

景気循環増幅的R&Dパズル:技術ショックは景気変動の主因か?

The Pro-cyclical R&D Puzzle :
Are Technology Shocks the Main Cause of Economic Fluctuations?

原 嶋 耐 治
Taiji Harashima

〈要旨〉

殆どの実証研究において、R&D支出は景気循環増幅的 (pro-cyclical) であるとの結論が示されているが、シュンペーターの観点からみると、これはパズルである。このパズルは、景気変動の主因が技術ショックかどうかという問題と密接に関連している。そこで、技術開発への投資と生産活動への投資が代替的であるという性質を内包した内生的経済成長モデルを用い、技術ショックと需要ショックが与えられた時のR&D支出の反応を分析した。その結果、景気循環の主因は技術ショックではないと考えることが最も自然であるとの結論が得られた。

JEL Classification code: E32, O30

〈キーワード〉

R&D, 技術ショック, 景気循環, シュンペーター, 内生的経済成長

はじめに

殆どの実証研究において、R&D支出は景気循環増幅的 (pro-cyclical) であると報告されている。たとえば、Geroski and Walters (1995), Fátas (2000), Rafferty and Funk (2004), Comin and Gertler (2004), Wälde and Woitek (2004) 等は、R&D支出は景気循環増幅的の性質を有していると結論付けている。Rafferty and Funk (2004) は、企業単位のR&Dのデータを用い、各企業の売上とR&D支出の間に強い正相関があることを示し、これはR&D支出が景気循環増幅的であることを意味すると主張した。Comin and Gertler (2004) は、アメリカにおけるR&D支出は、とりわけ中期的にみると景気循環増幅的であると主張している。Wälde and Woitek (2004) は、G7諸国のR&D支出を分析し、R&D支出は景気循環相殺的 (counter-cyclical) ではなく景気循環増幅的である強い証拠があると考えることが妥当であると結論付けた。例外的に、Saint-Paul (1993) は、R&D支出は景気循環増幅的とも相殺的ともいえないと主張したが、それに対してはVARの推計方法に不備があるとの批判がある。いずれにせよ、R&D支出は景気循環相殺的であると結論付けた研究は殆ど全く存在しない。

しかし、R&D支出が景気循環増幅的であることは、シュンペーターの観点からするとパズルである。シュンペーターの考えによると、生産性を向上させる活動と生産のための活動は、資源利用の点で競合している。そして、不況は、生産性を向上させる活動が活発であることを意味しているとされる。このシュンペーターの考えに立つと、不況の機会費用が非常に大きいことから、R&D支出は景気循環相殺的となるのが自然な成り行きであるとされる。Bental and Peled (1996), Matsuyama (1999), Wälde (2002) などの内生的成長や短期経済変動の理論的研究において、この機会費用効果が取り扱われ、R&D支出は景気循環相殺的となると予測されることが示された。しかし、この結論は、現実に観察された景気循環増幅的R&D支出と著しく矛盾する。Barlevy (2004) は、シュンペーターの成長モデルを改良することによってこのパズルを解くことを模索したが、経営者の非合理的な行動を仮定しなければ解くことができなかった。この景気循環増幅的R&D支出は、シュンペーターの観点からすると依然パズルのままである。

一方、景気循環増幅的R&D支出は、金融市場の不完全性に起因して当然に生じる現象であると主張する研究者もいる。

小企業におけるR&D支出はその企業のキャッシュ・フローと正相関していることが観察されており、景気循環増幅的R&D支出は、金融市場の不完全性の結果生じる小企業の景気循環増幅的キャッシュ・フローによって生じると主張する。このキャッシュ・フロー効果を主張する研究は、Hall (1992), Himmelberg and Petersen (1994), Hall et al. (1998), Mulkay, Hall and Mairesse (2001), Rafferty and Funk (2004) 等であり、これらは共通して、需要ショックの場合に景気循環増幅的R&D支出が観察されると主張する。この立場から見ると、景気循環増幅的R&D支出はパズルではない。

さて、いずれの見方が正しいのであろうか。この見解の相違は、その議論の出発点の相違にあることが考えられる。シュンペーターの観点は、摩擦のない (frictionless) 経済を想定しており、キャッシュ・フローに注目する見方は、摩擦のある経済を想定している。こうした土俵、フレームワーク、モデルの違いによるところが大きいかもしれない。また、経済変動をもたらす主な要因として、前者は技術ショックを想定しており、後者は需要ショックを想定しているという相違が存在する。しかし、この相違は、逆に、R&D支出が景気循環増幅的であることを目印に、どのタイプのショックが経済変動の主因をなすショックなのかを見極めることが可能であることを意味している。つまり、観察される景気循環増幅的R&D支出と整合的なショックが、経済変動の主因をなすショックと考えることができる。シュンペーターの観点からするとパズルであることからすれば、需要ショックが景気循環の主たる要因とも考えることもできようが、分析のフレームワークの相違からそのように見えるだけなのかもしれない。したがって、共通するフレームワークの下で、様々なショックが景気循環増幅的R&D支出と整合的かどうかを検証することが必要であろう。そのことにより、経済変動の主因をなすショックを明らかにすることができるであろう。なお、検証にあたっては、共通するモデルとして、シュンペーターの主張する技術への投資と生産活動のための投資が競合していることを明示的に内包しているモデルを用いる必要がある。こうした考え方に立って、本論では、R&D支出と生産活動が競合している内生的経済成長モデルを共通して用い、技術ショックと需要ショックがR&D支出の景気循環性にどのような影響を与えるか分析し、経済変動の主因となっているショックは何か考察する。

本論文の構成は以下の通りである。第1章において、資本への投資とR&Dへの投資の代替性が明示的に含まれている内生的経済成長モデルを構築する。第2章においては、このモデルを共通して用いて、技術ショック、需要ショックのそれぞれに対し、R&Dへの投資がどのような反応を示すか検証する。第3章では、第2章で得られた結果をどのように解釈すべきか考察する。第4章で、結論を述べる。

第1章 モデル

第1節 内生的経済成長モデル

R&D活動は経済成長をもたらす最も重要な要素である。したがって、R&D支出の動きを正確に分析するためには、R&D活動に基づく内生的経済成長の枠組みで考察する必要がある。さらに、R&D活動と生産活動の競合性を分析するためには、R&Dへの投資と資本への投資の間の代替性をも考慮する必要がある。物的資本も知識・技術・アイデアも、生産活動に使用されるという点で、同じく投入資本であると考えることができる。したがって、物的資本への投資と知識・技術・アイデアへの投資は相互に代替可能である。投資家は、各時点において、どちらへの投資がより多く利益を生むかを比較して、利益の多い方に投資する。したがって、経済全体としての物的資本への投資量と知識・技術・アイデアへの投資量は、市場における両者の間の裁定の結果として決まってくる。このため、この裁定メカニズムを明示的に含むモデルでないと、「はじめに」で述べたようなR&D支出の景気循環性を正確には分析できないことになる。そこで、この物的資本への投資と知識・技術・アイデアへの投資の間の代替性を明示的に包含したモデルを構築することとする。¹

生産関数を、 $Y_t = F(A_t, K_t, L_t)$ とする。ここで、 $Y_t (\geq 0)$ は生産量、 $K_t (\geq 0)$ は資本投入、 $L_t (\geq 0)$ は労働投入、 $A_t (\geq 0)$ は技術 (または、知識、アイデア) のそれぞれ期間 t における値である。ここで、以下のような仮定を置く。

仮定

(A1) 技術 A_t の蓄積は、 $\dot{K}_t = Y_t - C_t - v\dot{A}_t - \delta K_t$ に従う。ここで、 $v (> 0)$ は定数である。一単位の K_t と一単位の v^{-1} は、同量の要素の投入によって生産される。

¹ このモデルは、原嶋 (2014), Harashima (2013) に基づいている。

(A2) 全ての企業は同一で同じ規模を有しており、いかなる期間 t においても、 $m = \varpi^{-1} \frac{M_t}{L_t}$ である。ここで、 M_t は、 t

期における企業の数、 $m(>0)$ と $\varpi(>1)$ は、定数である。

(A3) $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \frac{\varpi}{M_t} \frac{\partial Y_t}{\partial(vA_t)}$ すなわち、 $\frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \frac{1}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ を常に満たす。

単純化のため、特許の期間は無限と仮定し、資本の減耗はないものとする（つまり、 $\delta = 0$ ）。 ϖ は、特許による保護の効果を示している。特許の存在により、所得は、資本と労働に加え、技術にも配分される。仮定 (A1) は、技術は、他の消費財や生産財と同様に、資本、労働及び技術によって生産されることを意味している。仮定 (A2) は、人口数と企業数は正相関していることを意味している。 m が定数であることは、暗黙的に、人口が増加しても、平均すると一企業当たりの規模は変化しないことを意味している。仮定 (A3) は、 K_t への投資の収益率と A_t への投資の収益率は、市場における裁定を通じて常に同一に保たれることを意味している。一方で、仮定 (A3) は、新しい技術に投資した企業が、その投資から得られる収益全てを手に入れることができないことも示している。つまり、ある企業の A_t への投資の結果として Y_t は増加するが、 A_t に投資した当該企業の得られる収益は、 Y_t の増加分の一部、すなわち $\frac{\varpi}{M_t} \frac{\partial Y_t}{\partial(vA_t)} = \frac{1}{mL_t} \frac{\partial Y_t}{\partial(vA_t)}$ に過ぎない。これは、他の企業に対価なしに知識がスピルオーバー（uncompensated knowledge spillover）したこと、及び、技術の補完性の結果である。技術には非競合性（non-rivalness）があることから、全ての企業が、無対価知識スピルオーバーの恩恵を享受できる。結果として、 $\frac{\partial Y_t}{\partial A_t}$ のうち投資企業が得られる部分は非常に小さいであろう。すなわち、 ϖ の値は、 M_t と比較してかなり小さいであろう。

ここで、生産関数を、

$$Y_t = F(A_t, K_t, L_t) = A_t^\alpha f(K_t, L_t)$$

とより特定化する。なお、 $\alpha(0 < \alpha < 1)$ は定数であり、 $f(K_t, L_t)$ は一次同次関数である。さらに、 $y_t = \frac{Y_t}{L_t}$ 、 $k_t = \frac{K_t}{L_t}$ 、 $c_t = \frac{C_t}{L_t}$ 、 $n_t = \frac{\dot{L}_t}{L_t}$ とする。したがって、 $y_t = A_t^\alpha f(k_t)$ であり、仮定 (A1) より、

$$\dot{k}_t = y_t - c_t - \frac{v\dot{A}_t}{L_t} - n_t k_t - \delta k_t \quad (1)$$

となる。仮定 (A1) 及び (A2) より、

$$A_t = \frac{\alpha f(k_t)}{m v f'(k_t)}$$

となる。なぜなら、

$$\frac{\partial y_t}{m v \partial A_t} = \frac{\partial y_t}{\partial k_t} \Leftrightarrow \frac{\alpha}{m v} A_t^{\alpha-1} f(k_t) = A_t^\alpha f'(k_t)$$

であるからである。また、 $A_t = \frac{\alpha f}{m v f'}$ であることから、

$$y_t = A_t^\alpha f = \left(\frac{\alpha}{m v} \right)^\alpha \frac{f^{1+\alpha}}{f'^\alpha}$$

及び、

$$\dot{A}_t = \frac{\alpha}{m v} \dot{k}_t \left(1 - \frac{f f''}{f'^2} \right)$$

となる。

単純化のため、人口増加率は正で一定、すなわち、 $n_t = n > 0$ とする。さらに、ハロッド中立技術進歩のケース、すな

わち $y_t = A_t^\alpha k_t^{1-\alpha}$ したがって $Y_t = K_t^{1-\alpha} (A_t L_t)^\alpha$ のケースのみを対象とする。 $A_t = \frac{\alpha f(k_t)}{mv f'(k_t)}$ 及び $f = k_t^{1-\alpha}$ であることから、

$$A_t = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)} k_t$$

及び

$$\frac{f f''}{f'^2} = -\frac{\alpha}{1-\alpha}$$

である。したがって、資本蓄積のメカニズムを示す式(1)は、

$$\dot{k}_t = y_t - c_t - \frac{v \dot{A}_t}{L_t} - n k_t - \delta k_t = \left(\frac{\alpha}{mv}\right)^\alpha \frac{f^{1+\alpha}}{f'^\alpha} - c_t - \frac{\alpha}{mL_t} \dot{k}_t \left(1 - \frac{f f''}{f'^2}\right) - n k_t - \delta k_t$$

となり、さらに

$$\dot{k}_t = \frac{\left(\frac{\alpha}{mv}\right)^\alpha \frac{f^{1+\alpha}}{f'^\alpha} - c_t - n k_t - \delta k_t}{1 + \frac{\alpha}{mL_t} \left(1 - \frac{f f''}{f'^2}\right)} = \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \alpha} \left\{ \left[\left(\frac{\alpha}{mv}\right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n - \delta\right] k_t - c_t \right\}$$

と表すことができる。

代表的家計の最適化問題は、制約条件

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

の下で、期待効用

$$E_0 \int_0^\infty u(c_t) \exp(-\theta t) dt$$

を最大化するというものである。

上記のモデルに対し、ハミルトニアン H を

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

と置く。ここで、 λ_t は、共役変数である。したがって、最適条件は、

$$\frac{\partial u(c_t)}{\partial c_t} \exp(-\theta t) = \frac{[mL_t(1-\alpha) + \alpha]}{mL_t(1-\alpha)} \lambda_t \quad (2)$$

$$\dot{\lambda}_t = -\lambda_t \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \alpha} \left[\left(\frac{\alpha}{mv}\right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n - \delta \right] \quad (3)$$

$$\dot{k}_t = \frac{mL_t(1-\alpha)}{mL_t(1-\alpha) + \alpha} \left\{ \left[\left(\frac{\alpha}{mv}\right)^\alpha (1-\alpha)^{-\alpha} - n - \delta\right] k_t - c_t \right\} \quad (4)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_t k_t = 0 \quad (5)$$

となる。

均斉成長経路の条件は以下の通りである。

補題1 : $\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \text{constant}$ の場合、そしてその場合に限って、全ての最適条件は満たされる。

証明：原嶋(2014)参照

合理的な家計は、当然この条件を満たすように当初の消費を決定するであろう。そこで、以下では、家計は合理的であり、補題1で示される条件を満たすように行動することとする。一方、企業は、この家計の行動に対応して、 $\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \frac{\varpi}{M_t} \frac{\partial Y_t}{\partial (vA_t)}$ を常に満たすように k_t を調整する。結果として、以下の均斉成長経路が実現する。

補題2： $\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \text{constant}$ の場合、 $\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \text{constant}$ となる。

証明： 原嶋(2014)参照

第2節 k_t への投資と A_t への投資の間の代替性

いかなる内生的成長モデルにおいても、均斉成長経路において $\frac{A_t}{k_t} = \text{constant}$ の条件が満たされる必要がある。本論文のモデルもこの条件を満たしているが、さらに、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ のように $\frac{A_t}{k_t}$ の値が特定されている。これは、仮定(A3)で示されているように、 k_t への投資と A_t への投資の間に代替性があるからである。この性質は、次の命題によっても示される。

命題1： k_t や A_t を変化させるショックが生じて、比率 $\frac{A_t}{k_t}$ は、最終的には、ショック前と同じ値、すなわち $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ に復帰する。

証明： 仮定(A3)、補題1及び2により、 $\frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \frac{\alpha}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ の関係は、 $\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \text{constant}$ を満たす均斉成長経路上で保たれ、よって $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ の値も保たれる。 α 、 m 、 v は、固有の一定値を持つパラメーターであるから、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ も固有の一定値を持つ。仮に、 k_t や A_t を変化させるショックが生じ、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を満たさなくなっても、合理的な家計は補題1に基づき $\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \text{constant}$ を満たすようにその消費を調整することから、補題2により、最終的には $\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{A}_t}{A_t} = \frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = \text{constant}$ を満たす均斉成長経路上に復帰する。したがって、最終的には、ショック前と同様に $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を満たすことになる。 ■

命題1は、ショックの後の k_t と A_t の動きを強く制約するものであり、R&D支出の循環性に大きな影響を与えるものである。もし、ショックが起きた後、直ちに $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ の等式を回復できるのであれば、命題1の制約はR&D支出の循環性の観点から大きな意味を持たないかもしれない。しかし、ショックが起きた後、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するのに時間がかかるとすれば、その間の k_t と A_t の動きを強く制約することになり、R&D支出の循環性の観点から大きな意味を持つことになる。この意味で、ショック後 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を直ちに回復できるか否かは、R&D支出の循環性の観点からみて重要なポイントとなっている。

例えば、仮にあるショックで A_t が1%増加したとする。この場合、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するためには、 k_t も同じく1%増加する必要がある。現在多くの国において資本-産出量比率 (capital-output ratio) は2~3である。したがって、1%の k_t の増加は、生産量 (つまりGDP) の2~3%の増加を意味する。しかし、1%の A_t の増加は、生産量 y_t を α %しか増加させない。これでは、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するために必要なだけ k_t を増加させることはできない。なぜなら、現在多くの国において労働分配率 α の値は0.6から0.7であるからである。したがって、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するために必要なだけの k_t の増加は、ショックが起きた期だけでなく、その後の何期かにわたって継続的に k_t を増加し続けることによって達成することが必要になる。この k_t の調整期間においては、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ の回復に向けて、ショック前に比較して、 k_t はより早いスピードで増加し、一方、 A_t はより遅いスピードで増加する必要がある。このことは、 A_t にショックがあった場合には、 k_t と A_t では、景気循環の観点からみると、逆のパターンを示すことを意味している。

第2章 ショック

本章では、第1章のモデルに基づき、様々なショックに対し、景気循環の観点から、 k_t と A_t がどのような反応を示すか考察する。特に、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ の回復にどれだけの期間が必要か検討する。その際、単純化のため、(1)ショックの前には、補題2の示す均斉成長経路にあった、(2)ショック前に計画された投資は、ショックが起きた期において変更されることはない、と仮定する。

第1節 技術ショック

A_t への正のショックによって、 A_t が zA_t ($0 < z$) だけ増加した時、生産 y_t は、 $zA_t \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ だけ増加する。この y_t の増加は、消費、そして、 k_t 及び A_t への投資に割り当てられる。ここで、 $wzA_t \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ は、消費に配分され、 $(1-w)zA_t \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ は、 k_t 及び A_t への投資に配分されるものとする。なお、 $0 \leq w \leq 1$ である。消費は景気とほぼ同じ変動を示すので、 w の値は、ほぼ均斉成長経路における生産に対する消費の比率と等しいと考えて良いであろう。

命題2: A_t への正のショックが起きた時、 $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} \geq 1$ の場合、そしてその場合においてのみ、 k_t は、ショックが起きた期に、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するに十分な値となり得る。

証明: ショックによって A_t が zA_t だけ増加した時、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するためには、ショックが起きた期における A_t へのショックに起因する k_t の増加幅は、 zk_t 以上である必要がある。したがって、ショックが起きた期においては、 $(1-w)zA_t \frac{\partial y_t}{\partial A_t} \geq zk_t$ が成立している必要がある。なぜなら、仮定により、ショック前に計画された投資は、ショックが起きた期において変更されることはないからである。ここで、 $(1-w)zA_t \frac{\partial y_t}{\partial A_t} \geq zk_t \Leftrightarrow \alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} \geq 1$ である。したがって、 $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} \geq 1$ の場合、そしてその場合においてのみ、 k_t は、ショックが起きた期に、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するに十分な値となり得る。 ■

もし、 k_t がこの値を満たさない場合、企業の行動は大きな影響を受けるであろう。

系1： A_t への正のショックが起きた時、 $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} < 1$ の場合、(1)均斉成長経路に復帰するまでの間、 $\frac{\partial y_t}{\partial k_t} > \frac{\alpha}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ となり、 k_t への投資は A_t への投資よりもより多くの利益を生む、したがって、(2)その間、 A_t への投資の伸び率は、 k_t への投資の伸び率より低くなる。

証明：(1)均斉成長経路では、 $\frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \frac{\alpha}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ が満たされている。ショックが起きた時に、もし $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} < 1$ であれば、命題2により、 k_t は均斉成長経路に必要な値より少なく、一方、 A_t はそれより多いことになる。したがって、均斉成長経路に復帰するまでの間、 $\frac{\partial y_t}{\partial k_t} > \frac{\alpha}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ となる。(2)上記(1)さらに命題1及び2より、自明である。 ■

もし k_t への投資が A_t への投資よりもより多くの利益を生むのであれば、企業は、ショック以前と比較して、 k_t により多く投資し、 A_t にはより少なく投資するようになるであろう。結果として、 k_t への投資と A_t への投資は、逆の方向に反応することになる。つまり、R&D支出 (A_t への投資) は、 A_t への正のショックの後、逆方向に、つまり減少する方向に反応することになる。

第2節 需要ショック

次に、 A_t とは独立に k_t へのショックが生じた時におけるR&D支出の景気循環性に係る性質について考察する。このようなショックは、需要ショックと解釈することもできる。なぜなら、殆どの A_t とは独立なショック、例えば、効用関数のパラメーターへのショック、金融・財政政策によるショック等は、需要サイドに起因すると考えられるからである。あるショックによって A_t とは独立に k_t が zk_t ($0 < z$) だけ増加した場合、生産は $zk_t \frac{\partial y_t}{\partial k_t}$ 増加する。この生産の増加は、消費、そして、 k_t 及び A_t への投資に割り当てられる。第1節と同様に、このうち、 $wzA_t \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ は、消費に配分され、 $(1-w)zA_t \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ は、 k_t 及び A_t への投資に配分されるものとする。

命題3： A_t とは独立な k_t への正のショックが生じた時において、 $(1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \geq 1$ の場合、そしてその場合においてのみ、 A_t は、ショックが起きた期に、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するに十分な値となり得る。

証明：ショックによって k_t が zk_t だけ増加した時、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するためには、ショックが起きた期における k_t へのショックに起因する A_t の増加幅は zA_t 以上である必要がある。したがって、ショックが起きた期においては、 $(1-w)zk_t \frac{\partial y_t}{\partial k_t} \geq zA_t$ が成立している必要がある。なぜなら、仮定により、ショック前に計画された投資は、ショックが起きた期において変更されることはないからである。ここで、

$$(1-w)zk_t \frac{\partial y_t}{\partial k_t} \geq zA_t \Leftrightarrow (1-\alpha)(1-w) \geq \left(\frac{A_t}{k_t}\right)^{1-\alpha} \Leftrightarrow (1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \geq 1$$

である。したがって、 $(1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \geq 1$ の場合、そしてその場合においてのみ、 A_t は、ショックが起きた期に、 $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するに十分な値となり得る。 ■

もし A_t がこの値を満たさない場合、企業の行動は大きな影響を受けるであろう。

系2: A_t とは独立な k_t への正のショックが起きた時, $(1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\alpha-1} < 1$ の場合, (1)均斉成長経路に復帰するまでの間, $\frac{\partial y_t}{\partial k_t} < \frac{\alpha}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ となり, k_t への投資は A_t への投資よりもより少ない利益しか生まない, したがって, (2)その間, A_t への投資の伸び率は, k_t への投資の伸び率より高くなる。

証明: (1)均斉成長経路では, $\frac{\partial y_t}{\partial k_t} = \frac{\alpha}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ が満たされている。ショックが起きた時に, もし $(1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\alpha-1} < 1$ であれば, 命題3により, A_t は均斉成長経路に必要な値より少なく, 一方, k_t はそれより多いことになる。したがって, 均斉成長経路に復帰するまでの間, $\frac{\partial y_t}{\partial k_t} < \frac{\alpha}{mv} \frac{\partial y_t}{\partial A_t}$ となる。(2)上記(1)さらに命題1及び3より, 自明である。 ■

技術ショックの場合とは逆に, 需要ショックの場合には, R&D支出は, 同方向に, つまり増加する方向に反応することになる。技術ショックと需要ショックでは, R&D支出の景気循環性に関し全く逆の結果をもたらすこととなる。

第3節 カリブレーション

命題2及び3により, R&D支出の景気循環性は, α , w , $\frac{y_t}{k_t}$ の値に依存することが分かる。このうち, w の値の正確な推計は難しいが, その性質上, 生産に対する消費の比率と等しいと仮定しても問題はないと思われる。なお, 第3章において, w がその他の値を持つ可能性についても考察する。ここで, アメリカで一般的に観測される値を基に, 労働分配率 α , 資本-産出量比率 $\frac{y_t}{k_t}$, そして消費の生産に対する比率 w の値に以下の値を当てはめて考察することとする。

労働分配率 $\alpha : 0.7$

消費の生産に対する比率 $w : 0.6$

資本-産出量比率 $\frac{y_t}{k_t} : 0.4$

まず, 技術ショックの場合を検討してみる。系1より, $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} \geq 1$ が満たされなければ, R&D支出は景気循環相殺的となる。しかし, $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} \geq 1$ を満たすことは非常に難しい。なぜなら, 上記の値を入れると, $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} = 0.112$ と, 1よりかなり小さな値となるからである。この1と0.112という非常に大きな乖離は, 現実的な範囲での α , w , $\frac{y_t}{k_t}$ の値のバリエーションや生産関数の形のバリエーションの相違によっても変わらないであろう。したがって, 一般的に $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} \geq 1$ を満たすことはできないと言っても構わないであろう。さらにいえば, この大きな乖離は, $\frac{A_t}{k_t} = \frac{\alpha}{mv(1-\alpha)}$ を回復するにはかなりの期間を要することを示唆している。

このことから, 以下の点が言える。

注意1: 景気変動が技術ショックによって生じている場合, R&D支出は景気循環相殺的に変動する。

注意1の主張は, 必ずしも新しい発見ではなく, シュンペーターの考えを改めて確認するものである。技術ショックによって新しい機会が生まれるが, それは生産能力を拡大することによって生かすことができる。企業が, この新しい機会を生かすために, R&D支出を一旦控えて k_t への投資を増やすことは, 極めて合理的な行動であるといえる。

次に, 需要ショックの場合を検討する。系2により, $(1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\alpha-1} \geq 1$ が満たされなければ, R&D支出は景気循

環増幅的となる。しかし、 $(1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \geq 1$ を満たすことは非常に難しい。なぜなら、上記の値を入れると、

$(1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} = 0.178$ と、1よりかなり小さな値となるからである。この1と0.178という非常に大きな乖離は、

現実的な範囲での α , w , $\frac{y_t}{k_t}$ の値のバリエーションや生産関数の形のバリエーションの相違によっても変わらないであろ

う。したがって、一般的に $(1-\alpha)(1-w)\left(\frac{y_t}{k_t}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \geq 1$ を満たすことはできないと言っても構わないであろう。

このことから、以下の点が言える。

注意2：景気変動が需要ショックによって生じている場合、R&D支出は景気循環増幅的に変動する。

注意1と2は、技術ショックと需要ショックが全く対照的な性質を有していることを示している。景気循環が主として技術ショックによって引き起こされているのであれば、R&D支出の動きは景気循環相殺的に観測されるはずであり、一方、主として需要ショックによるのであれば、R&D支出は景気循環増幅的に観測されるはずであることを主張するものである。

第3章 考察

第1節 いくつかの可能性

「はじめに」で示したように、実証的にはR&D支出はほぼ確実に景気循環増幅的であるといえる。しかし、第2章の結論に基づく、この景気循環増幅的R&D支出は、景気循環は主として技術ショックによるという立場からみるとパズルである。このパズルの解として、いくつかの可能性がある。まず、 k_t への投資と A_t への投資が代替的でない可能性がある。この代替性がないとすると、 $\frac{y_t}{k_t}$ の値が一定である必要がなくなるため、R&D支出が景気循環増幅的となる可能性がでてくる (Barlevy, 2004)。しかし、代替性がないとすると、 k_t への投資に対する収益と A_t への投資に対する収益は必ずしも常に一致しないことになる。このことは、企業の行動は基本的に非合理的であり、企業は必ずしも全ての投資機会を利用しようとしなかったことを意味する。このため、Barlevy (2004)は、企業は短期的視野に立って行動し、マクロ的・集計的な経済ショックに対しては最適には反応しないと主張した。しかし、こうした非合理性の導入は、モデルの根幹を破壊するもので、決して魅力的な説明ではない。したがって、非合理的行為をとるメカニズムが十分に説明されなければ、この可能性は十分な説得力を持たないと考えられる。

もう一つの可能性は、 A_t へのショックに誘発された k_t への投資がさらなる A_t への投資を誘発する可能性である。 k_t への投資と A_t への投資の間に補完性がある可能性である。しかし、R&D支出を行う企業数は少なく、多くは k_t への投資が殆どの企業である (Cohen, Levin and Mowery, 1987)。このことは、 k_t への投資を実行するためにR&D支出を行う必要は基本的にないことを意味している。したがって、 k_t への投資が行われたからといって、常に A_t への投資が誘発される可能性は高くないと考えられる。

次に、R&D支出の統計データが誤っている可能性がある。つまり、常に A_t の増加と無関係な支出がR&D支出の統計データに含まれている可能性である。こうした無関係な支出を除いた「真の」R&D支出は、景気循環相殺的であるかもしれない。Bental and Peled (1996), Francois and Lloyd-Ellis (2003) は、一部のR&D支出は、景気循環相殺的であるように見えると報告している。しかし、そうであるならば、統計データ上のR&D支出の殆どは、 A_t の増加と無関係な支出だということになる。確かに一部にそのような無関係な支出もあるかもしれないが、殆どが A_t の増加と無関係な支出だと主張するには無理があると思われる。

別の可能性としては、 w の想定が誤っている可能性がある。たとえば、 w の値は0かもしれない。第2章では、消費の生産に対する比率と等しいと仮定して w の値を想定したが、 A_t へのショックの後の生産増加の内どのだけが消費に回されるかは、一概にはいえない。しかし、仮に w の値が0であっても、 $\alpha(1-w)\frac{y_t}{k_t} = 0.28$ と、依然1よりかなり小

い。したがって、仮に w の値が 0 であっても、結論が変わることはない。

最後に、市場における摩擦の存在が、R&D支出を景気循環増幅的にさせている可能性がある。R&D支出との関係で最もよく研究されている摩擦は、金融市場の不完全性、特にキャッシュ・フロー効果である。企業のR&D支出は、金融市場の不完全性に起因するキャッシュ・フローの制約によって制限されているという見方である。Hall, 1992, Himmelberg and Petersen, 1994, Hall et al., 1998, Mulkey, Hall and Mairesse, 2001, Rafferty and Funk, 2004 等は、小企業のR&D支出は、こうした制約を受けていると結論付けている。しかし、大企業がこうした制約を受けているか不明であり、マクロ的にこの制約がどれほど重要か分からない。また、仮にこのキャッシュ・フローの制約がマクロ的にかなり重要であるとすると、それは、景気循環においてマネタリー・ショックの影響が非常に大きいことを意味する。なぜなら、金融市場の不完全性は、マネタリー・ショックの伝播メカニズムとして重要なものであるからである (Bernanke and Gertler, 1989)。金融市場の不完全性を強調することは、景気循環において、技術ショックよりもマネタリー・ショックの方が重要であると主張することを意味することになる。

まとめると、まず、摩擦のない経済においては、観測されている景気循環増幅的R&D支出は、技術ショックと整合的であるといえない。一方、金融市場の不完全性を強調すれば整合的な説明も可能となるかもしれないが、それは、景気循環において、技術ショックよりもマネタリー・ショックの方が重要であると主張することを意味する。

第2節 景気循環の主因

ここまでの分析と考察に基づくと、景気循環増幅的R&D支出パズルに対するもっとも自然な解答は、景気循環が主として技術ショックによって引き起こされているという見方を捨てることであろう。注意2が示すように、需要ショックは景気循環増幅的R&D支出と整合的である。したがって、景気循環が主として需要ショックによって引き起こされているという見方に立てば、この問題はパズルではない。

実物的景気循環モデルに対する批判としては、ソロー残差の推計が正確でなく技術ショック以外の要因が多く含まれているのではないかと批判が最も重要な批判であるが、景気循環増幅的R&Dパズルは、こうした批判に加わる、景気循環の主因は技術ショックであるという見方に対する新たな批判となっているといえる。

第4章 結論

多くの実証研究において、R&D支出は景気循環増幅的であると報告されている。R&D支出が景気循環増幅的であることは、シュンペーターの観点からするとパズルである。そこで、シュンペーターの主張する技術への投資と生産活動のための投資が競合していることを明示的に内包しているモデルを共通して用いて、技術ショックと、需要ショックのそれぞれでR&D支出がどのように反応するか分析した。結果として、技術ショックが景気変動の主因である場合には、R&D支出は景気循環相殺的になり、需要ショックが景気変動の主因である場合には、R&D支出は景気循環増幅的になることが示された。こうした結果が、モデルやデータに内在する問題のために生じたものか検討したが、この結果を覆すような問題点は見つからなかった。結論としては、景気循環増幅的R&D支出パズルの答としては、景気循環の主因が技術ショックであるという見方を捨てることが最も自然であろう。

参考文献

- 原嶋耐治「生産経済モデルに基づく異時点間の代替の弾力性の推計」、『金沢星稜大学論集』第47巻第2号（通巻123号）2014。
- Barlevy, Gadi (2004) "On the Timing of Innovation in Stochastic Schumpeterian Growth Models," *NBER Working Paper*, No. 10741.
- Bental, Benjamin and Dan Peled (1996) "The Accumulation of Wealth and the Cyclical Generation of New Technologies: A Search Theoretic Approach," *International Economic Review*, Vol. 37, pp. 687-718.
- Bernanke, Ben S. and Mark L. Gertler (1989) "Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations," *American Economic Review*, Vol. 79, pp. 14-31.
- Cohen, Wesley M., Richard C. Levin and David C. Mowery (1987) "Firm Size and R&D Intensity: A Re-Examination," *Journal of Industrial Economics*, Vol. XXXV, No. 4, pp. 543-565.
- Comin, Diego and Mark Gertler (2004) "Medium Term Business Cycles," *NBER Working Paper*, No. 10003.

- Fátas, Antonio (1995) "Do Business Cycles Cast Long Shadows? Short-Run Persistence and Economic Growth," *Journal of Economic Growth*, Vol. 5, pp. 147-62.
- Francois, Patrick and Huw Lloyd-Ellis (2003) "Animal Spirits through Creative Destruction," *American Economic Review*, Vol. 93, pp. 530-550.
- Geroski, P A and C F. Walters (1995) "Innovative Activity over the Business Cycle," *The Economic Journal*, Vol. 105, pp. 916-28.
- Hall, Bronwyn H. (1992) "Investment and Research and Development at the Firm Level: Does the Source of Financing Matter?" *NBER Working Paper*, No. 4096.
- Hall, Bronwyn H., Jacques Mairesse, Lee Branstetter and Bruno Crepon. (1998) "Does Cash Flow Cause Investment and R&D: An Exploration Using Panel Data for French, Japanese, and United States Scientific Firms," *Economics Group, Nuffield College, University of Oxford, Economics Papers*, No. 142.
- Harashima, Taiji. (2013) "An Asymptotically Non-Scale Endogenous Growth Model," *MPRA (The Munich Personal RePEc Archive) Paper* No. 44393.
- Himmelberg, Charles P. and Buruce C. Petersen (1994) "R & D and Internal Finance: A Panel Study of Small Firms in High-Tech Industries," *The Review of Economics and Studies*, Vol. 76, No. 1, pp. 38-51.
- Matsuyama, Kiminori (2001) "Growing through Cycles," *Econometrica*, Vol. 67, pp. 335-348.
- Mulkay, Benoit, Bronwyn H. Hall and Jacques Mairesse (2001) "Firm-level Investment in France and the United States," in *Investing Today for the World of Tomorrow Deutsche*, Bundesbank (ed.), Springer.
- Rafferty, Matthew and Mark Funk (2004) "Demand Shocks and Firm-financed R&D Expenditures," *Applied Economics*, Vol. 36, pp. 1529-36.
- Saint-Paul, Gilles (1993) "Productivity Growth and the Structure of the Business Cycle," *European Economic Review*, Vol. 37, pp. 861-883.
- Wälde, Klaus (2002) "The Economic Determinants of Technology Shocks in a Real Business Cycle Model," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 27, pp. 1-28.
- Wälde, Klaus and Ulrich Woitek (2004) "R&D Expenditure in G7 Countries and the Implications for Endogenous Fluctuations and Growth," *Economics Letters*, Vol. 84, pp. 91-97.

