

景気循環における新旧技術の導入と廃棄について*

北野正一

- I 問題
- II 需給の一時的均衡
- III 均衡成長経路
- IV 不均衡累積過程
- V 数学注
- VI シミュレーション結果

I 問題

資本制経済が拡大再生産を持続させるうえで新技術を体化した新設備の導入とその対極として旧技術を体化した旧設備の廃棄とは不可欠の条件をなす。資本制経済は、技術革新なしには、長期的には労働力供給に制約された低成長率、従つて低利潤率の状態に陥る。更に技術革新が生じた場合、それを体化した新設備が導入されると、ためには、それを稼動させるための労働力の調達とそれによつて供給される生産物に対する需要の確保とが必要となるが、そのためには、旧技術を体化した旧設備の廃棄による労働力の放出と生産能力削減が必要となる。

本稿の目的は、競争的な資本制経済において、この新技術の導入と旧技術の廃棄とが景気循環という運動メカ

景気循環における新旧技術の導入と廃棄について（北野）

ニズムによって実現されることを論じ、又その具体的な実現方法を検討する」とある。

そのための分析方法として、資本家の投資態度を景気循環の主因とする Harrod=置塙の均衡経路の不安定性論に、技術革新による新旧設備格差を分析し、vintage model を組込むことによって若干の数値例による simulation を行う。

新技术の導入と旧技術の廃棄の経済的メカニズムを論じたのはマルクス『資本論』である。そこでは、(1)技術革新を導入する蓄積が独立変数であり、好況・不況を生ぜしめる主因である。(2)旧技術の廃棄に関しては、好況期におけるその運動の仕方は明示的に扱われていない。不況期においては、商品の実現困難→価格水準の低落→資本・商品の価値破壊、という論理で旧設備の廃棄が論じられているが、そこでの価値破壊の内容と実現メカニズムは必ずしも明確でない。(3)不況期における集中的な旧設備の廃棄によって産業予備軍が再形成され、次の好況の前提条件が作られる。本稿は以上のマルクスの論旨を展開せんとするものである。

又、新古典派成長論においては、vintage model を組込むことによって新設備の導入、旧設備の廃棄の問題を扱っているが、これを実現する経済的メカニズムは本稿の論旨と異なる。すなわち、新古典派成長論においては、体系の因果関連の出発点として、労働力市場において完全雇用を実現するよう実質賃金率が調整的に変化すると想定されており、こうして決定される実質賃金率の水準に対応して設備の稼動範囲、従って旧設備の廃棄量が決められる。更にその結果として生産・供給される生産物を完全販売できるだけの需要は必ず生まれる (Say's law)⁽¹⁾、いいかえれば、完全雇用所得における貯蓄額に等しい新投資額は必ず保障される、と仮定されている。これに対して本稿では、Marx, Keynes 的な新投資（新設備の導入）が独立的に決定され、貯蓄額がそれに等

しきなるように稼動設備の範囲、従つて旧技術の廃棄量が決まり、それだけの旧技術を個別資本家に廃棄せらる
ようにならぬ。資金・価格関係が、すなわち実質賃金率の水準が変化すると考える。こうした結果として決まる雇用量が
完全雇用を保障するとは限らない。以上の因果連鎖の進行は overtime には景気循環という形をとることになる。⁽²⁾

- (1) 以上の新古典派の新設備導入・旧設備廃棄のメカニズムについては
Phelps, E., "Substitution, Fixed Proportions, Growth and Distribution," International Economic Review, Sep., 1963.

- (2) 投資が貯蓄を決定する立場から Keynes の立場から Vintage Model を扱つたものとして

Kaldor, N., & Mirelees, J., "A New Model of Economic Growth," R.E.S., 62.
が挙げられることが多いが、Kaldor の強調によるとかねば、New Model の運動メカニズムは新古典派的である。
すなわち Kaldor の "A Model of Economic Growth," R.E.S., Dec. '57.においては、確かに 資本家の
技術選択態度を犠牲にすることなく完全雇用を投資態度と両立させようとする New Model やは、Kaldor の
強調する投資態度は新投資における技術選択態度によつて代替われて存在せよ (New Model の (3) or (4)式)、完
全雇用の仮定が運動を支配している。

II 需給の一時的均衡

I で述べた問題を鮮明に浮びあがらせるために以下の仮定をおく。

- ① 生産財と消費財からなる二部門経済を考え、生産財は一旦各部門に据付けられると転用不可能である。
- ② 設備の経済的廃棄のメカニズムを鮮明にするために、設備の稼動、遊休に伴う物理的磨損は無視する。
- ③ 資本家は消費せず、労働者は貯蓄しない。

④ 技術進歩。毎期各部門の資本係数を一定に保ちつつ労働生産性を一定率で上昇させるような Harrod 中立型の技術進歩が生じる。従つて代替的な新技術の Set は考慮していないから、技術選択の問題は生じない。又、新技術は新設備にのみ体化される (putty-clay)。

⑤ 供給態度。競争的な市場条件を考えており、生産設備は粗利潤（売上—賃金）を生む限り完全稼動され、粗利潤が消滅すれば遊休される。従つて個々の設備の稼動率は 1 or 0 と考える。なお、一旦遊休した設備であつても、その後の経済状態の変化により粗利潤を獲得可能となれば再稼動される。この仮定は、好況期において需給一致を保障するために必要となる。

次に記号を以下のように定める。 x_t^i ($i=1, 2$) ; 第 i 部門において第 t 期に据付けられる設備量。なお第 1 部門を生産財生産部門、第 2 部門を消費財生産部門とする。 w_t ; 実質賃金率、 σ_i ; 第 i 部門における設備単位当たりの産出量（産出係数）。 n_t^i ; 単位設備の完全稼動に必要とされる雇用量。 α_i ; 労働生産性の上昇率。 g_t ; t 期に据付けられた設備の労働生産性。 θ_t ; 耐用年数 (t 期に稼動している設備のうちの最高年令)。 q_t ; 消費財を基準にした生産財の相対価格。 g_t^i ; 粗投資の成長率。 r_t ; 利潤率。 N_t ; 総雇用量。以上。

まず、両部門の需給一致条件より、

$$\sigma_1 \int_{t-\theta_t^i}^t x_s^1 ds = x_t^1 + x_t^2 \quad (1)$$

$$\sigma_2 \int_{t-\theta_t^i}^t x_s^2 ds = w_t \left[\int_{t-\theta_t^i}^t n_s^1 x_s^1 ds + \int_{t-\theta_t^i}^t n_s^2 x_s^2 ds \right] = w_t N_t \quad (2)$$

となる。仮定⑤の設備の切断（稼動・遊休の臨界点）条件より

$$q_t \sigma_1 - w_t n_{t-\theta_t}^1 = 0 \quad (3)$$

$$\sigma_2 - w_t n_{t-\theta_t}^2 = 0 \quad (4)$$

である。仮定(4)より

$$n_t^i = \sigma_i / p_{t-\theta_t}^i, \quad p_t^i = p_0^i e^{\alpha_i t}, \quad i=1,2 \quad (5)$$

である。以上で未知数は $x_t^i, \theta_t^i, w_t, q_t$ の六個、条件式は(1)~(4)の四式だから、粗投資額 x_t^i をさしあたり外生変数と考えれば体系は完結し、 t 期における需給の一時的均衡状態が得られる。

さて、 t 期において何等かの事情で生産財への超過需要（たとえば x_t^i の増加）が生じたとする。第一部門で再び需給一致が成立するためには(1)より θ_t^i が変化せねばならず

$$\frac{d}{d\theta_t^i} \int_{t-\theta_t^i}^t x_s^i ds = n_{t-\theta_t^i}^i > 0 \quad (6)$$

であるから θ_t^i の増加すなわち遊休設備の再稼動が生じる。(3)を全微分すれば

$$\sigma_1 d(q_t/w_t) + (n_{t-\theta_t^i}^1)' d\theta_t^i = 0, \quad (n_{t-\theta_t^i}^1)' < 0 \quad (7)$$

$$\therefore d(w_t/q_t)/d\theta_t^i > 0 \quad (8)$$

となる。やがて θ_t^i が増加するためには生産財で測った実質賃金率 (w_t/q_t) が下落せねばならず、これは、生産財への超過需要によって生産財価格が貨幣賃金率以上に上昇する」とじよって実現される。その時、生産財部門で稼動中の任意の設備一単位が獲得しうる Keynes の賃金単位で測った粗利潤額 $\pi_{w,s}^1$ は

$$\pi_{w,s}^1 = q_1 \sigma_1 / w - n_{t-s}^1 \geq 0 \quad 0 \leq s \leq \theta_t^i \quad (9)$$

であるから、(8)を考慮すれば

$$d\pi_{ws}^1/d\theta_t^1 > 0$$

となり、超過需要が発生すれば、生産財部門の各設備の獲得する賃金単位で測った粗利潤は上昇する。以上のように、生産財部門で超過需要が発生すれば、遊休設備が再稼動され (θ_t^1 の増加)、供給量、雇用量が増加して新たな需給一致状態に至る。

所が生産財部門での追加的雇用は消費財部門への超過需要を発生させうるか（い）「発生させうる」と書いたのは、生産財部門では、雇用増にもかかわらず、生産財で評価した実質賃金率は下落しているので、消費需要総額は未定である点を考えていい）、消費財部門でも価格・賃金関係の変化に媒介されて新たな需給の均衡状態へ移ることになりうる。(2)を θ_t^1 、 θ_t^2 に関して全微分すれば

$$\sigma_2 x_t^2 - \sigma_t^2 d\theta_t^2 = N \frac{dw_t}{d\theta_t^2} d\theta_t^2 + w_t \{ n_t^1 - \sigma_t^1 x_t^1 - \sigma_t^2 d\theta_t^1 + n_t^2 - \sigma_t^2 x_t^2 - \sigma_t^2 d\theta_t^2 \} \quad (11)$$

となる。(3)を考慮すれば、まず(4)の左辺と右辺第3項とは消去し合ひ、更に(4)より

$$dw_t/d\theta_t^2 > 0$$

となるので、(3)より

$$d\theta_t^2/d\theta_t^1 > 0$$

となる。すなはち、生産財部門で発生した超過需要は消費財部門においても超過需要を発生させ実質賃金率を低下させ、消費財部門の稼動設備の獲得粗利潤を増加させることを通じて、消費財部門の耐用年数、雇用量、供給

量を増加させ、こうして両部門で新たな需給一致状態を成立させる。

III 均衡成長経済

さて、IIで設定した我々の Modelにおいて、均衡成長状態をどのように定義すればよいか、我々はそれを、両部門で均等かつ一定の利潤率 r と蓄積率 g とが持続する」と、やなわち

$$g_1 = g_2 = \text{一定}, \quad r_1 = r_2 = \text{一定}$$

と表記する。

ここで両部門の利潤率 r はそれぞれ次のように定義される。

$$r_t^1: \int_0^{\tilde{\theta}_t^1} (q_{t+s} \sigma_1 - w_{t+s} n_t^1) e^{-r_t^1 s} ds = q_t \quad (14)$$

$$r_t^2: \int_0^{\tilde{\theta}_t^2} (\sigma_2 - w_{t+s} n_t^2) e^{-r_t^2 s} ds = q_t \quad (15)$$

ここで $\tilde{\theta}_t^i$ は本期据付けられる設備の予想耐用年数を示す。すなわち本期の投資の利潤率とは、その設備費用と将来における獲得粗利潤流列の現在価値とを等しくさせる内部利子率である。

需給一致式(1)、(2)、利潤率の定式(14)、(15)にこれらの条件を代入すれば、これらの条件が満たされるためには両部門の労働生産性の上昇率 α_i が均等でなければならないことが証明できる(数学注1参照)。

又、この均衡成長経路上においては

$$r = g = r^*$$

景気循環における新旧技術の導入と廃棄について(北野)

となり、更に、耐用年数 θ_i 、部門比率 μ_i 、分配率 μ_i 、設備の廃棄に伴う失業率 u_i 、相対価格 q がいずれも一定値をとり、実質賃金率 w_i は毎期労働生産性の上昇率 α と同率で上昇し、総雇用量 N_t は $(g - \alpha)$ の率で変化することが分かる（数学注2参照）。

又、 γ 、従つて α のより高い均衡経路においては、 θ_1, θ_2 はいずれもより長くなる（数学注2参照）。

IV 不均衡累積過程

I の問題を扱うために、III の均衡成長経路において、何等かの理由で II で考察した需給変化による擾乱が生じて、現実経済が均衡経路から乖離して不均衡状態に陥つた時の運動（すなわち Harrod の安定性問題）を検討しよう。

運動の仕方を規定する核心は資本家の投資行動にある。まず均衡成長が毎期持続している状態とは、III でみたように、資本家の要求利潤率 γ^* が毎期実現されており、資本家はそれに等しい率で毎期設備投資を増大させており、それが逆に要求利潤率の実現を保証させている状態である。この均衡状態においてたとえば超過需要が発生したとすれば、II で検討したように、両部門の利潤率は J. Robinson の意味でのあいまいさは残るといえ必ず上昇し、上昇の程度は超過需要によって生じる θ_i の増加の程度に対応するであろう。又 θ_i が増加するとは、存在する全設備量のうち稼動している設備の割合が増加することであるから、いわば経済全体でみた設備の稼動率が上昇することを意味する。従来の均衡水準に較べて利潤率の上昇、稼動率の上昇に直面した競争的資本家の投資態度としては、従来の均衡状態における投資の予定量（一定量 g^* での増加）を上回る投資を行う、すなわち

蓄積率 γ が引かげると考えられる。 θ_t^i の上昇は利潤率の上昇に対応し、又稼動率の上昇を意味するのだから、 θ_t^i が θ^* に対応する均衡水準 θ_t^{i*} を上回る程度に応じてもが引きあげられると考えることができ、 θ_t^i が θ^* を下回る場合には逆が成立する。以上を定式化すれば

$$\dot{g}_t^i = \beta(\theta_t^i - \theta_*^i), \quad \beta > 0, \quad i=1, 2 \quad (16)$$

となる。

(1)～(4)に(16)を追加すれば体系は完結する。この体系の解を一般的に求めて運動をみると困難なので、以下ではこの体系を離散型に変換して若干の simulation を行ない、その結果を述べる。連続系を離散系に変換するににより生じる問題は次のように解決する。まず期間分析を行う離散型では耐用年数が整数値をとることが特徴であり、そこから実質賃金率の水準を確定させる必要が生じるが、稼動設備は正の粗利潤を獲得しており、従つて実質賃金率は稼動中の最古の設備より一期前の設備の労働生産性の水準に等しいとする。又生産物の需給を一致させるためには、一般的には稼動中の最古の年令の諸設備（以下限界設備と略称）がすべて稼動される必要はない。これがの点を考慮して離散型 Model を変換すれば

$$\sigma_1 \sum_{t-\theta_t^1}^{t-1} x_s^1 \geq x_t^1 + x_t^2 > \sigma_1 \sum_{t-\theta_t^1+1}^{t-1} x_s^1$$

$$\sigma_2 \sum_{t-\theta_t^2}^{t-1} x_s^2 \geq w_t \left\{ \sum_{t-\theta_t^1}^{t-1} n_s^1 x_s^1 + \sum_{t-\theta_t^2}^{t-1} n_s^2 x_s^2 \right\} > \sigma_2 \sum_{t-\theta_t^2+1}^{t-1} x_s^2 \quad (1)$$

$$(2)$$

$$q_t \sigma_t - w_t n_t^1 - \theta_{t-1}^1 = 0 \quad (3)$$

$$\sigma_2 - w_2 \nu_i^2 - \nu_i^2 - 1 = 0 \quad (4)$$

$$n_i^i = \sigma_i / \nu_i^i - \nu_i^i, \quad \nu_i^i = \nu_0^i (1 + \alpha)^i \quad (5)$$

$$g_{i+1}^i = g_i^i + \beta(\theta_i^i - \theta_*^i) \quad (6)$$

となる。離散型における計算結果の一例は本稿の末表に示すが、そこから得られる主な結論を挙げる。

① 1部門 Vintage Model の体系(1)～(5)、(16)において、均衡経路は不安定であり、現実経済が一旦均衡から乖

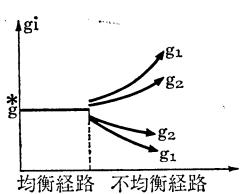


図1 不均衡状態における蓄積率の運動

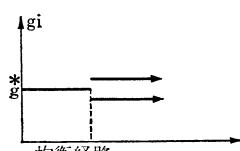


図2 不均衡が累積しない場合

離すれば不均衡は累積する（図1）。

ただし、計算結果の中には、図1のように不安定にならずに、図2のように、現実蓄積率が均衡経路から乖離した時に、均衡経路へ復帰するのではないが、乖離した初期水準に留まつて変化しない場合が若干存在した。これは、パラメーターの値次第で不安定性自体が否定されうることを示すのではなく、微分体系を定差体系に変換したこと自体に起因する。すなわち、微分体系においては実数値 θ_i と g_i とは一対一対応をするが、定差系においてはある整数の θ_i に対応する実数値 g_i は一定の巾で自由度をもち、いいかえれば需給一致条件(1)、(2)は不等号となり、均衡値から乖離した不均衡初期の蓄積率の水準がその巾の不等号の内部におさまる場合には θ_i は変化せず、投資函数(16)より次期の g_i も不均衡初期の水準に留まつてしまい、

同様のことが次期以後にも続くことによるのである。上方への不均衡の生じた場合を例にとれば、不均衡初期において、均衡水準以上の生産財、消費財への超過需要が限界設備群のうちの遊休部分の再稼動で解消されてしま

い、耐用年数 자체は変化しないのである。

②上方への不均衡累積過程（好況）においては、資本蓄積率が累増してゆくことによつて新技術を体化した新

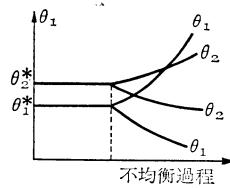


図3 不均衡における耐用年数の運動

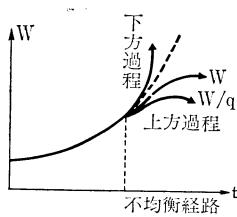


図4 不均衡における実質賃金率の運動

設備が集中的に導入され、他方生産設備の耐用年数が増加してゆくことによつて旧技術を体化した旧設備の再稼動も生じる。逆に下方への不均衡累積過程（不況）においては、資本蓄積率は累減して新技術の導入は中断され、設備の耐用年数は縮小してゆき旧設備は集中的に廃棄される。この好況と不況の二局面からなる景気循環によつて資本制経済は新技術の導入と旧技術の廃棄とを実現し、その社会的生産力を引き上げてゆく。

③好況期においては、実質賃金率の増加率は労働生産性の上昇率に遅れてゆき、不均衡が激化すると実質賃金率は絶対水準においても低下する。又、両部門共に労働分配率は一貫して低下してゆく。逆に不況期においては、実質賃金率は労働生産性の上昇率を上回って増加してゆき、労働分配率は上昇してゆく。好況、不況における実質賃金率の以上のような運動の仕方が旧設備を経済的に廃棄するメカニズムをなす。

④好況期においては、新設備の集中的導入によつて労働需要が激増するが、他方では旧設備は温存されるためにそこからの労働力供給は杜絶され、更に労働生産性の低い旧設備の再稼動に伴う労働需要も加わつて産業予備軍の吸收が進む。不況期においては、新設備導入の中断によつて新規労働需要は中断され、他方旧設備の集中的

廃棄によって労働力が一挙に放出され、この両面から産業予備軍が再創出される（図5参照）。

⑤好況期における蓄積需要（生産財需要）の累増と労働生産性の上昇に比しての実質賃金率（消費財需要）上昇の遅れとによって消費財価格に対して生産財価格は高騰し、又消費財部門に対し生産財部門の比重（部門比率）が増加してゆく。不況期では事態は逆転する。

⑥好況、不況いずれにおいても、生産財部門の不均衡累積性の程度すなわち景気変

動の振巾は消費財部門のそれよりも大きい（図1、3、5）。従って好況期における新技术の導入、旧技術の温存、労働力の吸收、不況期における新技術導入の中止、旧技術の廃棄、労働力の放出などはいずれも生産財部門においてより激しく実現される。

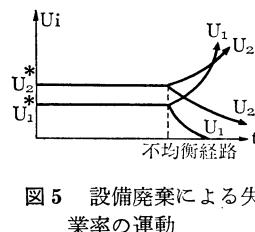


図5 設備廃棄による失業率の運動

数学注1

$g_1 = g_2 = g$ を(1)に代入すれば

$$\sigma_1 \int_{0^+}^{t^1} e^{-gs} ds = 1 + x_0, \quad x_0 = x_0^2/x_0^1$$

となる、 $\theta_t^1 = \tilde{\theta}_t^1 = \text{一定}$ 。これと(3)、(5)、(14)より

$$\sigma_1 (1 - e^{-\alpha_1 \theta_1}) \int_{\theta_1}^{\theta_t^1} q_{t+s} e^{-rs} ds = q_t$$

(17) で r^* が一定であるためには $q_t = q^* = 1$ 一定、でなければならぬ。

(15) に (4), (5) を代入すれば

$$(18) \quad \sigma_2 \int_0^{\theta_t^2} (1 - e^{-\alpha_2(\theta_t^2 + s - s)}) ds = q^*$$

(18) の切断条件より

$$(19) \quad \theta_t^2 = \theta_{t+1}^2 + \tilde{\theta}_2^t$$

(19) が任意の t について成り立つためには $\theta_t^2 = \tilde{\theta}_t^2 = \theta_2 = 1$ 一定でなければならぬ。又 (3), (4) より

$$(20) \quad \frac{n_{t-\theta_1}^1}{n_{t-\theta_2}^2} = \frac{n_0^1}{n_0^2} e^{(\alpha_2 - \alpha_1)t + \alpha_1\theta_1 - \alpha_2\theta_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} q^*$$

となり、

$$(21) \quad \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$

でなければならぬ。

数学注 2

数学注 1 の結果を整理すれば均衡経路における (1), (2), (14), (15) は

$$(1)' \quad \sigma_1 \int_0^{\theta_1} e^{-gs} ds = 1 + x_0$$

$$(2)' \quad x_0 \int_0^{\theta_2} e^{-gs} ds = e^{-\alpha\theta_2} \left\{ n_0^1 \int_0^{\theta_1} e^{-(g-\alpha)s} ds + x_0 n_0^2 \int_0^{\theta_2} e^{-(g-\alpha)s} ds \right\}$$

$$(14)' \quad \int_0^{\theta_1} (1 - e^{-\alpha(\theta_1 - s)}) e^{-rs} ds = 1/\sigma_1$$

景気循環における新旧技術の導入と廃棄について (北野)

$$\int_0^{\theta_2} (1 - e^{-\alpha(\theta_2 - s)}) e^{-rs} ds = \frac{n_0}{\sigma_1} e^{\alpha(\theta_1 - \theta_2)}, \quad n_0 = n_0^1 / n_0^2$$

(15')

したがって、 α の値によって生産数は、 $r, \theta_1, \theta_2, x_0^0$ で条件づけられるが、一方の自由度がある。これが、 θ_1 の値である。

つまり、 θ_1 の値が、 n_0^1 で唯一決定される。したがって、(14)、(15)の左辺を $F(r, \theta_1)$ とおけば、

$$F(r, \theta_1) = 0, \quad F(r, \infty) = 1/r$$

$$\partial F / \partial \theta_1 = \int_0^{\theta_1} \alpha e^{\alpha(r - \theta_1)} e^{-rs} ds > 0$$

}

(22)

したがって、 $1/r > 1/\sigma_1$, i.e., $r < \sigma_1$ である限り任意の r に対して θ_1 は unique に決まる。又(15)において、 θ_2 は、左辺が $0 < \theta_2$ の減少函数であるため考慮すれば、 r, θ_1 に対応して θ_2 は unique に決まる。

次に(1)、(2)より x_0^0 を消去すれば、

$$\begin{aligned} & \left[\sigma_1 \int_0^{\theta_1} e^{-gs} ds - 1 \right] \int_0^{\theta_2} (1 - e^{\alpha(s - \theta_2)}) e^{-gs} ds = n_0 e^{\alpha(\theta_1 - \theta_2)} \int_0^{\theta_1} e^{\alpha(s - \theta_1)} e^{-gs} ds \\ & \quad \text{図 6} \end{aligned}$$

(23)

したがって、(14)を変形すれば、

$$\sigma_1 \int_0^{\theta_1} e^{-rs} ds - 1 = \sigma_1 \int_0^{\theta_1} e^{\alpha(s - \theta_1)} e^{-rs} ds$$

となり、両辺に(15)を掛け合わせ、

$$\left\{ \sigma_1 \int_0^{\theta_1} e^{-rs} ds - 1 \right\} \int_0^{\theta_2} (1 - e^{\alpha(s - \theta_2)}) e^{-rs} ds = n_0 e^{\alpha(\theta_1 - \theta_2)} \int_0^{\theta_1} e^{\alpha(s - \theta_1)} e^{-rs} ds$$

(24)

を得る。24において所与の α に対応する θ_1, θ_2 が unique であるから、23)を考慮すれば、

$$g=r$$

となる。

次に、1)の均衡経路上における各経済変数の運動を検討する。

$$w_t = p_{t-\theta_2}^2 = p_0^2 e^{\alpha(t-\theta_2)}$$

$$q^* = \frac{p_{t-\theta_2}^2}{\sigma_1} n_{t-\theta_1}^1 = \frac{p_0^2}{\sigma_1} e^{\alpha(\theta_1-\theta_2)}$$

又部門比率へ、両部門の分配率 μ_i 、設備廃棄による失業率 u_i はそれぞれ次のように定義され、 μ_i は $0 \leq \mu_i \leq 1$ の定値をもつ。これがわかる。

$$\lambda = \int_{t-\theta_2}^t x_s^2 ds / \int_{t-\theta_1}^t x_s^1 ds = x_0 \int_{\theta_2}^{\theta_1} e^{-gs} ds / \int_0^{\theta_1} e^{-gs} ds$$

$$\mu_1 = w_t \int_{t-\theta_1}^t n_s^1 x_s^1 ds / q^* \sigma_1 \int_{t-\theta_1}^t x_s^1 ds = \int_{\theta_1}^{\theta_2} e^{(\alpha-g)s} ds / \int_0^{\theta_1} e^{-gs} ds$$

$$\mu_2 = w_t \int_{t-\theta_2}^t n_s^2 x_s^2 ds / \sigma_2 \int_{t-\theta_2}^t x_s^2 ds = \int_0^{\theta_2} e^{(\alpha-g)s} ds / \int_0^{\theta_2} e^{-gs} ds$$

$$u_1 = n_{t-\theta_1}^1 x_{t-\theta_1}^1 / \int_{t-\theta_1}^t n_s^1 x_s^1 ds = e^{(\alpha-g)\theta_1} / \int_0^{\theta_1} e^{(\alpha-g)s} ds$$

$$u_2 = n_{t-\theta_2}^2 x_{t-\theta_2}^2 / \int_{t-\theta_2}^t n_s^2 x_s^2 ds = e^{(\alpha-g)\theta_2} / \int_0^{\theta_2} e^{(\alpha-g)s} ds$$

総雇用量 N は $g-\alpha$ の率で変化する。

景気循環における新旧技術の導入と廃棄について (北野)

$$N_t = N_1 + N_2 = n_0^1 x_0^1 e^{(\alpha - \omega_1)t} \int_0^{\theta_1} e^{(\alpha - \omega_1)s} ds + n_0^2 x_0^2 e^{(\alpha - \omega_2)t} \int_0^{\theta_2} e^{(\alpha - \omega_2)s} ds$$

最後に、この均衡経路における θ_1 と θ_2 の比較動的検証を加えておこう。

$$\partial F / \partial r = - \int_0^{\theta_1} r (1 - e^{\alpha(\theta_1 - \theta_2)}) e^{-r\alpha} dr < 0 \quad (26)$$

ゆえに

$$d\theta_1 / dr > 0$$

となる。すなはち、

$$F_r dr + F_{\theta_1} d\theta_1 = \alpha F (d\theta_1 - d\theta_2)$$

$$\therefore (F_{\theta_2} + \alpha F) \frac{d\theta_2}{dr} = \alpha F \frac{d\theta_1}{dr} - F_r$$

(25), (26), (27) から

$$d\theta_2 / dr > 0$$

(28)

(28)

(29)

紙幅の関係上シミュレーション結果は4ケースにしほる。Case 1~3は g^* の、Case 4は α の相異したケースである。Case 3の上方過程において、初期の不均衡が発散しない例が示される。Case 4は均衡経路（第0期）、上方への不均衡過程（1期～）、下方への不均衡過程（1期～）で示す。各期において、上（下）段は第一（二）部門の値を示す。

記号について、 r は不均衡初期における g の乖離幅を示し、
 $r=g^*$ 、すなわち $g_1=g^* \pm g^*$ とした。 $\bar{\theta}$ は平均耐用年数である。

各ケースにおけるパラメーターの値

	g^*	α	σ	β	γ
Case	I	0.05	0.06	0.3	0.08
	II	0.03	0.06	0.3	0.08
	III	0.01	0.06	0.3	0.08
	IV	0.05	0.02	0.3	0.05

VI シミュレーション結果

Case I

	g	θ	$\bar{\theta}$	w	λ	q	u	μ
下方不均衡過程								
1期	.000	13	6.3	.46	1.91	1.00	.16	.65
	.000	13	6.3	.46			.16	
2	-.005	12	5.9	.52	2.02	.94	.17	.68
	-.005	13	6.3	.49			.08	
3	-.017	12	5.9	.55	2.03	.94	.08	.68
	-.011	13	6.3	.52			.08	
4	-.028	11	5.6	.62	2.17	.88	.19	.70
	-.017	13	6.4	.55			.08	
5	-.045	10	5.3	.70	2.22	.88	.22	.71
	-.022	12	6.1	.62			.18	
6	-.068	10	5.4	.74	2.23	.88	.11	.71
	-.034	12	6.2	.66			.09	
7	-.091	9	5.0	.83	2.49	.83	.26	.74
	-.045	12	6.3	.70			.09	
8	-.119	9	5.1	.88	2.55	.83	.14	.75
	-.057	12	6.4	.74			.10	
9	-.148	8	4.7	1.00	2.78	.83	.35	.76
	-.068	11	6.1	.83			.23	
10	-.182	8	4.8	1.06	2.92	.83	.18	.77
	-.085	11	6.2	.88			.12	
11	-.217	8	5.0	1.12	3.09	.83	.20	.78
	-.102	11	6.3	.94			.13	
12	-.251	7	4.5	1.26	3.56	.83	.52	.80
	-.119	10	5.8	1.06			.31	
13	-.291	7	4.6	1.33	3.44	.88	.27	.79
	-.142	9	5.4	1.19			.36	
14	-.331	7	4.8	1.41	3.83	.88	.30	.81
	-.171	9	5.1	1.26			.18	
15	-.371	7	4.9	1.50	4.35	.88	.33	.83
	-.199	9	5.6	1.33			.19	
16	-.411	7	5.1	1.59	4.24	.94	.37	.81
	-.228	8	5.1	1.50			.49	
17	-.451	7	5.2	1.68	4.95	.94	.42	.84
	-.262	8	5.2	1.49			.24	
18	-.491	7	5.4	1.79	5.91	.94	.48	.86
	-.297	8	5.4	1.68			.26	
19	-.531	7	5.5	1.89	5.65	1.00	.54	.84
	-.331	7	4.8	2.89			.71	
20	-.571	7	5.7	2.01	6.89	1.00	.62	.87
	-.371	7	5.0	2.01			.36	
21	-.611	7	5.8	2.13	8.58	1.00	.71	.89
	-.411	7	5.1	2.13			.40	

	g	θ	$\bar{\theta}$	w	λ	q	u	μ
22	-.651	7	5.9	2.26	7.57	1.06	.81	.87
	-.451	6	4.5	2.39			1.17	
	-.691	7	6.0	2.39	9.47	1.05	.92	.89
	-.497	6	4.6	2.54			.56	
	-.731	7	6.1	2.54	12.07	1.05	1.06	.91
	-.542	6	4.7	2.69			.63	
	-.771	6	5.3	2.85	10.95	1.12	4.30	.90
	-.588	6	3.2	3.20			5.16	
	-.817	4	5.4	3.02	13.93	1.12	1.61	.92
	-.645	4	3.3	3.39			1.09	
27	-.862	4	5.5	3.20	17.87	1512	1.87	.94
	-.702	6	3.3	3.06			1.72	
	-.908	4	5.6	3.39	23.13	1.12	2.19	.95
	-.759	6	3.4	3.81			1.49	
	-.954	6	5.6	3.60	30.13	1.12	2.60	.96
	-.817	4	3.5	4.04			1.77	
	-.999	5	4.8	4.04	49.57	1.12	19.16	.97
	-.874	3	2.7	4.54			11.25	
	31	overflow						

Case II

	g	θ	$\bar{\theta}$	w	λ	q	u	μ
均衡経路								
	0.03	14	7.0	.41	2.14	1.00	.08	.68
		14	7.0	.41			.08	
上方不均衡過程								
1期	.060	14	7.0	.44	2.14	1.00	.08	.68
	.060	14	7.0	.44			.08	
2	.060	14	7.0	.46	2.14	1.00	.08	.68
	.060	14	7.0	.46			.08	
3	.060	15	7.4	.46	2.03	1.06	.00	.65
	.060	14	6.9	.49			.08	
4	.065	15	7.3	.49	2.03	1.06	.08	.65
	.060	14	6.9	.52			.08	
5	.071	15	7.3	.52	2.03	1.06	.08	.65
	.060	14	6.8	.55			.08	
6	.077	16	7.6	.52	1.93	1.12	.00	.63
	.060	14	6.8	.59			.08	
7	.088	16	7.6	.55	1.93	1.12	.07	.63
	.060	14	6.7	.62			.08	
8	.099	17	7.9	.55	1.94	1.12	.00	.63
	.060	15	7.1	.62			.00	

	g	θ	$\bar{\theta}$	n	λ	q	u	μ
9	.117 .065	17 15	7.8 7.1	.59 .66	1.92	1.12	.07 .07	.63
10	.134 .071	18 15	8.0 7.0	.59 .70	1.83	1.19	.00 .07	.60
11	.157 .077	19 15	8.3 7.0	.59 .74	1.74	1.26	.00 .07	.58
12	.185 .082	20 16	8.4 7.3	.59 .74	1.73	1.26	.00 .00	.57
13	.219 .094	22 17	8.9 .67	.55 .74	1.66	1.33	.00 .00	.55
14	.265 .111	25 18	9.5 7.9	.49 .74	1.56	1.50	.00 .00	.50
15	.328 .134	30 19	10.6 8.2	.39 .74	1.41	1.89	.00 .00	.42
16	overflow							
下方不均衡過程								
1期	.000 .000	13 13	6.5 6.5	.46 .46	2.14	1.00	.18 .18	.68
2	-.005 -.005	12 13	6.1 6.6	.52 .49	2.29	.94	.20 .09	.70
3	-.017 -.011	12 13	6.1 6.6	.55 .52	2.29	.94	.10 .09	.70
4	-.028 -.017	11 12	5.7 6.2	.62 .59	2.31	.94	.22 .20	.71
5	-.045 -.028	11 12	5.8 6.2	.66 .62	2.32	.94	.11 .10	.71
6	-.062 -.039	10 12	5.4 0.3	.74 .66	2.54	.88	.24 .10	.74
7	-.085 -.051	10 12	5.5 6.4	.79 .70	2.56	.88	.12 .10	.74
8	-.108 -.062	9 11	5.1 6.0	.88 .79	2.66	.88	.29 .23	.74
9	-.137 -.079	9 11	5.2 6.1	.94 .83	2.72	.88	.15 .12	.75
10	-.165 -.097	8 10	4.8 5.7	1.06 .94	2.92	.88	.38 .28	.76
11	-.199 -.119	8 10	4.9 5.8	1.12 1.00	3.04	.88	.19 .15	.77
12	-.234 -.142	7 9	4.5 5.4	1.26 1.12	3.38	.88	.51 .35	.79
13	-.274 -.171	7 9	4.6 5.5	1.33 1.19	3.62	.88	.26 .18	.80

	g	θ	$\bar{\theta}$	n	λ	q	u	μ
14	-.314	7	4.7	1.41	3.94	.88	.29	.81
	-.199	9	5.6	1.26			.19	
15	-.354	6	4.2	1.59	4.83	.88	.81	.84
	-.228	8	5.1	1.41			.48	
16	-.399	6	4.3	1.68	5.51	.88	.41	.86
	-.262	8	5.2	1.50			.24	
17	-.445	6	4.4	1.79	5.12	.94	.46	.84
	-.297	7	4.7	1.68			.64	
18	-.491	6	4.5	1.89	5.97	.94	.52	.86
	-.337	7	4.8	1.79			.32	
19	-.537	6	4.7	2.01	7.10	.94	.59	.88
	-.377	7	5.0	1.89			.36	
20	-.582	6	4.8	2.13	8.63	.94	.68	.90
	-.417	7	5.1	2.01			.40	
21	-.628	6	4.9	2.26	7.46	1.00	.78	.88
	-.457	6	4.5	2.26			1.17	
22	-.674	6	5.1	2.39	9.20	1.00	.90	.90
	-.502	6	4.6	2.39			.56	
23	-.719	5	4.3	2.69	14.86	1.00	3.59	.93
	-.548	5	3.9	2.69			1.86	
24	-.771	5	4.4	2.85	10.58	1.05	1.44	.90
	-.599	4	3.2	3.02			2.64	
25	-.822	5	4.5	3.02	13.75	1.05	1.70	.92
	-.657	4	3.3	3.20			1.11	
26	-.874	5	4.5	3.20	18.32	1.05	2.02	.94
	-.714	4	3.4	3.39			1.30	
27	-.925	5	4.6	3.39	25.10	1.05	2.44	.95
	-.771	4	3.4	3.60			1.53	
28	-.977	5	4.7	3.60	35.44	1.05	3.01	.97
	-.828	4	3.5	3.81			1.85	
29	overflow							

Case III

	g	θ	$\bar{\theta}$	w	λ	q	u	μ
均衡経路								
	.01	13	6.8	.44	2.39	1.00	0.10	.70
		13	6.8	.44			0.10	
上方不均衡過程								
1期	.020	13	6.8	.46	2.39	1.00	.10	.70
	.020	13	6.8	.46			.10	
2	.020	13	6.8	.49	2.39	1.00	.10	.70
	.020	13	6.8	.49			.10	

	g	θ	$\bar{\theta}$	n	λ	q	u	μ
3	.020	13	6.8	.52	2.39	1.00	.10	.70
	.020	13	6.8	.52			.10	
4	.020	13	6.8	.55	2.39	1.00	.10	.70
	.020	13	6.8	.55			.10	
5	.020	13	6.8	.59	2.36	1.00	.10	.70
	.020	13	6.8	.59			.10	
6	.020	13	6.8	.62	2.39	1.00	.10	.70
	.020	13	6.8	.62			.10	
7	.020	13	6.7	.66	2.39	1.00	.10	.70
	.020	13	6.7	.66			.10	
8	.020	13	6.7	.70	2.39	1.00	.10	.70
	.020	13	6.7	.70			.10	
9	以下は同じ。							

下方不均衡過程

1期	.000	12	6.3	.49	2.39	1.00	.23	.70
	.000	12	6.3	.49			.23	
2	-.006	12	6.3	.52	2.39	1.00	.11	.70
	-.006	12	6.3	.52			.11	
3	-.012	12	6.3	.55	2.39	1.00	.11	.70
	-.012	12	6.3	.55			.11	
4	-.018	12	6.4	.59	2.39	1.00	.11	.70
	-.018	12	6.4	.59			.11	
5	-.024	11	5.9	.66	2.60	.94	.24	.73
	-.024	12	6.4	.62			.11	
6	-.049	11	6.0	.74	2.60	.94	.12	.73
	-.036	12	6.5	.70			.11	
7	-.061	10	5.6	.83	2.63	.94	.27	.73
	-.043	11	6.0	.79			.25	
8	-.079	10	5.6	.88	2.65	.94	.13	.73
	-.055	11	6.1	.83			.12	
9	-.098	9	5.2	1.00	3.00	.88	.32	.77
	-.067	11	6.2	.88			.13	
10	-.123	9	5.3	1.06	3.05	.88	.16	.77
	-.079	11	6.2	.94			.13	
11	-.147	9	5.3	1.12	3.11	.88	.17	.77
	-.092	11	6.3	1.00			.14	
12	-.172	8	4.9	1.26	3.31	.88	.41	.78
	-.104	10	5.8	1.12			.32	
13	-.203	8	5.0	1.33	3.44	.88	.21	.79
	-.123	10	5.9	1.19			.16	
14	-.233	8	5.1	1.41	3.91	.88	.22	.80
	-.141	10	6.0	1.26			.17	

	g	θ	$\bar{\theta}$	n	λ	q	u	μ
15	-.264	7	4.6	1.59	4.10	.88	.59	.82
	-.159	9	5.5	1.41			.40	
16	-.301	7	4.7	1.68	4.45	.88	.30	.83
17	overflow			1.50			.20	

Case IV

	g	θ	$\bar{\theta}$	w	λ	q	u	μ
均衡経路								
	.05	25	10.5	.59	3.16	1.0	.02	.75
		25	10.5	.59			.02	
上方不均衡過程								
1期	.100	27	11.1	.58	3.04	1.04	.00	.74
	.100	25	10.5	.60			.02	
2	.106	30	11.9	.56	2.96	1.08	.00	.73
	.100	26	10.7	.60			.00	
3	.122	33	12.6	.54	2.89	1.12	.00	.72
	.103	27	11.0	.60			.00	
4	.148	38	13.7	.50	2.76	1.21	.00	.69
	.109	28	11.2	.60			.00	
5	.189	48	15.4	.41	2.65	1.45	.00	.64
	.119	29	11.3	.60			.00	
6	overflow							
下方不均衡過程								
1期	.000	23	9.8	.63	3.23	.98	.08	.76
	.000	24	10.2	.62			.05	
2	-.006	21	9.2	.67	3.33	.96	.09	.77
	-.003	23	9.9	.64			.05	
3	-.019	19	8.6	.71	3.45	.94	.11	.78
	-.009	22	9.6	.67			.06	
4	-.038	17	8.0	.57	3.61	.92	.13	.79
	-.019	21	9.4	.70			.06	
5	-.064	16	7.7	.78	3.78	.90	.09	.80
	-.032	21	9.5	.71			.03	
6	-.092	14	7.0	.83	4.08	.88	.17	.82
	-.044	20	9.2	.74			.17	
7	-.128	13	6.8	.87	4.25	.88	.13	.82
	-.060	19	9.0	.77			.18	
8	-.166	12	6.6	.90	4.49	.88	.16	.83
	-.666	18	8.8	.80			.09	

	g	θ	$\bar{\theta}$	w	λ	q	u	μ
9	-.208	11	6.3	.94	4.84	.88	.19	.84
	-.102	17	8.6	.83			.10	
10	-.252	10	6.0	.98	5.89	.88	.24	.85
	-.128	16	8.5	.87			.11	
11	-.300	9	5.7	1.02	6.30	.88	.32	.87
	-.156	15	8.3	.90			.13	
12	-.352	8	5.3	1.06	7.67	.88	.43	.89
	-.188	14	8.0	.94			.16	
13	-.406	8	5.5	1.8	8.12	.90	.24	.89
	-.224	13	7.8	.98			.19	
14	-.460	8	5.8	1.10	9.38	.90	.27	.91
	-.262	13	8.0	1.00			.11	
15	-.515	7	5.3	1.41	11.89	.92	.82	.92
	-.300	11	7.1	1.06			.46	
16	-.572	7	5.4	1.17	12.69	.94	.44	.93
	-.345	10	6.7	1.10			.38	
17	-.630	7	5.6	1.19	16.20	.94	.52	.94
	-.393	10	7.0	1.12			.20	
18	-.688	7	5.8	1.21	17.21	.96	.62	.94
	-.441	9	6.5	1.17			.55	
19	-.745	7	6.0	1.24	17.51	.98	.74	.94
	-.492	8	6.0	1.21			.74	
20	-.803	6	5.3	1.29	22.42	1.00	2.89	.95
	-.547	6	4.7	1.29			2.10	
21	-.864	6	5.4	1.31	32.20	1.00	1.29	.96
	-.608	6	4.8	1.31			.61	
22	-.924	6	5.5	1.34	48.86	1.00	1.58	.97
	-.686	6	4.9	1.34			.71	
23	-.985	6	5.6	1.37	40.31	1.02	1.97	.97
	-.729	5	4.2	1.40			2.67	
24	overflow							

* 本稿の主要内容は筆者の修士論文であり、その骨子を『Vintage Model』における Harrod 的不安定性』（六甲台論集19卷4号、昭和48年）で公表した。そこでの位置付けと結論の評価を明確にさせ、若干の誤りをたたし、データを増したのが本稿である。