経済成長、貨幣および技術進歩

関根，順一
九州大学経済学研究科経済学専攻

https://doi.org/10.11501/3098963

出版情報：九州大学，1994，博士（経済学），課程博士
バージョン：
権利関係：

Chapter 6

新古典派内生的技術進歩論の展開

6.1 本章の目的

経済が完全雇用を維持し続ける時、経済成長率は人口成長率と技術進歩率の和に等しい。Harrod[19] が示したこの事実を、Uzawa[79] は、Solow[71] の新古典派成長モデルに Harrod 中立型の技術進歩を導入して確認した。だが、技術進歩がどのような社会的諸要因によって決定されるのかを説明しない限り、我々はある社会の経済成長率が何によって決まるのかを十分明らかにしたとはいえない。なるほど人口成長も生物学的諸要因のみならず、社会的要因—たとえば、一国の経済状態によっても、左右されるだろう。しかし、経済的諸要因と人口成長の関係は、経済的諸要因と技術進歩の関係ほどには強くない[1]。実際、資本制経済では、技術進歩の重要な動機は経済的なものである[2]。

このような問題意識に立った研究は、Kaldor[27] に始まり、1960 年代の展開を経て、近年、内生的成長モデルと総称される新たな発展を遂げた。本稿の第一の目的は、Romer[60], Lucas[39] 等の内生的技術進歩モデルが Uzawa[79] モデルの自然な発展であることを示すことである。そのため、本稿では考察の対象を一定の貯蓄率 s に対応する均斉成長径路に限定する。一般に内生的技術進歩モデルでは、技術進歩率は消費者の通時的効用最大化の枠組みの中で決定されるが、我々は特に技術進歩率の決定メカニズムに焦点をあてるためにあえて貯蓄率を一定にした。また、Uzawa[79] の均斉成長径路は、Kaldor[28] の指摘する Stylised Facts と整合的である。このことも、我々が考察を均斉成長径路に限定した理由の一つである[3]。第二に、内生的技術進歩のそれぞれのモデルで、均斉成長径路の経済成長率、経済諸変数はどのようにして決まるのか、特に、貯蓄率の変化は、それぞれのモデルにおいて、均斉成長率や経済諸変数にどのような影響を及ぼすのかが分析される。こうした分析を通して、内生的技術進歩モデルには、その数学的手法の類似性にもかかわらず、技術進歩率の決定メカニズムに関して大きな相違があることに気づくだろう。最後に、内生的技術進歩モデルの経済学的問題点を資本制経済の基本的特徴[4] との関連で明らかにする。

6.2 外生的技術進歩

Uzawa[79] は、Solow[71] の新古典派成長モデルに Harrod 中立型の技術進歩を導入した。Solow[71] の生産関数 $Y = F(K, L)$ は

$$Y = F(K,\ AL)$$

[1] Kaldor[29]
[2] Kennedy and Thirwall[33]
[3] Rebelo[55]p.519
[4] 置塩他 [50] 第 1 章.

に取り替えられた。ここで Y は国民所得、K は物的資本、L は労働である。A は技術を表す。以下の議論で我々は一貫してこの型の技術を取り扱う。さらに技術 A は時間 t のみの関数であり、技術進歩率 α は一定と仮定される。

$$\frac{\dot{A}}{A} = \alpha$$

それ以外の仮定は Solow[71] とまったく同じである。すなわち、Say's law が成立して、貯蓄 S と投資 I は事前的にも事後的にも等しい。

$$S = I$$

が成立する。投資は物的資本の増分だから、

$$I = \dot{K}$$

である。単純化のために国民所得の一定割合 s が常に投資支出に向けられるとすれば、

$$I = sY.$$

最後に、完全雇用と人口成長率一定を仮定すると、

$$\frac{\dot{L}}{L} = n$$

が成り立つ。

効率単位での資本-労働比率 ℓ を

$$\ell = \frac{K}{AL}$$

で定義すれば、以上の6本の方程式は、新古典派生産関数の一次同次性より、1本の方程式

$$\dot{\ell} = sf(\ell) - n\ell$$

に集約される。ただし $f(\ell) = F(\ell, 1)$ とした。新古典派生産関数の通常の性質に注意すれば、この経済には均斉成長径路が存在し、その径路上で、経済成長率は資本の成長率に等しく、さらにそれは人口成長率と技術進歩率の和に等しい。

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{K}}{K} = n + \alpha$$

均斉成長径路上での経済成長率は人口成長率と技術進歩率によって決定される。一方、この径路上の効率単位での資本-労働比率 ℓ^* は

$$\frac{sf(\ell)}{\ell} = n + \alpha$$

を満たさなければならない。しかも効率単位での資本-労働比率 ℓ^* に対応して利潤率も正の一定値をとるから、この成長径路に沿って資本制経済は成長し続けることが可能である。このモデルの中で貯蓄率 s の上昇は、経済成長率にまったく影響を与えない一方、効率単位での資本-労働比率 ℓ^* を確実に高める[5]。

技術進歩率 α を外生的に一定として、Uzawa[79] は均斉成長径路で経済成長率が人口成長率と技術進歩率の和に等しくなることを示した。しかも、このモデルの均斉成長径路の特徴は Kaldor[28] の Stylised Facts の大部分と整合的である[6]。

しかし、資本制経済での技術進歩は、経済的動機によって促されており、技術進歩率がどのような社会的メカニズムの中で決定されているのかを明らかにしない限り、経済成長率がどのような水準に決まるのかという問題は解決されない。したがって、Uzawa[79] 以降の新古典派成長論の一つの重要な課題は技術進歩率の内生化であった。

[5] Lucas[39] はこの相違に着目して、前者を Growth Effect 、後者を Level Effect と呼んだ。
[6] Burmeister and Dobell[5] p.79

また、資本主義諸国間の成長率が異なり、各政策当局の政策目標の一つがより高い成長率の達成である時、技術進歩率の内生化という課題は、理論的のみならず、政策的にも大きな意味を持った。

次節以降で、Uzawa[79] の均斉成長径路での技術進歩率の決定問題が、最近の内生的技術進歩論の諸モデルによってどのように解決されたのかを示そう。

6.3 内生的技術進歩

6.3.1 Uzawa-Lucas Model

新古典派の内生的技術進歩論の一つの大きな特徴は、技術 A を創造する新たな経済部門を導入したことにある。現在の技術水準の上昇$\dot{A}$は、その技術の創造に関与した労働、資本、あるいは過去の技術の蓄積によって決定されるだろう。Uzawa[80]、Lucas[39] は、現在の技術水準の上昇$\dot{A}$が職業訓練と過去の技術の蓄積に依存するものと考えた。一方、Arrow[2]、Romer[60] らの考え方は、逆に資本投入と過去の技術の蓄積が現在の技術水準の上昇を決定するというものである。本項では、Uzawa[80]、Lucas[39] のモデルを検討する。

Uzawa[80] によれば、各人は現在から将来までの一人あたりの消費の総計を最大にするように現時点で二つの選択を行う。一つは、所得の消費と投資への分割であり、もう一つは、非余暇時間の労働時間と自己教育時間への分割である。前者は、初期時点以降の技術水準を所与とした時の現在の消費と将来の消費の代替に関する問題であり、後者は、初期時点以降の技術水準を変更することによって、間接的に現在の消費と将来の消費の代替に関わる。というのは、将来の技術水準の上昇は、過去の技術の蓄積と人々の現時点での自己教育の成果によって決まるからである。このモデルにおける技術とは人々の知的、技術的能力である。過去の技術水準が与えられれば、人々がより多くの時間を技能の習得に費やせば費やすほど、その分将来の技術水準は上昇するだろう。他の条件が不変ならば、将来の技術進歩は将来の消費増に結びつく。しかしながら、人々の非余暇時間が一定ならば、自己教育時間の上昇は労働時間の減少を意味し、そのことは、現在の所得の減少、さらには投資の減少を通じて、将来の消費水準を低下させてしまう。したがって、現在から将来までの一人あたりの消費の総計を最大にするためには、各時点での貯蓄率だけでなく、非余暇時間の分割も最適な水準を選択しなければならない。

我々は上述の Uzawa[80] のモデルに二つの点で修正を加える。我々の分析対象は資本制経済の成長過程であるから、資本制経済の基本的特徴を考慮したモデルを作らなければならない。資本制経済は階級社会であり、労働を主として提供しているのは労働者である。労働者は将来にわたる実質賃金率の総計を最大にするように非余暇時間を労働時間と自己教育時間に分割する。自己教育の成果は、労働者の技能の向上として結実し、それは将来のより高い実質賃金率を保証するだろう。しかしながら、自己教育期間中は賃金を受け取ることはできないから、労働者は将来の期待実質賃金率上昇と現在の実質賃金の減少を勘案して、非余暇時間の分割を決定するだろう。これが、修正の第一点である。

第二点は本稿の目的と直接関わっている。資本制経済における技術進歩率がどのようにして決定されているのかを明らかにすることが本稿の目的であるから、Uzawa[80] が行ったように技術進歩率の決定問題と同時に貯蓄率の決定問題を考えれば、問題は必要以上に複雑になる。したがって、以降、我々は貯蓄率の決定問題を回避し、貯蓄率を一定と仮定する。すなわち、

$$S = sY \qquad s\text{ は一定}$$

とする。一人あたりの消費の総計を最大にするような貯蓄率の決定に関する問題は、すでに最適成長理論の分野で十分な研究がなされている。さらに、貯蓄率を一定としたもとで、前節で示した Uzawa[79] の均斉成長径路への移行過程に関する問題も分析の単純化のために捨象する。貯蓄率一定の仮定に加えて、我々

は経済が Uzawa[79] の均斉成長径路上にあることを仮定する。言い換えれば、効率単位での資本–労働比率は常に一定である。

以上の二点を考慮すれば、Uzawa[80] の提示したモデルの要諦は、実は労働者の非余暇時間の分割問題にあることがはっきりするだろう。修正の第二点から非余暇時間の分割に関する選択の主体である労働者は、社会全体の貯蓄率の決定にまったく関与していないことになるが、このことは、資本制経済の基本的特徴と整合的である。資本制経済では、社会の投資決定は生産手段の所有者である資本家の手に握られており、労働者はこの決定に基本的に関与していない。

以下、上述の二つの修正を考慮して、Uzawa[80] のモデルを再構成しよう。毎期、労働者は与えられた非余暇時間 L を労働時間 L_Y と自己教育時間 L_A に分割する。前節と同様、Harrod 中立型の技術進歩を仮定すれば、国民所得 Y は

$$Y = F(K,\ AL_Y) \tag{6.1}$$

で与えられる。なお、F は通常の新古典派生産関数の諸性質を満足する。労働者の技能の向上 $\dot{A}$ は、それまでの技術の蓄積 A と非余暇時間 L に占める自己教育時間 L_A の割合に依存する。すなわち、

$$\dot{A} = \delta \frac{L_A}{L} A \qquad \delta > 0 \tag{6.2}$$

前節と同様、Say's law の成立および貯蓄性向 s 一定を仮定しているので、

$$\dot{K} = sY \tag{6.3}$$

が成立する。非余暇時間と余暇時間の比率が一定であるとすれば、

$$\frac{\dot{L}}{L} = n \tag{6.4}$$

であることがわかる。ただし、人口成長率 n は一定である。さらに、資本–非余暇時間比率、非余暇時間中の労働時間の割合をそれぞれ $k,\ u$ としよう。すなわち、

$$k = \frac{K}{L}, \qquad u = \frac{L_Y}{L}$$

である。$L = L_Y + L_A$ であることに注意すれば、自己教育関数 (6.2) はただちに

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta(1 - u)$$

に書き換えられる。さらに、他の 3 つの式から k に関する動学方程式が得られる。

$$\dot{k} = sAuf\left(\frac{k}{Au}\right) - nk$$

限界生産力説の成立を仮定すれば、実質賃金率 ω は

$$\omega = A\left[f\left(\frac{k}{Au}\right) - \frac{k}{Au}f'\left(\frac{k}{Au}\right)\right]$$

で与えられる。非余暇時間 1 時間あたりの実質賃金

$$\frac{\omega L_Y}{L}$$

から得られる通時的効用

$$\int_0^\infty U(\omega u)\exp(-\rho t)dt$$

の最大化を考えよう[7]。ただし、時間選好率ρは$\rho > 0$を満たす。労働者の目的関数を定式化するにあたって時間選好率を導入したのは、純粋に技術的理由による。実際、仮定$\rho > 0$は最適化問題の実行可能性集合の上で、上の広義積分が有限確定値をとることを保証している。

結局、労働者の最適化問題は以下のように整理される。

$$\max_{0 \le u \le 1} \int_0^{\infty} U(\omega u) \exp(-\rho t) dt$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad \dot{k} &= sAuf\left(\frac{k}{Au}\right) - nk \\ \dot{A} &= \delta(1-u)A \qquad 0 < \delta < \rho \\ \omega &= A\left[f\left(\frac{k}{Au}\right) - \frac{k}{Au} f'\left(\frac{k}{Au}\right)\right] \end{aligned}$$

言い換えれば、与えられた生産関数と自己教育関数のもとで、労働者は実質賃金率から得られる通時的効用の最大化を達成すべく、非余暇時間の配分を決定する。Uzawa[80] は $U(c) = c$ と特定化したのに対し、Lucas[39] は効用関数 Uを

$$U(c) = \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \qquad 0 < \sigma < 1$$

とし、生産関数を Cobb-Douglas 型にした。

$$Y = F(K,\ AL_Y) = K^{\beta}(AL_Y)^{1-\beta} \qquad 0 < \beta < 1$$

本章でも最適解を明示的に求めるために、Lucas の特定化を踏襲する。この特定化、特に効用関数の特定化はやや奇異に見えるかもしれないが、資本制経済の基本的特徴と矛盾することはないと思われる。効用関数および生産関数を特定化した結果、労働者の最適化問題は

$$\max_{0 \le u \le 1} \int_0^{\infty} \frac{(\omega u)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \exp(-\rho t) dt$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad \dot{k} &= sAu\left(\frac{k}{Au}\right)^{\beta} - nk \qquad 0 \le u \le 1 \\ \dot{A} &= \delta(1-u)A \qquad 0 < \delta < \rho \\ \omega &= A(1-\beta)\left(\frac{k}{Au}\right)^{\beta} \qquad 0 < \beta < 1 \end{aligned}$$

と書き換えられる。以下の計算の簡略化のために新しい記号

$$x = \omega u$$

を導入しよう。

実際、我々は以下の分析を効率単位で計った資本–非余暇時間比率が一定である均斉成長径路上に限定するから、

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{A}}{A} \tag{6.5}$$

[7] 初期時点から無限時点までの効用の総和を労働者の目的関数にすることは、労働者が無限期間生存することを仮定しており、現実的ではない。この点は各世代の労働者が有限期間生存する世代重複モデル (Overlapping Generations Model) を作れば解決できる。しかし、そうなれば、動学モデルは連続型から離散型になり、Uzawa-Lucas モデルを第 6.2 節の連続型の Uzawa[79] モデルの発展として捉えたいとする本章の目的は十分果たされない。Uzawa-Lucas モデルを世代重複を考慮して再定式化することは興味深い課題であり、次章で検討したい。

が成り立たなければならない。結局、最適化問題は、

$$\max_{0\leq u\leq 1}\int_0^\infty \frac{x^{1-\sigma}-1}{1-\sigma}\exp(-\rho t)dt$$

$$\begin{aligned} s.t. \qquad \frac{\dot{k}}{k} &= \delta(1-u) \qquad 0<\delta<\rho \qquad k_0\text{は}\ given && (6.6)\\ \frac{\dot{A}}{A} &= \delta(1-u) \qquad A_0\text{は}\ given && (6.7)\\ x &= (1-\beta)k^\beta(Au)^\beta \qquad 0<\beta<1 && (6.8) \end{aligned}$$

という比較的簡単な形に落ち着く。

この最適制御問題の現在価値 Hamiltonian は

$$\begin{aligned} &H(k,\ A,\ \theta_1,\ \theta_2,\ u,\ t)\\ &= \frac{x^{1-\sigma}-1}{1-\sigma}+\theta_1(\delta(1-u)k)+\theta_2(\delta(1-u)A) \end{aligned}$$

で与えられる。ここで、補助変数θ_1, θ_2は以下の微分方程式を満たす。

$$\begin{aligned} \dot{\theta}_1 &= \rho\theta_1-\frac{\partial H}{\partial k}=\rho\theta_1-\left\{x^{1-\sigma}\cdot\frac{\beta}{k}+\theta_1\delta(1-u)\right\}\\ \dot{\theta}_2 &= \rho\theta_2-\frac{\partial H}{\partial A}=\rho\theta_2-\left\{x^{1-\sigma}\cdot\frac{1-\beta}{A}+\theta_2\delta(1-u)\right\} \end{aligned}$$

最大値原理より、最適制御 u^* は各時点での Hamiltonian を最大にするから、内点解を仮定すれば、

$$\frac{\partial H}{\partial u}=x^{1-\sigma}\cdot\frac{1-\beta}{u}-\theta_1\delta k-\theta_2\delta A=0$$

を満たさなければならない。すなわち、

$$x^{1-\sigma}=\frac{u^*}{1-\beta}(\theta_1 k+\theta_2 A)\delta \tag{6.9}$$

が成り立つ。この時、$0<\beta<1$, $0<\sigma<1$ であることに注意すれば、二階条件も満たされることがわかる。実際、

$$\frac{\partial^2 H}{\partial u^2}=\frac{(1-\beta)x^{1-\sigma}}{u^2}[(1-\beta)(1-\sigma)-1]<0$$

である。(6.9) をθ_1とθ_2の微分方程式に代入すれば、

$$\begin{aligned} \dot{\theta}_1 &= \left[\rho-\delta\left(\frac{\beta}{1-\beta}u^*+1-u^*\right)\right]\theta_1-\frac{u^*\delta\beta A}{(1-\beta)k}\theta_2 && (6.10)\\ \dot{\theta}_2 &= (\rho-\delta)\theta_2-\frac{u^*\delta k}{A}\theta_1 && (6.11) \end{aligned}$$

以上の分析から、最適制御問題の解は、横断性条件

$$\lim_{t\to\infty}k\theta_1\exp(-\rho t)=0, \qquad \lim_{t\to\infty}A\theta_2\exp(-\rho t)=0$$

とともに (6.6)、(6.7)、(6.10)、(6.11) の4本の微分方程式を満足しなければならない。これらの最適解のうち、技術進歩率αが一定であるような径路を考えよう。これは Lucas[39] が最終的に分析している定常成長径路である。

技術進歩率αを一定とすれば、

$$\alpha = \frac{\dot{A}}{A} = \delta(1-u^*) \tag{6.12}$$

より、u^*は一定となる。したがって、経済が常に均斉成長径路上にあることに注意すれば、

$$\frac{x}{Au^*} = (1-\beta)\left(\frac{k}{Au^*}\right)^\beta$$

の左辺は常に一定であり、x, A, kは同一の率で成長する。

$$\frac{\dot{x}}{x} = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{k}}{k} = \alpha$$

(6.9) の対数微分をとり、動学方程式を考慮すれば、

$$\begin{aligned}(1-\sigma)\alpha &= \left(\frac{\dot{\theta}_1}{\theta_1} + \frac{\dot{k}}{k}\right)\frac{\theta_1 k}{\theta_1 k + \theta_2 A} + \left(\frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2} + \frac{\dot{A}}{A}\right)\frac{\theta_2 A}{\theta_1 k + \theta_2 A}\\ &= \frac{\dot{\theta}_1}{\theta_1}\cdot\frac{\theta_1 k}{\theta_1 k + \theta_2 A} + \frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2}\cdot\frac{\theta_2 A}{\theta_1 k + \theta_2 A} + \alpha\\ &= \rho - \delta - \frac{\delta\beta}{1-\beta}u^* + \alpha\end{aligned}$$

が得られる。これと自己教育関数 (6.2) より、技術進歩率αと非余暇時間の分割u^*が求まる。特に技術進歩率は、

$$\alpha = \frac{\delta - \rho(1-\beta)}{\sigma + \beta(1-\sigma)} \tag{6.13}$$

となる。

この時、さらに$\delta(1-\sigma) < \rho < \frac{\sigma}{1-\beta}$が満たされれば、確かに、労働者の非余暇時間の分割$u^*$は$0 < u^* < 1$を満たす。(数学注A 1 参照) ところで、我々は、効率単位の資本-労働比率が一定である均斉成長径路の分析を行ってきた。生産関数の一次同次性より、この径路上では国民所得の成長率は、

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{L}}{L} = \alpha + n$$

によって定まる。最後に補助変数θ_1, θ_2の初期値を正とすれば、u^*を一定に保つような制御は横断性条件を満たしていることも確認できる。(数学注A 2 参照)

均斉成長径路上での効率単位で計った資本-労働比率$\frac{k}{Au}$は (6.5) より、

$$\delta(1-u^*) = s\frac{Au^*}{k}f\left(\frac{k}{Au^*}\right) - n \tag{6.14}$$

を満たす。新古典派生産関数の性質に注意すれば、均斉成長径路上の物的資本 Kと技能を考慮した労働AL_Yの比は貯蓄率 s の増加関数であることがわかる。(数学注A 3 参照) 効率単位の資本-労働比率が定まれば、利潤率 r も一定になり、資本制経済はこの径路に沿って成長を続けていくことができる。

数学的な展開の結果に経済学的意味づけを与えよう。前節の Uzawa[79] では、均斉成長径路上の技術進歩率は外生的に一定とされた。しかし、Uzawa-Lucas モデルでは (6.13) を見ればわかるように、技術進歩率は労働者の選好と生産の技術的条件によって内生的に決定される。(6.13) の右辺は s を含んでいないので、このモデルでは、貯蓄率の変化は技術進歩率にまったく影響を及ぼさない。貯蓄率の変化は (6.14) で示されるように、もっぱら均斉成長径路上での物的資本と効率単位で計った労働の比率を変化させるだけである。

我々は、Uzawa-Lucas モデルの提示にあたって、モデルの基本的構造が失われない範囲で、資本制経済の基本的特徴に照らして、モデルを若干修正した。モデルの含意が明らかになったので、モデルから得られる諸結果が資本制経済の基本的特徴と整合的かどうか検討しよう。

第一に、このモデルでは、技術進歩率は、所与の生産の技術的条件のもとで、労働者の選好に依存する。それは労働者の供給する労働量が必ず需要されると仮定されているからである[8]。しかし、資本制経済では労働者の希望通りの雇用が常に実現されるとは限らない。別の言い方をすれば、資本制経済では非自発的失業が存在しうる。もし、Ricardo[56] の主張するように資本制経済には利潤率の最低限が存在し[9]、しかも、労働者が最も望ましいと考える非余暇時間の分割に対応する均斉成長径路上の利潤率が、資本家の許容できる利潤率の最低限を下回っていたとすれば、資本家は労働者が期待するような雇用を提供することはないだろう。資本制経済では生産の基本的決定を資本家階級が握っているので、この点を無視して、非自発的失業をはじめから排除することはできない。

第二に、資本制経済の技術の特徴は、技術が機械等の物的資本に体化されている点にある。技術が労働者の個人的能力として人間の身体と不可分に結びついているのではなく、機械に体化していたからこそ、機械の所有者である資本家は労働過程において労働の指揮権を確立できたのである[10]。いわゆる「人的資本」理論に基づく技術論は、資本制経済の存続のためには、技術の一般的性格が問題なのではなく特定の性格を持つ技術が問題であることを見逃している。

最後に、Uzawa-Lucas モデルによれば、貯蓄率の変化は経済成長率に何の影響も与えることもできない。したがって、政府の財政・金融手段による政策介入が結局、貯蓄率の操作に帰着するとすれば、この結論は、経済成長率を高めようとする政策介入は無意味であることを示唆している。もし、経済学が経済成長率を高めるような政策の理論的正当性を求められているとすれば、そのような意図に対して、Uzawa-Lucas モデルはまったく応えていない。

6.3.2 Learning by Doing Model の展開

技術水準の上昇を労働者の技能の向上と過去の技術の蓄積に結びつけた Uzawa[80], Lucas[39] に対して、Arrow[2] は、現在の技術水準の上昇を現在までに蓄積された粗投資の総量に結びつけた。Arrow[2] によれば、現在の技術水準の上昇は、経験を通じた学習によって獲得される。経験の指標として、粗投資の累積がとられた。Arrow[2] はこの着想を資本と労働の間の代替を含まない Vintage Model で展開した。Arrow[2] の着想を資本と労働の間の代替を考慮した新古典派成長モデルに組み入れたのは Sheshinski[67] である。

Sheshinski[67] は、Arrow[2] を少し修正して、経験に基づく労働者の熟練 A を純投資の累積、すなわち、資本 K の関数とした。

$$A = K^{\gamma} \qquad 0 < \gamma < 1 \tag{6.15}$$

この時、生産関数が、Harrod 中立型の新古典派生産関数、

$$Y = F(K,\ AL)$$

であれば、この生産関数は K と L に関して収穫逓増となる。そこで、所得分配に関する限界生産力説を保持するために、Arrow[2], Sheshinski[67] では、資本蓄積が技術の向上に与える影響は生産者にとって外部的であると想定した。 第 6.2節と同様、Say's law を仮定すれば、

$$I = \dot{K} = sY \tag{6.16}$$

[8] 実は、このモデルは、各労働者が資本家の労働需要関数を知っていることを想定しており、その意味で、労働供給独占が成立しているモデルである。それゆえ、技術進歩率の決定に生産の技術的条件が関与している。注 7で触れたような世代重複モデルを作れば、一般的とはいえない労働供給独占を排除することができる。

[9] Ricardo[56]p.122, Kaldor[27] p.14.

[10] Marx[41] 第二分冊、p.263, p.326, p.332.

が成り立つ。人口成長率も一定である

$$\frac{\dot{L}}{L} = n$$

(6.15) から、効率単位で計った一人あたり資本 ℓ の変化は、

$$\frac{\dot{\ell}}{\ell} = (1-\gamma)\frac{\dot{K}}{K} - n \tag{6.17}$$

で表される。したがって、効率単位での資本–労働比率を一定に保つ Uzawa[79] の均斉成長径路上では、生産関数の一次同次性により、国民所得の成長率は

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{K}}{K} = \frac{n}{1-\gamma}$$

となり、さらに、技術進歩率は、

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} = \frac{n\gamma}{1-\gamma}$$

となる。一方、この均斉成長径路上での効率単位での資本–労働比率 ℓ^* は、(6.16), (6.17) より、

$$sf(\ell) = \frac{n\ell}{1-\gamma}$$

を満たさなければならない。貯蓄率 s の増加は、均斉成長径路上での効率単位での資本-労働比率を押し上げるが、経済成長率に対してはまったく変化を及ぼさない。(数学注A 4 参照) この結果は第 6.2節の Uzawa モデル、第 6.3.2項の Uzawa-Lucas モデルとまったく同様である。

それに対して、Romer[60] は、Sheshinski[67] の技術と資本ストックの関係式 (6.15) を以下のように書き換えた。

$$\dot{A} = G(A,\ I)$$

ただし、G は現行の技術水準 A と投資 I に関して収穫一定である。以後、これを Romer の学習関数と呼ぶ[11]。Romer[60] の学習関数と Sheshinski[67] の学習関数とはどのような関係にあるのだろうか。Romer[60] の学習関数を特定化して

$$\dot{A} = I^{\mu}A^{1-\mu} \qquad 0 < \mu < 1 \tag{6.15$'$}$$

としよう。学習関数の一次同次性は保持されている。一方、Sheshinski[67] モデルの (6.15) 式を微分すれば、Sheshinski[67] の学習関数

$$\begin{aligned} \dot{A} &= \gamma K^{\gamma-1}\dot{K} \\ &= \gamma A^{1-\frac{1}{\gamma}} \cdot I \qquad 0 < \gamma < 1 \end{aligned}$$

が得られる。容易にわかるように、この学習関数は規模に関して収穫逓減である。実際、技術水準 A と投資 I が c 倍 ($c > 0$) になる時、技術水準の増加は、$c^{2-\frac{1}{\gamma}}$ 倍になり、$0 < \gamma < 1$ であるから、

$$2 - \frac{1}{\gamma} < 1$$

が成り立つ。

結局、Romer[60] が行ったことは、Sheshinski[67] モデルの収穫逓減の学習関数を収穫一定の学習関数に取り替えたことである。

[11] Romer[60] は学習関数について本稿より強い仮定をおいているが、それは、Romer[60] が技術進歩率の決定の問題を最適成長論の枠組みの中で分析しているからである。実際、Romer[60] の学習関数に関するその他の仮定は最適成長径路の存在を保証する条件になっている。しかし、資本制経済において人々は、社会全体の生産活動を念頭において通時的消費の最大化を行っているわけではない。第 6.3.1項で述べたように現実の技術進歩率の決定問題は、通時的消費最大化問題とはまったく独立である。

では、Romer[60] が行った変更は、Sheshinski[67] モデルの結論をどのように変えるのだろうか。Sheshinski[67] モデルとの違いを明白にするために、学習効果を社会の総投資量ではなく、一人あたりの投資量の関数と考えよう。

$$\dot{A} = A^{1-\mu}\left(\frac{I}{L}\right)^{\mu} \qquad 0 < \mu < 1 \tag{6.18}$$

Romer[60] では人口は一定とされているから、このような解釈は、決して Romer[60] の主張と矛盾しない。

効率単位での一人あたり資本 ℓ の変化率は、

$$\frac{\dot{\ell}}{\ell} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} - \ell^{\mu}\left(\frac{\dot{K}}{K}\right)^{\mu} \tag{6.19}$$

と表せる。均斉成長径路上では、効率単位での資本-労働比率は一定値 ℓ^* をとり、

$$g - n - \ell^{*\mu} g^{\mu} = 0 \tag{6.20}$$

を満足する。ただし、物的資本ストックの成長率を g とおいた。一方、(6.16) より、

$$g = \frac{\dot{K}}{K} = \frac{sf(\ell^*)}{\ell^*} \tag{6.21}$$

が導ける。(6.20) と (6.21) を解けば、均斉成長径路上での効率で計った資本-労働比率 ℓ^* と物的資本の成長率 g が求まる。(6.16) を (6.19) に代入すれば、ℓ に関する微分方程式が得られる。ℓ^* は、この微分方程式の定常解であり、一意に存在し、しかも大域的に安定である。(数学注A 5 参照)

(6.20) からわかるように、資本の成長率 g は人口成長率と生産の技術的条件だけからは決まらず、貯蓄率 s が与えられないと決まらない。今、貯蓄率 s が上昇すると効率単位の資本-労働比率だけでなく、物的資本の成長率 g も高まる。(数学注A 6 参照) 生産関数の一次同次性より、資本の成長率は国民所得の成長率に等しいので、貯蓄率の上昇は結局、経済成長率を高めることがわかる。この点が Sheshinski[67] モデルとの最も大きな相違である。均斉成長径路上では、

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{L}}{L}$$

が成り立つことに注意すれば、技術進歩率 α は、

$$\alpha = \frac{\dot{A}}{A} = g - n$$

と表すことができる。このモデルで貯蓄率の上昇が経済成長率を押し上げた理由は、貯蓄率の上昇が技術進歩率を高めたからである。

Romer[60] は、Sheshinski[67] の規模に関して収穫逓減の学習関数を収穫一定に変えることで、貯蓄率の上昇が均斉成長径路上で経済成長率を高めるようなモデルを作った。Sheshinski[67] モデルだけでなく前項の Uzawa-Lucas モデルにおいても、貯蓄率の上昇は経済成長率に影響を及ぼさないから、このような結論は、Romer[60] 独自のものである。Romer によれば、政府は、貯蓄率を高めるような経済政策をとれば、自国の経済成長率を高めることができる。したがって、Romer[60] の結論は、政府の政策介入に理論的正当性を与えるものである。

我々は、Romer[60] の積極的な側面を最大限に評価するために、彼のモデルから、自給自足的な生産家計 (household producer) の消費最大化問題に関する部分を意図的に取り除いた。資本制経済では、一般に生産と消費は別個の主体によって営まれており、消費者は生産に関してわずかな情報しか持っていない。それゆえ、資本制経済の技術進歩を、生産を掌握する消費者家計の通時的な資源配分の結果として説明しようとする方法は、資本制経済を研究の対象とする限り、受け入れることはできない。

もっとも、Romer[60] による最適化問題の利用は主観的には、技術進歩率の変化を、製造業部門と研究開発部門の間の資源配分、特に物的資本の両部門への配分の問題として説明しようと意図したものと推測される。しかし、資本制経済で産業部門間の資源配分を決めるのは、全社会的な計画当局でもなく、また同質的で自給自足的な生産家計 (household producer) でもない。資本家と労働者からなる質的に異なった経済主体の諸行動の合成結果が、社会の資源配分を決めるのである。

6.3.3 Design の生産

製造業部門と研究開発部門の間の資源配分は、自給自足的な生産家計 (Household Producer) の通時的消費最大化の結果としてではなく、異なる経済主体の諸行動の相互作用の結果として導かれなければならない。社会的な技術進歩率はその資源配分によって内生的に決定されるだろう。Romer[61] が提出したモデルはこのようなモデルである。Romer[61] のモデルは、以前、彼が不完全にしか定式化できなかった問題意識にはっきりと形を与えた。

経済は二つの部門、製造業部門と研究開発部門からなる。製造業部門は財の生産に携わる。一方、研究開発部門は、物的財にも人体にも体化されない技術、Romer[61] の言葉でいえば、Design の生産に携わっている。

製造業部門から見ていこう。製造業部門の生産関数を特定化して、Cobb-Douglas 型としよう。

$$Y = AK_Y^{\beta}L^{1-\beta} \qquad 0 < \beta < 1 \tag{6.22}$$

K_Y は、この部門に投入された物的資本を表す。ただし、物的資本は産出と同質である。K_Y は製造業部門の資本家が所有している。A は、物的財にも労働者にも体化されない技術、Design を示している。技術 A は、物的財にも人体にも体化されないので、物理的な破損や磨滅を受けることはない。製造業部門の企業は生産技術そのものを買い入れ、購入した生産技術にしたがって労働と物的資本を組合せ、物的財を生産する。生産関数 (6.22) を見ればわかるように、より多くの生産技術 (Design) を企業が取得すれば、その分だけ財の生産量は増大する。

技術は、一度買い入れるや決して破損することはないので、製造業部門の企業は、1 単位の技術の購入にかかる費用が、その技術 1 単位の増加がもたらす現在だけでなく未来永却にわたる総収入の割引現在価値に等しくなる点まで、新技術を購入するだろう。今、技術 1 単位の価格を p_A としよう。物的資本 K_Y と労働投入 L 一定のもとで、ある代表的企業が A 単位の技術を購入した時、この企業が得る期待収益の割引現在価値は

$$\int_0^{\infty} \exp(-rt)pY\,dt - p_A A \tag{6.23}$$

で与えられる。ただし、r は期待利子率、p は物的財の期待価格を表す。簡単化のために期待利子率 r および物的財の期待価格 p は将来にわたって不変と仮定する。第一項は、代表的企業の期待収入の割引現在価値、第二項は、A 単位の技術の購入費用を表している。企業は期待収益の割引現在価値の最大化を計るから、(6.23) を微分して 0 とおくと、

$$p_A = \int_0^{\infty} \exp(-rt)p\frac{\partial Y}{\partial A}dt$$

を得る。技術そのものはけっして老朽化しないと仮定しているので、技術の限界生産性も時間の経過によって低下することはありえない。したがって、上の式の右辺はさらに簡単にすることができる。

$$p_A = \frac{p}{r}\cdot\frac{Y}{A} \tag{6.24}$$

技術一単位の価格 p_A が与えられた時、各企業は (6.24) が成立するところまで、新技術を購入する。各企業の雇用量は通常の静学的最適化問題を解いて求められる[12]。

$$\frac{w}{p} = (1-\beta)\frac{Y}{L} \tag{6.25}$$

実質賃金率 w/p と物的財で計った技術一単位の価格 p_A/p が与えられれば、製造業部門の物的財で計った今期の実質利潤 π_Y が決まる。

$$\pi_Y = Y - \frac{p_A}{p}\dot{A} - \frac{w}{p}L \tag{6.26}$$

次に研究開発部門を考えよう。研究開発部門では、この部門に投入される物的資本 K_A とそれまでの技術の蓄積 A を使って、新しい技術を創造する。物的資本はどちらの部門でも使用可能であると想定される。この部門の生産関数を以下のように特定化しよう。

$$\dot{A} = m\left(\frac{K_A}{K}\right)^{\eta} A \qquad 0 < \eta \leq 1,\ m \text{ は一定} \tag{6.27}$$

この定式化によれば、新技術の開発量は、既存の技術水準一定のもとでは、全社会の資本ストック賦存量のうち研究開発に向けられる割合によって左右される。研究開発に際しては既存の全技術を対価なしに利用できるので、研究開発部門の資本家の物的財で計った実質利潤 π_A は

$$\pi_A = \frac{p_A}{p}\dot{A} \tag{6.28}$$

である。資本制経済では、特許制度が機能している限り、特定の技術を使って財を生産すれば、その技術の使用に対して特許料を支払わなければならない。しかし、同一の技術を、類似しているが明らかに異なった新技術の開発に使う場合には、特許料を支払う必要はない[13]。その意味で、特許制度のある資本制経済では、Romer が正しく指摘するように、技術は部分的に排除可能な (Partially excludable) 財である。

資本家は、製造業部門と研究開発部門の両部門に投資機会を持っており、両部門間の競争の結果、両部門の利潤率は等しくなる。

$$\frac{\pi_Y}{K_Y} = \frac{\pi_A}{K_A} \tag{6.29}$$

さらに、資本家は保有資本を他企業に貸し付けることもできるので、両部門の均等利潤率は利子率と一致する[14]。

$$r = \frac{\pi_Y}{K_Y} \tag{6.30}$$

最後に、資本ストックの完全利用を仮定すれば、

$$K = K_Y + K_A \tag{6.31}$$

が成り立つ。

前節までと同様、国民所得、正確には物的財の一定割合が、社会全体の投資に向けられる。

$$\dot{K} = sY \tag{6.32}$$

労働も完全雇用され、人口成長率も一定である。

$$\frac{\dot{L}}{L} = n = \text{一定} \tag{6.33}$$

[12] 今期の雇用量の決定は、来期以降の雇用量にまったく影響を及ぼさないと想定する。
[13] Kennedy and Thirlwall[33] p.55.
[14] Romer[61] p.74~p.76

物的資本ストック K、労働 L、現在までの技術の水準 A が与えられた時、(6.22),(6.24),(6.25),(6.26),(6.28),(6.29),(6.30),(6.31) の 8 本の方程式が 8 個の変数

$$(K_Y,\ K_A,\ Y,\ \pi_Y,\ \pi_A,\ \frac{p_A}{p},\ \frac{w}{p},\ r)$$

を決定し、短期均衡が達成される。両部門間に物的資本が配分されれば、(6.27)、(6.32)、(6.33) より次期の資本ストック、人口と技術水準が決まり、前期の過程が繰り返される。

短期均衡における製造業の利潤は、(6.26)、(6.30) より、

$$rK_Y = Y - \frac{p_A}{p}\dot{A} - \frac{w}{p}L$$

と書き直される。同様にして研究開発部門の利潤は、

$$rK_A = \frac{p_A}{p}\dot{A}$$

辺々加えれば、

$$r(K_Y + K_A) = Y - \frac{w}{p}L = \pi$$

が得られる。社会全体の総利潤 π は、均等利潤率が成立するように、製造業部門と研究開発部門に分配される。さらに、(6.25) を考慮すれば、この式は、

$$\frac{K}{Y} = \frac{\beta}{r} \tag{6.34}$$

と変形できる。技術の価格 (6.24) に注意すれば、(6.28) から (6.30) の式は、

$$r^2\frac{K}{Y} = m\left(\frac{K_A}{K}\right)^{\eta-1} \tag{6.35}$$

に集約される。製造業部門の生産関数 (6.22) の両辺を資本ストック K で割れば、

$$\frac{Y}{K} = A\left(\frac{K_Y}{K}\right)^{\beta}\left(\frac{L}{K}\right)^{1-\beta} \tag{6.22$'$}$$

が得られる。同様にして、(6.31) は

$$1 = \frac{K_Y}{K} + \frac{K_A}{K}$$

と書ける。したがって、短期の経済体系は、与えられた物的資本ストック K、労働 L、技術の水準 A のもとで、

$$(\frac{K}{Y},\ \frac{K_Y}{K},\ \frac{K_A}{K},\ r)$$

の 4 変数を決める 4 本の方程式に整理された。

さて、この経済体系がたどる動学径路のうちで、技術進歩率 α が一定であるような径路を選ぼう。研究開発部門の生産関数 (6.27) からわかるように、このような径路上では、物的資本の両部門への配分は不変である。(6.34) を使って、(6.35) から利子率 r を消去すれば、

$$\beta^2\frac{Y}{K} = m\left(\frac{K_A}{K}\right)^{\eta-1} \tag{6.36}$$

が得られるが、右辺が一定であるから、結局、資本-産出量比率

$$\frac{K}{Y}$$

が一定であることがわかる。この均斉成長径路は、第6.2節の Uzawa の均斉成長径路に対応する。というのは、Uzawa のモデルでは均斉成長径路上で Y/Kが一定だからである。また、(6.32) から物的資本の成長率 gが一定であることもすぐわかる。もちろん、この成長径路上で経済成長率は資本の成長率に等しい。だが、本項のモデルでは効率単位での資本–労働比率は一定ではない。

さて、この均斉成長径路上で技術進歩率α、経済成長率 gはどのような値をとるのだろうか。(6.22') を整理して、

$$A\left(\frac{L}{K}\right)^{1-\beta}=\frac{Y}{K}\left(1-\frac{K_A}{K}\right)^{-\beta}$$

とし、両辺の対数微分をとると、右辺が一定であることから、

$$\frac{\dot{A}}{A}+(1-\beta)\left(\frac{\dot{L}}{L}-\frac{\dot{K}}{K}\right)=0$$

すなわち、

$$\alpha+(1-\beta)(n-g)=0 \tag{6.37}$$

を得る。研究開発部門に向けられる物的資本の割合 K_A/Kを yとおこう。研究開発部門の生産関数は、

$$\alpha=my^{\eta} \tag{6.27$'$}$$

と書き直せる。一方、(6.32) と (6.36) より、経済成長率 gは、

$$g=\frac{smy^{\eta-1}}{\beta^2}$$

と表せる。(6.27') を使って簡単にすれば、

$$g=\frac{\alpha s}{\beta^2 y} \tag{6.38}$$

となる。均斉成長径路上では、(6.37) 、(6.27') 、(6.38) の 3 本の方程式によって、

$$(g,\ \alpha,\ y)$$

の 3 変数が決まる。この方程式は明示的に解くことはできない。ただ特別の場合、たとえば$\eta=1$ の場合、すなわち、研究開発部門の生産関数が、

$$\dot{A}=m\left(\frac{K_A}{K}\right)A$$

のような形をとる時、上の方程式系は明示的に解けて、

$$g=\frac{sm}{\beta^2}$$

を得る。経済成長率 gが決まれば、技術進歩率αは (6.37) からすぐ求まる。

$$\alpha=(1-\beta)\left(\frac{sm}{\beta^2}-n\right).$$

この特殊ケースでは、経済成長率 gは前項で検討した Romer[60] のモデルと同様、貯蓄率 s の増加関数である。実は、$0<\eta<1$ であるような一般的な場合でも、貯蓄率 s の上昇は、経済成長率 g、技術進歩率αを高めることがわかる。(数学注A 6 参照) 均斉成長径路上で貯蓄率 s が上がれば、それまで経済が均斉成長径路に沿って成長するために物的生産に向けられた資本ストックの一部を、研究開発部門に振り向けることができる。そのため、研究開発部門では新技術の開発が促進されるのである。

Romer[61] モデルの特徴は、機械設備にも人体にも体化されない技術それ自体を取り扱った点にある。Uzawa-Lucas モデルでも Learning by Doing モデルでも、技術は知的能力や熟練という形で人体と不可分に結びついていた[15]。Design あるいは Knowhow として存在する技術そのものは破損したり磨滅したりすることはない。技術自身のこのような性質から Romer[61] は、技術が企業にとって一種の資産とみなされると考えた。というのは、一度新技術を購入すれば、新技術は将来にわたって、生産の効率を高め、企業により高い収益をもたらしてくれるからである。そこで、製造業部門の資本家は自己の所有する物的資本と技術との選択の問題に直面する。しかも、資本設備の部門間移動は自由だから、製造業部門の資本家は研究開発部門に参入することもできる。だから、この経済の資本家には三つの投資機会が開かれている。第一に研究開発部門の物的投資、第二に製造業部門の物的投資、第三に製造業部門での新技術投資である。競争の結果、それぞれの投資機会に対して等しい収益性が保証される点で、つまり、利潤率が均等する点で短期均衡が成立する[16]。こうして決定された両部門への物的投資の配分が今期の経済成長率と技術進歩率を決定する。我々はこのメカニズムが働く経済の均斉成長径路を分析した。

このモデルでは、前項で展開した Romer[60] の Learning by Doing モデルと同様、貯蓄率の上昇は均斉成長径路上で経済成長率を高める。しかし、Learning by Doing モデルでは、技術進歩は投資決定の単なる副産物であり、資本家の意志決定の結果ではない。本項のモデルでは、その点が改められ、製造業部門と研究開発部門の資本家の投資選択によって技術進歩が行われる。Uzawa-Lucas モデルでは、いわば製造業部門と研究開発部門への労働者の非余暇時間の配分が各期の技術進歩率を決定しているのに対し、Romer[61] モデルでは、両部門への物的資本の配分が技術進歩率を決定している。資本制経済における技術選択、投資決定の主体は資本家であり、そのことを明瞭に意識している点で、本項の Romer[61] モデルは Uzawa-Lucas モデルより優れている。

我々の研究関心は、資本制経済における技術進歩率の決定問題である。だから、Romer[61] モデルがどの程度資本制経済の基本的特徴を反映しているのかを検討しておく必要がある。

第一に、技術自身が決して破壊されたり磨滅したりすることはないという Romer[61] の主張は、資本制経済では正しくない。確かに技術あるいは知識の一般的性質としては Romer の述べていることは正しい。伝統的な職人芸は、優秀な後継者さえいればそれ自体は決して廃れることはない。しかしながら、資本制経済では非効率的で収益性の低い伝統的な手工業は、より収益性の高い機械制大工業が現れた時、それにとって代わられる。技術は破壊されることはないが、陳腐化し、無意味なものとなる。資本制経済の技術選択が収益性を基準に行われるからである。民族文化の保護という観点からは伝統的な職人芸に価値があったとしても、資本制経済では低い収益しか生まないような技術は放棄される。したがって、Romer[61] のように技術を永続的な収益をもたらす一種の資産と考えることは資本制経済では誤りである。

第二に、Romer[61] が考察している技術は、資本制経済で一般的だろうか。彼が考えている機械設備にも人体にも体化されない技術とは、たとえば、工場の各種機械や人員配置のようなものである。使用されている機械や人員はまったく同じでもそれらの配置を変えるだけで、作業の能率を高めることができる。Adam Smith の有名なピン製造業における労働の分割（分業）も Romer[61] の考えるような技術の一例である。

一般に資本制経済における技術は、技術それ自体で存在しているのでもなく、熟練のように人体に体化されているのでもない。技術は機械設備と不可分に結びついている。この事実は、資本制経済の存続にとって非常に重要である。資本制経済の存続のためには、労働者が一般に生産手段から切り離されていることが必要だった。言い換えれば、一般に労働者が資本設備を所有できないことが資本制経済の存続のための必要条件である。今、仮に高い生産性を保証する技術が労働者に体化されているとしよう。その時、各労働者はわずかな資本設備を使うだけで、大量の資本設備を使って生産を行う資本家よりも高い生産性を上げることができ、市場でこれらの資本家を容易に打ち負かしてしまうだろう。そうなれば、巨大な資本設

[15] Learning by Doing モデルについては、Sheshinski[67] p.52.

[16] Romer[61] は、人的資本の配分を重視しているように見えるが、人的資本の導入は、彼の本来の意図を不明瞭にするだけである。

備を一手に握っていることはもはや何の意味もなくなるだろう。生産に関する主要な決定は、大量の資本設備を所有する資本家の手から熟練によって生産性を高めることのできる労働者の手に移る。資本制経済は崩壊し、別の経済体制にとって代わるだろう。技術それ自体が取引されるとしても、新技術開発が比較的わずかな資本設備で十分可能であるとすれば、同様な事態が発生するだろう。

資本制経済は、どのような形態の技術とも両立可能なのではない。特定の形態の技術、すなわち資本設備に体化された技術が他の形態の技術に比べて効率的である時にだけ、資本制経済は存続しうるのである。いわゆる「人的資本」理論や「知的資本」理論が見落としているのはこのことである。

Romer[61] は、物的資本とも労働とも独立な技術それ自体を資本制経済の代表的技術ととらえたので、彼が物的資本と体化されない技術それ自体との代替を技術進歩率の決定メカニズムに組み入れたのは、ごく自然な展開だった。しかし、資本制経済における代表的な技術が、資本設備に体化された技術であるとすれば、主要な代替関係は、資本と体化されない技術の間の代替関係ではなく、資本に体化された技術と労働との代替関係である。

6.4 内生的技術進歩論の問題点

本稿では、効率単位での一人あたり資本が一定であるような均斉成長径路上での技術進歩率の決定について、最近、新古典派によってなされた研究の検討を行った。我々が検討してきたモデルは、Uzawa-Lucas モデル、Learning by Doing モデル、Romer[61] のモデルの 3 つである。それぞれのモデルの特徴を要約しておこう。各モデルを特徴づける指標は、第一に、技術選択の主体、第二に、技術進歩率の決定メカニズム、第三に、結論の政策的含意、特に貯蓄率の上昇が経済成長率に与える影響である。

まず、Uzawa-Lucas モデルでは労働者が技術選択の主体である。労働者が一日のうちでより多くの時間を職業訓練にあてれば、労働の熟練度は高まり、技術進歩が促進される。このモデルでは貯蓄率の外生的変化は、労働者の選択に無関係だから、経済成長率に影響を与えない。

Learning by Doing モデルでは、技術選択は資本家の投資決定に完全に従属している。貯蓄率を高めた時、Sheshinski[67] による定式化では、経済成長率は不変にとどまるが、Romer[60] の定式化では、上昇する。

最後に、Romer[61] のモデルでは、技術選択の主体は資本家である。技術進歩率は、製造業部門と研究開発部門の間の物的資本の配分によって決定される。貯蓄率の上昇は経済成長率と技術進歩率をともに高める。

3 つのモデルは同一の形態の技術を分析しているのではない。Uzawa-Lucas モデル、Learning by Doing モデルが分析しているのは、人体に体化された技術、熟練である。一方、Romer[61] のモデルでは、体化されない技術、Design 、あるいは Knowhow である。しかし、資本制経済の存続と両立可能な技術の形態は資本設備に体化された技術である。

Chapter 7

Overlapping Generations Model における内生的技術進歩

7.1 本章の目的

技術進歩を考慮した新古典派成長モデルでは、貯蓄率一定の均斉成長径路上で経済成長率は人口成長率と技術進歩率の和に等しい。この事実は Uzawa[79] によって示された。Romer[60], Lucas[39] 等による最近の内生的技術進歩論は、Uzawa[79] が外生的に一定とした技術進歩率を、貯蓄率一定の均斉成長径路上で内生的に決定しようとする試みとして統一的に把握することができる。第 6 章では、このことを明らかにしたが、そこでは、Uzawa[79] との整合性を保つために、Uzawa[80]、Lucas[39] のモデルを含むすべてのモデルを微分方程式による連続時間のモデルで定式化した。しかし、Uzawa[80]–Lucas[39] モデルを連続時間の動学モデルで定式化することは若干の問題点を含んでいる。本章ではこの問題点を克服するために、Uzawa[80]–Lucas[39] モデルを離散型の Overlapping Generations Model（世代重複モデル）を使って定式化し直す。その結果、Uzawa[79] との連関が不明瞭になるが、他方、Uzawa[80]–Lucas[39] モデルの特徴と経済学的問題点は、数学的定式化の中で一層端的に示されるだろう。

次節では、Uzawa[80]–Lucas[39] モデルの連続時間による定式化が持つ問題点が明らかにされ、その問題点を解決する方向が示される。その方向に沿って、第 7.3節で、労働者の外挿的期待（extrapolative expectation）に基づく動学モデルを提示し、次に、この動学モデルの均斉成長径路の分析から、Uzawa[80]–Lucas[39] モデルの経済学的含意を引き出す。（第 7.4節）第 7.4節の結論は、基本モデルを、第 7.5節の合理的期待（rational expectation）に基づくモデルと対比することによって、一層強固なものになるだろう。

7.2 二つの修正点

Uzawa[80]–Lucas[39] モデルは、資本制経済における技術進歩を労働者の技能の向上によって説明する。労働者は現在の非余暇時間の一部を労働時間に割り当てる一方、残りの時間を、技能の向上を目指して、自己教育時間に振り向ける。労働者は、将来において、現在よりも高い賃金を獲得するために、自分の技能を高めようとするからである。ところが、一般に自己教育時間中は賃金は支払われないので、労働者は、非余暇時間を、現時点で賃金収入の保証された労働時間と、賃金収入はないが将来の収入の増加が見込まれる職業訓練にどのように配分するのかという問題に直面する。別な言い方をすれば、労働者は、現在及び将来の実質賃金の総計を最大にするように、与えられた非余暇時間を労働時間と自己教育時間に分割する。初期時点での人口と技術水準が与えられれば、労働者が各期ごとに選択する自己教育時間の長短によって、それ以降の技術水準が決定されるだろう。特に、効率単位での資本労働比率が一定に保たれる均斉成

長経路では、技術進歩率は、特定の生産関数のもとで、もっぱら労働者の選択によって決定される。なお、ここで用いた労働者の技能とは、直接部門の労働者の技能のみならず、事務・管理部門の労働者の事務的・知的技能も含んでいる。

前章では、この Uzawa[80]-Lucas[39] モデルを、労働者の連続時間型の通時的最適化問題を基礎に定式化した。だが、この連続時間モデルでの定式化には、二つの問題点がある。

第一に、連続時間による定式化では、事実上、労働市場の供給独占が生じてしまう。労働者が、現時点で賃金収入の得られない自己教育に非余暇時間を費やすのは、彼らが、自己教育の成果である技能の向上が将来の高賃金を約束すると信じているからである。そこで、前章での定式化では、労働者の期待実質賃金率を将来時点での技術進歩を考慮した完全雇用下の実質賃金率に一致させた。したがって、現時点で労働者は、将来時点での技術進歩を考慮した労働需要曲線を知っており、そのもとで、通時的実質賃金最大化問題を解いている。連続時間の仮定から、特に労働者は、現時点での労働需要曲線を知っており、それを加味して生涯の実質賃金を最大化する。このような状況下では、将来の期待実質賃金率への配慮とは無関係に、単に現在の実質賃金率を高めるために、労働時間を削減することもありうるのである。労働市場の供給独占とそのモデルに対する含意は明白になるだろう。Uzawa[80]-Lucas[39] モデルでは想定していない要因が、労働者の非余暇時間の選択に入り込んでしまう。さらに、資本制経済では労働市場の供給独占はまったく例外的であり、かつ、個々の労働者は、労働需要曲線を知らない。

第二に、連続型モデルの数学的処理を容易にするために、筆者は、第6章では、労働者が無限期間生存することを仮定した。この仮定は明らかに便宜的であり、我々はこれを仮定しない場合の分析を行う必要がある。

前章では、最近の内生的技術進歩論を一貫して Uzawa[79] の延長線上に位置づける目的で、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルについても、連続時間による定式化を行った。しかし、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルをより正確に特徴づけるためには、連続時間による定式化は必ずしも適当ではない。本章では、この点を改め、離散時間による定式化を行う。

具体的には、まず、労働者の期待実質賃金率の決定に際して労働者の期待形成を明示的に考慮する。労働者が将来の高所得を期待して職業訓練を受けるとしても、それはあくまで労働者の期待であって、労働者が職業訓練を受けることと引き換えに、資本家が将来の高賃金を約束したわけではない。また、労働者の期待通りの実質賃金率が得られるという保証はまったくない。期待実質賃金率が将来成立することになる実質賃金率と異なることは当然ありうる。期待実質賃金率を将来実現する実質賃金率と一致させるのではなく、労働者の期待形成から直接導くことで、我々は労働市場の供給独占を回避することができる。

第二に、労働者は有限時間生存するものと仮定する。

以上の二つの修正を加えた時、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルにおいて経済全体の技術進歩率、経済成長率はどのように決定されるだろうか。この問題の分析のために、本章では Overlapping Generations Model（世代重複モデル）を使って、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルを定式化し直す。Diamond[9] に始まる普通の Overlapping Generations Model（世代重複モデル）では、生産家計（ household producer ）の生涯の貯蓄行動が資本蓄積に与える影響が、分析される。しかし、ここでの研究関心は技術進歩率の決定問題にあり、貯蓄率の決定問題は捨象してよい。貯蓄率は、資本家によって決定され、時間に関して一定と仮定される。したがって、本章では、生産家計（ household producer ）の世代に代わって、労働者の世代が重複するようなモデルが分析される[1]。

[1] 内生的技術進歩を組み込んだ Overlapping Generations Model（世代重複モデル）はまだ数少ないが、たとえば、Glomm and Ravikumar[15] は本章のモデルに近い。ただし、彼らの関心は、教育制度のあり方が所得分配に与える影響を分析することにある。一方、Fisher[13] も Overlapping Generations Model（世代重複モデル）を使って、内生的成長の分析を行っていると主張しているが、彼のモデルには、均斉成長径路が存在せず、Rebelo[55] が言うように、これでは Kaldor[28] の Stylised Facts が説明できない。

7.3 基本モデル

我々は、青年期と壮年期の二期間生存する労働者を仮定する。青年期において労働者は、ある期間の職業訓練を受けて、あるいはもっと広く自己教育によって、前の世代から受け継いだ自己の技能水準をさらに高めることができる。青年期の自己教育の成果は、壮年期の技能水準の向上として実を結ぶ。今、第 t 世代の労働者を考えよう。第 t 世代の労働者とは、第 t 世代の期首に生まれた労働者のことを指す。第 t 世代は、青年期、すなわち、第 t 期に与えられた非余暇時間を労働時間と自己教育時間に配分する。青年期の自己教育によって、自分たちの親の世代、第 $t-1$ 世代から受け継いだ技能水準 $B_{t,1}$ を、壮年期には、より高い水準 $B_{t+1,2}$ に引き上げることができる。前の添え字は期間を、後ろの添え字は各世代の年齢層を表す。1 は青年期、2 は壮年期である。この関係を以下のように特定化しよう。

$$B_{t+12} = (\phi(1-u_{t1})+1)\,B_{t1}, \qquad \phi(0)=0,\ \phi'>0 \tag{7.1}$$

ただし、u_{t1} は、第 t 世代の青年期における非余暇時間に占める労働時間の割合を示す。親の世代から引き継いだ技能水準 $B_{t,1}$ が与えられた時、第 t 世代の壮年期の技能水準 $B_{t+1,2}$ は非余暇時間に占める自己教育時間の割合 $1-u_{t1}$ が増えるにしたがって、高まる。もし、第 t 世代の労働者が青年期に職業教育を全く受けなければ、壮年期における彼の技能水準は、親の世代から受け継いだままにとどまる。このモデルでは、人生は壮年期で終わるから、壮年期における教育は無意味である。たとえ、壮年期に教育が行われたとしても、その成果が現れるはずの老年期には彼はもうこの世にいない。

t 世代の壮年期の技能 $B_{t+1,2}$ は、そのまま自分の子の世代に伝授され、第 $t+1$ 世代の技能水準 $B_{t+1,1}$ となる。したがって、それはまた、$t+1$ 期の一義的な社会的技能水準 A_{t+1} である。すなわち、

$$B_{t+1,2} = B_{t+1,1} = A_{t+1} \tag{7.2}$$

A_{t+1} の添え字は期間を表しており、世代に依存しない。(7.2) を考慮すれば、(7.1) は、

$$A_{t+1} = (\phi(1-u_{t1})+1)\,A_t, \qquad \phi(0)=0, \qquad \phi'>0 \tag{7.3}$$

これは、社会的技能の変化を表しており、以降、社会的教育関数と呼ぶ。

先に述べたように、各世代の労働者が、青年期に自己教育を行うのは、壮年期における自分の技能の向上が、彼の壮年期の実質賃金率を高めるという信念があるからである。このような信念に基づいて、第 t 世代の青年労働者は、自分の壮年期の実質賃金率を予想する。この期待形成を以下のように定式化しよう。

$$w^e_{t+1} \;=\; w_t + \beta(w_t - w_{t-1})\,(1+g(1-u_{t1}))\,, \tag{74a}$$

$$g(0)=0, \quad g'>0, \quad g''<0 \qquad 0<\beta<1 \text{ は定数} \tag{74b}$$

t 期の技能水準は世代によらないので、実質賃金率 w_t は、以下で見るように、t 期の労働力人口である二つの世代に共通である。w^e_{t+1} は、$t+1$ 期の期待実質賃金率である。この定式化によれば、今期の自己教育時間が 0 であれば、来期の期待実質賃金率 w^e_{t+1} は、単純な外挿法で決まる。一方、青年期の自己教育時間の割合が増えれば、その分だけ来期の実質賃金率は高まると予想される。さらに、後の展開のために、自己教育時間の増加が単純な外挿的期待形成 (extrapolative expectation) を修正する程度が十分大きいものとしよう。すなわち、

$$\beta g'(1-u_{t1}) > 1, \qquad 0 \le u_{t1} \le 1 \tag{74c}$$

を仮定する。簡単に言えば、青年労働者の自己教育の効果に関する信念が十分強いことを意味する。労働者の期待形成は強い信念によって補正された外挿的期待に従う。このような期待形成を修正された外挿的期待と呼ぶ。

いま、t 期の実質賃金率が与えられた時、t 期の青年労働者は、修正された外挿的期待に従って時期の実質賃金率を予想しつつ、生涯にわたる実質賃金の総計を最大にするように、今期、すなわち、青年期の職業教育時間を決定する。先に注意したように、各世代の壮年期の自己教育時間は 0 である。自己教育時間中は賃金を受け取らないから、t 世代の労働者の生涯実質賃金は、

$$w_t u_{t1} N_t + w_{t+1}^e N_t$$

である。ただし、t 世代の人口 N_t は、t 期の期首に与えられ、以降不変である。t 世代の青年労働者の最適化問題は以下のようになる。

$$\max w_t u_{t1} + w_{t+1}^e$$

$$s.t. \qquad w_{t+1}^e = w_t + \beta(w_t - w_{t-1})(1 + g(1 - u_{t1})),$$

$$0 \leq u_{t1} \leq 1$$

内点解を仮定すれば、この問題の最適解の必要条件は、

$$w_t = \beta(w_t - w_{t-1}) \cdot g'(1 - u_{t1}) \tag{7.5}$$

となる。さらに、

$$w_t > w_{t-1} \tag{7.6}$$

であれば[2]、$g'' < 0$ より、二階条件も満たされることがわかる。t 世代の人口 N_t が一定であることに注意すれば、(7.5) はこの世代の青年期の労働供給関数を示している。この労働供給関数は、条件 (74c)、(7.6) のもとで、右下がりとなる。青年期の実質賃金率が上がれば、壮年期の期待実質賃金率も上昇するだろう。そのような将来の高い実質賃金率が期待できるのなら、現在の所得を多少減らしても、職業訓練時間を増やして、さらに高い将来の賃金所得を得た方がよいだろう。

t 期の労働力人口は、$t-1$ 世代の壮年労働者人口 N_{t-1} と t 世代の青年労働者人口 N_t からなるから、t 期の総労働供給 L_t は両者の労働供給の総和になる。壮年期の自己教育時間が 0 であることに注意すれば、

$$L_t = u_{t1} N_t + N_{t-1}$$

が成り立つ。さらに、人口成長率 n を

$$\frac{N_{t+1} - N_t}{N_t} = n \tag{7.7}$$

で与えれば、これは、

$$L_t = u_{t1} N_t + \frac{1}{1+n} N_t \tag{7.8}$$

と書き直せる。

ここで、生産関数を

$$Y_t = F(K_t,\ A_t L_t)$$

としよう。Y_t は国民所得、K_t は資本設備、L_t は労働である。また、この生産関数は、通常の新古典派生産関数の性質を満たす。技術進歩は、Harrod 中立型とする。資本家の所有する資本設備 K_t は完全稼働しており、資本家は雇用量の決定のみを行う。資本家は、毎期毎期、完全競争下で、利潤を最大にするように労働需要量 L_t を決める。形式的には、与えられた実質賃金率に対する資本家の最適化問題は以下のように書き表される。

$$\max_{L_t} Y_t - w_t L_t$$

[2] 後で確かめられるように、均斉成長径路上ではこの条件が満たされることがわかる。

$$s.t. \qquad Y_t = F(K_t,\ A_t L_t)$$

ここで、関数 f を

$$f\left(\frac{K_t}{A_t L_t}\right) = F\left(\frac{K_t}{A_t L_t},\ 1\right)$$

で定義すれば、t 期の雇用量 L_t は

$$\begin{aligned} w_t &= A_t\left[f\left(\frac{K_t}{A_t L_t}\right) - \frac{K_t}{A_t L_t} f'\left(\frac{K_t}{A_t L_t}\right)\right] \\ &= A_t \psi\left(\frac{K_t}{A_t L_t}\right) \end{aligned} \tag{7.9}$$

を満たさなければならない。さらに、通常の新古典派生産関数の性質より、二階条件が満たされることは明らかである。したがって、(7.9) は K_t、A_t が所与の時の労働需要関数になる。

労働市場が均衡する時、(7.5)、(7.8)、(7.9) の3本の式から、t 期の実質賃金率 w_t、t 世代の青年期の労働時間の割合 u_{t1}、t 期の労働の総供給量 L_t の3変数が決まる。t 期の資本 K_t、技能水準 A_t、t 世代の人口 N_t、一期前の実質賃金率 w_{t-1} の4変数は t 期の期首にすでに与えられている。

最後に、t 期の利潤 π_t の一定割合 s が資本蓄積に向かうものとしよう。

$$K_{t+1} - K_t = s\pi_t \tag{7.10}$$

さて、(7.9) に注意すれば、利潤 π_t は、

$$\pi_t = K_t f'\left(\frac{K_t}{A_t L_t}\right) \tag{7.11}$$

と書ける。t 期の資本 K_t とその期の青年労働者人口 N_t の比率を k_t とおこう。以後、便宜的にこの比率を t の資本–青年人口比率と呼ぶ。(7.7)、(7.8)、(7.10)、(7.11) を使えば、k_t に関する動学方程式、

$$k_{t+1} = \frac{k_t}{n+1}\left\{1 + sf'\left(\frac{k_t}{A_t}\left(u_{t1} + \frac{1}{1+n}\right)^{-1}\right)\right\} \tag{7.12}$$

が導ける。また、毎期毎期、労働市場の需給均衡が成立するので、

$$\frac{w_t - w_{t-1}}{w_{t-1}} = \frac{1}{\beta \cdot g'(1 - u_{t1})} \tag{7.5'}$$

と同時に、(7.8) と (7.9) より、

$$w_t = A_t \psi\left(\frac{k_t}{A_t}\left(u_{t1} + \frac{1}{1+n}\right)^{-1}\right) \tag{7.13}$$

が成り立つ。これに社会的教育関数

$$A_{t+1} = (\phi(1 - u_{t1}) + 1)\, A_t, \qquad \phi(0) = 0, \qquad \phi' > 0 \tag{7.14}$$

を加えれば、3つの変数、k_t、w_t、A_t に関する差分方程式系が完成する。というのは、(7.13) を使えば、他の3本の式から u_{t1} を消去できるからである。適当な初期値が与えられれば、この経済の成長径路が確定する。

7.4 技術進歩率の決定

前節で定式化した経済成長径路の中で、効率単位で計った資本-青年人口比率、

$$\frac{k_t}{A_t} = m_t$$

が一定であるような径路を考えよう。この一定値$\bar{m}$は (7.12) と (7.14) から、

$$1+n = \frac{1}{\phi(1-u_{t1})+1}\left\{1+sf'\left(\bar{m}\left(u_{t1}+\frac{1}{1+n}\right)^{-1}\right)\right\} \tag{7.15}$$

を満たさなければならない。従って、この径路上で一般に u_{t1} は一定値$\bar{u_1}$をとる。生産関数は生産の技術的条件を、自己教育関数は主として労働者の職業訓練の程度を表しているからである。すると、(7.13) は、

$$\frac{w_t}{A_t} = \psi\left(\bar{m}\left(\bar{u_1}+\frac{1}{1+n}\right)^{-1}\right)$$

と書けるが、右辺は一定だから、この式は実質賃金率 w_t と社会的技能水準 A_t が同一の率で成長していることを意味する。結局、この径路上では、k_t、w_t、A_tは同一の率で成長し続ける。この径路を均斉成長径路と呼ぶ。しかも、均斉成長径路上で、利潤率π_t/K_tは一定に保たれるから、この成長径路は、資本制経済のもとでも持続可能である。

さて、w_tの成長率は (7.5') から導ける。

$$\frac{w_{t+1}-w_t}{w_t} = \frac{1}{\beta\cdot g'(1-\bar{u_1})}$$

一方、(7.14) を変形すれば、

$$\frac{A_{t+1}-A_t}{A_t} = \phi(1-\bar{u_1})$$

だから、この2つの式より、均斉成長径路上で、青年労働者の非余暇時間に占める労働時間の割合$\bar{u_1}$は、

$$\frac{1}{\beta\cdot g'(1-\bar{u_1})} = \phi(1-\bar{u_1}) \tag{7.16}$$

によって決定される。生産関数の一次同次性に注目すれば、均斉成長径路上の経済成長率は

$$\phi(1-\bar{u_1})(n+1)+n$$

となることがすぐわかる。したがって、(7.16) が示すように、均斉成長径路上の経済成長率は、労働者の期待形成と自己教育関数に依存して決まる。資本家の貯蓄率、生産関数の形状は、経済成長率の決定に関与しない。特に、技術進歩率が、したがって、経済成長率が生産関数の形状と無関係に決まることは、連続時間の Uzawa[80]-Lucas[39] モデル[3]との著しい違いである。もっとも、貯蓄率の上昇が、効率単位で計った資本-労働比率、

$$\frac{K_t}{A_tL_t}$$

を高めるだけである点は、連続型のモデルと同様である。(数学注B参照)

均斉成長径路上の経済成長率が、労働者の期待形成と自己教育関数という労働者の側の事情にのみ依存して決まる本章の定式化は、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルの特徴を最もよく表している。しかし、このような結論は、資本制経済の基本的特徴[4]に照らして見た時、はたして合理的だろうか。

[3] 第6章第6.3.1項
[4] 置塩[50] 第1章

たとえば、Ricardo[56] に従って、資本家の投資意欲を刺激する利潤率の正の下限があるとしよう[5]。さて、このモデルでは、労働者の側の事情だけで、均斉成長径路上での効率単位で計った資本–労働比率、

$$\frac{K_t}{A_t L_t} = \bar{m}\left(\bar{u_1} + \frac{1}{1+n}\right)^{-1}$$

が決まる。さらに、新古典派生産関数の性質より、この効率単位で計った資本–労働比率に対応して、利潤率が決まるだろう。だが、こうして決定された利潤率が、資本家の許容する最低限を常に上回っているとは限らない。もし、最低限を下回れば、このモデルが前提していた完全雇用の仮定はもはや満たされなくなるだろう。

つまり、Uzawa[80]–Lucas[39] モデルでは、労働者の将来時点での主観的期待と自己教育によって、労働者の技能が高められ、技術進歩と同時に、実質賃金率も上昇する。しかし、それは労働者の主観的期待であり、生産に関する主要な決定を資本家が握っている経済では、そのような願望が実現する保証はない。どんなに高い技能を身につけたとしても、資本制経済では、来期は失業して、賃金収入が途絶えることも十分ありうる。

なるほど、労働者各人は、自分の自己教育が自分だけの技能を高め、それゆえ来期にはより高い賃金が得られるものと期待する。Uzawa[80]–Lucas[39] モデルは、このような個人的経験に基づいた社会通念を理論化したものである。この通念は、本章では、(7.1) 式に定式化されている。しかし、このような個人的経験を社会全体におしひろげることはできない。というのは、すべての労働者が同様の行動をとれば、各人の相対的優位は失われるだろうからである。それだけではなく、すでに強調したように、資本制経済では、雇用に関する決定は資本家が握っており、たまたま、高い技能ゆえに高収入が得られたという経験は、常に高技能が高収入を保証するという命題の根拠にはならない。

7.5 合理的期待

前節の終わりで主張したように、Uzawa[80]–Lucas[39] モデルの結論は、労働者の社会通念に立脚している。そのことを示す一つの有効な方法は、基本モデルにおいて採用した社会通念によって修正された外挿的期待を、別な期待形成に変えてみることである。本節では、合理的期待 (rational expectation) に従って、労働者は期待を形成するものとする。この時、労働者は、職業教育による技能の向上が将来の実質賃金率を高めるという信念を持たない。

t 世代の青年労働者の壮年期における主観的期待実質賃金率を w^e_{t+1} としよう。第 7.3節と同様に考えれば、この青年労働者の最適化問題は以下のようになる。

$$\max \quad w_t u_{t1} + w^e_{t+1}$$

$$s.t. \quad 0 \le u_{t1} \le 1$$

t 期の実質賃金率 w_t と期待実質賃金率 w^e_{t+1} が与えられた時、t 世代の青年労働者は、生涯の期待賃金を最大にするよう、青年期の自己教育時間を決める。容易にわかるように、この問題の最適解は、

$$u_{t1} = 1$$

である。この結果は直観的にも明らかであろう。第 7.3節と違って、将来の期待実質賃金率は今期の自己教育時間から独立なので、生涯賃金を最大にしようと思えば、壮年期の心配をせずに今期は最大限の労働供給をすればよい。最後に、上で得られた最適解が、労働者の主観的期待実質賃金率に依らないことにも注意しよう。

---

[5] Kaldor[27]p14

比較のために、人口成長および、社会的教育関数については、基本モデルと同一とする。第 7.3節の (7.8) 、(7.3) において、$u_{t1} = 1$ とすれば、労働供給および社会的技能水準は、

$$
\begin{aligned}
L_t &= N_t + \frac{1}{1+n} N_t \\
A_{t+1} &= A_t = \bar{A}
\end{aligned}
\tag{7.17}
$$

と表される。

単純化のために t 期の生産関数が誤差項を含まないものとすれば、資本-青年人口比率 k_t の動学方程式も、基本モデルとまったく同一である。

$$
k_{t+1} = \frac{k_t}{n+1}\left\{1 + sf'\left(\frac{k_t}{A_t}\left(1+\frac{1}{1+n}\right)^{-1}\right)\right\}
$$

一方、t 世代の壮年期の生産関数については、誤差項 μ_{t+1} を含むものとする。すなわち、

$$
Y^e_{t+1} = F(K_{t+1},\ A_{t+1}L_{t+1}) + \mu_{t+1}
$$

ただし、Y^e_{t+1} は壮年期の期待所得。確率変数 μ_{t+1} は系列相関を持たず、しかも、$E\mu_{t+1} = 0$ とする。t 世代の青年労働者にとって、自分が壮年に達した時の生産関数の形状は正確に知ることはできない。t 期の期待形成に際して、単に平均的に知るだけである。新しい仮定のもとで、$t+1$ 期の実質賃金率の期待値 w^*_{t+1} を計算すれば、

$$
w^*_{t+1} = A_{t+1}\psi\left(\frac{K_{t+1}}{A_{t+1}L_{t+1}}\right)
$$

となる。

以上の展開を整理すれば、$t+1$ 期の主観的期待実質賃金率 w^e_{t+1} に対する客観的期待 w^*_{t+1} は、

$$
\begin{aligned}
w^*_{t+1} &= \bar{A}\psi\left(\frac{k_{t+1}}{\bar{A}}\cdot\frac{n+1}{n+2}\right) \\
k_{t+1} &= \frac{k_t}{n+1}\left\{1 + sf'\left(\frac{k_t}{\bar{A}}\cdot\frac{n+1}{n+2}\right)\right\}
\end{aligned}
$$

によって決定される。この客観的期待を使って、もう一度最適化問題を解く。合理的期待のもとでは、$w^e_{t+1} = w^*_{t+1} = \widehat{w_{t+1}}$ だから、合理的期待形成下での期待実質賃金率 $\widehat{w_{t+1}}$ は、

$$
\widehat{w_{t+1}} = \bar{A}\psi\left(\frac{k_{t+1}}{\bar{A}}\cdot\frac{n+1}{n+2}\right) \tag{7.18}
$$

$$
k_{t+1} = \frac{k_t}{n+1}\left\{1 + sf'\left(\frac{k_t}{\bar{A}}\cdot\frac{n+1}{n+2}\right)\right\} \tag{7.19}
$$

で与えられる。なぜなら、労働者の最適化問題の解は、労働者の主観的期待にもかかわらず、一定だからである。合理的期待の定義より、(7.18) 、(7.19) は現実の成長径路を示している。

(7.17) からわかるように、合理的期待のもとでは、技術進歩率は、労働者の主観的期待にもかかわらず、常に 0 である。したがって、経済体系は、基本的に離散型の単純な Solow[71] モデルに帰着する。

修正された外挿的期待を合理的期待に置き換えれば、技術進歩がみられなくなることから、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルは、技能の向上が将来の高収入を約束するという社会的通念に支えられていることが確認できるだろう。

7.6 結論

連続時間型の Uzawa[80]-Lucas[39] モデルが持つ問題点を克服するために、本章では、連続時間型の動学モデルを Overlapping Generations Model（世代重複モデル）に組み換えた。その結果、Overlapping Generations Model（世代重複モデル）では以下のことがわかった。

1. 労働者の非余暇時間の分割、したがって、技術進歩率は、労働者の外挿的期待形成と自己教育の成果によって決定される。

2. 貯蓄率の変化は、効率単位での資本-労働比率を高めるだけで、技術進歩率、したがって、経済成長率を変化させない。

第二の結論は、連続時間型のモデルと同じである。第一の結論は、連続時間型のモデルよりも強い。連続時間型のモデルでは、生産関数の形状も技術進歩率の決定に影響を及ぼしているからである。また、労働者が、自己教育時間の増加が将来の高収入に結びつくという信念を持たないとき、特に、労働者の期待形成が合理的期待に従う時、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルでは、技術進歩率は 0 になる。その意味で、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルはこのような社会通念の理論化である。

第一の結論が端的に示すように、このモデルの技術進歩は、労働者の側の事情だけで決定される。しかし、資本制経済では、生産に関する主要な決定は資本家が掌握しており、この点を無視して資本制経済の技術進歩を研究することはできない。さらに、このような結論が導かれる最大の原因は、第 6 章で述べたように、Uzawa[80]-Lucas[39] モデルが資本制経済で支配的な技術を人体に体化された技術として特徴づけたことにある。だが、繰り返して言えば、資本制経済で支配的な技術の形態は資本設備に体化された技術である。

Chapter 8

技術進歩率の決定

8.1 資本制経済における技術の主要な形態

第6章、第7章で述べたように、資本制経済における技術の主要な形態は、資本設備に体化された技術である。資本制経済では、通常、技術は特定の資本設備として具体化されている。それ以外の技術、たとえば、労働者の熟練として表されるような技術は、資本制経済では例外的である。なぜなら、資本設備に体化された技術だけが、資本制経済の存続と両立可能だからである。

さて、技術が、資本設備に体化されているという特定の形態をとる時、技術進歩はどのような特徴を持つだろうか。特に技術進歩の程度はどのように規制されるのか。技術が資本設備に体化されており、しかも、より効率的な技術が、物理的に計ってより大きな資本設備に体化されているとすれば、技術進歩の速度は資本成長率に大きく依存するだろう。貯蓄率一定の仮定を保持する時、資本成長率は、資本と労働の代替関係に規制される。したがって、資本-労働比率が、言い換えれば、資本と労働の代替関係が、技術進歩率の変化に強い影響を与える。

資本制経済では、技術の選択にあたって、実質賃金率の水準が決定的な要因になることをはじめて明確に意識したのは、Ricardo[56] である。Marx は、さらに、実質賃金率の上昇が、各企業に資本-労働比率の上昇とそれに伴う技術進歩を強制することを示唆した[1]。本論では、Marx の示唆を受けて、所得分配と技術進歩の相互作用が、資本制経済の技術進歩率の変動にどのような影響を及ぼしているのかを検討する。

資本制経済では、圧倒的多数の財が巨大で固定的な機械設備によって生産されている。多数の人々の協業を組織し、物理的に移転が困難な機械設備が生産の中心であるという資本制経済の特徴は、この経済体制の制度的存続にとって重要であるばかりか、技術進歩の速度について考える場合でも無視することはできない。機械設備の固定性のために、資本-労働比率は緩慢にしか変化しない。この点で、我々は、実質賃金率や利潤率の変化に対して、資本-労働比率が、新しい条件下での最適値に瞬時にして調整されるという新古典派の立場には同意しない。

新古典派が主張するように所得分配が変化する時、資本-労働比率が瞬間的に変化するとすれば、技術進歩の問題は、その瞬間的調整のあとに生じる問題であり、資本と労働の代替関係からはまったく独立であるとみなされてしまう。Samuelson [64] 、Drandakis and Phelps[10] らの発明可能性フロンティア (invention possibility frontier) はこのような見方の典型例である。

それに対し、我々は、資本設備の固定性を資本制経済の無視できない特徴と理解し、資本と労働の代替および技術進歩率の決定問題が切り離し難く結びついていることを認める[2] 。

[1] Marx[44] p85

[2] このようなモデルは、たとえば、Shah-Desai[66] 、Van der Ploeg[54] がある。

8.2 技術進歩の二つの段階

社会全体から見た技術進歩の全過程は、二つの段階に分けられる。すなわち、新技術の発明、開発の段階と、開発された新技術の普及の段階である。ある個人、研究所、企業が発明、開発した技術は、一般にある社会全体に、あるいは、ある産業全体に普及した時初めて、社会全体の生産力を高める。本章では、技術進歩の二つの段階のうちの前段階を技術革新 (innovation) と呼び、後段階を技術の普及過程 (defusion) と呼ぶ[3]。

資本制経済では、技術進歩の二つの段階にそれぞれ異なった経済的誘因が対応する。各企業は、競争する他の企業よりも低いコストで生産することによる超過利潤の獲得を目的として、新技術の導入を行う。技術革新の動機は超過利潤の獲得である。一方、大多数の企業は、実質賃金率の急激な上昇により利潤が圧迫される時、以前は一部の企業だけが採用していた最新の技術を導入することを強制される。もちろん、当該の産業に属する企業すべてが、最新の技術の導入に成功するわけではない。何らかの事情により、最新の技術を導入できなかった企業は、この産業部門での競争から脱落せざるをえない。その意味で、技術の普及過程は企業の生き残りを賭けた激烈な競争の過程である。

技術進歩のこの二つの段階には、それぞれ他の経済制度にない資本制経済特有の性格が刻印されている。技術革新については、資本制経済が、一般に生産性の高い技術の生産者に対して高い報酬を支払う経済制度であることが推察される[4]。また、技術の普及過程においては、新技術の採用を経済主体が強制される点が特徴的である。その結果、資本制経済では、新技術はある時点を超えれば急速に普及する。

技術革新と技術の普及を含む技術進歩の全過程の進行速度を考える場合、この二つの段階のうち、どちらを重視すべきだろうか。我々は、経済成長論の枠組みの中で技術進歩率がどのように決定されるのかという問題を考えていた。この二つの段階を同時に考えてしまうと、モデルが複雑になり、問題に関して一般性のある答が得られなくなることが当然、予想される。それを回避するためには、どちらか一つの段階に分析の焦点を絞らなければならない。

本章の研究課題との関連でいえば、重視すべき段階は、技術の普及過程である[5]。資本制経済の技術進歩について非常に興味深いのは、技術的見地からは実行可能であり、かつ、効率的であっても、実用化されない技術、普及しない技術があるという事実である。工学的には効率的な技術であっても、費用がかかり過ぎるという理由で一般に採用されない技術が多々ある。すなわち、全社会的な技術進歩が、経済的要因によって左右される。この問題は主として、技術進歩の第二段階である技術の普及過程に関わる。

第二に、上に述べたように、いくつかの革新的な一部の企業が最新の技術を導入したとしても、ただちに他の企業も追随して同じ技術を導入するとは限らない。とすれば、たとえ、技術進歩の第一段階に関する研究が十分になされたとしても、それだけでは、社会全体の技術進歩について確定的なことは何も言えないことになる。

第二の論点については、若干の説明を要する。通常の説明によれば、最新の技術の一部の企業での導入は、ただちに同一産業内の他の企業にその技術の採用を強制する。というのは、最新技術の導入により著しく費用を削減することに成功した先進的企業は、現行よりわずかに製品価格を下げて、自分の製品市場の拡張、市場シェアの拡大を計るだろう。この時、他の企業は販売市場を先進的企業に奪われまいとすれば、新技術の導入を強行し、製品価格を先進的企業と同程度かそれ以下に下げなければならない。以上が通常行われる説明[6] であるが、これには、いくつかの理論的難点が含まれている。まず、市場が 完全競争下にある場合[7]を考えよう。完全競争下では、定義により、各企業は、あえて製品価格を下げる誘因を一

[3] この用語法は Kennedy and Thirlwall[32]p56, p58 による。

[4] この点は、資本制経済の制度的特徴と歴史的存在意義を考える上で非常に重要であると思われるが、この問題は本論の主題ではない。この問題の体系的解明は別の機会に譲る。

[5] Robinson[58] p96 にも同様の主張が見られる。しかし、主張の根拠は明示されていない。

[6] Marx[41] 第二分冊、p159

[7] もちろん、上の説明の主唱者は完全競争の仮定を置いていない。

切持たない。たとえ、製品価格を下げても、販売可能な製品の数量が同じであれば、その分、利潤が下がるだけである。完全競争の仮定をはずした場合でも、先進的企業の当面の潜在産出量に見合うだけの市場規模が確保されているとすれば、やはり、先進的企業は価格を下げないだろう。したがって、因果関係の前半は必ずしも成立しない。また、たとえ、先進的企業が価格を下げても、製品差別化などの理由により、競争する他の企業にとって市場シェアの削減が予想されなければ、彼らは必ずしも追随しないだろう。因果関係の後半についても必ずしも成立するものでないことがわかる。このように、理論的に見ても、技術革新と産業内の全企業への最新技術の普及とは無条件にむすびついているわけではなく、その産業の市場競争条件によっては、先進的な企業の技術革新にもかかわらず、新技術が他の企業に普及しないことがありうる。

最後に、次節で見るように、技術革新の速度も、技術の普及速度と同一の経済的要因によって左右される。技術の普及過程にとって所得分配が決定的な役割を果たしているのと同様、実は、技術革新についても、所得分配のあり方が決定的に重要であることがわかる。というわけで、マクロ的な技術進歩を考えるにあたって、技術革新の問題をまったく捨象したとしても、それによって実際上失われるものは、ほとんどないだろう。

以上の三つの理由で、我々は全社会的な技術進歩率の決定を考える上で、とりわけ、技術の普及過程に注目する。

8.3 技術革新

技術進歩の全過程の中で、本章は特に技術の普及過程に注意を集中する。だが、その研究に入る前に、技術革新についてもう少し立ち入った分析をしておく必要がある。我々は、前節で、超過利潤の獲得を目的として行われる先進的企業の新技術導入が、導入時の所得分配の影響を強く受けていることを示唆した。以下では、その時々の所得分配の状況が、どのようにして、先進的企業の新技術導入に関わっているのかを単純な部分均衡モデルを使って明らかにし、前節での示唆に理論的根拠を与えよう。

モデルを作るにあたって、次のことを仮定しよう。第一に、市場は完全競争的であるものとする。各企業にとって現在及び将来の価格は所与である。個々の企業は、産出量を操作することによって、与えられた価格を変更することはできない。したがって、各企業は自分の決定が将来の価格に与える影響をまったく無視して、現時点での産出量および技術に関する決定を行う。このようないわば近視眼的 (myopic) な企業行動は完全競争の仮定から導かれる。だから、Kennedy-Weizäcker モデルに対して Samuelson[64] が行った批判、企業が近視眼的に行動しているという批判はまったく的はずれである[8]。

第二に、Harrod 中立型の新古典派生産関数を仮定する。その理由は、Harrod 中立型の生産関数だけが、資本-産出量比率が一定であるような均斉成長径路と整合的だからである。このことは、Diamond[9] によって数学的に証明された。

Diamond[9] は、一般的な生産関数について上の事実を示したのであるが、その証明は決して見通しのよいものではない。そこで、本論では生産関数を要素拡大的 (facter augmenting) な関数

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

に限定して[9]、上の事実よりも若干制限されているが、類似の事柄が成立することを示す。Kaldor [28] が列挙したように、資本制経済の発展は、長期的にはいくつかの特徴を持つ成長径路に従う。その径路上で

[8] もっとも、Samuelson も自分の批判に理論的難点があることに気づいている。(Samuelson[64]p351)

[9] 数学的に見れば、生産関数へのこの制約はかなりきついものであるが、経済学的にはさほど分析の対象を限定したとは思われない。むしろ、この定式化によって、技術進歩は、よりはっきりとした意味を持つことになる。簡単に言えば、技術進歩は、かつては10人で行っていた仕事を1人で行うことを可能にする。

は、資本-産出量比率は一定であり、かつ相対的所得分配率（relative shares）

$$\omega = \frac{wL}{rK}$$

は一定である。まず、どのような資本と労働の組合せに対しても、代替の弾力性が 1 であるような場合を考えてみよう。この時、生産関数は、Cobb-Douglas 型であり、当然、Harrod 中立になる。次に、いかなる資本と労働の組合せに対しても、代替の弾力性が 1 をとらない場合を考えよう[10]。この時、一定の相対的所得分配率（relative shares）には、効率単位で計った資本-労働比率の一定値が対応する。すなわち、

$$\frac{BK}{AL} = \text{const}$$

これより、

$$\frac{\dot{B}}{B} + \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{L}}{L} = 0$$

一方、生産関数を時間 t で微分して、長期的には限界生産力説が成り立っていることに注意すれば、

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \pi\left(\frac{\dot{B}}{B} + \frac{\dot{K}}{K}\right) + (1-\pi)\left(\frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{L}}{L}\right)$$

が得られる。ただし、π は資本分配率を表す。経済学的理由から、$0 < \pi < 1$ である。したがって、K/Y が一定であるような成長径路上では、

$$\frac{\dot{B}}{B} = 0$$

が言える。結局、一定の性質を満たす均斉成長径路を資本制経済がたどる限り、生産関数は Harrod 中立でなければならないことがわかる。

我々は、Harrod 中立の生産関数を採用する理由については、本論の課題に比して、長々と述べ過ぎたのかも知れない。しかし、本章では、以下、生産関数を Harrod 中立型に限定してしまうから、その十分な根拠を示しておく必要があった。

以上、二つの仮定、すなわち、完全競争と Harrod 中立型の生産関数のもとで、各企業は、技術革新の便益と費用を勘案しつつ、望ましい技術進歩率の水準を決定する。完全競争下では、初めて新技術を導入することによる革新的な企業の利益は、資本と労働の投入量を不変とすれば、産出量を増加させることによる超過利潤の獲得である。資本と労働の投入量を不変とすることは、労働の完全雇用と資本設備の完全稼働という新古典派の仮定と整合的である[11]。もちろん、増加した供給に見合うだけの需要は常に市場に見いだされる。完全競争下では、先に述べたように、この先進的企業は製品価格を下げる誘引を持たないばかりか、将来の価格下落を予想することもできない。

一方、技術革新の費用はどのように考えたらよいだろうか。第 8.1節で強調したように技術が機械設備に体化されているとすれば、技術革新は、新技術を備えた機械設備の導入を意味する。だとすれば、技術革新にかかる費用とは、最新鋭設備の費用であると考えるかもしれない。しかし、これは正しくない。新技術を備えた最新鋭設備の費用は、あくまで追加的な機械設備にかかる費用であって、技術革新に要した費用ではない。実際、一般に生産要素への報酬が結果的にその正の限界生産力に等しく決定されているとすれば、後にみるように、どんなに高度の技術革新を行ったとしても、それに伴う機械設備の費用増加分は必ず回収される。より正確には、追加的機械設備 1 単位もそれ以前に使用された機械設備 1 単位と同様、均等利潤率を革新的な企業にもたらすだけである。

[10]もちろん、これですべてが尽くされるわけではない。残されたのは、ある資本と労働の組合せについては、代替の弾力性が 1 であるが、別の組合せに対しては、1 をとらない場合である。だが、このような場合は考察の対象外とする。

[11]革新的な企業が追加的な資本設備と労働の投入を必要としているならば、その必要量は完全雇用と設備の完全稼働を前提する限り、他の一般的な企業から奪い取らなければならない。この方法、メカニズムについて解明することは、ここでのの理論的抽象度を超えるものである。

Kennedy[31] は労働生産性の上昇率と資本設備の生産性の上昇の間の相反関係を技術革新可能性フロンティア（ innovation possibility frontier ）として定式化した。ここでの文脈に即して言えば、労働生産性の上昇を高めるために、そうしなければ達成できたであろう資本設備の生産性の伸びを抑えるという機会費用を払わなければならない。したがって、企業は、二つの生産性上昇率の間の代替関係を念頭に、超過利潤を最大にするように技術進歩率を決定する。しかし、以下の第 8.4節で詳しく検討するように、この考え方は、重大な理論的問題を含んでいる。

そこで、我々のアプローチは、技術革新に伴う研究開発費用を明確に考慮することである。第一に、新技術開発には、正常利潤の一部が使われなければならないだろう。なぜなら、技術は機械設備と不可分に結びついているので、その開発にかかる費用を負担するのは、機械設備の所有者だからである。第二に、企業が研究開発にかける費用は、獲得される技術が高度になればなるほど増加し、また、より効率的な技術の一定量を獲得するために必要な費用の増加分はますます大きくなるだろう。技術進歩率$\dot{A}/A$ をαとすれば、技術開発にかける費用 Cは、

$$C = \Lambda(\alpha) rK \qquad \Lambda' > 0,\ \Lambda'' > 0 \tag{8.1}$$

と表される。ここで rKは正常利潤である。

一方、他の追随的な企業は、新しく開発された技術を追加的な開発費用なしに手に入れることができるものとする。言い換えれば、技術開発競争における二番手以下の競争者は、一番手の開発した技術を即座に模倣することができる。これは単純化のための仮定である。

それゆえ、仮に技術がどんな時でもただちに同一産業部門内の全企業に普及するとすれば[12]、革新的な企業が超過利潤を取得できるのは、ごくわずかな時間だけである。実際、他の追随的な企業は、模倣した新技術を使って、先新的な企業と同じ産出量を得る。

このように、革新的な企業は、ごく短い時間、超過利潤から研究開発費を引いた純超過利潤を取得することができる。数学的には、革新的な企業が得る超過利潤は、

$$\dot{Y} - w\dot{L} - r\dot{K} - C \tag{8.2}$$

と表されるだろう。完全競争の仮定より、実質賃金率 wおよび利潤率 rは所与である。第一項は産出量の増加分を、第二項は賃金コストの増加分を表す。第一項から第二項をひいたものが、利潤の増加分である。第三項 $r\dot{K}$ は、増加した資本設備がもたらす平均利潤分である。このうちいくらかは革新的企業にも帰属するだろうが、本節のモデルの仮定だけでは、この帰属分を確定することはできない。そこで、革新的な企業の帰属分を含む平均利潤増加分すべてを利潤増加分から差し引く。こうして得られるのが先進的企業の超過利潤である。さらに研究開発費を差し引けば、先進的企業の純超過利潤が求まる。

ところで、我々は、Harrod 中立型の生産関数

$$Y = F\left(K(t),\ A(t)L(t)\right)$$

を仮定していたから、限界生産力説の成立に注意すれば、(8.2) 式は

$$wL\alpha - \Lambda(\alpha) rK$$

のように書き直せる[13]。今期の産出量 Yは革新的な企業にとって所与だから、技術革新に際してのこの企業の目的関数は、両辺を Yで割って、

$$(1-\pi)\alpha - \Lambda(\alpha)\pi$$

[12] 普及過程の問題は次節以降で取り扱う。

[13] この式が示しているのは期待利潤の額である。というのは、もし、仮に技術革新が全企業で一斉に行われれば、均等利潤率と実質賃金率がともに新たな水準に調整されて、純超過利潤は消滅するだろうからである。

としてよい。革新的企業はこの目的関数を最大にするように技術進歩率αを決定する。

最適化問題の一階の必要条件は

$$(1-\pi)-\Lambda'(\alpha)\pi=0$$

であり、さらに$\pi>0$だから、二階条件も満たされる。この式は、技術進歩率αが労働分配率$1-\pi$に依存していることを示す。実際、すぐにわかるように、$\Lambda''>0$だから、技術進歩率は労働分配率の増加関数である。

限界生産力説が成り立つ限りで、労働の効率を高める技術進歩は、より正確には、労働投入に対して要素拡大的であるような技術進歩は、労働コストの産出量に対する割合が増えば増えるほど、より高い収入を企業にもたらす。ただし、我々は終始一貫して生産物はすべて売り切れるものと仮定した。この収入の増加は、より高度な技術の開発に要する研究開発費をまかなうに足るものである。こうして、労働分配率の上昇が革新的企業の技術進歩率の向上に結びつく。

一見、基礎科学の発展や偶然によって支配されているように見える技術革新が、資本制経済では所得分配の影響を強く受けていることがわかる。

8.4 資本設備に体化された技術

技術が機械設備に体化されていることを重視し、そのことの経済学的含意について考察したのは、Marxである[14]。Marx [41] は、技術進歩と同時に、資本-労働比率が上昇すると主張した。

Marx の示唆を受けて、問題をより厳密に定式化しようと試みたのは Kaldor [27] である。彼は、労働生産性の上昇率と一人あたり資本の変化率との間に一定の関数関係があると考え、技術進歩関数 (technical progress function) を提唱した。

$$\frac{\dot{Y}}{Y}-\frac{\dot{L}}{L}=\chi\left(\frac{\dot{K}}{K}-\frac{\dot{L}}{L}\right),\qquad 0<\chi'<1\quad \chi(0)>0.$$

さらに、Kaldor[27] が当初、していたように、χが凹関数であるとしよう[15]。

$$\chi''<0.$$

この時、労働生産性の上昇率、資本生産性の伸び率をそれぞれ、p,qとすると、

$$p=\chi(-q+p)$$

となる。この式から、資本生産性の伸び率qは労働生産性の変化率pの関数であることがわかる。

$$q=\theta(p)\qquad \theta'<0,\quad \theta''<0$$

この関係は、Kennedy[31] の技術革新可能性フロンティア (innovation possibility frontier) と同一である[16]。したがって、非線型の技術進歩関数は、技術革新可能性フロンティアに帰着する。言い換えれば、技術進歩が、資本-労働比率の上昇、機械化の進行を伴うという主張は、もし正しければ、資本設備の生産性と労働の生産性の上昇率の間の相反関係に理論的根拠を与えるものである。

さて、技術進歩関数によれば、資本-労働比率が一定ならば、労働生産性も一定となる。逆に言えば、労働生産性が変化する時には、必ず資本-労働比率が変化する。すべての労働生産性の変化は資本-労働比率の変化に起因し、それ以外の要因は存在しない。したがって、ほかでもないこの点に関しては、技術進歩関

[14] Marx[41] 第三分冊、p205
[15] 線型の技術進歩関数は、Cobb-Douglas 型生産関数になる。(Black[3], Allen[1] ch13)
[16] このことは、Kennedy[31] 自身が気づいている。

数は、Kaldor[27] の批判している新古典派生産関数と同一の性質を共有しているのである[17]。しかし、真の意味での技術進歩とは、投入される資本と労働の量が同一であっても、生産される財の量が増えることであるとすれば、技術進歩関数はこの意味での技術進歩をまったく説明していないことになる。

これに対して、Samuelson[64] 、Drandakis and Phelps[10] は、要素拡大的 (factor augmenting) な技術進歩を考慮した生産関数

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

を考えた。この時、労働生産性 yは、

$$y = \frac{Y}{L} = AF\left(\frac{B(t)K(t)}{A(t)L(t)}, 1\right)$$

と書けるから、効率単位での資本-労働比率 BK/AL が一定でも、労働の効率 A が変化すれば、労働生産性も変化する。Kaldor[27] や Kennedy[31] が、労働生産性の上昇の原因をもっぱら、資本-労働比率の変化に求めたのに対して、Samuelson[64] 、Drandakis and Phelps[10] は、資本と労働の間の代替によらない労働生産性の上昇に注意を集中したのである。Kennedy[31] の考え方に触発されて、彼らは、効率単位での資本-労働比率一定のもとで、資本設備の生産性の上昇率と労働生産性の上昇率の間に代替関係があると仮定した。これが前者の技術革新可能性フロンティアに対する後者の発明可能性フロンティア (invention possibility frontier) である。この条件のもとで、資本設備の生産性の上昇率、労働生産性の上昇率はそれぞれ、$\dot{B}/B$と$\dot{A}/A$ になる。両者はまったく別のものである。ただし、代替の弾力性が決して 1 をとらなければ、相対的所得分配率 (relative share) が一定の時、両者は一致する。なぜなら、この時、効率単位での資本-労働比率は一定となるからである。

では、なぜ、資本設備の生産性の上昇率と労働生産性の上昇率の間に対抗関係があるのか、これは工学的事実なのだろうか。この点に関する十分な説明はなされていないように思われる。

ともあれ、Drandakis and Phelps[10] は、発明可能性フロンティアを使って、超過利潤を最大にするような企業の技術革新の結果が、Harrod 中立型の技術進歩に落ち着くための条件を明らかにした。ところが、均衡点に行き着き、技術進歩が Harrod 中立という形態をとってしまうと、その時の技術進歩率は外生的に与えられる。したがって、彼らの定式化は、技術進歩が Harrod 中立であるという前提の下で、技術進歩率がいかに決定されるのかという問題を考えるにあたって適切なものとは言えない。

Marx が、技術が資本制経済では資本設備に体化されていると強調したことは正しかった。しかし、このことから、技術進歩が必然的に資本労働比率の上昇を伴うという誤った結論を導いたために、彼は、以後の議論を大いに混乱させてしまった。問題は、たとえ資本と労働の投入量が同一であっても、なお産出量が増加するような技術進歩に関して、その程度がどのように決定されるのかを明らかにすることである。だから、この問題は、直接には資本と労働の代替とは別問題である。

技術が機械設備に体化されているとすれば、この問題に対する最も自然なアプローチは、資本-労働比率の変化によらない労働生産性の上昇が、資本設備の増加率に依存すると考えることであろう。数学的に定式化すれば、

$$\frac{\dot{A}}{A} = \gamma\frac{\dot{K}}{K} \qquad 0 < \gamma < 1 \tag{8.3}$$

とすることである。形式的には、この定式は、Arrow[2] や Sheshinski[67] の Learning by Doing モデルの定式と同一である。しかし、経済学的意味づけはまったく違う。Learning by Doing モデルでは、労働者の経験が技術進歩の主要因であり、資本設備は経験の蓄積の指標としてのみ使われている[18]。一方、我々は、この定式化を技術が資本設備に体化されているという事実から直接導く。

最後に、我々の定式と Vintage モデルとの関連について触れておこう。 Vintage モデルの問題意識は、生産効率の異なる機械設備の共存がもたらす諸問題について分析することである。たとえば、Solow[71] で

[17] Black[3] が正しく指摘したように、技術進歩関数は、新古典派生産関数より一般的である。
[18] Arrow[2] が Vintage モデルをつかっていることは、本質的な事柄ではない。

は、生産効率の異なる機械設備の間での労働量の配分の問題等が論じられた。しかし、本論はこのような問題を完全に捨象する。我々のモデルでは、古い旧式の機械設備が毎期毎期更新されて、最新のものに入れ替わる。したがって、効率の異なる資本設備の共存はありえない。ただし、この更新は、機械設備の固定性によりやや緩慢に進行する。

8.5 技術進歩率と労働分配率の動学モデル

技術が機械設備に体化されていれば、結局、技術進歩率は、資本蓄積によって規制される。一方、一定の条件下では、資本蓄積は、資本と労働の代替関係に強く依存する。機械設備の固定性により、この代替関係が緩慢に推移すれば、二つの運動は同時に進行するだろう。その結果生じる二つの運動の相互作用はどのようなものだろうか。

実質賃金率の急騰の結果、労働コストの急激な上昇が生じ、利潤が圧迫された時、企業はどのような行動をとるだろうか。第一の選択は、生産方法を変えずに、そもそも実質賃金率の高騰の原因であった資本蓄積率を抑えることである。第二の選択は、雇用量を減らすような生産方法に変えることである。Marx[41] は、特に第一の選択を取り上げて、資本制経済には、実質賃金率をその経済体制の許容範囲に納めるようなメカニズムが存在することを明らかにした。Goodwin[16] は、Marx の議論を厳密に数学的に定式化したものである。我々は第二の選択について考察しよう。

今、効率単位での資本-労働比率

$$\ell = \frac{K}{AL}$$

が一定であるような生産方法に従っている企業が、急激な実質賃金率の上昇に直面したとしよう。もし、実質賃金率の上昇率が労働生産性の上昇率を上回れば、資本分配率は低下し始める。この時、この企業は、雇用量を削減し、効率単位での資本-労働比率を高めるよう努めるだろう。効率単位での資本-労働比率が一定のもとでは、労働生産性は労働効率 A に比例するから、選択時点での労働生産性の代理変数として労働効率を使ってもかまわない。したがって、企業の上述の調整過程は以下のように表される。

$$\frac{\dot{\ell}}{\ell} = \delta\left(\frac{\dot{w}}{w} - \alpha\right) \qquad \delta > 0 \tag{8.4}$$

ただし、αは労働効率 A のは労働効率 A の変化率であった。以下の議論を単純にするために、我々は、上の式の労働効率 A の変化率αをこの経済体系の均衡での値α^*に固定する。後で、この仮定をはずすが、各企業が、それぞれの時点での労働生産性を正確に知りえないとすれば、その代わりに、各企業が労働生産性の一つの近似値として均衡値α^*のみをを知っていると考えることは、けっして不自然ではないだろう。形式的には、(8.4) 式は以下のものと取り替えられる。

$$\frac{\dot{\ell}}{\ell} = \delta\left(\frac{\dot{w}}{w} - \alpha^*\right), \qquad \delta > 0.$$

さらに、実質賃金率 wが、労働市場における雇用率 vに応じて変動すると考えよう。

$$\frac{\dot{w}}{w} = -a + bv, \qquad a > 0, \quad b > 0.$$

これを直前の式に代入して、

$$\frac{\dot{\ell}}{\ell} = b\delta v - \delta(a + \alpha^*) \tag{8.5}$$

を得る。

次に、我々は技術が資本設備に体化されていることを仮定しているから、前節の議論より、以下の式が成り立つ。

$$\frac{\dot{A}}{A} = \gamma\frac{\dot{K}}{K} \qquad 0 < \gamma < 1 \tag{??}$$

さらに、生産関数を特定化して、Cobb-Douglas 型とする。

$$Y = K^{1-\beta}(AL)^{\beta}$$

今、貯蓄率 s が一定であるとすれば、

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{sY}{K} = s\ell^{-\beta} \tag{8.6}$$

である。

この時、雇用率の変動はどのようになるだろうか。雇用率 v の定義より、

$$\frac{\dot{v}}{v} = \frac{\dot{L}}{L} - \frac{\dot{N}}{N}$$

である。ただし、N は人口を表す。ここで、人口成長率 n を一定としよう。(8.3) に注意すれば、

$$\frac{\dot{v}}{v} = (1-\gamma)\frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{\ell}}{\ell} - n$$

最後に、(8.5)、(8.6) を考慮すれば、

$$\frac{\dot{v}}{v} = (1-\gamma)s\ell^{-\beta} - \delta(-a + bv - \alpha^*) - n$$

を得る。

変数変換して、

$$m = s\ell^{-\beta}$$

としよう。すると、二つの動学方程式はそれぞれ

$$\begin{aligned} \frac{\dot{m}}{m} &= \beta\delta(a+\alpha^*) - \beta\delta bv \\ \frac{\dot{v}}{v} &= (1-\gamma)sm - \delta bv + \delta(a+\alpha^*) - n \end{aligned}$$

となる。経済体系はこの動学方程式に従う。また、この方程式は、Volterra-Lotka 方程式を拡張した形になっている[19]。方程式の均衡点を (m^*, v^*) とすれば、

$$(m^*, v^*) = \left(\frac{n}{s(1-\gamma)}, \quad \frac{a+\alpha^*}{b}\right)$$

であることがわかる。(8.5) と (8.6) を組み合わせれば、技術進歩率の均衡値 α^* も容易に求まる。

$$\alpha^* = \frac{n\gamma}{1-\gamma}$$

均衡状態における技術進歩率は、Sheshinski[67] モデルのそれと一致する。さらにこの均衡の近傍で経済体系は漸近安定であり、しかも、効率単位での資本-労働比率の調整係数 δ が、

$$0 < \delta < \frac{4\beta n}{a+\alpha^*}$$

の範囲にあれば[20]、均衡点は、渦状点 (focus) であることがわかる。(数学注 C 参照)

企業は、実質賃金率の上昇に際して、効率単位での資本-労働比率を上昇させ、これに対処する。ところで、貯蓄率 s と現時点での資本-労働比率、および労働の効率が与えられた時、(8.6) より資本成長率は所与

[19] Hirsch and Smale[24] ch12

[20] この制約は、資本労働比率の調整が緩慢にしか進まないことを意味している。我々は、機械設備の固定性を認めているから、このような制約を加えることに問題はなかろう。

であるから、調整はもっぱら、雇用量の伸び率の抑制という形をとる。雇用の伸び率の抑制によって、効率単位での資本-労働比率は徐々に上昇し、同時に、技術進歩率も向上するだろう。それに加えて、労働需要の低迷は、労働市場の需給を、一時的にせよ、緩和し、実質賃金率の上昇を押え込むだろう。ところが、利潤分配率の上昇に刺激された資本成長率の改善が雇用率の上昇を伴えば、労働市場は再度逼迫しはじめ、実質賃金率は上昇する。こうして、再び上の過程が繰り返されることになる。

もう一度、(8.3)、(8.6) に注目すれば、

$$\alpha = s\gamma m$$

であることがわかる。経済体系の運行に従って、m が振動するから、技術進歩率αもやはり、均衡水準α^*を中心に上下に振動するのである。一方、実質賃金率も、一定の成長率α^*を保つ成長径路の周囲を循環しつつ伸び続ける。長期的な実質賃金率の伸びは、技術進歩率に規制される。

こうして、技術進歩率は、実質賃金率の変動との相互作用で循環的な振動を繰り返していくことがわかった。特に、各企業を合理化と機械化に駆り立てているものは、実質賃金率の急激な上昇である点が重要である[21]。

長期均衡点において、我々は、実質賃金率が労働の限界生産力に等しいと仮定したが、それ以外の点では、実質賃金率は労働市場の需給バランスに委ねられる。したがって、長期均衡点以外では、一般に限界生産力説は成立しない。限界生産力説が成り立つ限り、Cobb-Douglas 型生産関数のもとでは、労働分配率 u は一定値βをとる。ところが、このモデルにおける労働分配率は必ずしも一定ではない。労働分配率の定義より、

$$\frac{\dot{u}}{u} = \frac{\dot{w}}{w} + \frac{\dot{L}}{L} - \frac{\dot{Y}}{Y}$$

動学方程式と生産関数の形状に注目すれば、さらに、

$$\frac{\dot{u}}{u} = b\left[1 - (1-\beta)\delta\right](v - v^*) + \alpha^* - \alpha$$

を得る。よって、$\alpha = \alpha^*$かつ $v = v^*$であれば、労働分配率 u は一定になるが、均衡点以外では、一般に、$\dot{u} \neq 0$ であり、労働分配率は一定ではない。

8.6 モデルの修正

前節のモデルを構成するにあたって、我々は、留保条件を一つつけておいた。それは、各企業が、技術進歩率の均衡値を参考にしながら、効率単位での資本-労働比率の改定を行うという仮定に対してである。このように仮定した理由は、それぞれの企業が各時点での社会全体の技術進歩率を正確に知ることはないと考えたからである。その代わり、まったく不合理とは言えない予想値として技術進歩率の均衡値を用いた。さて、逆に、各企業が各時点各時点での社会全体の技術進歩率を正確に知っているとすれば、前節の結論は大幅に修正されなければならないのか。この疑問に答えよう。もっとも、二つの仮定はそれぞれ極端な場合を想定しており、現実には、その中間の事態が生じていると考えるのが妥当である。

当初の効率単位での資本-労働比率の調整式 (8.4) にもどろう。

$$\frac{\dot{\ell}}{\ell} = \delta\left(\frac{\dot{w}}{w} - \alpha\right) \qquad \delta > 0 \tag{8.4}$$

すると、動学方程式は以下のように修正される。

$$\begin{aligned}\frac{\dot{m}}{m} &= a\beta\delta - b\beta\delta v + \beta\delta\gamma s m \\ \frac{\dot{v}}{v} &= \left[1 - \gamma(1-\delta)\right] s m - (n - \delta a) - \delta b v\end{aligned}$$

[21] Robinson[58]p96

この体系の均衡点 (m^*, v^*) は、

$$\left(\frac{n}{s(1-\gamma)},\quad \frac{1}{b}\left(a+\frac{n\gamma}{1-\gamma}\right)\right)$$

であり、前節とまったく同じである。均衡点が局所的に漸近安定である点も、以前と同じである。また、効率単位での資本-労働比率の調整係数δが、一定の範囲、具体的には、

$$0<\delta<\frac{4n}{a}$$

にあれば、十分大きな労働分配率の均衡値 $0<\beta<1$ に対して、特性方程式の判別式は負になる。(数学注参照)　したがって、前節と同様、均衡点の周囲での循環が観測される。

要約すれば、効率単位での資本-労働比率の調整が緩慢であり、かつ、均衡点での労働分配率が十分高ければ、前節の結論は保持される。

8.7 動学径路の解釈

動学モデルにおける時間の一単位をどのようにとるかによって、モデルの経済学的意味は非常に異なったものになるだろう。もし、我々のモデルの時間の一単位を、たとえば1分とか1時間とかにとれば、経済諸変数の調整は急速に行われるから、事実上、経済は動学モデルの均衡点にあると考えて差し支えないだろう。その場合、経済は、常に Sheshinski[67] モデルの均衡成長径路上を成長し続ける。

しかし、我々は、このような解釈をとらない。反対に、我々のモデルの時間の一単位は非常に長く、それゆえ、均衡点は人々の関心の及ぶ範囲では、達成されることはない。経済は常に均衡点の周囲を巡回している。理論上は、巡回しつつ、均衡点に近づかなければならないのだが、その程度はとるに足らないものである。実質賃金率は循環的成長を続ける一方、失業率と技術進歩率は循環的振動を繰り返す。経済成長は、Sheshinski[67] モデルの均衡成長径路を中心にした循環的径路をたどるだろう。

本章の主要な結論は次の点である。第一に、資本制経済における技術進歩は、技術革新の場合も、また、これが特徴的な形態であるが、技術の普及過程でも、その時々の所得分配によって規制される。特に、実質賃金率が上昇し、労働分配率が高まる時に、社会全体の技術進歩が促進されるのである。第三に、このことは、資本制経済における技術の支配的な形態が機械設備に体化された技術であるという事実と不可分に結びついている。

最後に、本章の動学モデルに対する誤った解釈を防ぐために、モデルの仮定について注意を喚起しておく。モデルの動学過程は、人々の主体的営為から完全に独立に進行しているのではない。とりわけ、実質賃金率の高騰に直面した企業が、種々の社会的圧力に抗して、雇用率の伸びを抑えることに成功したとしても、そのことが自動的にこの企業に技術進歩を保障しているのでないことは言うまでもない。新技術の導入は各企業の主体的行動にかかっており、これに失敗する可能性は大いにありえるのである。実際、失敗した企業はその産業部門の競争から脱落する。我々が研究したのは、常に各企業が新技術の導入に成功したとしたら、その帰結がどのようになるのかということである。

したがって、つぎのような疑問には答えていない。第一に、新技術の導入にあたり、企業はどのような困難に直面するのか。第二に、その困難を克服するためにどのような手段が利用可能なのか。この疑問に答えるためには、これまでの分析で全然触れなかった制度的諸問題についても言及しなければならないだろう。最後に、もし、どの企業も本論で想定した水準の新技術を導入できなかったとしたら、国民経済はどうなるのか。これらの疑問は、今後に残された課題である。

Chapter 9

資本制経済の段階理論に向けて

9.1　はじめに

各企業が、必要な時にはいつでも、新技術を導入できるという前提のもとに、我々は、これまで分析を進めてきた。しかし、この前提が常に成立するものでないことは明らかであろう。実際に新技術がどのような状況で導入されるのかを知るためには、前章の最後で触れたように、第一に、新技術の導入に際し、各企業はどのような困難に直面するのか、第二に、その困難を克服するのにどのような手段が講じられるのかが解明されなければならない。この二つの問題に全面的に解答することが本章の目的ではない。本章では、ただ解答を素描し、今後の議論の展開方向を示唆するにとどめる。

9.2　新技術の導入に伴う困難

雇用の増加によって労働分配率が上昇し、今までと同じ生産技術のままでは、利潤率が低下するという状況では、先進的企業のみならず、大多数の一般的な企業にとって、新技術の導入が要請される。けれども、必要とされる新技術がいつでも何の困難もなく導入できるわけではない。

だいいち、高騰する実質賃金率に抗して利潤率を引き上げるのに十分な新技術がその時すでに発明されている保証はない。前章のはじめに述べたように、労働分配率の上昇は、技術革新を促す一つの要因である。だが、技術革新はもっと広範な技術的、社会的要因からも強い影響を受けている。研究設備の充実、研究技術者の育成、研究開発組織の運営形態等の条件も技術革新の動向を左右する。

また、たとえ、必要な新技術が手もとにあったとしても、各企業がそれを採用できないこともあるだろう。新技術が導入が要請されるのは、まさしく利潤率が低下するような状況であり、そのような状況下では、新技術を体化した新鋭資本設備の購入資金が不足することが考えられる。というのは、利潤率の低下は、資本設備の稼働率が改善されない限り、企業の内部留保を抑制すると同時に、信用の低下を通じて、企業の外部資金調達を困難にするからである。

一方、一般に、より高度な技術は、物理的に見てより大きな資本設備に体化されている。だから、新技術の採用は、以前にも増して多額の資金を必要とするだろう。新技術の導入にかかる費用の増大と、それに要する投資資金の不足は、各企業の技術選択にとって大きな障害になろう。

上で述べた購入資金は、資本設備の購入費用との比較で考えられなければならず、その意味で実質量である。もし、金額表示の購入資金額が不足しているのであれば、資本設備の購入費用額がそれに見合う分減少するだけだろう。購入資金額が減少するにもかかわらず、資本設備の購入費用額が十分に下がらず、それゆえ、新しい資本設備を手に入れることができないとすれば、その理由は、既存の資本設備を所与とした時の資本設備総量の絶対量の不足にある。各企業の規模が同程度であるような極端な場合を考えてみよ

う。収穫逓増の仮定から、新鋭資本設備には、技術的に決まる一定の最低規模、あるいは最低必要投資量が存在する。いま発生している事態は、各企業が一斉に新鋭資本設備を購入しようとし、各企業の需要量の総計が、現存の資本設備と労働で供給できる最大量、潜在産出量を超過している状態である。この時、各企業の規模はほぼ同程度であるから、どの企業も新鋭資本設備を購入することはできない。見方を変えれば、現存の企業数が、新技術を導入しうる企業の最大数を上回っているのである。新鋭資本設備が一定の最低規模を満たさなければならない以上、所与の資本設備と労働に対し、その新鋭資本設備を使うことのできる最大の企業数は、企業規模が同一であるという条件下では、潜在産出量を技術的最低投資量で割った数に等しい。現行の企業数が、新技術を導入可能な最大企業数を上回っている時、各企業は新鋭資本設備をめぐる激しい争奪戦を展開するだろう。それは、各企業の生き残りを賭けた競争過程である。各企業の資金量が不変である限り、いずれの企業も新鋭資本設備の導入には成功せず、争奪戦の続く間、投資は低迷する。

投資の減退により、有効需要の不足が持続する時、経済はどのような状態に陥るだろうか、その詳細な分析は非常に興味深い研究課題であるが、本章ではこれ以上踏み込まない。ともかく、利潤率の低下と投資需要の不足は、資本制経済の再生産を妨げるという意味で、資本制経済の経済的な危機を招くだろう。

必要とされる技術進歩の停滞にともなう経済危機が引き起こされる可能性がある。

最後に、各企業の規模がほぼ同程度であるという極端な仮定は、もう少し緩めてもかまわない。主要な産業の多くの企業で、技術的最低投資量を調達できない時、危機が引き起こされる。

9.3 経済危機を解決する手段

危機は、資本制経済の決定論的破綻を意味するものでは決してない。実際、以下の三つのいずれかが満たされた時、資本制経済は危機から脱け出すことができる。

第一に、資本制経済が新たな経済的諸制度を創設し、新しい形態の困難に対応できた時。この時、資本制経済は新しい段階に移行する。創設された新しい制度を使って、いくつかの企業が統合された結果、技術的最低投資量を調達可能な規模の新企業が十分な数、育成され、以前より高い技術に対応できる経済組織が用意された時、危機は解決され、資本制経済は再び発展を開始するだろう。株式会社や証券市場等の金融的諸制度は独占資本主義段階への移行において、こうした資本の集中のために準備された制度の一例である。創設された制度が機能する限りで、資本制経済の一つの段階が画される。

第二に、資本制経済以前の諸制度を復活させることによって、新しい形態の困難に少なくとも一時的に対応できた時。

第三に、資本制経済にとって代わる新しい経済体制に移行できた時。資本制経済の危機は、この場合、単に資本制経済を前提にした従来までの諸制度を変革するばかりか、前提そのものである資本制経済の生産関係を変革してしまう。

三つの条件のいずれかが選択されないかぎり、危機は持続する。繰り返しになるが、危機の発生は、資本制経済の崩壊を意味するものではなく、危機からの脱出の方向も残されている。ただし、いずれの選択がなされるかは、特に支配階級と被支配階級の主体的営為と力量の問題である[1]。

危機と産業循環上の恐慌とは明確に区別される。なるほど、資本制経済は危機にある時、しばしば長い不況を経験する。しかし、産業循環上の恐慌や不況は同一の経済制度内の微細な調整である限り、危機を引き起こすことはない。

[1] 我々は意図的に主体的要因を重視し、決定論的な予言を排除している。

9.4 今後の課題

技術の普及が円滑に進行するためには、技術進歩を支える経済的諸制度、具体的には、技術的最低必要投資量を調達可能な企業を成立させる金融的諸制度が必要である。したがって、持続的な技術進歩の条件を探るためには、資本制経済発展史上の特定の金融的諸制度の機能と限界に関する研究が不可欠である。本章での議論の展開から示唆されるように、それは、資本制経済の経済的諸段階と危機の理論的分析となろう。特に、労働分配率の上昇局面で技術進歩が多くの企業に強要されることを考慮すれば、新技術の導入の成否は資本制経済の存続にかかわる重大問題である。

Appendix A

第 6 章の数学注

A.1

労働者の非余暇時間の分割 u^* は、

$$u^* = 1 - \frac{\delta + \rho(1-\beta)}{\{\sigma + \beta(1-\sigma)\}\delta}$$

したがって、$\delta(1-\sigma) < \rho < \sigma/(1-\beta)$ であれば、

$$0 \leq u^* \leq 1$$

となる。

A.2

実際、この問題の最適成長径路上では、(6.6)、(6.10) より、

$$\frac{\dot{k}}{k} + \frac{\dot{\theta}_1}{\theta_1} - \rho = -\delta \frac{\beta}{1-\beta} u^* < 0$$

であるから、

$$\lim_{t \to \infty} k\theta_1 \exp(-\rho t) = 0$$

が言える。同様に

$$\lim_{t \to \infty} A\theta_2 \exp(-\rho t) = 0$$

が導ける。

A.3

実際、$\tilde{\ell} = \frac{K}{AL_Y}$ とおくと、

$$\frac{d\tilde{\ell}}{ds} = \frac{\tilde{\ell} f(\tilde{\ell})}{s} \cdot \frac{1}{f(\tilde{\ell}) - \tilde{\ell} f'(\tilde{\ell})} > 0.$$

A.4

実際、

$$\frac{d\ell}{ds} = \frac{f(\ell)\ell}{s[f(\ell) - \ell f'(\ell)]} > 0.$$

A.5

—存在—

新古典派生産関数は以下の条件を満足している。

$$\begin{aligned} f(0) &= 0, \qquad f(\infty) = \infty, \\ f'(0) &= \infty, \qquad f'(\infty) = 0. \end{aligned}$$

このことと中間値の定理より、動学方程式 (6.19)、

$$\dot{\ell} = sf(\ell) - \{sf(\ell)\}^{\mu}\,\ell - n\ell \tag{6.19$'$}$$

には定常解が存在することがわかる。

——一意性—

(6.19') の右辺を$\varphi(\ell)$ とおくと、

$$\varphi'(\ell) = sf'(\ell) - \{sf(\ell)\}^{\mu} - \mu\{sf(\ell)\}^{\mu-1} \cdot sf'(\ell)\ell - n.$$

定常解 $\ell^* > 0$ での$\varphi'(\ell)$ の評価は、

$$\varphi'(\ell^*) = -s\frac{f(\ell^*) - \ell^* f'(\ell^*)}{\ell^*} - \{sf(\ell^*)\}^{\mu-1} \cdot s\mu f'(\ell^*)\ell^* < 0$$

となる。これと fの連続性から、ℓ^*の一意性が言える。

—大域的安定性—

fの連続性より、定常解は $\ell > 0$ の範囲で大域的に安定であることがわかる。

A.6

(6.20)、(6.21) を全微分して、行列表示すると

$$\begin{bmatrix} 1 - \ell^{\mu}\mu g^{\mu-1} & -\mu\ell^{\mu-1}g^{\mu} \\ -\ell & sf'(\ell) - g \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dg \\ d\ell \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -f(\ell) \end{bmatrix} ds$$

が得られる。係数行列の行列式 Dは、(6.21) を考慮して

$$D = -\frac{s}{\ell}[f(\ell) - \ell f'(\ell)] - \mu s\ell^{\mu}g^{\mu-1}f'(\ell)$$

だから、負である。ここで $0 < \mu < 1$ に注意すれば、

$$\begin{aligned} \frac{dg}{ds} &= -\frac{f(\ell)}{D}\mu\ell^{\mu-1}g^{\mu} > 0, \\ \frac{d\ell}{ds} &> -\frac{f(\ell)n}{Dg} > 0. \end{aligned}$$

A.7

(6.37) 、(6.27') 、(6.38) からなる方程式系を全微分して、行列表示すると

$$\begin{bmatrix} 1 & -(1-\beta) & 0 \\ 1 & 0 & -m\eta y^{\eta-1} \\ -s & y\beta^2 & g\beta^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\alpha \\ dg \\ dy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \alpha \end{bmatrix} ds$$

となる。係数行列の行列式 Dとすれば、$0 < y < 1$ としているから、

$$\begin{aligned} D &= -s(1-\beta)m\eta y^{\eta-1} + (1-\beta)g\beta^2 + \beta^2 m\eta y^\eta \\ &= \frac{\alpha s}{y}(1-\eta)(1-\beta) + \beta^2 m\eta y^\eta \\ &> 0. \end{aligned}$$

これより、

$$\begin{aligned} \frac{d\alpha}{ds} &= \frac{\alpha(1-\beta)m\eta y^{\eta-1}}{D} > 0, \\ \frac{dg}{ds} &= \frac{\alpha m\eta y^{\eta-1}}{D} > 0, \\ \frac{dy}{ds} &= \frac{\alpha(1-\beta)}{D} > 0 \end{aligned}$$

を得る。

Appendix B

第 7 章の数学注

B.1

(7.14) を全微分すれば、

$$\frac{d\bar{m}}{ds} = -\frac{f' \cdot \left(\bar{u_1} + \frac{1}{1+n}\right)}{s f''} > 0$$

Appendix C

第 8 章の数学注

C.1

本文で検討した動学方程式は、拡張された Volterra-Lotka 方程式である。

$$\begin{aligned}\frac{\dot{x}}{x} &= a_{11}x - a_{12}y + a_{13} \\ \frac{\dot{y}}{y} &= a_{21}x - a_{22}y - a_{23} \\ & a_{11},\ a_{12},\ a_{13},\ a_{21},\ a_{22} > 0\end{aligned}$$

均衡点 (x^*, y^*) は、

$$\begin{aligned}a_{11}x^* - a_{12}y^* + a_{13} &= 0 \\ a_{21}x^* - a_{22}y^* - a_{23} &= 0\end{aligned}$$

を満たす。

均衡点の近傍で上の微分方程式を線型近似すると、

$$\begin{bmatrix} \frac{d}{dt}(x - x^*) \\ \frac{d}{dt}(y - y^*) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}x^* & -a_{21}x^* \\ a_{21}y^* & -a_{22}y^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x^* \\ y - y^* \end{bmatrix}$$

第 8.5節の場合は $a_{11} = 0$ にあたる。この場合の線型化行列を A とすると、

$$\begin{aligned}Tr\,A &= -\delta(a + \alpha^*) < 0 \\ Det\,A &= \beta\delta n(a + \alpha^*) > 0\end{aligned}$$

したがって、均衡点 (m^*, v^*) は、この点の近傍で漸近安定となる。さらに、特性方程式の判別式をΔとすれば、

$$\Delta = \delta(a + \alpha^*)\left[\delta(a + \alpha^*) - 4\beta n\right]$$

したがって、$\delta > 0$ が十分小さければ、すなわち、

$$0 < \delta < \frac{4\beta n}{a + \alpha^*}$$

なれば、$\Delta < 0$ となり、渦状点 (focus) であることがわかる。また、$\delta > 0$ が十分小さければ、$Tr\,A$ の絶対値も小さくなり、均衡点への接近も緩やかになる。

一方、第8.6節の場合、$0 < \beta < 1$ に注意すれば、線型化行列 A に関して、

$$\begin{aligned} Tr\,A &= \delta\left[\frac{n\gamma}{1-\gamma}(\beta-1)-a\right] < 0 \\ Det\,A &= n\beta\delta\left(a+\frac{n\gamma}{1-\gamma}\right) > 0 \end{aligned}$$

となる。さらに、判別式Δは、

$$\Delta = \left(\frac{\delta n\gamma}{1-\gamma}\right)^2(\beta-1)^2 - \frac{2a\delta^2 n\gamma}{1-\gamma}(\beta-1) + \delta^2 a^2 - 4n\beta\delta\left(a+\frac{n\gamma}{1-\gamma}\right)$$

ここで、$X = \beta - 1$ とすれば、この式の右辺は、

$$f(X) = \left(\frac{\delta n\gamma}{1-\gamma}\right)^2 X^2 - \left[\frac{2a\delta^2 n\gamma}{1-\gamma} + 4n\delta\left(a+\frac{n\gamma}{1-\gamma}\right)\right]X + \delta^2 a^2 - 4n\delta\left(a+\frac{n\gamma}{1-\gamma}\right)$$

となる。すると、

$$f(-1) = \delta^2\left(\frac{n\gamma}{1-\gamma}+a\right)^2 > 0$$

したがって、$0 < \exists\beta < 1$ に対して、$\Delta < 0$ になるためには、$f(0) < 0$ であればよい。すなわち、

$$f(0) = \delta a(\delta a - 4n) - 4n\delta\frac{n\gamma}{1-\gamma}$$

だから、$\delta a < 4n$ ならば、$f(0) < 0$ となる。

この時、$f(X) = 0$ に対応するβの値を$\bar{\beta}$とすると、

$$\bar{\beta} < \beta < 1$$

に対して、判別式Δは負になる。すなわち、δが

$$0 < \delta < \frac{4n}{a}$$

であれば、十分大きな労働分配率の均衡値βに対して、均衡点(m^*, v^*)は、渦状点(focus)になる。

Bibliography

[1] Allen, R. G. D., *Macro-Economic Theory*, (London: Macmillan, 1967)

[2] Arrow, K.G., 'The Economic Implications of Learning by Doing,' *Review of Economic Studies*, Vol.29, pp.155-173, 1962

[3] Black, J., 'The Technical Progress Function and the Production Function ' *Economica* , Vol.29 1962, pp.166-170.

[4] Blanchard, O. J. and S. Fischer, *Lectures on Macroeconomics*, (Cambridge, Mass., MIT Press, 1989)

[5] Burmeister, E and R. Dobell, *Mathematical Theories of Economic Growth* (New York: Macmillan,1970)

[6] Clower, R., 'The Keynesian Counter-revolution: A Theoretical Appraisal,' in F.H. Hahn and F.P.R. Brechling eds. *The Theory of Interest Rates* (London: Macmillan, 1965)

[7] Desai, M., 'Growth Cycles and Inflation in a Model of the Class Struggle, ' *Journal of Economic Theory* , Vol.6 1973 pp.527-545.

[8] Diamond, P. A., 'National Debt in a Neoclassical Growth Model,' *American Economic Review*, Vol.55, 1965, pp.1126-1150.

[9] Diamond, P. A., 'Disembodied Technical Change in a Two Secter Model' *Review of Economic Studies*, Vol.32 1965, pp.161-168.

[10] Drandakis, E. M. and E. S. Phelps, 'A Model of Induced Invention, Growth, and Distribution,' *Economic Journal*, Vol.76, 1966, pp.832-840.

[11] Eatwell, J., 'Theories of Value, Output and Employment,' in J. Eatwell and M. Milgate eds. *Keynes' Economics and the Theory of Value and Distribution* (New York : Oxford University Press, 1983)

[12] Fischer, S., 'Keynes-Wicksell and Neoclasical Models of Money and Growth,' *American Economic Review* Vol.62, 1972

[13] Fisher, E. O., 'Susutained Growth in the Model of Overlapping Generations,' *Journal of Economic Theory* , Vol.56 1992, pp.77-92.

[14] Friedman, M., 'The Quantity Theory of Money : A Restatement,' in M. Friedman ed.,*Studies in the Quantity Theory of Money*, (Chicago University Press, 1956)

[15] Glomm, G. and B. Ravikumar, 'Public versus Private Investment in Human Capital : Endogenous Growth and Income Inequality,' *Journal of Political Economy* , Vol.100, 1992, pp.818-834.

[16] Goodwin, R. M., 'A Growth Cycle,' in ***Socialism, Capitalism, and Economic Growth***, C. H. Feinstein ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 1967)

[17] Harcourt, G. C. *Some Cambridge Controversies in the Theroy of Capital*, (Cambridge, Cambridge University Press, 1972)

[18] Harris, L., *Monetary Theory* (New York: McGraw-Hill, 1981)

[19] Harrod, R. F., 'An Essay in Dynamic Theory,' *Economic Journal*, Vol.49, 1939, pp.14-33.

[20] Harrod, R. F., *Towards a Dynamic Economics*, (London, Macmillan, 1948)

[21] Hicks, J. R., 'A Suggestion for Simplifying the Theory of Money,' *Economica* Vol.2, pp1-19, 1835.

[22] Hicks, J. R., 'Mr. Keynes and 'Classics',' *Econometrica* Vol.5, pp147-159, 1937.

[23] Hicks, J. R., *Value and Captial* 2nd ed. (Oxford, Claredon Press, 1946)

[24] Hirsch, M. W. and H. Smale, *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra* (London: Academic Press, 1974)

[25] Kahn, R. F., 'Exercises in the Analysis of Growth,' *Oxford Economic Papers* , N.S. Vol.11, pp.143-156, 1959.

[26] Kaldor, N., 'Alternative Theories of Distribution,' *Review of Economic Studies*, Vol.23, pp.83-100, 1956.

[27] Kaldor, N. 'A Model of Economic Growth,' *Economic Journal*, Vol.67, 1957, pp.591-624.

[28] Kaldor, N. 'Capital Accumulation and Economic Growth,' in *The Theory of Capital*, ed. F. A. Lutz and D. C. Hague, (London: Macmillan,1961)

[29] Kaldor, N. 'A Comment,' (in Symposium on Prodution Functions and Economic Growth), *Review of Economic Studies*, Vol.29, 1962, pp.246-250.

[30] Kalecki, M., *Selected Essays on the Dynamics of the Capitalist Society* (Cambridge: Cambridge University Press 1972)

[31] Kennedy, C., 'Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution,' *Economic Journal*, Vol.74, 1964, pp.541-647.

[32] Kennedy, C. and Thirlwall, A. P., 'Technical Progress—A Survey,' *Economic Journal*, Vol.82, 1972, pp.11-72.

[33] Kennedy, C. and Thirlwall, A. P. 'Technical Progress—A Survey,' *Economic Journal*, Vol.82, 1972, pp.11-72.

[34] Kenway, P., 'Marx, Keynes and the Possibility of Crisis,' *Cambridge Journal of Economics* , Vol.4 pp.23-36, 1980

[35] Keynes J. M., *The General Theory of Employment, Interest, and Money* (London Macmillan 1936)

[36] Keynes J. M. 'The General Theory of Employment,' *Quartary Journal of Economics* , Vol.51 pp.203-223, 1937.

[37] Lange, O., 'Say's law: A Restatement and Criticism,' in Lange, McIntyre, Yntema eds., *Studies in Mathematical Economics and Econometrics*, (The University of Chicago Press, 1942)

[38] Lange, O., 'Marxian Economics and Modern Economic Theory,' *Review of Economic Studies* , Vol.2, 1935, pp.189-201

[39] Lucas, R. E. Jr., 'On the Machanics of Economic Development' *Journal of Monetary Economics* , Vol.22, 1988, pp.3-42.

[40] Marx K.,「序説」『経済学批判要綱』, 高木幸二郎監訳 (大月書店, 1958)

[41] Marx K.,『資本論』第一巻, 岡崎次郎訳 (国民文庫, 大月書店 1972)

[42] Marx K.,『資本論』第二巻, 岡崎次郎訳 (国民文庫, 大月書店 1972)

[43] Marx K.,『資本論』第三巻, 岡崎次郎訳 (国民文庫, 大月書店 1972)

[44] Marx, K., 『賃金・価格・利潤』, 横山正彦訳, 国民文庫, (大月書店, 1965)

[45] McCallum, B. T., and M. S. Goodfriend, 'Demand for Money : Theoretical Studies,' in J. Eatwell, M. Milgate, P. Newman eds *The New Palgrave Dictionary* (Macmillan, 1987)

[46] Modigliani, F. R., 'Liquidity Preference and the Theory of Interest and Money,' *Econometrica* Vol.12, pp45-88, 1944.

[47] Muth, J. F., 'Rational Expectations and the Theory of Price Movement,' *Econometrica*, Vol.29, 1961, pp.315-344.

[48] 新野幸次郎、置塩信雄,『ケインズ経済学』, (三一書房, 1957)

[49] 置塩信雄,『蓄積論』, (筑摩書房, 1976)

[50] 置塩信雄他『経済学』, (大月書店, 1988)

[51] Okishio, N., 'Technical Change and the Rate of Profit,' *Kobe University Economic Review*, Vol.7, pp.85-99, 1961.

[52] Orphanides, A. and R. M. Solow, 'Money, Inflation and Growth' in B.M. Friedman and F.H. Hahn eds, *Handbook of Monetary Economics*, Vol.1. (Elsevier Science Publisher 1990)

[53] Pasinetti, L. L., 'A Mathematical Formulation of the Ricardian System,' *Review of Economic Studies*, Vol.27, pp.78-98, 1960.

[54] van der Ploeg, F., 'Predator-Pray and Neo-Classical Models of Cyclical Growth,' *Journal of Economics* , Vol.43, 1983, pp.235-256.

[55] Rebelo, S. 'Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth,' *Journal of Political Economy* , Vol.99, 1991, pp.500-521.

[56] Ricardo, D., 'On the Principles of Political Economy and Taxation,' in *The Works and Correspondance of David Ricardo* Vol.1, ed. Piero Sraffa, (Cambridge: Cambridge University Press, 1951)

[57] Robinson, J., *The Acumulation of Capital,* (London: Macmillan, 1956)

[58] Robinson, J., 'The Organic Composition of Capital,' *Kyklos*, Vol.31 1978, pp5-20

[59] Roemer, J. E., *Analytical Foundations of Marxian Economic Theory* (Cambridge: Cambridge University Press, 1981)

[60] Romer, P. M. 'Increasing Return and Long-run Growth' *Journal of Political Economy* , Vol.94, 1986, pp.1002-1037.

[61] Romer, P. M. 'Endogenous Technical Change,' *Journal of Political Economy* , Vol.98, 1990, pp.71-102.

[62] Rose, H., 'Unemployment in a Theory of Growth,' *International Economic Review* Vol.7 pp.260-282, 1966.

[63] Rose, H., 'Real and Monetary Factors in the Business Cycle,' *Journal of Money Credit and Banking*, Vol.1, pp.138-152, 1969.

[64] Samuelson, P. A. 'A Theory of Induced Innovation along Kennedy-Weizsäcker Lines,' *Review of Economics and Statistics*, Vol.47 1965, pp343-356

[65] 関根順一'資本制経済の段階移行と利潤率の傾向的低下,' 経済理論学会年報第30集、(青木書店、1993年10月)

[66] Shah, A.and M. Desai,, 'Growth Cycles with Induced Technical Change,' *Economic Journal*, Vol.91, 1981, pp.1006-1010.

[67] Sheshinski, E. 'Optimal Accumulation with Learning by Doing,' in *Essays on the theory of Optimal Economic Growth*, ed. K. Shell (Cambridge Mass.: MIT Press, 1967)

[68] 志築徹朗、武藤恭彦 『合理的期待とマネタリズム』, (日本経済新聞社, 1980)

[69] Show, G. K. 'Policy Implications of Endogenous Growth Theory,' *Economic Journal*, Vol.102 1992, pp.611-621.

[70] Sidrauski, M., 'Ratoinal Choice and Pattern of Growth in Monetary Economy,' *American Economic Review Papers and Proceedings* Vol.57, pp.534-544 1967

[71] Solow R. M., 'A Contribution to the Theory of Economic Growth,' *Quartary Journal of Economics* ,Vol.70, pp.65-94, 1956.

[72] Solow R. M., 'Investment and Technical Progress ' in *Mathmatical Method in the Social Sciences* , K. J. Arrow, S. Karlin and P. Suppes eds. (Stanford Univesity Press, 1959)

[73] Stein, J. L., 'Money and Capacity Growth,' *Journal of Political Economy*, Vol.74, pp.451-465, 1966.

[74] Stein, J. L., 'Neoclasical and Keynes-Wicksell Monetary Models,' *Journal of Money Credit and Banking*, Vol.1, pp.153-171, 1969

[75] Stern, N. H. 'The Determinants of Growth,' *Economic Journal*, Vol.101 1991, pp.122-133.

[76] 高橋陽一郎『微分方程式入門』,（東京大学出版会, 1988）

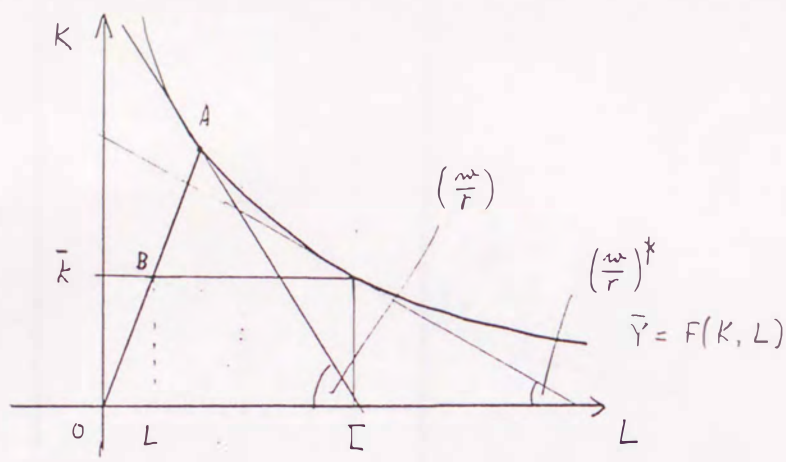
[77] Tobin, J., 'Liquidity Preference as Behavior Towards Risk,' *Review of Economic Studies*, Vol.25, pp.65-86. 1958

[78] Tobin, J., 'Money and Economic Growth,' *Econometrica* Vol.33,pp.671-684, 1965

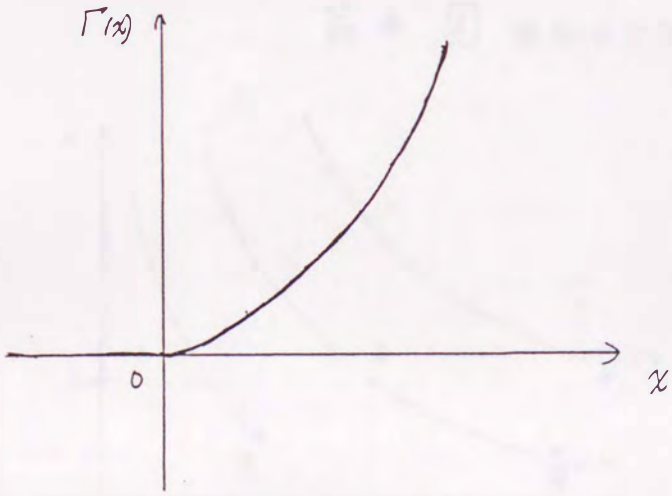
[79] Uzawa, H. 'Neutral Inventions and the Stability of Growth Equilibrium,' *Review of Economic Studies*, Vol.28 1961 pp.117-124.

[80] Uzawa, H. 'Optimal Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth,' *International Economic Review* , Vol.6, 1965, pp.18-31.

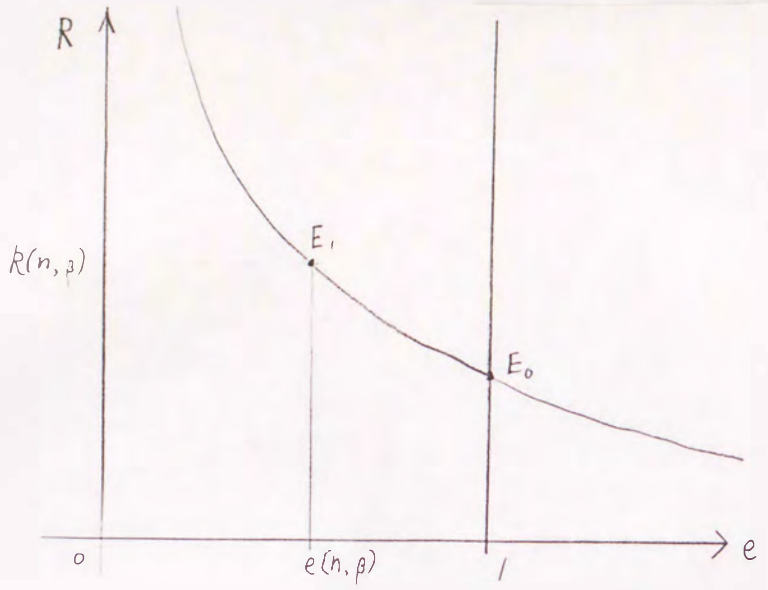
第1図　資本設備と労働需要



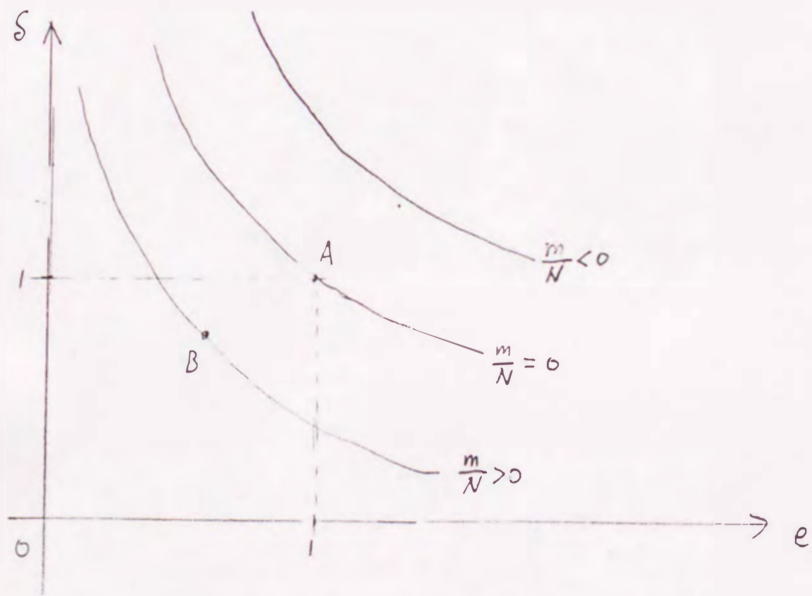
第2図　期待回収不能割合関数

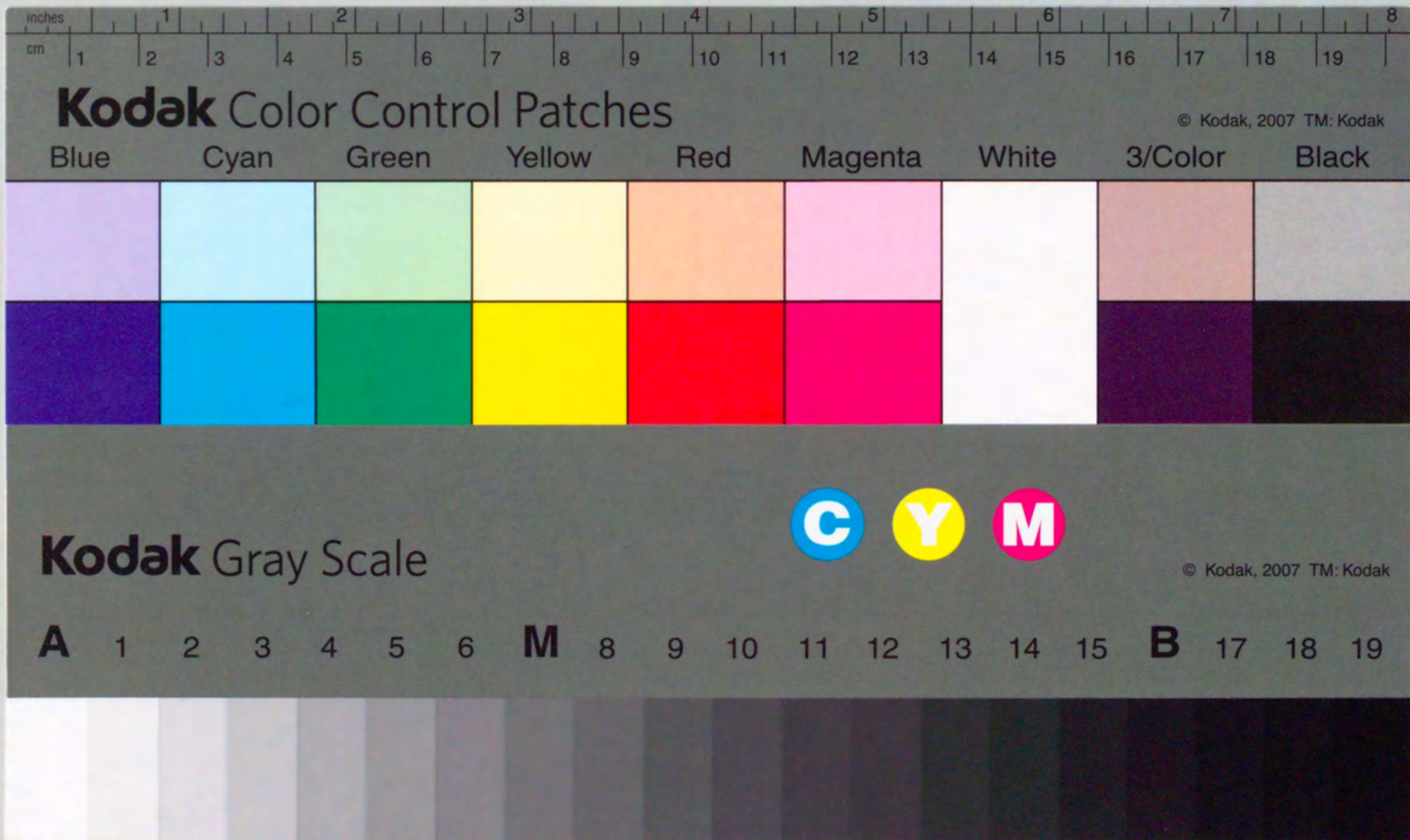


第3図　実質賃金率と雇用率



第4図　雇用率と稼働率




inches
cm
Kodak Color Control Patches
© Kodak, 2007 TM: Kodak
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
C Y M
Kodak Gray Scale
© Kodak, 2007 TM: Kodak
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19