

イノベーションと経済成長

片山尚平

(受付 2005年10月11日)

1. はじめに

経済成長あるいは一人当たりの所得上昇が生じるためには生産性の上昇が必要であることが指摘されてきた。そして、生産性の上昇をもたらす要因として技術の改善が重要であり、技術の改善は主として民間企業の R&D 投資を通じて生み出されることが確認されている。

すなわち、経済成長あるいは一人当たりの所得上昇が生じるための基本的な要因は R&D 投資であり、よって R&D 投資あるいはイノベーションが経済成長を引き起こすメカニズムが解明される必要がある。

経済成長の主要な源泉は科学に基づく技術であり、現代経済成長の中心に技術の発展がおかれる。実際、世界経済の平均成長率は時間を通じて上昇してきたが、それには技術変化のペースが時間を通じて上昇してきた事実が伴われた。そこで、技術変化が発生するメカニズムを説明し、それを組み込んだ経済成長理論を研究することは、われわれの現代の経済成長に対する理解を深め、促進することに寄与するであろう。

そのような視点から、本稿では従来の R&D 投資あるいはイノベーションに基づく経済成長理論を考察し、それを踏まえたうえで、そのエッセンスを含み、より簡潔な R&D と経済成長のモデルを構築し、そしてそれらを適用して経済の動学や貯蓄率（投資率）変化の効果等を検討してみたい。

第2節ではイノベーションと成長に関する研究の系譜が述べられ、第3節では代表的なイノベーションと成長の理論が考察され、第4節ではシンプルな新古典派のイノベーションと成長の理論が構築され、比較静学分析などが行われる。第5節は結論部分であり、本稿の内容が要約される。

2. イノベーションと成長に関する研究の系譜

この節では、R&D に基づく成長理論研究すなわち R&D と経済成長に関する研究を簡潔にサーベイしてみよう。

現代の経済成長理論の先駆的研究は Solow (1956) であり、ソローによる成長モデルに基

づいて現代の成長理論が展開されている。60年代以降、外生的技術進歩を想定した新古典派成長モデルが成長理論研究の主流であった。

Arrow (1962), Uzawa (1965) や Shell (1967) などによる技術進歩の過程の説明を含む初期の成長理論研究もあったが、全体から見ると量的に少なく、それらは例外的な存在であった。

70年代に二度のオイルショックが発生し、主要国の高度経済成長が終焉するとともに成長理論への関心が薄れ、成長理論研究は下火となった。ところが、Romer (1986) と Lucas (1988) が公刊されたことで、80年代に成長理論への関心が復活し、成長理論研究が一気に盛り上がった。

従来の成長理論においては、外生的な技術進歩を想定しない限り、資本蓄積に伴う資本ストックの収穫逓減のため、(一人当たり) GDP の持続的成長は実現しないものとされた。Romer は知識を導入し、Lucas は人的資本を導入した。そして、彼らは知識の外部性、人的資本の外部性を想定することにより、外生的な技術進歩が存在しなくても、(一人当たり) GDP の持続的成長が実現するようなモデルを構築した。

このような Romer や Lucas の研究は、新しい成長理論すなわち内生的成長理論研究の第一の波を構成している。第一の波に属する研究では、技術進歩は知識や人的資本の外部性などの存在を考慮することによって生み出された。

第二の波は、持続的成長を生み出す技術進歩の過程をより説得力のある方法で説明することを主眼とする研究によってもたらされた。これに該当する代表的な研究が Romer (1990) や Grossman and Helpman (1991, chap. 3・chap 4) の内生的イノベーション・モデルである。

彼らの成長理論研究においては、利潤を追求する主体による研究開発活動がモデルに設定され、それを通じて技術進歩・イノベーションが内生的に発生する。そして、その技術進歩・イノベーションが内生的かつ持続的な経済成長をもたらす。

Romer (1990) や Grossman and Helpman (1991, chap. 3) では、利潤の追求を図る企業の意図的な研究開発投資が生産物の種類を拡大し、それが生産性の上昇、イノベーションとなって持続的な経済成長が実現するようなモデルが想定されている。

Grossman and Helpman (1991, chap. 4) においても、企業の意図的な研究開発活動を通じてイノベーションが発生するが、それが Romer (1990) や Grossman and Helpman (1991, chap. 3) におけるように生産物の範囲を拡大させるのではなく、ここでは生産物の品質の向上を生み出すことが想定されている。このモデルは品質の階梯 (quality ladder) という概念に基づいており、研究開発が成功すれば製品の品質が一段階向上して収益が得られる一方で、既存の製品は陳腐化して競争力を失ってしまう。

結局、合理的な経済主体による研究開発活動を通じて製品の品質が持続的に向上し、消費者の消費指標が持続的に上昇する。このような形でこのモデルでは長期的に経済成長が実現するが、経済成長率の決定要因あるいはモデルの動学的構造は Grossman and Helpman (1991, chap. 3) とほとんど同じである。また、このモデルにおいて規模効果が存在する点も、Grossman and Helpman (1991, chap. 3) と同じである。

これらのモデルから導かれる結論の類似性は、これらのモデルで共通に設定されている次の仮定に基づくものと思われる。すなわち、研究成果は、研究努力について規模に関して収穫一定となっている。このモデルでは、研究企業の成功する確率は資源の投入に比例している。

Aghion and Howitt (1992) は、第二波において、Romer (1990) や Grossman and Helpman (1991, chap. 3・chap. 4) の研究を継承するものである。Aghion and Howitt がもたらした新しいアイデアは、シュンペーターが主張した「創造的破壊」をモデルに取り入れようとしたことである。すなわち、彼らの内生的成長モデルの中には、新たなイノベーションにより従来の技術が陳腐化する、すなわち成功した R&D は前の R&D が発明した技術を利益のないものにすることができることが追加的に組み込まれている。

また、彼らがモデルの中でポアソン過程を使い、R&D 過程の中に少なからぬチャンスの要因を導入した点も新たなアイデアとして指摘され、さらに革新のメカニズムから内生的な景気循環が生じる可能性を示した点が一つの成果として評価されている。ただし、彼らのモデルにおいても、R&D 投資を通じて技術革新すなわち生産性の上昇が発生し、それが産出量の成長を生み出すというメカニズムは Romer や Grossman and Helpman のモデルと同じである。

Romer (1990), Grossman and Helpman (1991, chap. 3・chap. 4) と Aghion and Howitt (1992) モデルからの共通の結論の一つとして、「より多くの労働者（研究者）を持つ国がより速く成長する。」という規模効果が挙げられる。規模効果は現実のデータと一致しないという研究結果がいくつか存在し¹⁾、規模効果に関する解釈の変更か、モデルの修正が必要とされるだろう。

これまで Romer, Grossman and Helpman と Aghion and Howitt のモデルが R&D 投資を通じて技術革新過程を説明し、持続的な成長を生み出すことで、新しい成長理論あるいは内生的成長理論であると述べてきたが、彼らのモデルで共通して留意すべき点の一つがある。それは、内生的成長が実現するには技術革新の過程がモデルに導入されるだけでは十分でなく、新技術の生産において技術知識の非競合性 (nonrivalry) が想定され、技術知識の増加あ

1) この点について、たとえば Jones (1995) を参照されたい。

るいは生産性の指標増加が技術知識水準あるいは生産性の指標に比例して発生するという特殊な過程が追加されなければならないということである²⁾。

ところで、Jones (1995) および Young (1998) は、第二波の Romer, Grossman and Helpman と Aghion and Howitt のモデルの特徴である内生的なイノベーション過程を継承しつつも、より多くの人口を持つ経済がより速い成長を遂げるという非現実的な規模効果を消去している。

Jones (1995) では、Romer タイプの種類拡大型モデルの R&D 活動に研究の重複効果を導入した。そこでは、研究者数を所与とした場合、技術知識の増加は技術知識水準に比例して発生するのではなく、技術知識の水準とともに逓減することが想定された。その結果、Jones モデルにおいて、イノベーションが合理的な R&D 活動を通じて内生的に発生する中で、規模効果は消失した。彼のモデルにおいても長期成長率は内生的に決定されるが、持続的な成長が生じるためには正の人口成長率が必要であり、経済政策の長期成長率への効果は存在しない。

Young (1998) においても長期成長への規模効果が除去されているが、彼のモデルではイノベーションを通じた生産物の種類（範囲）の拡大効果と質の改善（向上）効果が結合されている。一人当たり所得の長期成長率は生産物の改善率に依存するが、人口規模には依存しない。ただし、人口規模の増加は、長期的に、生産物の種類を増加させることを通じて一人当たり所得や個人の効用水準の増加をもたらす。要するに、彼のモデルにおいては、規模（資源）の増加はちょうど種類が拡大する生産物の質の改善に吸収され、成長率へ影響する質改善のペースの上昇へ向かわない。

この分野において以上のような研究の変遷はあるものの Romer (1990) と Grossman and Helpman (1991, chap. 3) は依然として R&D と経済成長の研究における基幹をなし、かつ基準となる研究であるため、以下でモデルを用いたより詳しい説明を行ってみたい。

3. 代表的なイノベーションと成長の理論

(1) P. Romer の内生的成長理論

意図的な R&D 活動とイノベーションに基づく代表的な成長理論として、第一に Romer (1990) が挙げられる。Romer の成長モデルが評価される第一の理由は、意図的な技術進歩の過程が明示的に定式化されている点である。彼は、この過程を導入することによって、資本に関する収穫逓減を克服し、持続的成長が可能となるような一つの内生的成長モデルを構

2) この点については、たとえば Solow (2000) あるいは吉川 (2000) を参照されたい。

築した。

以下で、Romer の R&D に基づく成長理論を説明するが、説明の便宜上、人的資本と生の労働を明示的に区別せず、それらを一括して労働として表示する等の点でオリジナルな Romer モデルをやや単純化したモデルを用いて要点のみを簡潔に説明してみたい³⁾。

モデルの主要な構成要素は、最終財部門、資本財部門と研究開発部門からなる企業部門と家計部門である。技術進歩は、新しい種類の資本財を発見することからなっており、資本財の種類拡大を意味している。

・最終財部門

最終財は、次のような生産関数を用いて、競争的な企業によって生産される。

$$Y = L_Y^\alpha \int_0^A x_i^{1-\alpha} di \quad (1)$$

ここで、 Y, L_Y, x_i は、それぞれ最終財、最終財部門で投入される労働、 i 番目の資本財を表している。

この部門の代表的企業は、利潤 π

$$\pi = L_Y^\alpha \int_0^A x_i^{1-\alpha} di - \int_0^A p_i x_i di - w L_Y$$

を最大にしようとする。ただし、最終財の価格は 1 に設定され、 p_i, w はそれぞれ第 i 番目の資本財の価格、賃金を表している。

利潤最大のための条件は

$$w = \alpha Y / L_Y \quad (2)$$

$$p_i = (1 - \alpha) L_Y^\alpha x_i^{-\alpha} \quad (3)$$

である。ここで、(3)式は資本財に関する逆需要関数である。

・資本財部門

各資本財は、それに関わるデザインを R&D 部門から購入した企業によって独占的に生産される。なお、資本財を 1 単位生産するためには、最終財（資本）が 1 単位必要であるものとする。 r を最終財（資本）のレンタル価格とすれば、諸企業の利潤 π は

$$\pi = p(x)x - rx$$

と表され、利潤最大を目標とする資本財部門の企業の最適条件は

$$\bar{p}_i = \bar{p} = r / (1 - \alpha) \quad (4)$$

$$\bar{x}_i = \bar{x} = \{(1 - \alpha) L_Y^\alpha / \bar{p}\}^{1/\alpha} \quad (5)$$

$$\bar{\pi}_i = \bar{\pi} = \alpha \bar{p} \bar{x} = \alpha (1 - \alpha) L_Y^\alpha \bar{x}^{-1-\alpha} = \alpha (1 - \alpha) Y / A \quad (6)$$

3) 単純化したモデルの作成にあたっては、Jones (1995, 2002)などを参考にした。

となる。

なお、資本ストック（最終財） K と資本財 x の関係は

$$K = \int_0^A \bar{x}_i di = A\bar{x} \quad (7)$$

として表される。

・ 研究開発部門

デザイン（技術知識） A は、次のような生産関数を通じて生み出される。

$$\dot{A} = \delta L_A A \quad (8)$$

ここで、 δ, L_A は、それぞれデザインの生産費用に関わる正の定数、研究開発部門で投入される労働を表している。

研究開発部門の賃金と最終財部門の賃金は同じとなるので、

$$w = P_A \delta A \quad (9)$$

が成り立つ。ここで、 P_A はデザインの価格である。これは、資本財生産企業が生産を行う場合と貸付を行う場合とで収益率が一致するという裁定条件、

$$r = \bar{\pi} / P_A \quad (10)$$

を満たすように決定される。

・ 家計部門

家計あるいは消費者は予算制約式、

$$\dot{K} = rK + wL_Y + wL_A + A\bar{\pi} - P_A \dot{A} - C$$

を制約条件として、その効用、

$$\int_0^{\infty} e^{-\rho t} \{(C^{1-\sigma} - 1) / (1-\sigma)\} dt$$

を最大にしようとする。その結果、最大のための条件

$$\dot{C} / C = (r - \rho) / \sigma \quad (11)$$

が導かれる。

・ 均斉成長経路

(6)と(10)を使い、整理すると、

$$P_A = \bar{\pi} / r = \{\alpha(1-\alpha)L_Y^\alpha \bar{x}^{1-\alpha}\} / r \quad (12)$$

が得られる。次に、この P_A を(9)式に基づく賃金裁定式

$$P_A \delta A = \alpha L_Y^{\alpha-1} A \bar{x}^{1-\alpha} \quad (13)$$

に代入して整理すると

$$L_Y = r / \{(1-\alpha)\delta\} \quad (14)$$

が導出される。ただし、総労働 L は一定であると仮定するので、

$$L_Y = L - L_A$$

である。

さて、最終財 Y は次式で与えられ、

$$Y = L_Y^\alpha \int_0^A \bar{x}_i^{1-\alpha} di = AL_Y^\alpha \bar{x}^{1-\alpha} = (AL_Y)^\alpha K^{1-\alpha} \quad (15)$$

L_Y, \bar{x} の値を所与とすれば、 Y の成長率と A の成長率は等しくなる。

また、 K/A が一定であり、 K も A と同率で成長すれば、 K/Y も一定となる。すると、 C/Y について

$$C/Y = 1 - \dot{K}/Y = 1 - (\dot{K}/K)(K/Y)$$

となるから、 C/Y も一定となる。

均斉成長経路における成長率を g と示せば、

$$g = \dot{A}/A = \dot{Y}/Y = \dot{K}/K = \dot{C}/C = \delta L_A \quad (16)$$

が導かれる。さらに、(14)と(16)を考慮することにより、

$$g = \delta L - r / (1 - \alpha) \quad (17)$$

が得られる。

そして、(17)式の r に対して(11)式からの r の値を代入して、整理すると

$$g = \{(1 - \alpha)\delta L - \rho\} / (1 - \alpha + \sigma) \quad (18)$$

が得られる。この(18)式より、時間選好率 ρ の低下、限界効用の消費に対する弾力性 σ の低下、研究事業における資源の生産性 δ の上昇あるいは労働人口 L の増加が恒常的な成長率 g を上昇させることがわかる。

要するに、Romer モデルにおいては、一国の成長率は貯蓄（投資）意欲を増進する政策あるいは労働人口 L の増加をもたらす政策を通じて上昇することが可能となる。

さて、研究開発部門で労働の限界費用と（私的）限界価値生産性が等しくなる条件などを使った若干の計算を施すことにより、

$$s = L_A / L = 1 / (1 + \varphi)$$

が得られる⁴⁾。ここで、分母の φ は

$$\varphi = (\rho + g\sigma) / \{g(1 - \alpha)\} = \{1 / (1 - \alpha)\} \{[1 - \alpha + \sigma]\rho\} / \{(1 - \alpha)\delta L - \rho\} + \sigma$$

で与えられる。

時間選好率 ρ の低下、限界効用の消費に対する弾力性 σ の低下あるいは労働人口 L の増加は総労働に対する研究開発部門の労働の比率 s の上昇をもたらす。結局、これらは恒常的な成長率 g を上昇させる条件と同じであり、成長率の上昇が研究開発部門の労働投入量の増加を通じて生じることが確認される。

4) 導出のより詳しいプロセスについては、片山（2002）を参照されたい。

(2) Grossman and Helpman の内生的成長理論

技術変化と経済成長を研究するために、Romer モデルでは生産関数に種々の資本財が導入されたが、Grossman and Helpman (1991, 第3章) では効用関数に種々の消費財が導入されている。Grossman and Helpman モデルも、Romer モデルと同様に、企業による意図的な R&D 投資・イノベーションを通じて持続的な成長が発生する。

・家計部門

代表的な家計（消費者）は、無限時間にわたる効用

$$U_t = \int_t^{\infty} e^{-\rho(\tau-t)} \log D(\tau) d\tau \quad (19)$$

を最大化するものとする。ここで、 $D(\tau)$ は τ 時点での消費の指標であり、 ρ は主観的割引率である。 D の具体的な内容は

$$D = \left[\int_0^n x(j)^\alpha dj \right]^{1/\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (20)$$

であり、 $x(j)$ は第 j 番目の製品の消費を表している。

E の量を支出する家計が、先の通時的な効用を最大化する場合、第 j 番目の製品の需要は

$$x(j) = \frac{E p(j)^{-\varepsilon}}{\int_0^n p(j')^{1-\varepsilon} dj'} \quad (21)$$

と表される。 $p(j)$ は第 j 番目の製品の価格であり、 ε は二つの製品間の代替の弾力性を示し、

$$\varepsilon = 1/(1-\alpha) > 1$$

である。

さて、家計が通時的な予算制約の下で効用の最大化を行うことによって、支出 E の成長率が求められるが、価格の基準化を行って時間を通じて名目支出 E を 1 に保てば、名目利率 r が一定となる関係

$$r(t) = \rho \quad (22)$$

が得られる。

また、 $E = 1$ とすれば、第 j 番目の製品の需要を表す(21)式は

$$x(j) = x = \frac{1}{np} \quad (23)$$

と書き換えられる。各製品は対称的であるから、その需要、価格の水準はそれぞれ共通の x , p を用いて表すことができる。

・企業・市場部門

単位を適当に選択することにより、製品 1 単位を生産は 1 単位の労働を必要とするものとする。第 j 製品の供給者はその利潤 $\pi(j)$

$$\pi(j) = p(j)x(j) - wx(j)$$

を最大化し、その結果、価格は

$$p(j) = p = w / \alpha \quad (24)$$

と設定され、すべての製品に p という等しい価格がつけられる。なお、 w は賃金率を表す。

そして、(23)式と(24)式を考慮すると、利潤は

$$\pi = \frac{1 - \alpha}{n} \quad (25)$$

と表すことができる。企業が生み出す通時的な利潤に対する請求権の価値を v とすれば、資本市場の均衡において

$$\pi + \dot{v} = rv \quad (26)$$

が成立しなければならない。(26)式は、株式所有者の収益(左辺)と貸付に関する収益(右辺)が等しくなるという裁定条件である。

次に、この裁定式(26)に(22)と(25)を代入することにより、微分方程式

$$\dot{v} = \rho v - \frac{1 - \alpha}{n} \quad (27)$$

が得られる。

さて、一連の差別化商品の価格は p であり、総支出が $E = 1$ に設定されると、各企業は差別化製品 $\frac{1}{np}$ 単位ほど生産・販売し、集計すると n 人の製造業者が労働 $\frac{1}{p}$ 単位を需要する。

一方、企業は新製品の開発も行うが、デザイン(設計図)は次のような生産関数

$$\dot{n} = \frac{L_n K_n}{a} = \frac{L_n n}{a} \quad (28)$$

を通じて生み出されるものとする。ここで、 L_n, K_n, a はそれぞれ研究事業に従事する労働、知識資本ストック、生産の効率性を表す正の定数である。なお、知識資本ストックは製品の種類で置き換えられている。

新しい製品が開発されている期間においては、R&Dを行うための費用と革新の予想価値とが等しくなるところまで、参入が生じるであろう。それで、

$$v = \frac{wa}{n} \quad (29)$$

が成立する。左辺は設計図の市場価値であり、右辺は設計図の費用である。右辺は、単位時間当たり \dot{n} の新製品を開発するためには $a\dot{n}/n$ 単位の労働が必要であるということに基づいている。

さて、労働市場の均衡すなわち資源制約式は

$$\frac{a\dot{n}}{n} + \frac{1}{p} = L \quad (30)$$

で示される。左辺の第1, 2項は、それぞれ研究事業のための労働需要、製品生産のための労働需要を表し、右辺の L は総労働力を表している。

この(30)式に対して(24)式と(29)式を代入して整理すると、

$$\frac{\dot{n}}{n} = \begin{cases} \frac{L}{a} - \frac{\alpha}{vn} & (v > \frac{\alpha a}{nL} \text{ に対して}) \\ 0 & (v \leq \frac{\alpha a}{nL} \text{ に対して}) \end{cases} \quad (31)$$

が得られる。

ここで、新しい変数 $V = \frac{1}{nv}$ と $g = \frac{\dot{n}}{n}$ を導入し、(31)、(27)に適用すると、(31)、(27)はそれぞれ

$$g = \begin{cases} \frac{L}{a} - \alpha V & (V < \frac{L}{\alpha a} \text{ に対して}) \\ 0 & (V \geq \frac{L}{\alpha a} \text{ に対して}) \end{cases} \quad (32)$$

$$\frac{\dot{V}}{V} = (1-\alpha)V - g - \rho \quad (33)$$

と書き換えられる。結局、この経済の動学は、(33)の微分方程式と(32)の補助条件によって説明される。

図1は(32)、(33)式に基づいてこの経済の動学を図示したものであるが、 $L/a > \alpha\rho/(1-\alpha)$

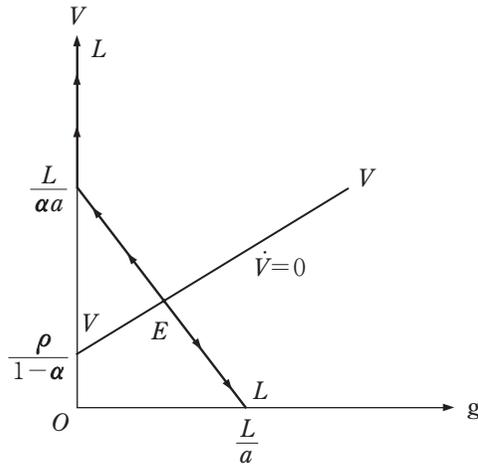


図1

の成立が前提にされている。 E 点で示される一意の定常状態が存在するが、この経済の有意な経路は E 点で始まり永久にそこにとどまる経路のみである。

定常状態を示す E 点において、製品開発が持続し、製品の種類が一定率で成長していく。 $\dot{V} = 0$ の式と (32) を使うと、イノベーション率（製品の種類の成長率）

$$g = (1 - \alpha) \frac{L}{a} - \alpha \rho \quad (34)$$

が得られる。

また、生産物の数量は一定のままであるが、実質生産物 (D) や実質 GDP の成長率が技術革新率に比例することが示される。実質生産物は $g(1 - \alpha) / \alpha$ の率で成長し、実質 GDP は $g_G = [\theta_D(1 - \alpha) / \alpha + (1 - \theta_D)]g$ の率で成長する。ただし、 $\theta_D = p_D D / (p_D D + v\dot{n})$ であり、 θ_D は時間を通じて一定である。なお、 p_D は均衡価格を意味し、 $p_D = \left[\int_0^n p(j)^{1-\varepsilon} dj \right]^{1/(1-\varepsilon)}$ と表される。

(34)式から、経済の基礎資源が大きければ大きいほど (L が大となるほど)、研究事業において資源が生産的であればあるほど (a が小となるほど)、家計が待忍的であればあるほど (ρ が小となるほど) そして製品差別化の欲求が大きければ大きいほど (α が小となるほど) 経済で技術革新が急速に行われる。経済の技術革新率 (g) が高まれば、それを通じて実質生産物および実質 GDP の成長率も上昇していく。

4. 新古典派のイノベーションと成長の理論

この節では、新古典派成長モデルに技術生産関数を導入して、R&D 投資を通じた生産性の上昇を含むような成長モデルを構築し、それを用いて経済成長のメカニズムを説明してみよう。ただし、以下でのモデル分析は、Weil (2005) の第 8 章、第 9 章などを参考にして行われている。

財・サービスは、先述したコブ＝ダグラス型の生産関数

$$Y = AK^\alpha L_Y^{1-\alpha} \quad 0 < \alpha < 1 \quad (35)$$

を通じて生産されるものとする。ただし、 L, L_Y, L_A を、それぞれ総労働者数、産出物の生産に従事する労働者数、新技術の創造に従事する労働者数として、

$$L = L_Y + L_A$$

という関係が成立している。

貯蓄と投資が一致し、生産物市場が均衡することを前提とすると、次のような資本蓄積式

$$\dot{K} = sAK^\alpha L_Y^{1-\alpha} - \delta K \quad (36)$$

が得られる。ここで、 s は貯蓄率（定数）、 δ は資本減耗率（定数）である。

R&A に従事する労働力の比率を γ_A

$$\gamma_A = \frac{L_A}{L}$$

とすれば、(36)式を次式のように書き表すことができる。

$$\dot{K} = sAK^\alpha \{(1-\gamma_A)L\}^{1-\alpha} - \delta K \quad (37)$$

さて、説明の便宜上、新しい変数 e を導入し、それを

$$e = A^{1/(1-\alpha)} \text{ あるいは } e^{1-\alpha} = A \quad (38)$$

と定義する。この技術水準を表す新指標 e を使うと、先の(37)式は次のように書きかえられる。

$$\dot{K} = sK^\alpha \{(1-\gamma_A)eL\}^{1-\alpha} - \delta K \quad (39)$$

次に、われわれは、 eL を有効労働と考え、有効労働単位あたり変数を

$$y = Y / eL, k = K / eL$$

と定義する。これらと(35)式、(38)式を考慮することにより、有効労働単位あたり生産関数

$$y = (1-\gamma_A)^{1-\alpha} k^\alpha \quad (40)$$

が得られる。

また、単純化のために総労働人口 L を一定と仮定した上で、 k を時間 t で微分すれば、

$$\dot{k} = d\left(\frac{K}{eL}\right) / dt = \frac{\dot{K}}{eL} - \hat{e}k \quad (41)$$

となり、これに(39)式を代入して整理すれば、

$$\dot{k} = s(1-\gamma_A)^{1-\alpha} k^\alpha - (\hat{e} + \delta)k \quad (42)$$

が導出される。

さて、生産性 A は、以下のような単純な技術の生産関数、

$$\hat{A} = \frac{L_A}{\mu} = \frac{\gamma_A}{\mu} L \quad (43)$$

を通じて変化するものと仮定する。ここで、 μ は発明 \hat{A} を 1 単位生産するのに必要とされる労働量を意味する。 μ は一定であると仮定し、 \hat{A} は L_A の大きさに比例して生み出されるものとする。すなわち、この技術に関する生産関数において、 L_A の生産性は不変であり、規模に関して収穫不変が成り立っている。

この(43)式と e の定義式である(38)式を考慮し、若干の計算をすると、 \hat{e} が

$$\hat{e} = \frac{\gamma_A}{(1-\alpha)\mu} L \quad (44)$$

と表されることがわかる。(44)式における右辺のパラメーターおよび L はすべて固定してい

るので、 \hat{e} は時間を通じて一定である。結局、ここで得られた資本蓄積の基本方程式(42)は、コブ・ダグラス型生産関数とハロッド中立型技術進歩を想定する新古典派成長モデルから導かれるものに類似している。ただ、(42)式における目新しい点は、 γ_A が含まれていることと、 \hat{e} が(44)式を通じて内生的に決定されることである。

図2は、基本方程式(42)の位相図である。図上の曲線は(42)式第1項に対応し、 k を増やす方向に作用する。他方、図の直線は(42)式第2項を表し、 k を減らす方向に作用する。定常状態 E は安定であり、初期の k がどの水準にあっても、 k はやがてその定常状態水準 k^* に到達する。

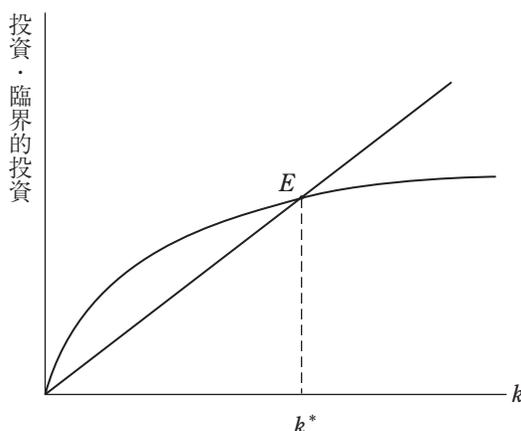


図2

また、(42)式をゼロと設定し、整理すると

$$s(1-\gamma_A)^{1-\alpha} k^\alpha = (\hat{e} + \delta)k \quad (45)$$

が得られる。次に、われわれは、この式および図2を用いて、定常状態間の比較静学分析を行ってみよう。

さて、 γ_A が変化した場合の効果を考察する。R&A に従事する労働力の比率 γ_A が上昇(下落)すると、(45)式の両辺に影響がもたらされ、図の曲線は下方(上方)へシフトし、直線は上方(下方)へシフトする(図3)。その結果、新しい定常状態では、効率労働単位あたり資本ストック k が減少(増加)する。それを通じて、効率(有効)労働単位あたり産出 y も減少(増加)する。

γ_A の上昇は k や y の減少をもたらすため経済成長に対する抑制要因のように見えるかもしれないが、 γ_A の上昇は(44)式を通じて労働効率指標 e の上昇率 \hat{e} を恒久的に引き上げることが注目される必要がある。

結局、定常状態では効率労働単位あたり資本ストック k および効率労働単位あたり産出 y は一定であることを考慮すると、 γ_A の上昇を通じた \hat{e} の恒久的な増加により、一人当たり資

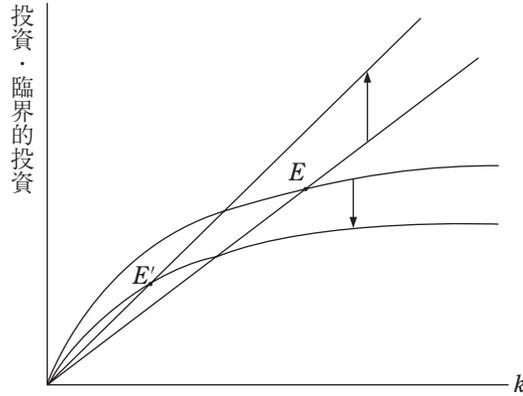


図 3

本ストックの上昇率および一人当たり産出の上昇率の恒久的な増加がもたらされるのである。

次に、貯蓄率あるいは投資率 s の変化が考察される。 s の変化は資本蓄積の基本方程式(42)式に影響するが、 \hat{e} の決定式(44)には関係しない。したがって、例えば s の上昇が生じた場合、図 4 において貯蓄・投資を示す曲線のみが上方へシフトする。

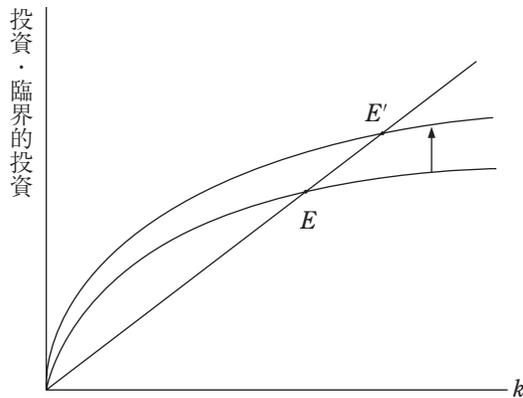


図 4

その結果、 s の上昇を通じて定常状態における効率労働単位あたり資本ストック k および効率労働単位あたり産出 y が増加する。ただし、 s は \hat{e} の決定式(44)には現れないため、 s が上昇しても一人当たり資本ストックの上昇率および一人当たり産出の上昇率は不変である。

一方、 α, L の増加、 μ の減少は、(44)式を通じて、 \hat{e} の上昇をもたらす。これは、図 5 で示されるように、更新投資に対応する直線の上昇を生み出す。その結果、定常状態での効率労働単位あたり資本ストック k および効率労働単位あたり産出 y が減少する。

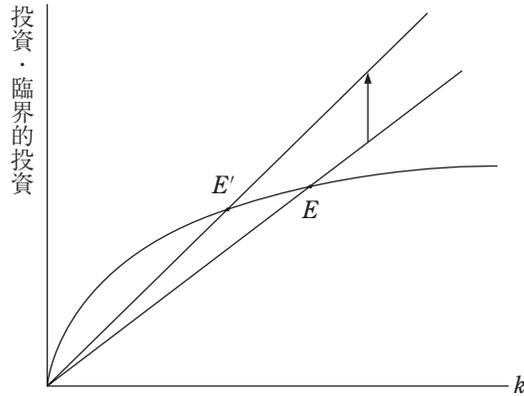


図 5

ただし、効率労働単位あたり資本ストック k および効率労働単位あたり産出 y が一定である定常状態においては、 α, L の増加、 μ の減少を通じた \hat{e} の上昇は、一人当たり資本ストックの上昇率および一人当たり産出の上昇率の恒久的な増加を引き起こす。

5. おわりに

持続的な経済成長が実現するためには生産性の上昇が必要であり、生産性の上昇をもたらす要因として技術の改善・革新が重要である。そして技術の改善・革新は主として民間企業の R&D 投資を通じて生み出されることが認識される。

要するに、経済成長あるいは一人当たりの所得上昇が生じるための基本的な要因は R&D 投資であり、よって R&D 投資やイノベーションの過程を導入し、それらを通じて持続的な経済成長が実現するメカニズムを明らかにすることが要請される。

そのような視点から、本稿では従来の R&D 投資に基づく内生的経済成長理論をサーベイし、それを通じて研究開発事業とそれが経済成長を生み出す過程のエッセンスを把握した。

代表的な R&D 投資に基づく内生的経済成長モデルは Romer や Grossman and Helpman によって開発されたが、彼らのモデルにおいては意図的な R&D 活動が導入された。その活動を通じて生産物の種類が拡大し、それが技術の進歩・革新となって生産性が上昇し、経済成長が継続することとなった。

また、彼らのモデルから、家計がより待忍的であるほど、労働者の数が多いほど研究部門により多くの資源が投入され、生産性の上昇率あるいは経済成長率が拡大するという結論が導かれる。

イノベーションによる内生的経済成長は、新古典派成長モデルに技術（進歩）に対する生

産関数を組み込むことによって、構築することができる。構築されたモデルは、シンプルかつ平易・明快なものである。しかし、シンプルなモデルであっても、研究事業において資源が生産的であるほど、労働者の数が多いほど研究部門により多くの資源が投入され、生産性の上昇率あるいは経済成長率が拡大するという R&D に基づく内生的成長理論の主要なメッセージは継承された。

本稿で考察された成長モデルは、企業による R&D 活動を含み、そのためイノベーションが意図的に発生し、経済成長率が内生的に決定するような非常に興味深いモデルであった。ただし、内生的な R&D 活動を含むだけでは内生的成長は実現せず、内生的成長が実現するためにはさらに技術に関する生産関数が技術に関して一次関数になっていることが必要である。

この技術の生産関数に関する特殊な仮定を考慮すれば、そのまますんなりと内生的成長理論を受け入れるのは困難である。そこで、今後、技術の生産関数を中心として一層の R&D と経済成長の研究が進展し、より説得力のある成長モデルが登場することが期待される。

参 考 文 献

- Aghion, P., and P. Howitt, "A Model of Growth through Creative Destruction," *Econometrica*, 60: 323–351, 1992.
- Grossman, G., and E. Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1991. [大住圭介監訳『イノベーションと内生的成長』創文社, 1997年。]
- Helpman, E., *The Mystery of Economic Growth*, Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press, 2004.
- Jones, C., "R&D-Based Models of Economic Growth," *Journal of Political Economy*, 103: 759-784, 1995.
- Jones, C., *Introduction to Economic Growth (Second Edition)*, New York: Norton, 2002.
- Romer, P. M., "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, 98: 71-102, 1990.
- Solow, R. M., *Growth Theory : An Exposition (Second Edition)*, Oxford University Press, 2000. [福岡正夫訳『成長理論 (第2版)』岩波書店, 2000年。]
- Weil, D. N., *Economic Growth*, Pearson Education, Inc., 2005.
- Young, A., "Growth without Scale Effects," *Journal of Political Economy*, 106: 41–63, 1998.
- 片山尚平『マクロ経済の理論と政策』晃洋書房, 2002年。
- 吉川洋『現代マクロ経済学』創文社, 2000年。