$\sigma>1$	資本節約的	中　立　的	労働節約的
$\sigma=1$	中　立　的	中　立　的	中　立　的
$\sigma<1$	労働節約的	中　立　的	資本節約的

さて，ここでも，この表は $\left\{\frac{Y}{L}\right\}$ の一定性を基準にしていることに注意すべきである。しかし少くとも先進諸国に関する限り労働生産性は着実に増大しているから，$\sigma \fallingdotseq 1$ とすれば，$G(\theta)=0$ であるためには技術進歩はソローの意味でバイアスをもっていなければならない。容易に知れるように，その条件は

$$G\left(\frac{Y}{L}\right)=G(B)$$

で与えられる。かくして $G\left(\frac{Y}{L}\right)>0$ の世界では $G(B)>0$ である。上の表から明らかなように，$\sigma<1$ ならば $G(B)>0$ なる限り技術進歩はソローの意味で労働節約的である。これは $\left\{\frac{Y}{L}\right\}$ の増大によって生ずべき利潤分配率の減少が労働節約的技術進歩によって中和されるということを意味している。

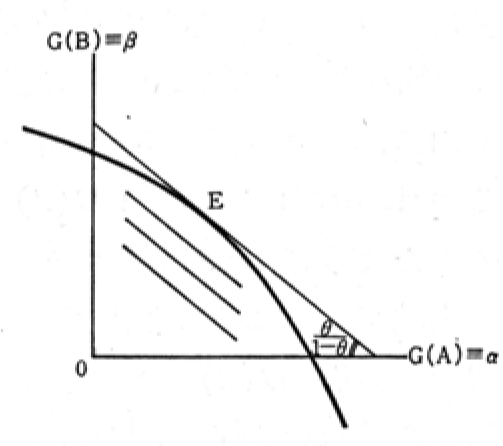
4　誘発的バイアスの理論

さて，以上の分析では，$G(A)$ および $G(B)$ が外生的に一定の大きさで与えられているものと前提して分析を進めてきた。しかし企業者の観点からすれば，問題なのは資本利潤なのであって，それがどのようなタイプの技術進歩であっても資本利潤率を高めるようなものであればかまわない，というべきであろう。このことより次のような主張がうまれる。

「企業者は，労働費用とか資本費用の如き特定の費用ではなく，全体の費用の引下げに興味をもっている。労働費用が騰貴していても全体の費用を引下げるような進歩ならばどのようなものでも歓迎されるのである。そしてそれが労働を節約することによって実現されるか資本を節約することによって実現されるかは問題ではない。なにか技術の内在的特性によって労働節約的知識が資本節約的知識よりも入手しやすいというのなら別だが，そうでなければ労働節約的技術に注意を集中すべき理由は存在しない」[7]。

最近，技術進歩のタイプについてのこのような見解から，$G(A)$ と $G(B)$ を外生的に与えられたパラメターとみるのではなく，$G(A)$ と $G(B)$ との間に代替関係の存在を想定して資本利潤率の観点からその選択の可能性を許すという議論が提出されている。C・ケネディの所謂「革新可能性曲線」Innovation Possibility Curve の理論に依拠した技術進歩における誘発的バイアスの理論がそれである[8]。

第1図



7)　W. E. G. Salter, *Productivity and Technical Change*, 1960, pp. 43—44.

8)　C. Kennedy, "Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution," *Eco. Journal*, Sep. 1964, pp. 541—547; P. A. Samuelson, "A Theory of Induced Innovation along Kennedy-Weisacker Lines," *R. of Eco. and Statistics*, Nov. 1965, pp. 343—356; E. M. Drandakis and E. S. Phelps, "A Model of Induced Invention, Growth and Distribution," *Eco. Journal*, Dec. 1966; A. Amano, "Induced Bias in Technological Progress and Economic Growth," 『季刊理論経済学』March 1967, pp. 1—17.

ケネディの革新可能性曲線は最も簡単には第1図の如き曲線で示すことができる。$G(A)\equiv\alpha$ と $G(B)\equiv\beta$ の間のこの関係を

$$\beta=V(\alpha) \qquad (4.1)$$

で示し，以下この曲線の性質を吟味しよう．

一見して明白なように，この曲線は新古典学派の生産分析における生産可能曲線からの類推によって得られたものである(但し，生産可能性曲線は第1象限に限られるが，ここではその限定は必要でない)。すなわち，技術革新を行なうための或る一定量の生産資源(例えば適当な実験器具で装備された一群の科学者の集団)が存在し，それは A の向上にも B の向上にも投入可能であるとすれば，$G(A)$ および $G(B)$ は2種類の生産物とみなすことができるのである。かくして，α と β とは競合的であり

$$\frac{d\beta}{d\alpha}\equiv V'(\alpha)<0 \qquad (4.2)$$

である。また，周知の限界代替率逓増の法則を仮定すれば

$$\frac{d}{d\alpha}\left\{\frac{dV}{da}\right\}\equiv V''(\alpha)<0 \qquad (4.3)$$

である。なお，第1図では，$\alpha=0$ なる場合の $V'(\alpha)$ はゼロではなく，$\beta=0$ なる場合の $V'(\alpha)$ は有限である，と仮定されている。記号をもってすれば

$$-\infty<V'(\beta=0)<V'(\alpha=0)<0 \qquad (4.4)$$

である。これは，以下で示されるように，ハロッドおよびソローの意味での均衡状態が意味のある経済状態であるために必要な条件である。

さて，資本利潤率を極大にするような α と β の選択という問題を考えてみよう。これは

$$Y=F(A(t)K, B(t)L)\equiv F(J, N)$$

において所与の K および L の下で Y を極大にするように α と β の選択を行なう，という問題と同値である。そこで Y の J および N に関する第1次微分を F_J および F_N で示し，Y を α について微分してゼロとおけば

$$F_J\cdot J+F_N\cdot N\cdot V'(\alpha)=0$$

或いは

$$\frac{F_J\cdot J}{Y}=\theta \qquad \frac{F_N\cdot N}{Y}=1-\theta$$

とおいて

$$V'(\alpha)=-\frac{\theta}{1-\theta} \qquad (4.5)$$

が成立する。θ は利潤分配率であるから1よりも小さい正数である。従って資本利潤率が極大となるように α と β の選択が行なわれているとすれば，たとえ $V'(\alpha)$ がプラスとなるような領域が存在したとしても，そのような領域は利潤率極大化の行動からみて問題にはならず，われわれは $V'(\alpha)$ がマイナスとなるような領域にのみ関心をもてば足りるのである。

第1図に $\left\{\dfrac{\theta}{1-\theta}\right\}$ の角度をもった直線が無数に書入れてある。(4.5)式は，それらの無数の直線の中で革新可能性曲線に接するものを求め，そしてその時の接点における α と β の組合わせこそが資本利潤率を極大にする点であることを示しているのである。図における E 点がそれである。

所で，E 点は資本利潤率の極値を示す点ではあっても，まだそれが極大であることは明らかではない。然るに計算によって容易に知れるように

$$\left\{V'(\alpha)+\frac{\theta}{1-\theta}\right\}$$

を再び α に関して微分したものは(4.3)式の仮定によってマイナスとなるから，E 点は資本利潤率極大の点であることが判明する。

さて，第1図から直ちに明白なように，θ が大となれば α は増大する。すなわち

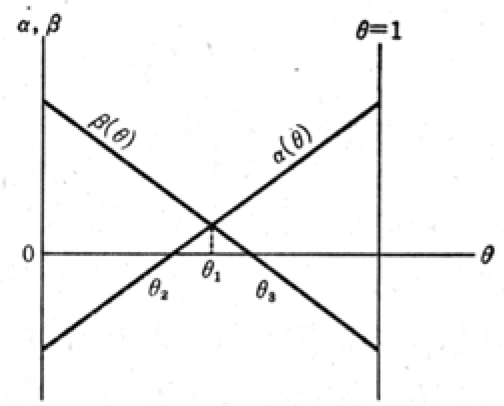
$$\alpha=\alpha(\theta) \qquad \frac{d\alpha}{d\theta}>0 \qquad (4.6)$$

である。同様にして β が θ の減少関数であることも明白であろう。すなわち

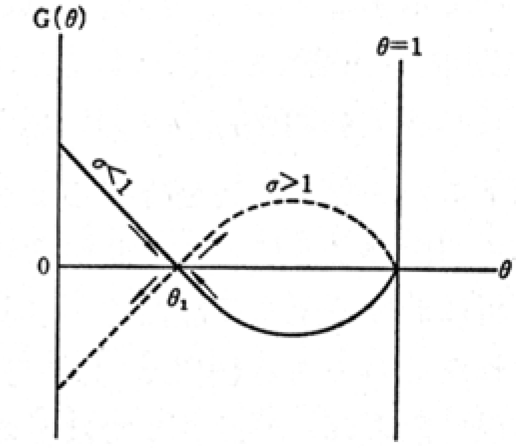
$$\beta=\beta(\theta) \qquad \frac{d\beta}{d\theta}>0 \qquad (4.7)$$

である。ここにおいて，α および β を革新活動における2つの生産物と考えるならば，θ は α の生産物価格，$(1-\theta)$ は β の生産価格と同一の作用をもっていることが明白となるのである。第2図は，α と β の θ に対する上述の関係を図示したものである。この図で，$\theta=\theta_1$ ならば $\alpha(\theta_1)=$

第2図



第3図



$\beta(\theta_1)$ によって技術進歩はヒックスの意味で中立的であり，$\theta=\theta_2$ ならば $\alpha(\theta_2)=0$ なる故に技術進歩はハロッドの意味で中立的であり，$\theta=\theta_3$ ならば $\beta(\theta_3)=0$ であるから技術進歩はソローの意味で中立的となっている。

先ず，労働の資本集約度が一定にとどまっている状態，すなわち

$$G(K)=G(L)$$

の状態を考察しよう。上述したようにこれは技術進歩のタイプを判別する場合のヒックスの規準であった。そこでこの規準を前節の(3.4)式に代入するならば，われわれは

$$G(\theta)=(1-\theta)\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\{\alpha(\theta)-\beta(\theta)\} \quad (4.8)$$

を得ることができる。もし $\sigma=1$ ならば，θ の如何にかかわらず $G(\theta)=0$ となって所得分配率は一定にとどまる。これは，コブ＝ダグラス型生産関数の下では所得分配率は常に一定不変であることを確認するものである[9]。

いま，如何なる場合でも σ が1より小であるとしよう。第2図から明白なように，$\theta=0$ ならば $\beta(0)>\alpha(0)$ であって $G(\theta)>0$，$\theta=1$ ならば $\beta(1)<\alpha(1)$ であって $G(\theta)<0$，そして $\theta=\theta_1$ の時に $\beta(\theta_1)=\alpha(\theta_1)$ となって $G(\theta)=0$ である。しかも $\sigma<1$ なる限り $G(\theta)=0$ なる点は $\theta=\theta_1$ の時にのみ限られるから，われわれはこの関係を第3図の太線の曲線によって示すことができるであろう。この曲線は σ がコンスタントの場合を図示したものだが，これは図解の簡単化のためにそうしただけであって，その必要はない。$\sigma<1$ なる限りそれがどのような大きさのものになろうとも $\theta=\theta_1$ の点を唯だ1回だけ負の傾斜をもって横切ることを注意すれば足りるのである。容易に知れるように，$\theta=1$ の点を除き θ がどのような水準に与えられようとも経済は矢印の示すように必ず $\theta=\theta_1$ の点に収束する。$\theta=\theta_1$ の点で叙述される経済状態をヒックス的均衡状態とよべば，かくして $\sigma<1$ なる限りヒックス的均衡状態は動学的に安定である。これに対して如何なる場合にも $\sigma>1$ とすれば，われわれは点線で示されるような曲線を得ることができる。明白にこの場合には，経済が $\theta=\theta_1$ の状態から逸脱すると必ず $\theta=1$ かまたは $\theta=0$ のいずれかに向って進行する。すなわち，ヒックス的均衡状態は動学的に不安定である。かくしてわれわれは次の命題をもつ。

命題［2］

資本蓄積率＝雇用増加率とせよ。もし要素代替の弾力性が1より小ならば，凸型革新可能性曲線の下で技術進歩は必ずヒックスの意味で中立的となり，要素代替の弾力性が1より大ならばヒックス的均衡状態は動学的に不安定となる[10]。

さて，原理的には $\left\{\frac{K}{L}\right\}$ が一定なる状態をとりあげてならない理由に存在しない。しかし先進諸国における正常な経済成長のプロセスではこれは興味の少ないケースである。むしろ問題にすべきは資本係数が一定なる状態，すなわち

$$G(K)=G(Y)$$

の状態である。上述したようにこれは技術進歩の

9) なぜならば，$\sigma=1$ ならば生産関数は必ずコブ＝ダグラス型となるからである。

10) この命題は，上掲のサムエルソンの論文によって既に確立されている。

タイプを判別する場合のハロッドの規準であった。そこでこれを前節の(3.2)式に適用すると，われわれは

$$G(\theta)=\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\alpha(\theta) \qquad (4.9)$$

を得ることができる。論ずるまでもなく $\sigma=1$ ならば $G(\theta)=0$ である。

先ず，如何なる場合にも $\sigma<1$ なるケースを考えよう。所で第2図から明らかな如く，$\theta_2>\theta$ の範囲の θ では $\alpha(\theta)<0$, $\theta=\theta_2$ の場合には $\alpha(\theta)=0$, $\theta>\theta_2$ の範囲の θ では $\alpha(\theta)>0$ であるから，われわれは第3図の太線で示されたのと同様の曲線をもつことができるのである。この場合には θ_1 を θ_2 におきかえればよい。そこで $\theta=\theta_2$ で示される経済状態をハロッド的均衡状態とよべば，$\theta=1$ を除いて利潤分配率がどのような水準に与えられようとも，経済は必ずハロッド的均衡状態に収束することになる。すなわち，ハロッド的均衡状態は動学的に安定なる均衡状態である。これに対し如何なる場合にも $\sigma>1$ ならば，事態は点線で示されるような状態となり，$\theta=\theta_2$ は動学的に不安定な均衡状態となる。すなわち，一度 $\theta=\theta_2$ の状態から逸脱した経済は $\theta=1$ かまたは $\theta=0$ の状態に向って進行するのである。かくしてわれわれは次の命題を提出することができる。

命題［3］

資本蓄積率＝産出量増加率とせよ。もし要素代替の弾力性が1より小ならば，凸型革新可能性曲線の下において技術進歩は必ずハロッドの意味で中立的となり，要素代替の弾力性が1より大ならばハロッド的均衡点は動学的に不安定となる[11]。

さて，ここで，われわれが先に革新可能性曲線に対して(4.4)式の条件を設定したことの意義が明らかとなる。もし $\alpha(\theta)=0$ の時に $V'(\alpha)=0$ とすれば，当然に $\theta_2=0$ でなければならない。これはハロッド的均衡状態において資本利潤が存在しないことを意味し，実践的に興味の少ないケースである。(4.4)式はハロッド的均衡状態においてプラスの資本利潤の存在を保証する条件である。

最後に $G(Y)=G(L)$ のケースが残っている。これは技術進歩のタイプの分類に関するソローの規準であって，前節の(3.3)式にこの規準を適用すると

$$G(\theta)=\left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)\left(\frac{1-\sigma}{\sigma}\right)\beta(\theta) \qquad (4.10)$$

が成立する。第2図の β と θ との関係から明らかなように，われわれは容易に次の命題を得ることができる。

命題［4］

雇用増加率＝産出量増加率とせよ。もし要素代替の弾力性が1より小ならば，凸型革新可能性曲線の下で技術進歩は必ずソローの意味で中立的となり，要素代替の弾力性が1より大ならばソロー的均衡状態は動学的に不安定となる。

5　要　　約

資本および労働の能率係数の変化率を外生的とみなすべきか，それとも一定のルールに従った誘発的なものとみなすべきかについては，意見の一致がある訳ではない。しかしどちらの立場をとるにせよ，その経済的効果についてみる限り，A の増大は資本量の増大と同一の効果をもち，B の増大は労働力の増大と同一の効果を経済体系に与えるのである。そして，利潤分配率および賃金分配率は恰も A および B のそれぞれの変化率の市場価格的な役割を担っている，とみられるのである。更に，他の機会に展開したように[12]，技術進歩率を λ で示すと，それは

$$\lambda=\theta\,G(A)+(1-\theta)G(B)$$

で示されるから，資本利潤率を極大にするような $G(A)$ と $G(B)$ との選択とは，所与の θ の下で λ を極大にする $G(A)$ と $G(B)$ の選択の条件と同値であり，かくして λ がプラスである限りそれは考慮に値する技術進歩となり得るのである。

では，現実の経済に関して如何なるタイプの技術進歩が期待されるのであろうか。もし $\sigma\fallingdotseq1$ で且つ $G(\theta)=0$ ならば，われわれは確定的に

$$G(J)=G(N)$$

11)　この命題と次の命題［4］については，上掲の論文ではとりあげられていない。

12)　拙稿「技術進歩率測定の経済理論」『一橋論叢』昭和41年11月。

の成立を結論することができる。所で，正常な経済成長の過程で

$$G(K)>G(L)$$

であったとすれば，当然に

$$G(A)<G(B)$$

でなければならない。かくしてわれわれは，$G(K)>G(L)$ で且つ $G(\theta)=0$ であったとすれば，技術進歩のタイプは「純粋に労働増大的」であるかまたは「相対的に労働増大的」であるかのいずれかである，ということができるのである。そしてもし $G\left(\frac{Y}{K}\right)=0$ ならばそれは「純粋に労働増大的」であり，$G\left(\frac{Y}{K}\right)\neq 0$ ならば「相対的に労働増大的」なのである。

〔**数学注**〕

本文中の生産関数

$$Y=F(J,N) \tag{1}$$

を全微分して整理すると

$$G(Y)=\left\{\frac{\partial Y}{\partial J}\Big/\frac{Y}{J}\right\}G(J)+\left\{\frac{\partial Y}{\partial N}\Big/\frac{Y}{N}\right\}G(N) \tag{2}$$

を得る。然るに計算によってわかるように

$$\frac{\partial Y}{\partial J}\Big/\frac{K}{J}=\frac{\partial Y}{\partial K}\Big/\frac{Y}{K}=\theta$$

$$\frac{\partial Y}{\partial N}\Big/\frac{Y}{N}=\frac{\partial Y}{\partial L}\Big/\frac{Y}{L}=1-\theta$$

であるから，これを(2)式に代入すると

$$G(Y)=\theta G(J)+(1-\theta)G(N) \tag{3}$$

となる。他方，利潤分配率を示す方程式

$$\theta=\frac{rK}{Y}$$

の両辺の変化率をとれば(r=資本利潤率)

$$G(\theta)=G(r)+G(K)-G(Y) \tag{4}$$

を得る。先ず $G(r)$ を計算しよう。r は

$$r=\frac{\partial Y}{\partial K}=\frac{\partial Y}{\partial J}A\equiv F_J A$$

であり，$F_J=F_J(J,N)$ であるから

$$G(r)=G(A)+\left\{\frac{F_{JJ}\cdot J}{F_J}\right\}G(J)+\left\{\frac{F_{JN}\cdot N}{F_J}\right\}G(N)$$

を得る。然るに生産関数の1次同次性に注目すれば，$F_{JJ}\cdot J=-F_{JN}\cdot N$ であるから，これを上の方程式に代入すると

$$G(r)=G(A)-\left\{\frac{F_{JN}\cdot N}{F_J}\right\}\{G(J)-G(N)\} \tag{5}$$

となる。所で，計算によって知れるように

$$\frac{F_{JN}\cdot N}{F_J}=\frac{F_{KL}\cdot L}{F_K}$$

であるから，これに生産関数が1次同次なる場合の要素代替の弾力性の公式

$$\sigma=\frac{1}{Y}\frac{F_K F_L\cdot}{F_{KL}}$$

を適用すると

$$\frac{F_{JN}\cdot N}{F_J}=\frac{1-\theta}{\sigma}$$

を得るから，かくして(5)式は

$$G(r)=G(A)-\left(\frac{1-\theta}{\sigma}\right)\{G(J)-G(N)\} \tag{6}$$

に書改められる。或いは $G(J)=G(K)+G(A)$ を考慮してこれを(4)式に代入すると

$$G(\theta)=G(J)-G(Y)-\left(\frac{1-\theta}{\sigma}\right)\{G(J)-G(N)\} \tag{7}$$

である。他方，(3)式から

$$G(J)-G(Y)=(1-\theta)\{G(J)-G(N)\}$$

を得る。これを(7)式に代入すると

$$G(\theta)=(1-\theta)\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\{G(J)-G(N)\}$$

$$G(\theta)=\left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\{G(J)-G(N)\}$$

$$G(\theta)=\left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)\left(\frac{1-\sigma}{\sigma}\right)\{G(Y)-G(N)\}$$

の本文中の3つの公式が成立する。