

漸近的に規模効果が消失する内生的経済成長モデル

An Asymptotically Non-Scale Endogenous Growth Model

原 嶋 耐 治
Taiji HARASHIMA

〈要 約〉

本論文では、規模効果が生ぜず人口増加の効果も不要な内生的経済成長モデルを提示する。こうした性質を有することが可能となるのは、企業の増加に伴う無対価知識流出の増加及び資本と技術への投資の間の代替という性質をモデルに組み込んでいるからである。本モデルに基づくと、人口が増加しても知識に外部性が存在することにより無対価知識流出の増加が生じるため、技術への投資が資本への投資よりも有利になることにはならない。人口が増加した場合、技術の持つ非競合性によって規模効果が生じるものの、それは同じく技術の非競合性によって生じる無対価知識流出の増加によって打ち消されてしまう。

JEL Classification: O33, O41, E10

〈キーワード〉

技術の非競合性, 規模効果, 均斉経済成長, 内生的経済成長,
非規模効果モデル, 無対価知識流出

はじめに

内生的経済成長の研究においては、そのモデルの中に規模効果 (Scale effects) が生じてしまうことが悩みの種であった。初期の様々な内生的経済成長モデル (例えば, Romer, 1986, 1987, Lucas, 1988) で共通して問題となった点がこの規模効果が生じてしまうという問題であった。何故問題かと言うと、実証的には、少なくとも近代の経済に於いては、規模効果の存在は支持されないからである (Jones, 1995a)。内生的経済成長モデルで規模効果が生じる理由は、資本 (K_t) と技術 (A_t) の間に線形的な関係を暗黙裡に仮定しているからである。ハロッド中立型生産関数 $y_t = A_t^\alpha k_t^{1-\alpha}$ に対して、最適な経済成長経路 (消費の成長率) は、周知のように

$$\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \varepsilon^{-1} \left[(1 - \alpha) \left(\frac{A_t}{k_t} \right)^\alpha - n_t - \theta \right]$$

である。ここで、 $y_t = \frac{Y_t}{L_t}$, $k_t = \frac{K_t}{L_t}$, $c_t = \frac{C_t}{L_t}$, であり、 $Y_t (\geq 0)$ は生産量, $K_t (\geq 0)$ は資本, $L_t (\geq 0)$ は労働者数, A_t は技術, $C_t (\geq 0)$ は消費, $n_t \left(= \frac{\dot{L}_t}{L_t} \right)$ は人口増加率のそれぞれ期間 t における値である。さらに、 θ は時間選好率, ε は危険回避度, α は正の定数 ($0 < \alpha < 1$) である。したがって、仮に $\frac{A_t}{k_t} \left(= \frac{A_t L_t}{K_t} \right)$ と n_t のいずれもが一定であれば、消費の成長率も一定となる。つまり、経済は均斉成長経路を進むことになる。

さて、 $\frac{A_t}{k_t}$ の値が一定となるためには、

$$\frac{\dot{K}_t}{K_t} - \frac{\dot{L}_t}{L_t} = \varphi_1 \frac{\dot{A}_t}{A_t}$$

となっている必要がある。ここで、 φ_1 は定数である。最も簡単に $\frac{\dot{K}_t}{K_t} - \frac{\dot{L}_t}{L_t} = \varphi_1 \frac{\dot{A}_t}{A_t}$ を満たすモデルを作る方法は、 A_t と K_t との間に線形関係を仮定し、かつ、

$$\frac{\dot{L}_t}{L_t} = 0$$

を仮定することである。初期の有名な AK モデルと言われる内生的経済成長モデルは、この方法を採用している（例えば、Romer, 1990, Grossman and Helpman, 1991, Aghion and Howitt, 1992）。¹ A_t と $K_t (= k_t L_t)$ の間に線形関係を仮定することは、

$$\frac{A_t}{k_t} = \varphi_2 \frac{K_t}{k_t} = \varphi_2 L_t$$

とすることを意味する。ここで φ_2 は定数である。明らかに、 L_t の規模が経済成長に対して非常に重要な役割を果たすことになる。すなわち、 L_t が増加すれば $\frac{A_t}{k_t}$ の値が大きくなり、ひいては成長率 $\frac{\dot{c}_t}{c_t}$ が高くなる。この効果が「規模効果」と言われるものである。

この規模効果の発現という問題に対して、Jones (1995b) は一つの解決策を示した (Kortum, 1997, Segerstrom, 1998, Eicher and Turnovsky, 1999 も参照のこと)。それは、 K_t と A_t の関係ではなく L_t と A_t の関係に焦点を当てるもので、 $\frac{\dot{A}_t}{A_t}$ と $\frac{\dot{L}_t}{L_t}$ の間に

$$\frac{\dot{A}_t}{A_t} = \varphi_3 \frac{\dot{L}_t}{L_t}$$

という線形関係があると仮定する。ここで φ_3 は定数である。ただし、考察の対象とするのは

$$\frac{\dot{K}_t}{K_t} = (1 + \varphi_1 \varphi_3) \frac{\dot{L}_t}{L_t} = \frac{\dot{Y}_t}{Y_t} \quad (1)$$

の関係が成立する場合のみである。何故なら、この場合においてのみ $\frac{\dot{K}_t}{K_t} - \frac{\dot{L}_t}{L_t} = \varphi_1 \frac{\dot{A}_t}{A_t}$ が満たされ、均斉経済成長が可能であるからである。このような形でモデル化すると、 K_t と A_t の間に線形関係が生じないからことから規模効果を消失させることが出来る。しかし、その代わりに、(1) 式から明らかのように、今度は人口増加率 $\frac{\dot{L}_t}{L_t}$ が経済成長に決定的な役割を果たすことになってしまう。このため、Jones (1995b) のモデルも、やはり内生的経済成長モデルとしては不十分なものであると言わざるを得ない。

この人口増加の影響をなくすために、Young (1998), Peretto (1998), Aghion and Howitt (1998), Dinopoulos and Thompson (1998) はさらに別の解決策を提案した。それは、 $\frac{\dot{A}_t}{A_t}$ と L_t の間に、

$$\frac{\dot{A}_t}{A_t} = \varphi_4 L_t^{1-\varphi_5}$$

という線形関係を仮定するというものである。ここで φ_4 と φ_5 は定数である。この線形関係に加えて、もし

¹ 人的資本に基づく内生的経済成長モデルにおいても、初期のモデルはこの範疇に含まれる。

$\frac{\dot{K}_t}{K_t} - \frac{\dot{L}_t}{L_t} = \varphi_1 \frac{\dot{A}_t}{A_t}$ の関係も成り立つならば、

$$\frac{\dot{K}_t}{K_t} = \frac{\dot{L}_t}{L_t} + \varphi_1 \varphi_4 L_t^{1-\varphi_5} = \frac{\dot{Y}_t}{Y_t}$$

となり、経済は均斉成長経路を進むことになる。さらに、もし $\varphi_5 = 1$ であるならば、例え $\frac{\dot{L}_t}{L_t} = 0$ であったとしても、経済は一定の成長率 $\varphi_1 \varphi_4$ で成長することになる。つまり、人口増加の影響と規模効果のいずれも消失することになる。しかし、Jones (1999) は、このモデルは、 $\varphi_5 = 1$ という極めて特殊な仮定に決定的に依存している点で、依然問題を抱えたモデルであると言わざるを得ないと批判した。

Peretto and Smulders (2002) はさらに別の種類の解決策を示した。それは、 K_t と A_t の間にではなく $A_t L_t$ と K_t の間に、

$$\lim_{L_t \rightarrow \infty} \frac{A_t}{k_t} = \lim_{L_t \rightarrow \infty} \frac{A_t L_t}{K_t} = \varphi_6$$

という正の相関があると仮定するというものである。ここで φ_6 は定数である。この仮定を置くことによって、規模効果は漸近的に消失し、かつ、経済成長に人口の増加は必要がなくなる。

本論文で構築するモデルは、表面的に見ると Peretto and Smulders (2002) のモデルと類似した性質を有している。しかし、規模効果消失の機序は両モデルで根本的に異なっている。Peretto and Smulders (2002) のモデルで核となる仮定は、「企業数（或いは、人口）の増加に伴い無対価知識流出（Uncompensated knowledge spillovers）は減少する」という仮定である。しかし、この仮定には問題がある。何故なら、無対価知識流出に関する二つの理論、すなわち、Marshall-Arrow-Romer (MAR) 外部性 (Marshall, 1890, Arrow, 1962, Romer, 1986) 及び Jacobs 外部性 (Jacobs, 1969) のいずれの理論に基づいても、「企業数の増加に伴い無対価知識流出は増加する」と考えられるからである。つまり、Peretto and Smulders (2002) のモデルで核心をなす仮定は無対価知識流出の理論と矛盾している。こうした矛盾が生じる理由は、Peretto and Smulders (2002) のモデルでは Jacobs 外部性が無視され、かつ、MAR 外部性の負の側面（産業分野の数が増加するにつれて知識流出はより非効率になる）のみを考慮している点にある。多くの実証研究において、Jacobs 外部性が存在することは支持されている（例えば、Glaeser et al., 1992, Chen, 2002, Stel and Nieuwenhuijsen, 2002）。したがって、Jacobs 外部性を無視してモデルを作ったとしても、そのモデルの構造は大きく歪んでしまう可能性が高い。

本論文で構築するモデルでは、Peretto and Smulders (2002) とは逆に、「企業数の増加に伴い無対価知識流出は増加する」という仮定に立つ。したがって、無対価知識流出に関する理論と整合的なモデルである。ただし、このように Peretto and Smulders (2002) と正反対の仮定を置くことで、規模効果は一層悪化してしまうのではないかという疑念が生じるかもしれない。しかし、本論文のモデルではそのようなことは生じない。何故なら、資本へと技術への投資の間で代替が生じるからである。技術は非競合性を有しているので、同一の技術を同時に多数の現場において使うことが出来る。したがって、 L_t が増加すれば、 $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ も増加する。対照的に、資本は競合性を有しているので、或る資本はそれが設

置されている生産現場で働いている労働者のみしか使うことが出来ない。したがって、 L_t が増加しても、 $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t}$ は不変で

ある。このため、人口が増加した場合、技術への投資の収益の方が資本への投資の収益より高くなることから、企業は資本への投資よりも技術への投資をより多く行うようになるであろう。しかし、同時に、人口が増加するに従って、技術の有する非競合性という性質によって無対価知識流出も増加する。この結果、人口が増加した場合に必ずしも技術への投資が資本への投資よりも有利になることはない。つまり、技術の有する非競合性によって規模効果が生じるが、それと同時に無対価知識流出の増加が生じるために、規模効果は相殺されてしまう。つまり、規模効果は消失することになる。さらに、人口増加が経済成長を加速させることにもならない。このことから、本論文のモデルは、従来の内生的経済成長モデルが抱えていた規模効果と人口増加の影響の二つの問題を同時に解決することが出来るモデルとなっている。

第1章 モデル

第1節 技術の生産

生産量 Y_t は,

$$Y_t = C_t + \dot{K}_t + v\dot{A}_t$$

のように支出され、消費 (C_t)、資本の増加 ($\dot{K}_t$) 及び技術の増加 ($v\dot{A}_t$) の合計と等しい。ここで、 $v(>0)$ は定数であり、また、一単位の K_t と v^{-1} 単位の A_t は同等である。つまり、資本と技術をそれぞれ生産するために投入される要素（資本、労働、技術）の量は同一である。このことは、技術は、消費財や資本財を生産する場合と同様に資本、労働、技術を投入することによって生産されることを意味している。上記の式は、

$$\dot{k}_t = y_t - c_t - \frac{v\dot{A}_t}{L_t} - n_t k_t$$

と同値である。

本論文では均斉成長経路に焦点を当てることから、ハロッド中立型技術進歩を仮定し、生産関数を $Y_t = K_t^{1-\alpha} (A_t L_t)^\alpha$ 、すなわち、

$$y_t = A_t^\alpha k_t^{1-\alpha}$$

と特定化する。単純化のために、人口増加率 (n_t) は一定とし、かつ非負、すなわち、 $n_t = n \geq 0$ であると仮定する。

第2節 K_t と A_t への投資の間の代替性

以下の関係

$$m = \frac{M_t}{L_t} \quad (2)$$

が常に成立していると仮定する。ここで、 M_t は企業数（なお、単純化のため各企業は全て同一規模であると仮定する）であり、 $m(>0)$ は定数である。一般に人口数と企業数は比例するものと考えられるが、(2)式はこうした考え方そのまま仮定したものである。その式の形から分かるように、(2)式は「 L_t に係わらず一社当たりの従業員数は同一である」ことも意味している。なお、Young (1998)、Peretto (1998)、Aghion and Howitt (1998)、Dinopoulos and Thompson (1998) では「 M_t は産業分野や研究者数の増加とともに増加する」と暗黙裡に仮定されているが（Jones, 1999 も参照のこと）、本論文ではそのような仮定は置かない。(2)式は、単純に「一企業当たりの平均的な従業員数は人口数とは無関係である」ということを意味しているだけである。このことは、 M_t が A_t の生産量の決定に当たって重要な役割を果たすことはないことを意味している。なお、後程 (3) 及び (4) 式で示されるように、本論文のモデルでは、 A_t の生産量は研究者数によってではなく技術への投資量によって決まることになる。また、このように本論文のモデルでは M_t は A_t の生産量の決定と無関係なのであるが、一方で、 M_t は無対価知識流出量の決定には重要な役割を果たすことになる。

m が定数であることは、人口が変化しても一企業の規模は平均的には変化しないことを意味している。こうした仮定は Coase (1937) の考え方に基づく十分に正当化出来る。何故なら、この考え方では、一企業の規模は企業運営にかかる情報の負荷量によって制約されると考えるからである。さらに、これとは別に、Williamson (1967) によると、大企業になる程企業の効率性は低下する (Grossman and Hart, 1986 and Moore, 1992 も参照のこと)。企業規模の関する上記二つの考え方は、企業の最適規模は基本的に人口数とは無関係に決定されると考える点で共通している。

次に、以下の関係式

$$\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \frac{\varpi}{M_t^{1-\rho}} \frac{\partial Y_t}{\partial (vA_t)} \quad (3)$$

故に,

$$\frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \frac{\varpi L_t^\rho}{m^{1-\rho}v} \frac{\partial y_t}{\partial A_t} \quad (4)$$

が常に保たれていると仮定する。ここで、 $\varpi(>1)$ 及び $\rho(0 \leq \rho < 1)$ は定数である。パラメーター ρ は無対価知識流出の効果を示すものであり、パラメーター ϖ は特許の効果を示すものである。特許が存在することから、所得は資本や労働だけでなく技術にも分配される。単純化のために、特許期間は無限であり、資本減耗は存在しないと仮定する。なお、第2章第5節において、この仮定を緩め、特許期間が有限で資本減耗が存在するようにモデルを拡張する。

(3) 及び(4)式は、「資本への投資の収益と技術への投資の収益が同一になるように維持される」ことを示している。この関係式が保たれるのは、各企業が常に捕捉可能な利潤機会は全て逃すまいと行動し、そのため常に最も大きな利益の得られる投資は何かを考えて投資を行っているからである。こうした企業行動の結果として、市場における裁定を通じて、資本と技術への投資の収益は均等化されることになる。

このように資本と技術への投資の間に代替性が存在することから、本モデルには均斉成長経路が存在し得る。つまり、

$$\frac{\varpi L_t^\rho}{m^{1-\rho}v} \frac{\partial y_t}{\partial A_t} = \frac{\partial y_t}{\partial k_t} \Leftrightarrow \frac{\varpi L_t^\rho \alpha}{m^{1-\rho}v} A_t^{\alpha-1} k_t^{1-\alpha} = (1-\alpha) A_t^\alpha k_t^{-\alpha}$$

であることから、(4) 式より

$$A_t = \frac{\varpi L_t^\rho \alpha}{m^{1-\rho}v(1-\alpha)} k_t$$

である。この式は、「 $L_t^\rho = \text{一定}$ 」に対して「 $\frac{A_t}{k_t} = \text{一定}$ 」であることを示している。つまり、本モデルには均斉成長経路が存在し得る。

第3節 無対価知識流出

(3) 及び(4)式は、さらに、「技術への投資をした企業は、その投資からの収益の全てを独占することは出来ない」ことをも示している。つまり、例え技術への投資によって Y_t が増加したとしても、その投資を行った企業はその増加した Y_t の一部、すなわち、 $\frac{\varpi}{M_t^{1-\rho}} \frac{\partial Y_t}{\partial (vA_t)}$ しか自分のものとする事が出来ない。その理由は、他の企業に対価なしに知識が流出してしまうこと、さらに、多くの企業が補完的技術を持っていることの二点にある。

無対価知識流出に関しては、大きく分けて二つの種類が存在すると考えられている。一つは産業内 (Intra-sectoral) 知識流出 (MAR 外部性: Marshall, 1890, Arrow, 1962, Romer, 1986) であり、もう一つは、産業間 (Inter-sectoral) 知識流出 (Jacobs 外部性: Jacobs, 1969) である。MAR 外部性の理論では、同質な企業間の知識流出が最も効果的であり、そのため知識流出は基本的に産業内の企業間で起きると考える。故に、無対価知識流出は産業内の企業数が多い程より活発に生じると考える。これに対し、Jacobs (1969) は、知識流出は異なった活動を行っている企業間において最も効果的であり、それ故知識流出に影響を与える要因としては多様性 (すなわち、産業の種類数) の方がより重要であると考ええる。このため、Jacobs 外部性の理論では、無対価知識流出は産業の種類数の多い程より活発に生じると考える。このような相違が MAR 外部性と Jacobs 外部性の間には存在するのであるが、全ての産業が同じ数の企業数で構成されているならば、いずれの考え方に立っても経済における企業数の増加により知識流出は促進されることになり、この点では両者は共通していることになる。

無対価知識流出が増加する程、当該技術を開発した企業の収益は減少する。 $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ は A_t が一単位増加した時の Y_t の増加量を示すが、それは「当該新規技術を開発した企業の生産量の増加」と「当該新規技術を利用するその他の企業の生産量

の増加」の両方を含む。その際、「その他の企業の生産量の増加」は、開発した企業にそれらの企業が対価を払って当該新規技術を利用した結果なのか無対価知識流出の結果なのかを問わない。もし企業数が増加し無対価知識流出が増加したならば、当該新規技術を開発した企業が $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ の中から対価として得ることの出来る部分は減少することになる。つまり、

技術への投資の収益率は減少することになる。パラメーター ρ は、この効果の大きさを示している。もし $\rho=0$ であるならば、新規技術を開発した企業の収益は、企業数の増加率と同じ率で低下する。 $0<\rho<1$ の場合は、新規技術を開発した企業の収益は企業数の増加率に伴って減少するものの、その減少率は $\rho=0$ の場合より低い。

上述の二の種類の外部性、MAR 及び Jacobs 外部性、のいずれもが企業数の増加に伴って無対価知識流出は増加することを示していること、そして現実には規模効果が観察されていない (Jones, 1995a) ことを考えると、規模効果は MAR 及び Jacobs 外部性によってその殆どが打ち消されている可能性が非常に高い。つまり、 ρ の値は非常に小さい可能性が非常に高い。さらに言えば、そもそも、企業が合理的な行動を行うという前提に立つならば、 ρ の値が極めて小さい、すなわち、ほぼ 0 であるという結論に極めて自然に導かれる。企業は本質的に常に利益獲得の機会を見逃すまいと窺っている存在であり、この性質は新規に設立された企業であろうが既存の企業であろうが変わりはない。したがって、新規であろうが既存であろうが、全ての企業は等しく様々な知識流出からの利益・分け前を漏らさず獲得しようと必死に活動している。したがって、企業数の増加は、それが対価を払ってか払わなくてかに係わらず、以前よりも多くの数の企業が同じように新規技術をその開発企業から獲得しようと必死になって活動するようになることを意味する。さて、技術には非競争性という性質があることから、新規既存に係わらず、そして、企業数の多寡に係わらず、全ての企業が等しく無対価知識流出からの利益を享受出来る。第1章第2節で述べたように、一企業の平均的規模は人口数とは独立に決まる、つまり、一定であると考えられることから、各企業が他の個々の企業から流出する知識を利用する能力が人口の増加によって低下することはない。一方で、企業数の増加に伴って技術を巡る競争はより激しくなることから、各企業は無対価知識流出がもたらす機会を一切逃すまいと従来よりも一層の努力を払うようになるであろう。² この結果、例えば人口と企業数が増加したとしても、各企業が他の各企業が開発した新規技術を活用することが出来る確率が変化することはないであろう。つまり、無対価知識流出は企業の増加率と同一の率で増加することになるであろう。すなわち、 $\rho=0$ ということになる。

このように、各企業の利潤最大化行動の結果として $\rho=0$ となることから、上述のように、 $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ の中で技術開発を行った企業が得ることの出来る部分は企業数の増加に伴いそれと同一の率で減少することになる。 $\rho=0$ であることから、(3) 及び(4)式より、

$$\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \frac{\varpi}{M_t} \frac{\partial Y_t}{\partial (vA_t)} \quad (5)$$

であり、したがって、

$$\frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \frac{\varpi}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t} \quad (6)$$

が常に保たれることになる。

技術の持つ補完性という性質によっても、技術開発を行った企業が $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ の中から得ることの出来る割合は減少する。もし新規技術が他の技術と組み合わせて用いられた場合においてのみ有効であるならば、新規技術からの利益はそれを開発した企業だけでなく当該の他の技術を持っている企業にも分け与えられることになる。例えば、あるコンピューター・

² さらに、企業数が多いということは、各企業がより専門化・細分化されていることを意味している。より専門化・細分化された技術であったため従来は無視されていた技術であっても、より専門化・細分化された企業にとっては価値があるものになるかもしれない。このことは、企業数が多いと知識流出が増加することを意味する。

ソフトに関する新技術がソフトウェア会社によって開発された場合、それによりコンピューター機器の製造会社の売上や利益をも増加させることになるかもしれない。技術革新によって経済全体の生産性は向上するが、その結果得られる所得の増加分は、技術革新を行った企業だけでなく補完的技術を有する企業にも分配されることになる。

このように、無対価知識流出と技術の補完性があるために、技術開発を行った企業が $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ の中から得ることの出来る部分は非常に少ないものになってしまう可能性が高い。このことから、 M_t の値が非常に小さい場合を除き、 ϖ の値は M_t の値よりかなり小さい可能性が高いと考えられる。³

第4節 最適化問題

$\rho=0$ であることから、(4)式より $A_t = \frac{\varpi \alpha}{mv(1-\alpha)} k_t$ となり、それ故、

$$y_t = \left(\frac{\varpi \alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} k_t$$

及び

$$\dot{A}_t = \frac{\varpi}{mv} \dot{k}_t \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right)$$

である。したがって、

$$\dot{k}_t = y_t - c_t - \frac{\nu \dot{A}_t}{L_t} - n_t k_t = \left(\frac{\varpi \alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} k_t - c_t - \frac{\varpi}{mL_t} \dot{k}_t \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) - n_t k_t$$

さらに、

$$\dot{k}_t = \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi \alpha} \left[\left(\frac{\varpi \alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} k_t - c_t - n_t k_t \right] \quad (7)$$

である。

代表的家計の最適化問題は、(7)式で示される制約条件の下で、期待効用

$$E \int_0^\infty u(c_t) \exp(-\theta t) dt$$

を最大化させるものである。ここで、 $u(\bullet)$ は相対的危険回避度一定 (CRRA) 型効用関数で、 E は期待値演算子である。

³ もし M_t が非常に小さければ、 ϖ の値は、十分に大きい M_t の場合と資格すると、非常に小さいものとなるであろう。何故なら、イノベーションから利益を得ることの出来る企業数が M_t が非常に小さいために制約されるからである。企業数が非常に少ないということは、経済自体が十分に発達し洗練されたものとなっていないことを意味しており、イノベーションからの利益を十分に実現できないことを意味する。この制約は、 $\varpi = \bar{\varpi} [1 - (1 - \bar{\varpi}^{-1})^{M_t}]$ のようにモデル化することが出来る。ここで、 $\bar{\varpi} (\geq 1)$ は定数である。しかし、 M_t が十分に大きい場合（すなわち、経済が十分に発達し洗練されたものとなっている場合）には、この制約は取り除かれる。何故なら、 $\lim_{M_t \rightarrow \infty} \bar{\varpi} [1 - (1 - \bar{\varpi}^{-1})^{M_t}] = \bar{\varpi} = \varpi$ であるからである。

第2章 均斉成長経路における漸近的な規模効果の消失

第1節 成長率及び横断性条件

ハミルトニアン H を

$$H = u(c_t) \exp(-\theta t) + \lambda_t \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} k_t - c_t - n_t k_t \right]$$

とする。ここで、 λ_t は共役変数である。第1章で示された最適化問題の最適性条件は、

$$\frac{\partial u(c_t)}{\partial c_t} \exp(-\theta t) = \lambda_t \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \quad (8)$$

$$\dot{\lambda}_t = -\frac{\partial H}{\partial k_t} \quad (9)$$

$$\dot{k}_t = \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} k_t - c_t - n_t k_t \right] \quad (10)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_t k_t = 0 \quad (11)$$

となる。

(9)式より、

$$\dot{\lambda}_t = -\lambda_t \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n_t \right] \quad (12)$$

である。したがって、(8) 及び (12) 式より、消費の成長率は、

$$\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \varepsilon^{-1} \left\{ \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n_t \right] - \theta \right\}$$

となる。ここで、 $\varepsilon = -\frac{c_t u''}{u'}$ である。なお、通常 $\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n_t > 0$ となっていると考えられることから、本論文ではこの条件を満たしている場合のみを考察対象とする。

(10)式より、

$$\frac{\dot{k}_t}{k_t} = \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n_t - \frac{c_t}{k_t} \right]$$

であり、(12)式より、

$$\frac{\dot{\lambda}_t}{\lambda_t} = -\frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n_t \right]$$

である。故に、

$$\frac{\dot{\lambda}_t}{\lambda_t} + \frac{\dot{k}_t}{k_t} = -\frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left(\frac{c_t}{k_t} \right)$$

である。したがって、もし如何なる期間においても $\frac{c_t}{k_t} > 0$ であれば、 $\frac{\dot{\lambda}_t}{\lambda_t} + \frac{\dot{k}_t}{k_t} < 0$ であり、横断性条件(11)は満たされる。

逆に、もしある期間以降の如何なる期間においても $\frac{c_t}{k_t} = 0$ であれば、横断性条件(11)は満たされない。

第2節 均斉成長経路

以下で示されるように、全ての最適化条件が満たされる均斉成長経路が存在する。

補題：もし $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$ ならば、そしてその場合に限り、全ての最適化条件（すなわち(8)～(11)式）が満たされる。

証明：（第一段階）

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \varepsilon^{-1} \left\{ \frac{m \lim_{t \rightarrow \infty} L_t (1-\alpha) \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n_t \right] - \alpha n_t}{m \lim_{t \rightarrow \infty} L_t (1-\alpha) + \varpi\alpha} - \theta \right\} = \varepsilon^{-1} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n - \theta \right]$$

であるから、「 $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \text{一定}$ 」である。一方、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \frac{m \lim_{t \rightarrow \infty} L_t (1-\alpha)}{m \lim_{t \rightarrow \infty} L_t (1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n - \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{c_t}{k_t} \right]$$

である。

（第二段階）もし $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t} > \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t}$ であるならば、 $\frac{c_t}{k_t}$ は時間の経過に伴って小さくなる。何故なら、第一段階で示されるよ

うに $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$ が増加する一方で「 $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \text{一定}$ 」であるからである。したがって、最終的に $\frac{c_t}{k_t}$ は 0 にまで小さくなり、

第2章第1節で示される横断性条件(11)は満たされないことになる。

もし $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t} < \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t}$ であるならば、 $\frac{c_t}{k_t}$ は時間の経過に伴って無限に大きくなる。何故なら、第一段階で示されるよう

に $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$ が減少し最終的には負の値となる一方で「 $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \text{一定}$ 」であるからである。 k_t が減少していくことから、

最終的には(10)式は満たされなくなる。何故なら、 $k_t \geq 0$ であるからである。

一方、もし $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$ であるならば、「 $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{c_t}{k_t} = \text{一定}$ 」である。したがって、第一段階より「 $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \text{一定}$ 」であ

ることから、 $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$ と $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t}$ は同一の値を取りかつ一定である。 ■

家計が合理的に行動する経済主体であるならば、その初期消費量を、全ての最適化条件を満たす成長経路と整合的で

ある値になるように設定するであろう。こうした家計の行動を念頭に置くと、補題の意味するところは、所与の初期値 A_0 及び k_0 に対して、 $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \frac{\varpi}{M_t} \frac{\partial Y_t}{\partial (vA_t)}$ が保たれるように企業が k_t を調整する中で、合理的な家計は初期消費 c_0 を $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$ が満たされるように設定するということである。⁴ このような家計の行動の結果として、一人当たりの生産量、消費、資本、さらには、技術の成長率は全て同一の値に収斂していくことになる。

命題：もし全ての最適化条件（(8)～(11)式）が満たされるならば、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{y}_t}{y_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$$

である。

証明： $y_t = A_t^\alpha k_t^{1-\alpha}$ であるから、

$$\dot{y}_t = \left(\frac{A_t}{k_t} \right)^\alpha \left[(1-\alpha) \dot{k}_t + \alpha \frac{k_t}{A_t} \dot{A}_t \right]$$

である。 $\dot{A}_t = \frac{\varpi}{mv} \dot{k}_t \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right)$ であるから、

$$\dot{y}_t = \dot{k}_t \left(\frac{A_t}{k_t} \right)^\alpha \left[(1-\alpha) + \frac{\varpi \alpha^2}{mv(1-\alpha)} \frac{k_t}{A_t} \right]$$

である。故に、

$$\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} \left[(1-\alpha) + \frac{\varpi \alpha^2}{mv(1-\alpha)} \frac{k_t}{A_t} \right]$$

である。したがって、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{y}_t}{y_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$$

である。さらに、 $y_t = A_t^\alpha k_t^{1-\alpha}$ 及び $\dot{A}_t = \frac{\varpi \alpha}{mv(1-\alpha)} \dot{k}_t$ より

$$\dot{y}_t = \dot{A}_t \left(\frac{A_t}{k_t} \right)^\alpha \left[\frac{mv(1-\alpha)^2}{\varpi \alpha} + \alpha \frac{k_t}{A_t} \right]$$

であるから、

⁴ 裁定条件(3)及び(4)は、 $A_t = \frac{\varpi \alpha}{mv(1-\alpha)} k_t$ が実現するまでは、 $A_0 > \frac{\varpi \alpha}{mv(1-\alpha)} k_0$ の場合は技術への投資、 $A_0 < \frac{\varpi \alpha}{mv(1-\alpha)} k_0$ の場合には資本への投資が行われないことを意味する。

$$\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{A}_t}{k_t} \frac{mv(1-\alpha)^2}{\varpi\alpha} + \alpha \frac{\dot{A}_t}{A_t}$$

である。 $\dot{A}_t = \frac{\varpi\alpha}{mv(1-\alpha)} \dot{k}_t$ であるから

$$\frac{\dot{y}_t}{y_t} = (1-\alpha) \frac{\dot{k}_t}{k_t} + \alpha \frac{\dot{A}_t}{A_t}$$

である。故に、

$$\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = (1-\alpha) \frac{\dot{k}_t}{k_t} + \alpha \frac{\dot{A}_t}{A_t}$$

であり、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \text{一定}$$

である。したがって、補題より、もし全ての最適化条件が満たされるならば

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{y}_t}{y_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t}$$

である。 ■

命題及び補題より、均斉成長経路は、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{y}_t}{y_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \varepsilon^{-1} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^a (1-\alpha)^{-a} - n - \theta \right] \quad (13)$$

となる。このような均斉成長経路をもたらす本論文の内生的経済成長モデルは、技術進歩外生のラムゼイ型成長モデルと基本的な部分で共通しており、前者は後者を自然な形で内生的成長モデルに拡張したものであると見なすことも出来る。

第3節 規模効果の消失

Peretto and Smulders (2002) の考え方とは対照的に、本論文のモデルでは、第1章第3節で示されたように人口が増加すると無対価知識流出は増加する。このような無対価知識流出の性質は、MAR 及び Jacobs 外部性のいずれの考え方とも整合的である。ただし、Peretto and Smulders (2002) と対照的な性質であることは、規模効果が増幅される可能性があることを意味しているかもしれない。しかし、本論文のモデルではそのようなことは生じない。このことは、(13)式で示される均斉成長経路が L_t の関数ではないことから明らかである。

さて、人口が増加すると知識流出は増加するのであるが、その効果は、資本と技術への投資の間の代替を通じて直ちに相殺されてしまう。もし人口の増加の結果技術への投資の魅力が高まったならば、企業は資本へよりも技術へより多く投資するようになるであろう。両者への投資の魅力の違いは、資本への投資からの収益 $\left(\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} \right)$ と技術への投資からの収益

$\left(\psi \frac{\partial Y_t}{\partial A_t} \right)$ の比較から測ることが出来、企業はその比較に基づいて資本と技術のどちらに投資するか判断することになる。

ここで、 ψ を無対価知識流出の程度を示す変数とする。これは、新技術を開発した企業が、その新技術から得られる総収益 $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ の中からどれだけ自分のものとして得ることが出来るかということを示す変数である。(3)式で示されるように、

市場における裁定を通じて、 $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \psi \frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ のように両者への投資の収益は同一になる。

人口が増加するにつれて、 $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ は増加する。何故なら、より多くの労働者が同時に新技術を利用出来るようになるからである。⁵ つまり、技術には非競争性があることから、人口の増加に伴って $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ は増加する。したがって、 $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t} = L_t \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ となる。例え $\frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ が一定でも、 L_t が増加すれば $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ は増加する。一方、資本には競争性があるために、人口が増加したからといって、より多くの労働者が同時に同じ資本を利用できるとは限らない。投下された資本は、基本的にその投下された生産現場で働く労働者によってのみ利用可能である。つまり、 $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \frac{\partial y_t}{\partial k_t}$ である。もし $\frac{\partial y_t}{\partial k_t}$ が一定であれば、例えば人口が増加したとしても $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t}$ は一定である。

したがって、もし ψ が一定であれば、良く知られた規模効果が生じることになる。この場合、人口の増加に伴って $\psi \frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ は増加する一方で $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t}$ は変化しない。したがって、人口が増加すると、技術への投資からの収益は資本への投資からの収益よりも魅力的なものとなり、企業は資本よりも技術へより多く投資するようになる。結果として、人口の増加に伴って経済成長は加速することになる。

しかし、本論文のモデルが示すように、 ψ の値が一定であるとは限らない。第1章第3節で示されたように、知識流出の理論によれば、人口が増加すれば無対価知識流出が増加する。さらに、(2)式で示されるように、人口が増加すれば企業数は増加する。したがって、知識流出の理論に基づく、 ψ の値は一定ではなく人口の関数であり、人口の増加に伴って ψ の値は低下する。したがって、人口が増加すると、前述のように規模効果が生じ技術への投資からの収益が高まる一方で、同時に無対価知識流出が増加することで技術への投資からの収益が低下するという現象も生じる。別の言い方をすれば、人口が増加すると、技術革新一つ当たりの総利得は増加するが、その利得は数が増加した企業によって対価無しに共有されることになってしまう。このため、人口の増加によって技術への投資からの収益が資本への投資からの収益よりも魅力的なものとなるとは必ずしも言えない。

したがって、人口の増加に伴って経済成長が加速するとも必ずしも言えない。第1章第3節で示されたように、企業の利潤最大化行動の結果 ρ の値は殆ど限りなく 0 となる。 $\rho = 0$ であるから、(5)及び(6)式に基づく、 L_t の増加に伴う $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ の増加は $M_t = m L_t$ で示される無対価知識流出の増加によって完全に相殺されてしまう。つまり、規模効果は消失してしまう。

ただし、人口が十分に大きくない場合には、やはり規模効果は無視できない影響を与えることになる。ここで、一般に、消費の成長率は L_t に関する関数 $S(L_t)$ に対して、

$$\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \varepsilon^{-1}[S(L_t) - \theta]$$

と表すことが出来るが、この関係から

$$S(L_t) = \varepsilon \frac{\dot{c}_t}{c_t} + \theta$$

⁵ さらに、人口の増加は、より多くの家計が新技術に基づいて生産された商品消費することが出来るようになることを意味する。

を規模効果の大きさと定義することが出来る。つまり、規模効果の大きさを $\frac{\dot{c}_t}{c_t}$ の中の人口に係る部分の大きさによって表すことが出来る。これを本論文のモデルに当てはめると、

$$S(L_t) = \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n \right] \quad (14)$$

となる。もし $\frac{dS(L_t)}{dL_t} > 0$ ならば規模効果が存在し、 $\frac{dS(L_t)}{dL_t} = 0$ ならば存在しないことになる。(14)式から明らかなように、人口が少なければ (L_t の値が小さければ) $\frac{dS(L_t)}{dL_t} > 0$ であり、規模効果が存在する。しかし、

$$\lim_{L_t \rightarrow \infty} S(L_t) = \left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n \quad (15)$$

及び

$$\lim_{L_t \rightarrow \infty} \frac{dS(L_t)}{dL_t} = 0$$

で示されるように、人口が増加するに従って規模効果は漸近的に消失する。したがって、人口が十分に大きい経済においては、規模効果を伴わない形で経済は成長することになる。

(14)及び(15)式は、人口が非常に少ない（したがって、企業数も非常に少ない）場合には、規模効果は経済的に重要な効果を持ち得ることを示している。このことは、人類の歴史の初期段階においては、規模効果が決定的な役割を果たした可能性があることを意味している。逆に言えば、現在の工業化された世界においては、開かれた世界経済として非常に多くの人口が一つの経済に統合されているみなすことが出来ることから、規模効果は殆ど観察され得ないことになる (Jones, 1995a)。

第4節 人口増加を必要としない経済成長

本論文のモデルでは、経済が成長するために人口が増加する必要もない。もし人口が変化しない、すなわち「 $L_t = \text{一定}$ 」とすると、 $n_t = 0$ であるから

$$\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \varepsilon^{-1} \left\{ \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \varpi\alpha} \left[\left(\frac{\varpi\alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} \right] - \theta \right\} = \text{一定}$$

となる。明らかに、例え $n_t = 0$ であっても $\frac{\dot{c}_t}{c_t}$ は正の値を取り得る。⁶ すなわち、 $\frac{\dot{c}_t}{c_t}$ は n_t と関係なく成長し得る。Jones (1995b) の非規模効果モデルとは異なり、人口が増加しなくても経済は内生的に一定の率で永久に成長を続けることが出来る。このように、規模効果が消失する上に人口増加も要しないという点で、本モデルは非常に優れた性質を持っていると言える。

第5節 有限の特許期間を持つモデルへの拡張

ここまでの考察においては、単純化のために無限の特許期間が仮定され、また、資本減耗も考慮されなかった。しかし、本節ではこうした仮定を緩めた場合にどのようなことが生じるか考察する。ここで、 $\chi(>0)$ を特許期間、 $\delta(>0)$ を資

⁶ 前述したように、通常 $\left(\frac{\varpi L_t^\rho \alpha}{m^{1-\rho} v} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n > 0$ である。したがって、本論文ではこの場合のみを考察対象とする。

本減耗率とする。或る技術の特許期間が終了した後は、当該技術の価格はゼロとなり、当該技術への投資からの収益も同じく永久にゼロとなる。このため、特許期間が終了した後は、当該技術の使用から生じる所得の増加分は、技術の所有者ではなく資本や労働の所有者にのみ分配されることになる。したがって、或る技術への投資から得られる収益の中から当該技術に投資した企業が特許期間中に得られる総収益は、

$$\chi \frac{\varpi}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$$

となる。次に、資本が δ の率で毎期減耗することから、資本に投資した企業が全期間に亘って得る総収益は、

$$\frac{\partial y_t}{\partial k_t} \int_0^\infty e^{-\delta s} ds = \delta^{-1} \frac{\partial y_t}{\partial k_t}$$

となる。資本と技術への投資の間の裁定を通じて、

$$\delta^{-1} \frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \chi \frac{\varpi}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$$

すなわち

$$\frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \delta \chi \frac{\varpi}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t} \quad (16)$$

が成り立つ。したがって、特許期間が有限で資本減耗が存在する経済においては、(4)式を(16)式に置き換える必要がある。(16)式は、その形から明らかに、特許期間が有限で資本減耗が存在するモデルに置き換えても、元のモデルにおける結論と同じ結論となることを示している。

多くの国では、特許期間は20年かそれ以上（すなわち、 $\chi \geq 20$ ）で、資本の実用期間は通常20年程度（資本減耗率約0.05）と考えられる。そこで、例えば、 $\chi = 20$ 及び $\delta = 0.05$ とすると $\delta\chi = 1$ となる。したがって、一般に広く想定されているような特許期間や資本減耗率の値であれば、(4)式と(16)式は実質的にほぼ同一であると見なすことが出来る。逆に言えば、単純化のために特許期間を無限とし資本減耗が存在しないと仮定しても、そのような仮定を置くことは十分に正当化出来ると言える。

多くの国で特許期間は20年程度とされているが、そうでない場合もあるであろう。ここで、

$$\lim_{L \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \varepsilon^{-1} \left[\left(\delta \chi \frac{\varpi \alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - \delta - n - \theta \right]$$

であるから、人口が十分に多い場合には、特許期間 χ が長くなるに従って消費の増加率は高くなる。このことは、特許期間は長ければ長い程「良い」可能性があることを意味している。しかし、そのようなことにはならない。何故なら、 $L < \infty$ に対して、

$$\lim_{\chi \rightarrow \infty} \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \lim_{\chi \rightarrow \infty} \varepsilon^{-1} \left\{ \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \delta \chi \varpi \alpha} \left[\left(\delta \chi \frac{\varpi \alpha}{mv} \right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - \delta - n \right] - \theta \right\} = -\frac{\theta}{\varepsilon}$$

であるからである。もし特許期間が非常に長くなれば、消費の増加率は負、すなわち減少してしまう。何故なら、資本への投資と比較して技術への投資の魅力が著しく高まり、企業が資本蓄積を抑制してしまうからである。(16)式は、 $\chi \rightarrow \infty$ となるに従って企業は資本より技術への投資に著しく強く惹かれるようになり、最終的には資本への投資が行われなくな

ってしまうことを示している。このことは、高い経済成長率を実現するためには、特許期間は有限である必要があることを示している。

最適な特許期間は各パラメーターの値によって決まってくる。さらに、実際に特許期間を定めるに際しては、技術の陳腐化も考慮する必要があるであろう。何故なら、多くの先進国では、特許期間内であっても、新技術が直ぐにさらに新しい技術に取って代わられる、或いは、需要が他の財・サービスに移行することが屢々観察されるからである。もし、技術の陳腐化も考慮すると、(16)式は、

$$\delta^{-1} \frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \frac{\varpi}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t} \int_0^{\chi} \exp(-\mu t) dt$$

に置き換えられる。すなわち

$$\frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \frac{\delta}{\mu} [1 - \exp(-\mu \chi)] \frac{\varpi}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$$

となる。ここで、 μ は陳腐化率である。例えば、もし $\mu=0.1$ ならば、 $\mu^{-1}[1-\exp(-\mu \chi)]$ の値は、 $\chi=20$ の場合 8.65、 $\chi=30$ の場合 9.50、 $\chi=40$ の場合 9.82 であり、もし $\mu=0.15$ ならば、 $\mu^{-1}[1-\exp(-\mu \chi)]$ の値は、 $\chi=20$ の場合 9.50、 $\chi=30$ の場合 9.89、 $\chi=40$ の場合 9.98 である。したがって、 $\chi > 20$ の場合には、 $\mu^{-1}[1-\exp(-\mu \chi)]$ の値は殆ど変わらない。このことから、約20年間という一般に広く採用されている特許期間は十分に長い期間であると見なすことが出来る。したがって、この約20年間という特許期間は実際上特に問題のない妥当なものと考えることが出来る。

結論

初期の内生的経済成長モデル（例えば、Romer, 1986, 1987, Lucas, 1988）は規模効果という重大な問題を抱えていた。Jones (1995b) は規模効果を伴わない別の型の内生的経済成長モデルを提唱したものの、それは人口増加が経済成長に決定的な影響を有するという別の問題を抱えていた。Young (1998), Peretto (1998), Aghion and Howitt (1998), Dinopoulos and Thompson (1998) によって提案されたモデルでは規模効果だけでなく人口増加の影響も除去されるものとなっているが、Jones (1999) によれば、これらのモデルは極めて特殊な仮定に決定的に依存している点で依然大きな問題が残っている。Peretto and Smulders (2002) は、第4の型のモデルとして、 $A_t L_t$ (A_t ではなく) が K_t と正の相関しているモデルを提案した。このモデルでは規模効果は漸的に消失することになる。

本論文のモデルは、表面的には Peretto and Smulders (2002) のモデルと類似する性質、すなわち、漸近的な規模効果の消失という性質を有している。しかし、規模効果が漸的に消失する機序は両者のモデルの間では根本的に異なっている。さて、MAR 及び Jacobs 外部性のいずれの考え方に立っても、無対価知識流出は企業数の増加に伴って増加する。本論文のモデルはこうした知識流出の理論と整合的なものとなっており、無対価知識流出は企業数の増加に伴って増加する。一方、Peretto and Smulders' (2002) のモデルでは知識流出の方向は全く逆であり、知識流出の理論と整合的なものとはなっていない。知識流出の方向が全く異なっているにもかかわらず、本論文のモデルにおいても Peretto and Smulders' (2002) のモデルと同様に規模効果は漸的に消失する。何故なら、本論文のモデルでは、無対価知識流出が増加するだけでなく、同時に、資本と技術への投資の間の代替が生じるからである。

技術には非競合性があるため、 L_t が増加すれば $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ が増加する。対照的に、資本には競合性があるため、 L_t が増加しても $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ は変化しない。この相違があるために、 L_t が増加すると技術への投資の方が資本への投資よりもより魅力的なものとなる。しかし、一方で、人口が増加すると同時に無対価知識流出も増加する。これにより、資本への投資の方が技術への投資よりもより魅力的なものとなる。このように、逆方向の二つの力が相互に打ち消し合うことになることから、 L_t が増加した時に企業が資本よりも技術へより多く投資するようになるとは必ずしも限らない。つまり、技術の非競合性によって規模効果が生じるが、同時に無対価知識流出が増加するために、規模効果は相殺されてしまう。結果として、

規模効果は消失することになり、人口の増加が経済成長を加速することには必ずしも繋がらない。このように、知識流出の理論と資本と技術への投資の間の代替を合わせて考えることで、規模効果と人口増加の影響の問題を除去した漸近的に規模効果が消失する内生的経済成長モデルを構築することが出来る。

規模効果が人口の増加に伴って漸近的に消失するということは、仮に人口が非常に少ない場合には、規模効果が経済成長に非常に大きな影響を及ぼすことを意味する。しかし、人口が非常に多くなると規模効果は消失する。このことは、人類の文明の初期段階においては規模効果は経済成長に大きな影響力を持っていたかもしれないが、現代社会においては、人口が大幅に増加し、しかも、全地球的に工業化が進みそれがほぼ一体化されていることから、規模効果はもはや大きな意味を持たなくなっていると考えられる。

参考文献

- Aghion, Philippe and Peter Howitt. (1992) "A Model of Growth through Creative Destruction," *Econometrica*, Vol. 60, pp. 323–351.
- Aghion, Philippe and Peter Howitt. (1998) *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Arrow, Kenneth J. (1962) "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention," in *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, pp. 609–626, Princeton University Press, Princeton.
- Barro, Robert J. and Xavier Sala-i-Martin. (1995) *Economic Growth*, McGraw-Hill, New York.
- Chen, Hsin-Ping. (2002) . "Urban Externalities and City Growth in Taiwan," *The Annals of Regional Science*, Vol. 36, pp. 531–550.
- Coase, Ronald H. (1937) "The Nature of the Firm," *Economica*, Vol. 4, pp. 386–405
- Dinopoulos, Elias and Peter Thompson. (1998) "Schumpeterian Growth without Scale Effects," *Journal of Economic Growth*, Vol. 3, pp. 313–335.
- Eicher, Theo S. and Stephen J. Turnovsky. (1999) "Non-Scale Models of Economic Growth," *The Economic Journal*, Vol. 109, pp. 394–415.
- Glaeser, Edward L., Hedi D. Kallal, Jose A. Scheinkman, and Andrei Shleifer. (1992) "Growth in Cities," *Journal of Political Economy*, Vol. 100, pp. 1126–1152.
- Grossman, Gene M. and Elhanan Helpman. (1991) . *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Grossman, Sanford J. and Hart, Oliver D. (1986) "The Costs and Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration," *Journal of Political Economy*, Vol. 94, pp. 691–719.
- Jacobs, Jane. (1969) *The Economy of Cities*, Random House, New York.
- Jones, Charles I. (1995a) "Time Series Test of Endogenous Growth Models," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 110, pp. 495–525.
- Jones, Charles I. (1995b) "R&D-Based Models of Economic Growth," *Journal of Political Economy*, Vol. 103, pp. 759–784.
- Jones, Charles I. (1999) "Growth: With or Without Scale Effects?" *American Economic Review Papers and Proceedings*, Vol. 89, No.2, pp. 139–144.
- Kaldor, Nicholas. (1961) "Capital Accumulation and Economic Growth," Chap. 10 of A. Lutz and D. C. Hague (eds.) , *The Theory of Capital*, St. Martin's Press, New York.
- Kortum, Samuel S. (1997) "Research, Patenting, and Technological Change," *Econometrica*, Vol. 65, pp. 1389–1419.
- Lucas, Robert E. (1988) "On the Mechanics of Economic Development," *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22, pp. 3–42.
- Marshall, Alfred. (1890) *Principles of Economics*, Macmillan, London.
- Moore, John (1992) "The Firm as a Collection of Assets," *European Economic Review*, Vol. 36, pp. 493–507.
- Peretto, Pietro. (1998) "Technological Change and Population Growth," *Journal of Economic Growth*, Vol. 3, pp. 283–311.
- Peretto, Pietro and Sjak Smulders. (2002) "Technological Distance, Growth and Scale Effects," *The Economic Journal*, Vol. 112, pp. 603–624.
- Romer, Paul M. (1986) "Increasing Returns and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy*, Vol. 94, pp. 1,002–1037.
- Romer, Paul M. (1987) "Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization," *American Economic Review Papers and Proceedings*, Vol. 77, pp. 56–72.
- Romer, Paul M. (1990) "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, Vol. 98, pp. S71–S102.
- Segerstrom, Paul. (1998) "Endogenous Growth without Scale Effects," *American Economic Review*, Vol. 88, pp. 1290–1310.
- Stel, Andre and Henry Nieuwenhuijsen. (2002) "Knowledge Spillovers and Economic Growth," *Tinbergen Institute Discussion Paper*, TI 2002-051/3.
- Williamson, O.E. (1967) "Hierarchical Control and Optimum Firm Size," *Journal of Political Economy*, Vol. 75, pp. 123–138.
- Young, Alwyn. (1998) "Growth without Scale Effects," *Journal of Political Economy*, Vol. 106, pp. 41–63.