

研究開発投資とマクロ経済*

片山 尚平

(受付 2014 年 10 月 31 日)

1. はじめに

標準的な経済成長理論とそれに基づく実証研究によれば、経済成長を生み出す要因として、労働力、資本ストックと並んで技術進歩を想定し、それらの経済成長に対する寄与度を合計して経済成長率を算定する。少子・高齢化が進展する近年の主要国では、経済成長をもたらす原動力として労働や資本の投入よりも R&D を通じた技術進歩あるいは技術革新が最重視され、技術進歩の寄与度が最も大きな期待を集めている。

特に、最近の日本のような少子・高齢化が急速に進む経済においては、人口が継続的に減少するとともに全世帯に占める高齢者世帯のウェイトが増して貯蓄が伸び悩むため、労働力の増加や資本蓄積を通じた経済成長の持続は期待できないであろう。つまり、持続的な経済成長の実現は、技術進歩、技術革新、あるいはイノベーションの進展や R&D の大きさに左右されるであろう。実際、最近の日本経済における経済成長率の変動は、技術進歩の寄与度に大きく依存している。

技術進歩、R&D やイノベーションに関するミクロレベルでの実証研究及び R&D に基づく成長理論の研究は確かに存在するが、直接 R&D の決定を問題とする理論研究やそれに関する実証研究は意外に少ない。つまり、R&D の決定要因に関するミクロレベルでの実証研究は散見されるが、その基盤となる R&D 決定の理論的な研究はほとんど存在しないのが現状である。

また、研究開発投資に基づく内生的成長理論で移行過程を分析した文献は、意外に少ない。そこで、本稿では、研究開発投資あるいは R&D が経済成長率などマクロ経済へ及ぼす影響とともに、これまで不十分であった R&D の決定要因やマクロ経済の定常状態への移行過程を考察してみたい。ここでは、R&D あるいは研究開発投資に基づく成長理論を前提にして、R&D 決定や移行過程を考察する。

本稿の主な目的は、R&D の決定、R&D がもたらす効果や移行過程を考察し、整理することである。本稿の構成は、以下のとおりである。次の第 2 節では、R&D あるいは研究開発

* 本稿は2013年度調査研究費（学術交流センター）に基づく研究からの研究成果の一部である。

基づく内生的成長理論を概説する。第3節では、その理論を研究開発投資の決定過程を明示する方向へ拡張する。そして第4節では、導出されたR&Dとマクロ経済の関係を日本経済のデータを用いて実証分析する。第5節は結論部分であり、分析結果を要約する。

2. R&Dに基づく内生的成長理論

2-1 R&Dに基づく内生的成長理論の基本構造（資本ストックを含まないケース）

アイデアの生産、採択と利用能力が一国の経済成長の主たる原動力であることが、Jones and Romer (2009) で指摘されている。この節では、R&Dに基づく内生的成長理論の代表的文献であるRomer (1990), Grossman and Helpman (1991) や Aghion and Howitt (1992)・(1998) の基本的構造を説明する¹⁾。

彼らのモデルの基本的構造は、簡略化して考えると、技術進歩の過程が内生化されていること以外、新古典派成長理論とあまり変わらない。

まず、資本ストックを含まないケースを取り上げる。次のような生産関数

$$Y = (AL_Y)^{1-\alpha} \quad (1)$$

が想定される。 Y, A, L_Y は、それぞれ産出量、技術知識、財・サービスの生産に投入される労働量を表している。

技術知識 A は、研究開発に従事する労働を L_R と表記して

$$\dot{A} = \theta L_R^\lambda A^\phi \quad 0 < \lambda < 1, \phi > 0 \quad (2)$$

を通じて生み出される。ここで、 \dot{A} は A の時間変化率である。

労働力人口を L とすれば

$$L = L_Y + L_R \quad (3)$$

が成り立つ。また、労働力人口に対する研究開発従事者数の比を l と表記すれば

$$L_Y = (1-l)L, L_R = lL \quad (4)$$

である。当面、 l は定数であると考える。

(2)と(4)式を使って、技術知識の増加率は

1) ここでは、Romer (2006) のモデルを参考にしてシンプルで標準的なモデルを構築したが、Hori and Yamada (2013) では人的資本も導入したモデルが、浄土 (2002) と浄土・松崎 (2012) では不完全雇用のケースを分析しうるモデルが展開されている。

$$g_A = \frac{\dot{A}}{A} = \theta L_R^\lambda A^{\phi-1} = \theta (lL)^\lambda A^{\phi-1} \quad (5)$$

と表わされる。次いで、両辺の対数を取り、時間で微分すると

$$\frac{\dot{g}_A}{g_A} = \lambda n + (\phi - 1)g_A \quad (6)$$

が導かれる。(6)式は

$$\dot{g}_A = \lambda n g_A + (\phi - 1)g_A^2 \quad (7)$$

と書き換えられる。

定常状態では、 $\dot{g}_A = 0$ あるいは $\dot{g}_A / g_A = 0$ であるので

$$g_A^* = \frac{\lambda n}{1 - \phi} \quad (8)$$

が成り立つ。技術知識の増加率 g_A^* は人口増加率 n の増加関数であるが、人口増加率がゼロのとき、技術知識の増加率もゼロとなる。また、研究者比率 l は g_A^* の大きさに影響しない。

図1は $\phi < 1$ のケースの位相図であり、(6)あるいは(7)から、均斉成長経路 g_A^* は安定であり、経済は時間を通じて均斉成長経路へ到達することがわかる。

図2は $\phi > 1$ のケースに対応し、 g_A の増加はその増加率の加速度的上昇を引き起こし、技術知識の増加率が一定となるのは、 $g_A = 0$ の場合しかない。

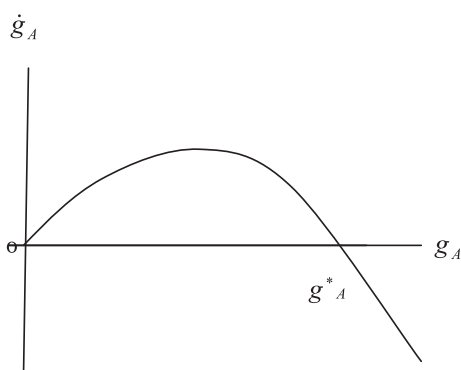


図1 知識の増加率 ($\phi < 1$)

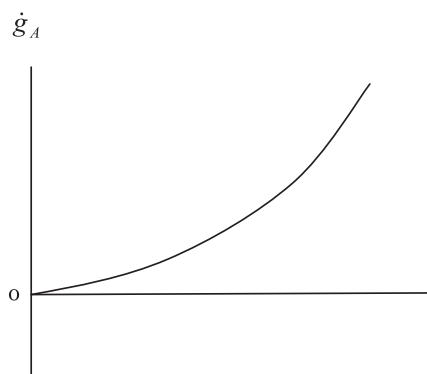


図2 知識の増加率 ($\phi > 1$)

図3は $\phi = 1$ と $n > 0$ のケースに対応し、 \dot{g}_A は g_A に比例する。さらに、 $\phi = 1$, $n = 0$, $\lambda = 1$ であれば Romer (1990) のケースに該当し、 g_A は常に一定であり、 $g_A = \theta lL$ となる。

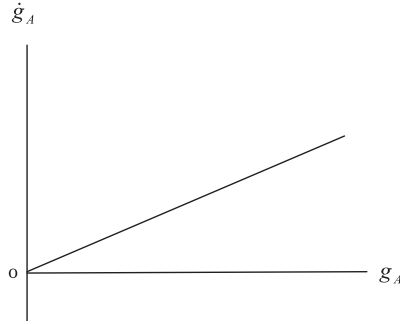


図3 知識の増加率 ($\phi = 1$)

2-2 R&Dに基づく内生的成長理論の基本構造 (資本ストックを含むケース)

資本ストックを含むケースでは、生産関数が

$$Y = K^\alpha (AL_Y)^{1-\alpha} \quad (1)'$$

のように変更され、資本蓄積式

$$\dot{K} = sY - \delta K \quad (9)$$

が追加される。ここで、 K, δ は、それぞれ資本ストック、固定資本減耗 (定数) を表す。

(1)' の両辺の対数を取り、時間で微分すれば、

$$g_Y = \alpha g_K + (1-\alpha)g_A + (1-\alpha)g_{L_Y} \quad (10)$$

が導かれる。さらに、(10)式は

$$g_Y = \alpha g_K + (1-\alpha)g_A + (1-\alpha)n \quad (11)$$

と書き換えられる。

(9)に(1)'を代入すると

$$\dot{K} = sK^\alpha A^{1-\alpha} (L_Y)^{1-\alpha} - \delta K \quad (12)$$

が導かれる。この両辺を K で割ることにより

$$\frac{\dot{K}}{K} = g_K = s l^{1-\alpha} \left(\frac{AL}{K}\right)^{1-\alpha} - \delta \quad (13)$$

が導出される。さらに、(13)式を用いて対数微分などの計算をすると

$$\frac{\dot{g}_K}{g_K} = (1-\alpha)(g_A + n - g_K) \quad (14)$$

が導かれる。

$\frac{\dot{g}_K}{g_K} = 0$ とすれば、(14)式から、均斉成長経路上での関係

$$g_A^* + n - g_K^* = 0 \tag{15}$$

が導かれる。

一方、知識の増加率 g_A については、同様の計算を行って

$$\frac{\dot{g}_A}{g_A} = \lambda n + (\phi - 1)g_A \tag{6}$$

が得られている。また、均斉成長経路上での関係

$$g_A^* = \frac{\lambda n}{1 - \phi} \tag{8}$$

も得られている。

(15)式より、均斉成長経路上での資本の増加率 g_K^* は

$$g_K^* = g_A^* + n \tag{16}$$

となる。同様に、(11)式を使い、若干の演算を行うことにより

$$g_Y^* = g_A^* + n \tag{17}$$

が導かれる。

図4は、 $\phi < 1$ に対応した位相図である。この経済の定常状態（均斉成長経路）は安定である。 $\phi > 1$ のケースは、 g_A の増加率が際限なく加速する。

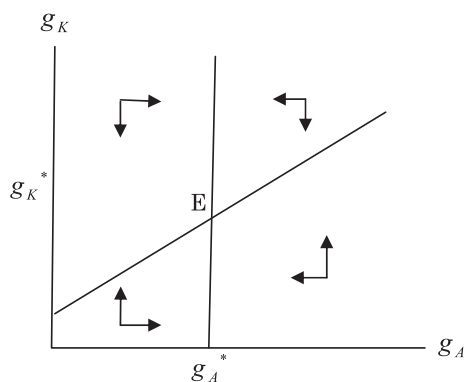


図4 知識と資本の増加率 ($\phi < 1$)

$\phi=1$ で、 $\lambda=1, n=0$ のローマーのケースでは、経済は単純化され、

$$g_A = g_A^* = \theta lL \quad (8)'$$

が成立する。図5はこれに該当する位相図であり、知識の増加率は時間を通じて一定である。なお、研究者比率 l の上昇は、 g_A と g_A^* を共に上昇させる。

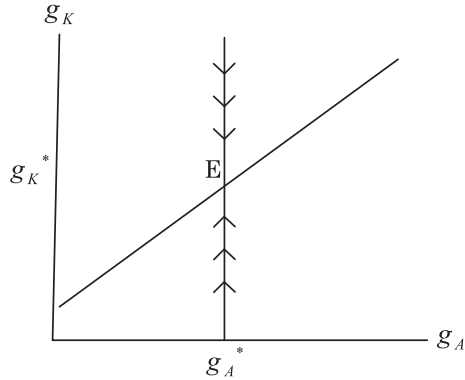


図5 知識と資本の増加率 ($\phi=1$)

3. 内生的成長モデルと R&D 決定

3-1 種類拡大型モデルの基本構造

この節では、技術進歩が研究開発活動を通じた中間財の種類拡大として実現する成長モデルを取り上げ、そこでの R&D の決定過程について考察する。

この種のモデルはローマー (Romer (1990)) によって開発されたが、その後ジョーンズ (Jones (1995)) やヤング (Young (1998)) 等が知識の生産関数やイノベーションの内容を一般化する方向でモデルを拡張した²⁾。以下では、この種のモデルを簡略化し、R&D の決定過程を分析した Jones (2013) にしたがって考察する。

この種のモデルでは、経済主体の利潤最大化行動に基づいて、技術進歩が内生的に説明される。モデルは、最終財部門、中間財部門と研究部門から成る 3 部門で構成される。

まず、研究部門で新しいアイデアが創造される。研究部門は、ある特定の資本財を生産するための排他的な権利のある中間財企業に販売する。次いで、その中間財企業は独占者として資本財を生産し、それをを用いて産出する最終財部門に販売する。

2) これによって規模効果が除去されるが、三野 (2014) でも規模効果を除く簡単な方法が示唆されている。

3-1-1 最終財部門

最終財部門は、労働と資本を結合してある同質的な産出財、 Y を生産する多数の完全競争企業から成る。

その生産関数は

$$Y = L_Y^{1-\alpha} \sum_{j=1}^A x_j^\alpha \quad (18)$$

であり、 L_Y, x_j, A は、それぞれ生産に従事する労働、資本財（中間財）、資本財の数を表している。資本財の数の増加は、発明やアイデアに対応し、産出物を生産するために最終財部門によって使用される新資本財の創造を意味する。

生産関数は、モデル分析を容易にするため、

$$Y = L_Y^{1-\alpha} \int_0^A x_j^\alpha dj \quad (19)$$

で再述される。ここで、 A は最終財部門で利用可能な資本財の範囲（種類）を表している。

次に、最終財企業が産出物を生産する際にどれだけ労働と資本財を使用するかを考察しよう。最終産出物の価格を1に標準化すると、最終財企業の利潤は

$$L_Y^{1-\alpha} \int_0^A x_j^\alpha dj - wL_Y - \int_0^A p_j x_j dj \quad (20)$$

となる。ここで、 p_j, w は、それぞれ資本財 j のレンタル価格と賃金である。

この利潤最大化問題を解くと、次のような1階の条件

$$w = (1-\alpha) \frac{Y}{L_Y} \quad (21)$$

$$p_j = \alpha L_Y^{1-\alpha} x_j^{\alpha-1} \quad (22)$$

が導かれる。(21)式と(22)式の右辺は、それぞれ労働の限界生産物と各種資本の限界生産物を表している。

3-1-2 中間財部門

中間財部門は、最終財部門に販売される資本財を生産する独占者から構成される。研究部門から特定資本財に対するデザインを購入した企業が独占力を獲得する。すなわち、特許で保護された1企業だけが各資本財を製造する。

非常に単純な生産関数を想定し、1単位の生の資本が1単位の資本財へ変換されるものと考えよう。すると、中間財企業の利潤 π_j は

$$\pi_j = p_j(x_j)x_j - rx_j \quad (23)$$

となり、ここで $p_j(x_j)$ は(22)からの資本財の需要関数を、 r は利子率を意味している。

中間財企業の利潤最大化問題の1階の条件は

$$p'(x)x + p(x) - r = 0 \quad (24)$$

である。この式を p について解くと、

$$p = \frac{1}{1 + \frac{p'(x)x}{p}} r \quad (25)$$

が導出される。

需要関数(22)から、弾力性 $p'(x)x/p = \alpha - 1$ が成り立つので、中間財企業の価格 p は

$$p = \frac{1}{\alpha} r \quad (26)$$

に設定される。右辺の第1項、第2項は、それぞれマーク・アップ、限界費用である。これは各独占者に対する解であり、すべての資本財が同じ価格で売られる。

その結果、最終財部門で用いられる各資本財の量も同じになり、

$$x_j = x \quad (27)$$

が成立する。

若干の計算を行うことにより、利潤 π は

$$\pi = \alpha(1 - \alpha) \frac{Y}{A} \quad (28)$$

と表わせる。

中間財企業からの資本の総需要は経済の総資本ストックに等しいので

$$\int_0^A x_j dj = K \quad (29)$$

が成立する。各資本財は同量使われることを考慮すると、この式から

$$x = \frac{K}{A} \quad (30)$$

が導かれる。

$x_j = x$ を考慮すると、(19)式より最終財生産関数は

$$Y = AL_Y^{1-\alpha} x^\alpha \quad (31)$$

と再述される。この式に(30)式を代入し、整理すると

$$Y = K^\alpha (AL_Y)^{1-\alpha} \quad (32)$$

が導かれる。

つまり、最終財部門の生産技術は、通常、新古典派成長理論で用いられる生産関数 (1)' 式と同じものを生み出す。

3-1-3 研究部門

このモデルのアイデアは、新資本財に対するデザイン、つまり 1 単位の生の資本を 1 単位の新資本財へ変換する方法を説明する知識である。新しいデザインは、前の (2) 式を通じて発見される。

新しいデザインが発見されると、その発見者は政府から新資本財を生産するための排他的権利に対するパテントを政府から受け取る。単純化のため、そのパテントの有効期間は無期限、永久と想定する。発明者はそのパテントを中間財企業に売り、その収入を消費・貯蓄に使う。

それでは、新デザインに対するパテントの価格はどうなるのであろうか。潜在的な入札者はそれにどのくらい支払いたいのであろうか。それに対する解答は、中間財企業によって稼得される利潤の割引現在価値である。つまり新デザインの価格 p_A はこの現在価値に一致する。

また、新デザインの価格 p_A は時間を通じてどのように変化するのであろうか。それは、裁定法に従って、収益の均等を意味する裁定式

$$rP_A = \pi + \dot{P}_A \quad (33)$$

を通じて変化する。

(33) 式左辺は 1 期間銀行に投資用のお金を預けた場合の収益であり、右辺は 1 期間パテントを購入して保有し、利潤を稼いだ後売却した場合の収益である。均衡では、両者は一致する。

(33) 式を書き換えると

$$r = \frac{\pi}{P_A} + \frac{\dot{P}_A}{P_A} \quad (34)$$

が得られる。利率 r は Y/K に比例するが、均斉成長経路上では Y/K の比は一定であるため、利率 r も均斉成長経路上で一定である。

π と P_A は同率 n で成長するため、 π/P_A も一定となる。結局、裁定式は

$$P_A = \frac{\pi}{r-n} \quad (35)$$

を意味し、均斉成長経路上でのパテント価格 P_A は(35)式を通じて決定される。

3-2 R&D（労働配分比）の決定

次に、ローマー・モデル ($\lambda = 1$) において、最終財部門と研究部門で働く労働の配分過程を考察し、労働の配分比を決定する³⁾。

裁定概念を導入すると、諸個人は限界的に最終財部門で働くことと研究部門で働くこととの間で無差別である。最終財部門で働く労働者の賃金 w_Y は(21)式から

$$w_Y = (1 - \alpha) \frac{Y}{L_Y} \quad (36)$$

で与えられる。

研究者の賃金は、彼らが発見するデザインの価値に基づいて決定される。研究部門において、労働者の（期待）賃金はその限界価値生産物に等しく、

$$w_R = \bar{\theta} P_A \quad (37)$$

が導かれ、ここで、 P_A は新アイデアの価格（価値）を、 $\bar{\theta}$ は研究者が新アイデアを発見する確率（所与）を表す。

研究部門と最終部門間の自由参入を考慮すると、これらの賃金は同じ、すなわち $w_Y = w_R$ となる。この関係より、

$$\bar{\theta} P_A = (1 - \alpha) \frac{Y}{L_Y} \quad (38)$$

が得られる。

これに(35)式からの P_A を代入すると、

$$\bar{\theta} \frac{\pi}{r - n} = (1 - \alpha) \frac{Y}{L_Y} \quad (39)$$

が導かれる。

(28)式において、 π は $\frac{Y}{A}$ の大きさに比例するので、上式は

$$\frac{\bar{\theta}}{r - n} \alpha (1 - \alpha) \frac{Y}{A} = (1 - \alpha) \frac{Y}{L_Y} \quad (40)$$

と書き換えられる。

いくつかの項を相殺し、整理すると、

3) ローマー・モデルにおける配分等の詳細については片山（2009）を参照されたい。

$$\frac{\alpha}{r-n} \frac{\bar{\theta}}{A} = \frac{1}{L_Y} \quad (41)$$

が導出される。

均斉成長経路上では $\frac{\dot{A}}{A} = \bar{\theta} \frac{L_A}{A}$ が成立し、その結果 $\frac{\bar{\theta}}{A} = \frac{g_A}{L_A}$ となる。これを(41)式に代入すると、

$$\frac{\alpha g_A}{r-n} = \frac{L_A}{L_Y} \quad (42)$$

が導出される。

$\frac{L_A}{L_Y} = \frac{l}{1-l}$ であることに注目して、(42)式を l について解くと、

$$l = \frac{1}{1 + \frac{r-n}{\alpha g_A}} \quad (43)$$

が導出される。ここで、 A の成長率 g_A は、(8)式で $\lambda=1$ とした値

$$\frac{n}{1-\phi} \quad (8)''$$

に対応している。

経済がより速く成長するほど (g_A がより高いほど)、研究部門で働く人口比はより高い。また、現在割引価値を得るために現在利潤に適用する割引率 $r-n$ が高いほど、研究部門で働く人口比が低くなる。

代数計算を通じて、資本市場を均衡させる利子率 r は

$$r = \alpha^2 Y / K \quad (44)$$

であるので、(21)式から資本の限界生産物に注目すると

$$r < \alpha Y / K \quad (45)$$

が成立することがわかる。つまり、利子率は右辺の資本の限界生産物より小さい。

完全競争と収穫不変が想定されるソロー・モデルでは、

$$rK + wL = Y \quad (46)$$

が成立する。ここで、 $r = \alpha Y / K, w = (1-\alpha)Y / L$ である。よって、所得は生産要素である資本と労働に完全分配される。換言すれば、ソロー・モデルでは、新アイデアを創造する諸個

人に報いるための産出物はない。

一方、不完全競争を含むローマー型モデルでは、収穫逓増が発生するため、すべての生産要素がその限界生産物を支払われるわけではない。資本はその限界生産物以下しか支払われず、その残りが新アイデアの創造に対して研究者を補償するために使われる。

ローマー型モデルで均衡解が完結するためには、研究部門と生産部門間の労働配分などの市場を通じた資源配分が重要である。新種のパテントに価値を与え、研究に従事させるのは、中間財企業の利潤であった。よって、利潤が研究に対する報酬を提供し、技術進歩・経済成長をもたらす研究活動を可能にする。

4. 研究開発投資関数

4-1 研究開発投資の決定因

さて、我々は、研究開発投資の決定要因についての考察に向かう。研究開発投資の大きさを研究開発に従事する労働者数で測れば、労働人口 L 一定の場合あるいは労働人口が n で成長する場合とも、研究開発投資は研究開発部門への労働配分率 l と密接に関係する。

(43)式より、経済がより速く成長する (g_A がより高い) 場合、研究部門で働く人口比がより高いことが明らかになった。また、利潤の割引現在価値を得るために適用する割引率 r が高いほど、研究部門で働く人口比が低くなることがわかった。また、独占度あるいは資本分配率 α が大きいほど、研究部門で働く人口比は大きくなることが確認される。

つまり、研究部門で働く労働者数で測った研究開発投資の理論的な決定因は、経済成長の速さ g_A 、割引率 r と独占度 α である。そして、研究開発投資の大きさは、経済成長率 g_A の増加関数、割引率 r の減少関数、独占度 α の増加関数とみなされる。経済成長の速さ自体は、知識の生産における知識の生産性 ϕ や労働人口 L あるいはその成長率 n に依存し、 ϕ 、 L あるいは n の増加関数である。よって、研究開発投資（研究部門への労働配分） l は、 α 、 ϕ 、 L あるいは n が増加すれば増加し、 r が増加すれば減少する⁴⁾。

以上の考察は、ここでの分析から直接導かれたものである。さて、Weil (2013) では、技術進歩の度合いは民間企業の意味決定に依存し、企業が直面する問題から R&D の決定要因を理解しようとする。企業は、R&D を通じて、品質向上やコスト削減のために生産工程に手を加える努力を注いでおり、新製品やより効率的な製造方法を発明すれば、利益、超過利潤を企業は手にすることができる。また、何かを発明したことによる利益が大きいほど、企

4) 技術進歩が中間財の質の改善に反映されるシュンペーター型モデルにおいても、ここでの結論と類似の結論が導かれる。この点については、Aghion and Howitt (2009)、Howitt (2005) や片山 (2011) を参照されたい。

業はその発明にかかる経費、つまり R&D を惜しまないであろうと考え、彼は 4 つの視点から R&D への影響を示唆している。

第一に、企業が R&D に支出したいと望む金額は新発明がどれだけの利点を生むかに依存している。また、発明についての競争的利点を維持する鍵として、特許にして模倣から保護できる発明をすることが挙げられる。

第二に、R&D 支出額は、その製品を販売できる市場の規模に影響を受けるだろう。市場が大きければ大きいほど、新発明がもたらす利益は大きい。

第三に、企業は新発明からもたらされる利点がどれだけ長く続くかを考慮するであろう。つまり、企業がその発明による競争的利益を手にする期間が長ければ（競争相手による次の新製品発明までの間が長くあけば）それだけ、そうした利点をもたらず R&D に使いたい金額は大きくなるだろう。

第四に、研究過程の不確実性は企業の R&D に影響するだろう。一般に、研究開発への投資は設備投資に比べて、見込まれる収益が確実でない。それで、リスクをより上手に分散できる企業、またそうしたリスクがより上手に分散される経済ほど R&D のようなリスクが高い投資ができるということが示唆される。

一方、三野（2014）では、研究開発部門への労働配分率の決定について、次の 4 つの点などが示唆されている。

第一に、企業の独占度が高いほど技術開発への対価支払いが容易になり、技術進歩のスピードは増し、したがって研究開発にまわる労働の比率は高くなる。

第二に、財を生産する企業が新技術をどの程度の期間独占的に使えるかというパテント期間の長さも影響するだろう。

第三に、技術を独占することの利益を計算する際には、新技術への投資がもたらす利潤の割引現在価値を計算する必要があるから、利子率の水準も影響を与える。

第四に、利子率は経済全体の貯蓄率に関係するから、貯蓄率の水準も研究開発部門への労働配分率 l の決め方を左右しえる。

産業組織論のアプローチから、長岡・平尾（2013）は、利潤動機が技術開発への強力なインセンティブになることを指摘し、技術開発を活発化する要因として専有可能性と技術機会を挙げ、そして以下のように論じている。

研究開発へのインセンティブは、技術的成果がもたらす社会的な余剰のうち、研究開発を行った企業がどれだけを利益として獲得できるか、すなわち専有可能性の強さに依存する。そして、専有可能性が高いほど、新製品や新製法の開発から企業が確保できる利潤は大きくなるから研究開発を行う誘因は高い。

また、科学的な進歩あるいは産業技術の進歩によって新しい技術機会が発生すれば、それ

を利用した産業の研究開発も活発になる。技術機会の豊富さあるいは研究開発の効率が高まれば、研究開発への誘因も高くなる。よって、技術機会が豊富で研究開発投資の効率性が高い産業では研究開発が高水準になる。

一方、後藤・古賀・鈴木（2002）は、産業レベルの変数（専有可能性と技術機会）および企業レベルの変数（売上高とキャッシュフロー）を用いて、わが国企業の研究開発の決定要因を論じている。専有可能性と技術機会は研究開発投資のもたらす期待収益に関する変数であり、キャッシュフローは研究開発投資の資金調達に関わる変数である。売上高は需要の代理変数であるが、需要が大きいほど、研究開発費をより多くの生産量に負荷することが可能となる。彼らの実証分析における推計結果は以下のとおりである。

専有可能性および技術機会は、企業規模に関係なく、正で有意な値を示しており、これらはいずれも研究開発投資を促進する要因であることを示す。一方、キャッシュフローは、大規模企業・中規模企業いずれにおいても正で有意な値を示したのに対して、売上高成長率は、いずれの企業分類においても有意な値を示さなかった。

4-2 研究開発投資の影響と決定

4-2-1 研究開発投資の影響

まず、研究開発がマクロ経済にどのような影響を及ぼすかを見るため、わが国における実質 GDP の成長率、研究者数と研究開発投資額の推移をグラフで表してみた（図6・図7）⁵⁾。

その結果、研究者数と研究開発投資額は時間を通じて着実に増加する傾向がみられるが、GDP の成長率にはそのような傾向はみられない。特に、90年代以降、GDP 成長率における明確な増加傾向はみられない。

つまり、研究開発の増加を通じて全要素生産性上昇率が上昇し、その上昇が GDP 成長率

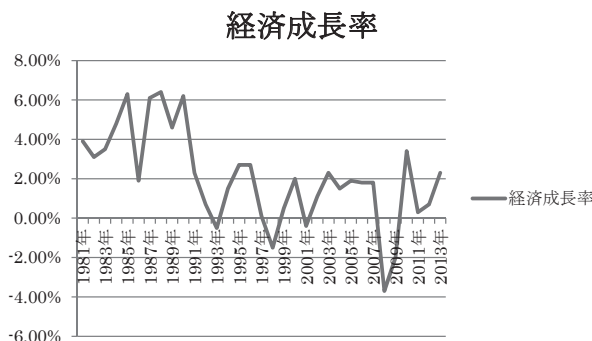


図6 経済成長率の推移

（出所）内閣府『平成26年版経済財政白書』より作成。

5) 木下・鈴木（1989）は、戦後の日本の経済成長を研究開発の視点から分析した基本的文献である。

研究開発投資とマクロ経済

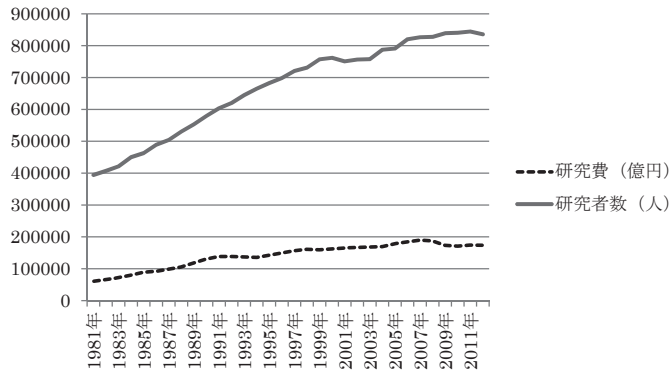


図7 研究開発の推移

(出所) 文部科学省『科学技術要覧平成26年版』より作成。

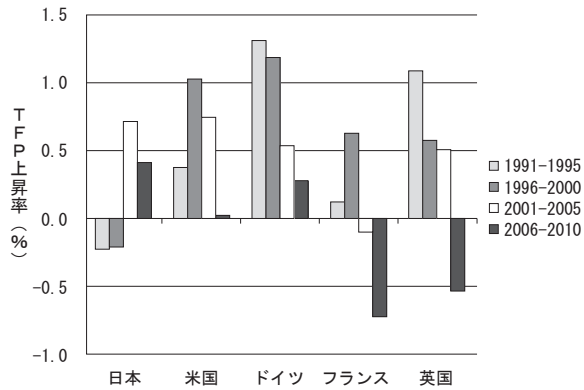


図8 全要素生産性の上昇率

(出所) 文部科学省『平成25年版科学技術白書』

平均成長率

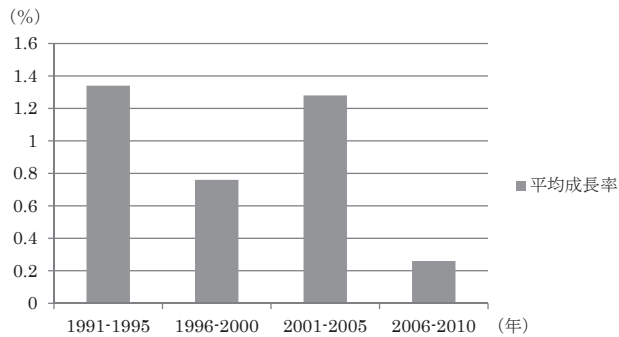


図9 日本の平均成長率

(出所) 内閣府『平成26年版経済財政白書』より作成。

をもたらすという研究開発の成長促進効果はわが国のデータだけでは確認できない。

次に、全要素生産性がマクロ経済へ与える影響について検討するために、全要素生産性の上昇率と実質 GDP の成長率の関係を図によって比較する（図 8・図 9）。

これらの図より、1991年から2000年までは全要素生産性の上昇率が低い割には GDP の平均成長率が高く、全要素生産性の上昇率と GDP の平均成長率の間には相関がないと判断される。

しかし、2000年代では、全要素生産性の上昇率と GDP の平均成長率の間に正の相関が認められ、全要素生産性の上昇率が GDP の平均成長率に寄与していると考えられる。よって、近年では、持続的な成長が実現するためには全要素生産性の上昇が必要と考えられる⁶⁾。

4-2-2 研究開発投資の決定

研究開発投資の決定要因について、前節で広く考察したが、ここでは利子率、GDP と研究開発の関係について考察する。利子率は利潤の割引現在価値に関わり、GDP の水準は新技術の利益に影響する市場規模と資金調達に影響するキャッシュフローに関わる。

なお、前節で紹介したように、技術機会と専有可能性が研究開発投資へ及ぼす影響は後藤・古賀・鈴木（2002）で推計されている。

1981年から2012年までのわが国のマクロのデータを用いて、研究者数と GDP あるいは利子率との間の関係を考察した。その結果、図10と図11で示される散布図が得られた。

研究者数と GDP あるいは利子率の間には強い相関が認められ、予想通り、研究者数と GDP の間に正の相関そして研究者数と利子率との間に負の相関が認められた。

同じ期間のデータを用いて、研究開発投資額と GDP あるいは利子率との間の関係も考察

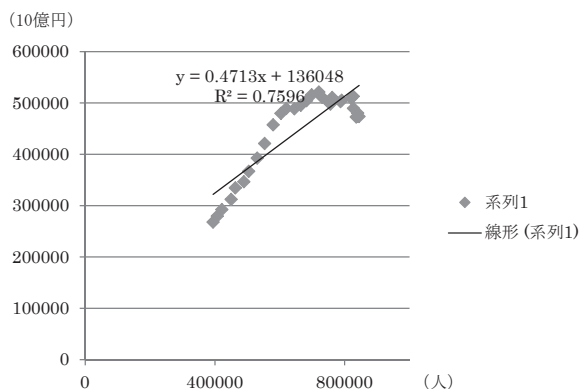


図10 研究者数と GDP

（出所）文部科学省『科学技術要覧平成26年版』より作成。

6) 片山（2006）では、過去の代表的な文献に基づき、おおむね、研究開発投資はその収益率に依存し、研究開発投資が全要素生産性を上昇させ、全要素生産性の上昇が経済成長に寄与すると論じている。

研究開発投資とマクロ経済

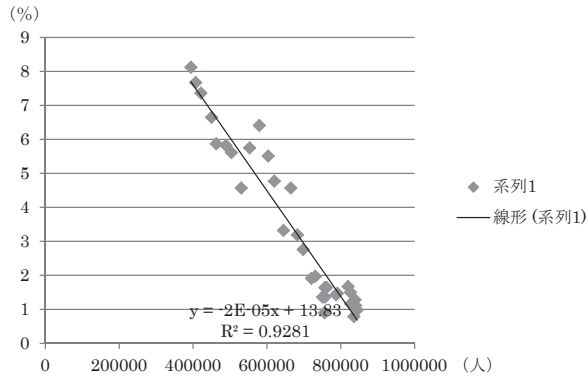


図11 研究者数と利子率

(出所) 文部科学省『科学技術要覧平成26年版』・内閣府『平成26年版経済財政白書』より作成。

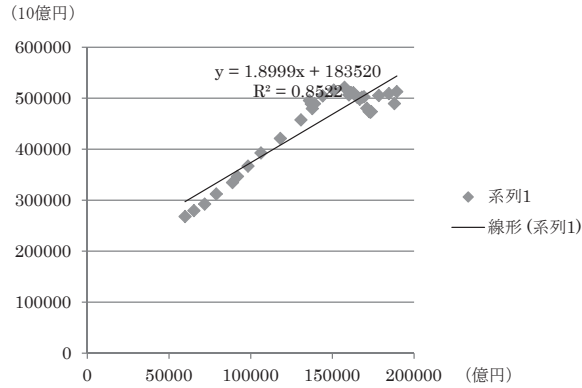


図12 研究開発投資額とGDP

(出所) 文部科学省『科学技術要覧平成26年版』より作成。

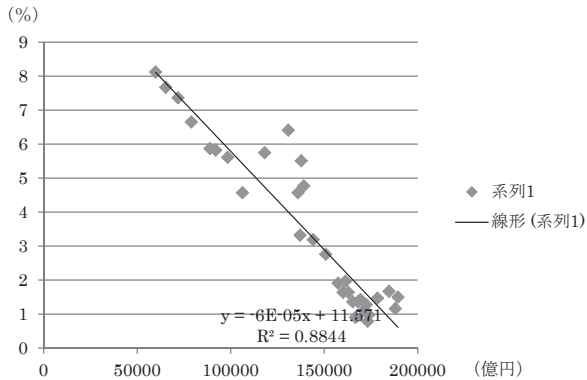


図13 研究開発投資額と利子率

(出所) 文部科学省『科学技術要覧平成26年版』・内閣府『平成26年版経済財政白書』より作成。

した。その結果、図12と図13で示される散布図が得られた。

研究開発投資額と GDP あるいは利子率との間には強い相関が認められ、予想通り、研究開発投資額と GDP の間に正の相関そして研究者数と利子率との間に負の相関が認められた。

研究者数と GDP あるいは利子率との間には強い相関が認められ、研究開発投資額と GDP

表 1 重回帰分析結果（被説明変数：研究者数）

重相関 R	0.971198					
重決定 R ²	0.943226					
補正 R ²	0.939311					
標準誤差	36,147.01					
観測数	32					
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%
切片	646,872.4	81,904.06	7.897928	1.04E-08	479,359.8	814,385
X 値 1	0.412639	0.148389	2.780783	0.009427	0.109148	0.716129
X 値 2	-48,091.7	4,965.215	-9.68573	1.36E-10	-58,246.7	-37,936.7

（出所）文部科学省『科学技術要覧平成26年版』・内閣府『平成26年版経済財政白書』より作成。

表 2 重回帰分析結果（被説明変数：研究開発投資額）

重相関 R	0.973435					
重決定 R ²	0.947576					
補正 R ²	0.94396					
標準誤差	9,126.719					
観測数	32					
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%
切片	72,090.65	20,679.87	3.486031	0.001581	29,795.57	114,385.7
X 値 1	0.221495	0.037467	5.911797	2.03E-06	0.144867	0.298123
X 値 2	-9,106.81	1,253.662	-7.26417	5.33E-08	-11,670.8	-6,542.78

（出所）文部科学省『科学技術要覧平成26年版』・内閣府『平成26年版経済財政白書』より作成。

あるいは利子率との間にも強い相関が認められたので、次に被説明変数を研究者数あるいは研究開発投資額とし、説明変数を GDP (X 値 1) と利子率 (X 値 2) とした重回帰分析を行った。その結果、以下のような結果が得られた (表 1・表 2)。

被説明変数が研究者数の場合も研究開発投資額である場合も、いずれも重回帰式の決定係数が大きく、この式のデータに対するは当てはまりが良い。どちらの被説明変数に対しても、説明変数に関するパラメーターは共に有意であり、その符号も GDP に関するものが正、利子率に関するものが負となり妥当であった。よって、GDP と利子率は研究開発の重要な決定要因であると考えられる。

5. おわりに

技術進歩は経済成長のエンジンである。特に、今後のわが国の少子高齢社会においては、技術進歩が持続的成長にとって不可欠であると考えられる。

本稿では、一般的なアイデアの生産関数のに基づき、技術変化が生じるプロセスを内生化する理論を考察した。新アイデアが生み出す社会的利得の一部である利潤を目指して個々のアイデアが追求され、技術進歩が生み出される。

アイデアの非競合性により、生産は収穫逓増によって特徴づけられる。これは経済における規模の重要性を意味し、技術知識の成長率と人口あるいはその成長率が関係する。研究者数の増加は生産されるアイデアの数を増やし、一人当たり成長を促進する。

このモデルの安定性は知識の生産において既存の知識が作用する度合いに依存する。既存の知識が過度に新知識の生産に寄与しなければ、均斉成長経路は安定である。安定性を前提とした比較静学において、投資率あるいはR&Dに従事する労働力の比率の上昇は技術知識やGDPに対して水準効果を持つが、長期成長効果は持たない。ただし、ローマーのケースでは、研究への労働配分の上昇が長期成長効果を持つ。

政府補助金等により研究労働比率が上昇すれば一時的あるいは恒久的に経済成長率が高まり、より高い所得水準が実現するであろう。

わが国において、研究開発がGDPの成長率を高める傾向があるか否かを確認したが、明確な結論は得られなかった。研究開発がGDPの成長率を上昇させるとは限らないが、GDPの成長率を維持するためには研究開発が不可欠であろう。

研究開発の決定因を考察し、GDPと利子率を説明変数とする研究開発投資関数を設定した。それに基づいて、実証分析を行った。その結果、被説明変数が研究者数の場合も研究開発投資額である場合も、いずれも重回帰式の決定係数が大きく、説明変数に関するパラメータの値も符号が妥当で有意であることが確認された。つまり、GDPと利子率は研究開発の重要な決定要因であると考えられる。

全要素生産性の上昇が経済成長に寄与することには合意があるとしても、研究開発投資の決定因や、研究開発投資が全要素生産性上昇をもたらす量的な影響についてはまだ合意がないように思われる。合意がない点について、理論的・実証的研究を積み上げることが今後の課題である。

参考文献

- Aghion, Philippe and Peter Howitt (1992), “A Model of Growth through Creative Destruction,” *Econometrica*, 60 (March), 323–351.
- Aghion, Philippe and Peter Howitt (1998), *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Aghion, Philippe and Peter Howitt (2009), *The Economics of Growth*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Barro, Robert and Xavier Sala-i-Martin (1998), *Economic Growth*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Grossman, Gene M. and Elhanan Helpman (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Howitt, Peter (2005), “Health, Human Capital, and Economic Growth: A Schumpeterian Perspective,” In Guillem Lopez-Casasnovas, Berta Rivera, and Luis Currais (Eds.), *Health and Economic Growth*, MA: MIT Press.
- Jones, Charles I. (1995), “R&D Based Models of Economic Growth,” *Journal of Political Economy*, 103 (August), 759–784.
- Jones, Charles I. (2013), *Introduction to Economic Growth Third Edition*, New York: Norton.
- Jones, Charles I. and Paul Romer (2009), “The New Kaldor Facts: Ideas, Institution, Population, and Human Capital,” NBER Working Paper 15094.
- Katsuhiko Hori and Katsunori Yamada (2013), “Education, Innovation and Long-Run Growth,” *Japanese Economic Review*, 64 (September), 295–318.
- Romer, David (2006), *Advanced Macroeconomics Third Edition*, McGraw-Hill.
- Romer, Paul M. (1990), “Endogenous Technological Change,” *Journal of Political Economy*, 98 (October), 71–102.
- Weil, David N. (2013), *Economic Growth Third Edition*, Pearson Education, Inc.
- Young, Alwyn (1998), “Growth without Scale Effects,” *Journal of Political Economy*, 106 (February), 41–63.
- 片山尚平 (2006), 『投資、成長と経済政策』, 晃洋書房.
- 片山尚平 (2009), 「知識と成長」, 『経済科学研究』, 第12巻第2号, pp. 1–20.
- 片山尚平 (2011), 「内生的成長モデルにおける資本蓄積と経済政策」, 『経済科学研究』, 第14巻第2号, pp. 1–18.
- 木下宗七・鈴木和志 (1989), 「研究開発と経済成長」, 宇沢弘文編『日本経済 蓄積と成長の軌跡』東京大学出版会, 71–95.
- 後藤 晃・古賀款久・鈴木和志 (2002), 「わが国製造業における研究開発投資の決定要因」, 『経済研究』, Vol. 53, No. 1, Jan., 18–23.
- 浄土 渉 (2002), 「R&D 投資と有効需要」, 『経済研究』, Vol. 53, No. 1, Jan., 79–85.
- 浄土 渉・松崎大介 (2012), 「企業の投資・参入への補助金」, 小野善康・橋本賢一編『不況の経済理論』岩波書店, 175–198.
- 長岡貞男・平尾由紀子 (2013), 『産業組織の経済学 第2版』, 日本評論社.
- 三野和雄 (2014), 『マクロ経済学』, 培風館.