

研究開発費増額のインフレ率への影響

—構造モデルによる分析—*

河本紘伸[†] 小寺勇輝[‡] 向井太郎[§]

2021年11月12日

概要

世界は今、第四次産業革命とともに新たな生産様式、財・サービスを生み出そうとしている。その為、世界主要各国では研究開発費の増額が著しい。日本も研究開発費を増額し、世界と戦う姿勢を示している。果たして、研究開発費増額が与えるマクロ経済への影響はどのようなものだろうか。先行研究では、供給面に着目し主に経済成長への影響を見ているのに対して、本稿では、研究開発費増額による需給両面への影響を考慮し、そのインフレ率への影響を分析した。

具体的には、中規模型動学的確率的一般均衡モデル (DSGE モデル) に研究開発費増額による投資需要の増加を考慮した投資の限界効率性ショック (Marginal Efficiency of Investment、MEI ショック) と、研究開発費増額によって引き起こされる技術成長率および技術レベルへのショックを組み込み、これらのショックがインフレ率にどのような影響を与えるのかシミュレーション分析を行った。

本稿ではまず、それぞれのショックを単独で与えてインフレ率の動きを検証した。MEI ショックは需要側に対するショックであることからインフレ率は上昇する。また、技術成長率および技術レベルに対するショックでは、供給側のショックであることからインフレ率は低下する。そこで、研究開発費の増額によって技術成長率、技術レベルの両者も上昇することを考慮し、三者同時にショックを与えたところ、結果的にインフレ率は低下することが分かった。最後に頑健性テストとして、技術レベルショックをニュースショックとして扱い MEI ショック、技術成長率ショックとともに与えたところ、先の結果と同様インフレ率は低下した。以上の分析結果から、研究開発費増額は結果的にインフレ率を低下させる方向に働くことが分かった。

* 本稿は、2021年11月20日から23日に開催される、三田祭論文コンテストのために作成したものである。本稿の作成にあたっては、廣瀬康生教授（慶應義塾大学）と廣瀬康生研究会8期生（慶應義塾大学）の方々から有益かつ熱心なコメントを頂戴した。ここに記して感謝の意を表したい。しかしながら、本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任はいうまでもなく筆者たち個人に帰するものである。

[†] 慶應義塾大学廣瀬康生研究会9期生

[‡] 同上

[§] 同上

目次

1	はじめに	2
2	モデル	5
2.1	家計	5
2.2	中間財企業	6
2.3	最終財企業	7
2.4	中央銀行	8
2.5	構造ショック	9
2.6	対数線形近似およびシミュレーション分析	9
2.7	パラメータの設定	9
3	シミュレーション分析	11
3.1	MEI ショック (Marginal Efficiency of investment ショック)	11
3.2	技術ショック	12
3.3	研究開発費の増加が同時に技術力の向上を伴う場合	14
3.4	頑健性テスト	18
4	結びに代えて	19
	参考文献	20
	補論：シミュレーション分析によるグラフ	22

1 はじめに

近年、研究開発費は増加の一途を辿っている。図1では、主要国における企業部門の研究開発費の対 GDP 比率の推移を表している。これを見ると、日本は1981年から大方上昇傾向で進み、2018年には2.60%まで伸びている。また、他国でも同様のトレンドがこの図から読み取ることが出来る。また、企業部門だけでなく政府部門からの研究開発費に対する支出を増やす動きも見られる。バイデン米大統領は本年3月31日に概要を発表した「米国雇用計画(American Jobs Plan)」に研究開発費を1,800億ドル増額することを含めている。また、本年11月10日に内閣総理大臣に指名された岸田文雄氏の構想にも科学技術の発展やイノベーションを促すための10兆円規模のファンドの立ち上げ、半導体やAI*1などの先端技術分野における研究開発税制、投資減税の強化を盛り込んでいる。

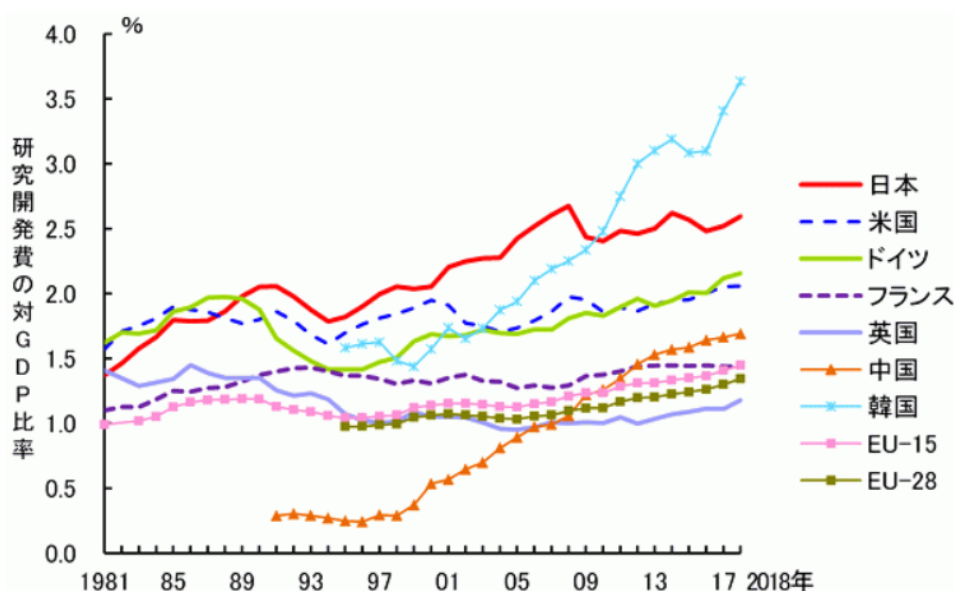


図1 主要国における企業の研究開発費の対 GDP 比率の推移

出典：文部科学省 科学技術・学術政策研究所、科学技術指標 2020、調査資料-295、2020年8月

その理由として、第四次産業革命が挙げられる。第四次産業革命というのは、AIやIoT*2、ビッグデータの技術革新のことを指す。内閣府が発表した「日本経済2016-2017」(2017)によると、この技術革新は生産者、消費者共に恩恵を享受できるとされている。生産者は、これまでの財・サービスの生産や分配の在り方が大きく変化するため、生産効率の飛躍的向上が期

*1 Artificial Intelligence の略。

*2 Internet of Technology の略。

待できる。一方で消費者は、既存の財・サービスの低価格化、潜在的に欲していた新たな財・サービスの出現が期待できる。その為、世界の主要各国は新たな規格や市場のパイ獲得、経済安全保障などの観点から研究開発費の増額を行っている。

以上より、世界では研究開発費の必要性というのは年々高まっていることが言える。では、研究開発費増額はマクロ経済に与える影響はどのようなものだろうか。これは、研究開発費増額という需要側のショックとその結果である技術向上という供給側のショックが同時に発生していると考えられる。また研究開発費増額が技術成長の伸び率を高めるとすると、技術水準に対して永続的に影響を持つことから、恒常所得の増加をもたらす、需要サイドにも影響をもたらす。以上のことから需給両側でショックが発生している為、インフレ率にどのような影響を与えるのかが不明瞭である。そこで本稿では、動学的確率的一般均衡モデル (Dynamic Stochastic General Equilibrium : DSGE モデル) を用いて研究開発費増額が与えるインフレ率への影響についてシミュレーション分析を行った。

研究開発費に関する実体経済の評価に関しては様々な先行研究が存在する。Hasumi et al. (2017) は研究開発活動を知的財産生産物量データと結びつけ、このレベルを技術ショックとして DSGE モデルに加えたところ、このショックが景気循環をおよそ実質 GDP の半分程度増幅させていることを示した。また Reifschneider et al. (2015) では 2001 年から 2002 年にアメリカで発生した景気後退の中で、研究開発費が減少していることを指摘している。

また、研究開発費を経済理論モデルの中でどのように記述、評価するべきかという議論に関しても先行研究が多数存在する。Romer (1990) は労働者を生産部門、技術部門の二部門に分離したモデルを、Barro and Sala-i-Martin (1995) は中間財の一つに研究開発部門を導入したモデルを開発している。以上二つのモデルは研究開発と生産を直接的に結び付けているが、間接的に研究開発と生産を結びつけたモデルも開発されている。Griliches (1998) は資本の中に技術知識ストックの導入したモデルを、Cerdeiro (2021) は研究開発費ストックと労働生産性に関する式を導入したモデルを用いている。また、NEMESIS モデルという Erasme、CCIP (Chamber of Commerce of Paris, パリ市商工会議所)、NTUA (University of Athens)、the Federal Planning Bureau (Brussels) が共同で開発した EU における部門別マクロ経済モデルは、研究開発費と知識ストックの間に研究開発ストックを導入しており、現在政策評価を行う現場で用いられている。

様々な先行研究に触れてきたが、研究開発費が生産技術の向上を通じて景気変動にどの程度影響するか、またどのようにして研究開発費が技術向上及び経済成長にどのように影響を与えるか、など主に供給側に着目した分析が多い。また、インフレ率と研究開発費の関係を調べている先行研究として Angus et al. (2015) や、Costamagna (2015) が挙げられるが、いずれもインフレーションが研究開発費にどう影響を与えているかについての実証分析である。この点、本稿は研究開発費がインフレ率に与える影響という逆の因果関係について分析している。

本稿では、研究開発費増額を需要側の外生的なショックとして考え、投資の限界効率性ショック (Marginal Efficiency of Investment, MEI ショック^{*3}) を導入した。これは、投資の限界効率性が上昇したと経済主体が考え、投資量を増やすということを表している。また、研

^{*3} Justiniano et al. (2010) が名付けたショック。

究開発費投資によって、供給側のショックである技術成長の伸び率に対するショック（以下、技術成長率ショックと呼ぶ。）と技術レベルに対するショック（以下、技術レベルショックと呼ぶ。）の2つがプラス方向に生じると本稿は想定した。その為、本稿では研究開発費と技術成長率および技術レベルについて実際のデータを用いた回帰分析を行い、研究開発費がそれぞれにどの程度影響を与えるかを計測した。

本稿では DSGE モデルを用いて分析を行っている。DSGE モデルとは、フォワードルッキングな各経済主体がそれぞれ最適化行動を行うというマイクロ経済学的基礎を備えたマクロ経済モデルである。また DSGE モデルは、IS-LM モデルなどの従来のマクロ経済モデルとは違い、モデル内のパラメータは政策変更の影響を受けないもの、所謂ディープパラメータを使用している為、ルーカス批判に対応している。また、合理性を仮定することで議論のベンチマークにもなる。更に、本稿で用いるモデルは実際のマクロ経済データの動きを説明する力を高める様々な工夫がなされており、パラメータも日本のマクロ経済データをもとに推定されていることから、より現実的な分析が可能なモデルと言える。

分析の結果としては、MEI ショックはインフレ率を押し上げるが、技術成長率ショックと技術レベルショックはインフレ率を押し下げる。これらのショックが同時に発生した状況をシミュレートしたところ、インフレ率を押し下げる影響がインフレ率を押し上げる影響を上回ることから、結果としてインフレ率は低下することが分かった。更に、頑健性テストとして技術レベルショックをニュースショック^{*4}として扱い、MEI ショック、技術成長率ショックとともに与えたところ、先の分析結果を同様にインフレ率を押し下げた。

本稿の構成は以下のようになっている。第2節では MEI ショック、技術レベルショック、技術成長率ショックの3つを兼ね備えた理論モデルを構築している。第3節では構築した理論モデルに対してショックを与える、所謂インパルス応答分析や研究開発費増額と技術成長率および技術レベルの相関を回帰分析することで、インフレ率を検証している。第4節は結論のまとめや、今後の課題を述べている。

^{*4} ニュースショックとは、将来の期待に関するショックであり、例えば t 時点において1期先のニュースショックが発生すると、経済主体は1期先にショックが起きると予想し t 時点から行動を変化させる。ただしショックが実現するのは $t+1$ 期である。

2 モデル

我々は調整コスト、摩擦を考慮した中規模モデルである廣瀬 (2012) のモデルをもとに、本稿に合わせたショックを入れた。廣瀬 (2012) のモデルは価格硬直性、賃金の硬直性を考慮しており、現実の経済を再現している。伝統的な経済学において、家計、政府、企業の三主体があるが、本モデルの主体には家計、企業は中間財企業と最終財企業の二種類がある。また、金融政策を行う主体として中央銀行がある。また、研究開発増額のマクロ経済への影響を分析するにあたり、先行研究では供給側の技術ショックに着目した分析が多かったが、ここでは需要側である投資効率性に対するショック (Marginal Efficiency of Investment, MEI ショック) とともに、技術成長率、技術レベルに対してもショックを与えている。従って、需給両面でショックが発生しており、供給サイドのみならず、需要サイドの影響も見られるようになっている。

2.1 家計

家計 $h \in [0, 1]$ は消費財 $C_t(h)$ 、投資財 $I_t(h)$ 、国債 $B_t(h)$ を購入し、それぞれの家計算において差別化された労働 $l_t(h)$ を中間財企業に提供する。よって、家計の効用関数は以下のようになる。

$$E_0 \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \left\{ \frac{(C_t - \theta C_{t-1}(h))^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{Z_t^{1-\sigma} l_t h^{1+\chi}}{1+\chi} \right\}$$

ここで、 E_t は期待オペレータ、 $\beta \in (0, 1)$ は主観的割引率、 $\sigma > 0$ は異時点間代替の弾力性の逆数、 $\theta \in (0, 1)$ は消費者の習慣形成の量、 $\chi > 0$ は労働供給の弾力性の逆数、 $\zeta > 0$ は民間消費と政府消費の代替の弾力性を表現してる。また、モデルが均斉成長制約を満たすために、労働の不効用に関する項に均斉成長を規定する技術基準である Z_t を乗じている。

家計の予算制約式は以下のようになる。

$$C_t(h) + \frac{I_t(h)}{P_t} = W_t(h)l_t(h) + R_t^k u_t(h) + R_t^k u_t(h)K_{t-1}(h) + R_{t-1}^n \frac{B_{t-1}^n(h)}{P_t} + T_t(h)$$

ここで、 P_t は物価水準、 W_t は実質賃金、 R_t^n は名目粗利率、 R_t^k は資本の実質レンタル料、 $u_t(h)$ は資本稼働率、 $K_{t-1}(h)$ は資本ストック、 $T_t(h)$ は政府による一括税や企業からの配当である。このとき、家計による投資は資本ストックに蓄積される。その式は以下のようになる。

MEI ショックなしの場合

$$\{1 - \delta(u_t(h))\} K_{t-1}(h) + \left\{ 1 - S \left(\frac{I_t(h)}{I_{t-1}(h)z} \right) \right\} I_t(h) - K_t(h)$$

MEI ショックありの場合

$$\{1 - \delta(u_t(h))\} K_{t-1}(h) + e^{z_t^i} \left\{ 1 - S \left(\frac{I_t(h)}{I_{t-1}(h)z} \right) \right\} I_t(h) - K_t(h)$$

z_t^i は、廣瀬 (2012) のモデルに加えられた MEI ショックである。これは、研究開発費増額を投資の限界効率性が上昇したと経済主体が考え行動することを表している。また、資本稼働

率が高くなるにつれて、資本消耗率 δ は高くなることを仮定しており、関数 $\delta(\cdot)$ は $\delta' > 0$ 、 $\delta'' > 0$ 、 $\delta(u) = \delta \in (0, 1)$ 、 $\mu = \frac{\delta'(u)}{\delta''(u)} > 0$ (u は定常状態における資本稼働率) という性質を持つ。 $S(\cdot)$ は投資の変化に伴う調整コストを表し、 $S(x) = \frac{(x-1)^2}{2\zeta^i}$ (ζ^i はパラメータ) という 2 次関数形を仮定する。

オイラー方程式

$$\lambda_t = \beta E_t \left[\Lambda_{t+1} \frac{R_t^n}{\pi_{t+1}} \right]$$

投資関数

$$1 = q_t \left\{ 1 - S \left(\frac{I_t}{zI_{t-1}} \right) - S' \left(\frac{I_t}{zI_{t-1}} \right) \frac{I_t}{zI_{t-1}} \right\} e^{z^i} \\ + \beta E_t \left[\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} q_{t+1} S' \left(\frac{I_{t+1}}{I_t z} \right) \left(\frac{I_{t+1}}{I_t} \right)^2 \frac{e^{z^i}}{z} \right]$$

資本稼働率関数

$$R_t^k = q_t \delta'(u_t)$$

トービンの q

$$q_t = \beta E_t \left[\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \{ R_{t+1}^k u_{t+1} + q_{t+1} (1 - \delta(u_{t+1})) \} \right]$$

ここで、 E_t は期待オペレータ、 $q_t = \frac{\lambda_t^k}{\lambda_t}$ は、いわゆるトービンの q と呼ばれるものであり、(限界効用単位で測った) 資産の実質価格を表す。なお、完備保険市場の存在を仮定おり全ての家計は同質とみなせるため、各家計のインデックス h は省略している。次に労働サービス、実質賃金の最適選択を導出する。すべての家計は差別化された労働サービスを中間財企業に提供し、労働市場は独占的競争下にあると仮定する。まず中間財生産企業 f ($f \in [0, 1]$) は家計の労働供給量 $l_t(h)$ ($h \in [0, 1]$) に対して

$$l_t(f) = \left\{ \int_0^1 l_t(f, h)^{-\frac{1+\lambda_t^w}{\lambda_t^w}} \right\} l_t$$

家計はこの労働需要関数を所与として、効用を最大化するよう賃金を選択する。ここで賃金に Calvo 型の硬直性を導入する。廣瀬 (2012) と同様に、各機において $1 - \xi_w \in [0, 1]$ の割合の家計は賃金を最適化でき、残りの ξ_w は、均斉成長率の定常値 z と、一期前のインフレ率 π_{t-1} および定常状態のインフレ率 π の加重平均に従い以下のように名目賃金を決定すると仮定する。 $\gamma_w \in [0, 1]$ を一期前のインフレ率を参照するウェイトとする。

$$P_t W_t(h) = z \pi_{t-1}^{\gamma_w} \pi^{1-\gamma_w} P_{t-1} W_{t-1}(h)$$

2.2 中間財企業

中間財企業 f ($f \in [0, 1]$) は、独占的競争の下、家計によって提供された労働サービス $l_t(f)$ と稼働資本ストック $u_t K_{t-1}(f)$ を用いて差別化された中間財 $Y_t(f)$ を生産する。中間財企業の生産関数は以下ようになる。

$$Y_t(f) = e^{z^a} (Z_t l_t(f))^{1-\alpha} (u_t K_{t-1}(f))^\alpha - \Phi Z_t$$

技術レベルショックを加えるために廣瀬 (2012) のモデルに $e^{z_t^a}$ をかけている。生産関数には二種類の技術ショックがあることに注意されたい。一つは廣瀬 (2012) にも考慮されている技術成長率に対するショック、二つ目は技術レベルに対するショックであるここで、前者は Z_t であるが、後者は z_t^a である。ここでは生産技術について非定常なもの (Z_t) と定常なもの (z_t^a) の両方を考慮している Z_t は次のような非定常な確率過程に従うとする。

$$\ln Z_t = \ln z + \ln Z_{t-1} + z_t^z$$

z_t^z は技術成長率へのショックを表す。上記の生産技術の下、中間財企業は実質賃金 W_t と資本の実質レンタル料 R_t^k を所与として、生産費用を最小化するように労働サービス $l_t(f)$ と稼働資本ストック $u_t K_{t-1}(f)$ の投入量を決定する。労働サービス、稼働資本ストックの1階の条件により実質限界費用は以下ようになる。

$$mc_t = \left(\frac{W_t}{(1-\alpha)Z_t} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{R_t^k}{\alpha} \right)^\alpha$$

ここで、実質限界費用は実質賃金と実質レンタル料で表されるため全ての中間財企業で同じになる。従って、インデックス f は省略される。

また、最終財企業の生産量は中間財企業が生産したものを集計するため、以下のように表される。

$$Y_t d_t = e^{z_t^a} (Z_t l_t)^{1-\alpha} (u_t K_{t-1})^\alpha - \Phi Z_t$$

となる。ここで、 $d_t = \int_0^1 \left\{ \frac{P_t(f)}{P_t} \right\}^{\frac{1+\lambda_t^p}{\lambda_t^p}} df$ は中間財価格のばらつきを表現し、中間財企業の価格決定に Calvo 型の価格硬直性が存在すると仮定する。 $1 - \xi_p$, ($\xi_p \in [0, 1]$) の企業が価格を最適化するが、 ξ_p の企業は最適化せず、以下のように一期前のインフレ率と定常状態のインフレ率の加重平均に従い価格を決定させる。 $\gamma_p \in [0, 1]$ は中間財企業が1期前のインフレ率を参照するウェイトである。

$$P_t(f) = \pi_{t-1}^{\gamma_p} \pi^{1-\gamma_p} P_{t-1}(f)$$

中間財企業は最終財企業の中間財需要を所与として最適価格を選択する。一階の条件は以下である。

$$E_t \sum_{j=0}^{\infty} \left[\begin{array}{l} (\beta \xi_p)^j \frac{\Lambda_{t+1}}{\Lambda_t} \frac{1}{\lambda_{t+j}^p} \left[p_t^o \prod_{k=1}^j \left\{ \left(\frac{\pi_{t+k-1}}{\pi} \right)^{\gamma_p} \frac{\pi}{\pi_{t+k}} \right\} \right]^{\frac{1+\lambda_{t+j}^p}{\lambda_{t+j}^p}} \\ Y_{t+j} \left[p_t^o \prod_{k=1}^j \left\{ \left(\frac{\pi_{t+k-1}}{\pi} \right)^{\gamma_p} \frac{\pi}{\pi_{t+k}} \right\} - (1 + \lambda_{t+j}^p) mc_{t+j} \right] \end{array} \right]$$

ここで、 $p_t^o = \frac{P_t^o}{P_t}$ であり、 P_t^o は最適化された価格である。

2.3 最終財企業

最終財製造企業は、完全競争下で、中間財 $Y_t(f)$ 、 $f \in [0, 1]$ から、次の式の元で最終財 Y_t を生産する。

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_t(f)^{\frac{1}{1+\lambda_t^p}} df \right)^{1+\lambda_t^p}$$

ここで、 $1 + \lambda_t^p$ は、 $\theta_t^p > 1$ をそれぞれ中間財の代替の弾力性として、 $\frac{1}{\theta_t^p - 1} > 0$ で定義される変数で、価格マークアップ率である。最終財企業は、最終財価格 P_t と中間財 f の価格 $P_t(f)$ を所与として利潤を最大化しつつ中間財投入量 $Y_t(f)$ にする。一階の条件は、

$$Y_t(f) = \left\{ \frac{P_t(f)}{P_t} \right\}^{-\frac{1+\lambda_t^p}{\lambda_t^p}} Y_t$$

となる。また、最終財価格は以下のようになる。

$$P_t = \left\{ \int_1^0 P_t(f)^{-\frac{1}{\lambda_t^p}} df \right\}$$

最終財は消費されるか、投資されるか、それ以外に使用されるため、最終財の資源制約式は以下のようにあたえられる。

$$Y_t = C_t + I_t + gZ_t$$

ここで gZ_t は外生需要項目をあらわしており g は項目のウェイトに関するパラメータ、 Z_t は均斉成長を既定する技術水準である。

2.4 中央銀行

中央銀行は名目利子率を調整し、金融政策を行う。利子率の調整はテイラー型の金融政策ルールに従うものとし、インフレ率の前年比の目標インフレ率からの乖離と生産ギャップに応じて、利子率を調整する。また、金利スムージングも考慮する。以下のように金融政策ルールを想定する。

$$\ln R_t^n = \phi_r \ln R_{t-1}^n + (1 - \phi_r) \left\{ \ln R^n + \phi_\pi \left(\frac{1}{4} \sum_{j=0}^3 \ln \frac{\pi_{t-j}}{\pi} + \phi_y \ln \frac{Y_t}{Y_t^*} \right) \right\}$$

ここで、 $\phi \in [0, 1)$ は金利スムージングの度合いを示すパラメータ、 R_n は名目利子率の定常値、 $\phi_\pi, \phi_y \geq 0$ はそれぞれインフレ率と GDP ギャップに対する利子率の反応である。また、潜在生産量 Y_t^* は次のように定義される。

$$Y_t^* = (Z_t l)^{1-\alpha} (uk Z_{t-1})^\alpha - \Phi Z_t$$

ここで、ここで、 l と k はトレンド除去後の労働サービスの定常値、資本ストックの定常値であるので、 $\ln \left(\frac{Y_t}{Y_t^*} \right)$ は生産要素投入量が定常状態にある場合の生産量からの乖離で測った GDP ギャップと解釈できる。

2.5 構造ショック

本モデルでは、研究開発投資を以下の3つの構造ショックによって表現している。

表1 構造ショック

構造ショック	意味
ϵ_t^i	MEI ショック
ϵ_t^a	技術レベルショック
ϵ_t^z	技術成長率ショック

それぞれのショックは、定常な1階の自己回帰過程に従うと仮定する。

$$z_t^x = \rho_x z_{t-1}^x + \epsilon_t^x$$

2.6 対数線形近似およびシミュレーション分析

以上のモデルは非線形方程式体系であり、このままでは分析が困難であるため、対数線形近似をする必要がある。本稿では廣瀬 (2012) に従い、トレンドを持つ変数のトレンドを除去し、定常状態を求め、その定常状態からの乖離率を用いて分析を行う。次節では、このモデルをもとにシミュレーションを行う。本稿のモデルのトレンドを除去し、対数線形近似をした後は、Sims (2002) の方法に従って以下のように行列表示する。

$$\Gamma_0 s_t = \Gamma_1 s_{t-1} + \Psi_0 \epsilon_t + \Pi_0 \eta_t$$

ここで、 $\Gamma_0, \Gamma_1, \Psi_0, \Pi_0$ は構造パラメータにより表現される係数行列であり、 s_t は内生変数のベクトル、 ϵ_t は外生ショックのベクトルである。 η_t は $\forall t, E_t \eta_{t+1} = 0$ を満たす予測誤差ベクトルである。モデルの解が一意に決まる場合、この式は以下のように解ける。

$$s_t = \Psi_1 s_{t-1} + \Psi_c \epsilon_t$$

Φ_1, Φ_c はモデルの構造、あるいは構造パラメータによって規定される行列であるため、内生変数のベクトル s_t は制約付き VAR(1) 過程に従うことになる。そのため、通常の時系列分析の手法を用いることができる。本稿では、各種ショックに対して内生変数となっている各変数の定常値からの乖離率をプロットし、インパルス応答分析を行った。

2.7 パラメータの設定

ここでは、パラメータは廣瀬 (2012) で推定されたものを用いた。廣瀬 (2012) では日本のマクロ経済データを用いてベイズ推定によってパラメータを推定しており、本稿の分析においても妥当な値であると考えられる。技術レベルショックの持続性値は Sugo and Ueda (2008) の値を、MEI ショックの持続性値は廣瀬 (2012) の投資の調整コストの持続性をもちいた。

表2 パラメータの設定

パラメータ	意味	値
σ	家計の異時点間代替の弾力性の逆数	1.813
θ	習慣形成の程度	0.432
χ	労働供給の弾力性	5.227
ζ	投資の調整コスト	1/8.498
μ	稼働率の調整コスト	1.844
ϕ	生産の固定費用	0.067
γ_w	賃金の粘着性	0.356
ξ_w	賃金の慣性	0.503
λ_w	賃金マークアップ率	0.2
γ_p	価格の粘着性	0.198
ξ_p	賃金の粘着性	0.701
λ_p	価格マークアップ率	0.609
ϕ_r	金利スムージング	0.733
ϕ_π	インフレ率に対する反応度合い	1.778
ϕ_y	GDPギャップに対する反応度合い	0.044
ρ_a	技術成長率ショックの持続性	0.950
ρ_z	技術レベルショックの持続性	0.032
ρ_i	MEIショックの持続性	0.544

3 シミュレーション分析

本稿の目的は、近年増加傾向にある研究開発費が技術発展を通じてインフレ率にどのような影響をもたらすかというところにある。そこで、第2節で記述したモデルを用いて、研究開発費増額をショックで表し、そのインフレ率への影響に着目しながら分析を行っていく。具体的には、まず、研究開発費投資を外生的な投資の増加とみなし、投資の効率性に関するショックを与えてインフレ率の動きを検証した。次に、研究開発費の増加は技術の向上にもつながると考えられるため、技術水準のショックである技術レベルショック、技術の伸びに対する技術成長率ショックの二つを考えた。まずは、それぞれ投資の効率性ショックである MEI ショック (Marginal Efficiency of investment ショック)、技術レベルショック、技術成長率ショックがそれぞれ個別に起こった時について分析する。次いで、それらすべてが同時に起こった時の分析をし、全体として研究開発費増額によってインフレ率が上昇するのか低下するのかを検証する。

3.1 MEI ショック (Marginal Efficiency of investment ショック)

ここでは、研究開発費投資を外生的な投資需要の増加とみなし、投資の効率性に関する需要ショックである MEI ショックによって表現する。

MEI ショックによって前年比の実質投資成長率を1%成長させるように MEI ショックの大きさを調整した。具体的には第一期に3.42%の MEI ショック (ϵ_1^i) を与えた。図2は、縦軸を各変数の定常状態からの乖離率(%)、横軸を時間と置いて、研究開発費が増加したときの経済を表している。このモデルでは、資本ストックの調整コストを考慮するため、資本ストックの上昇に時差が伴う。その結果、供給能力の増加が追いつかず、インフレ率を押し上げると考えられる。また、実質投資成長率と実質 GDP 成長率は上昇した。

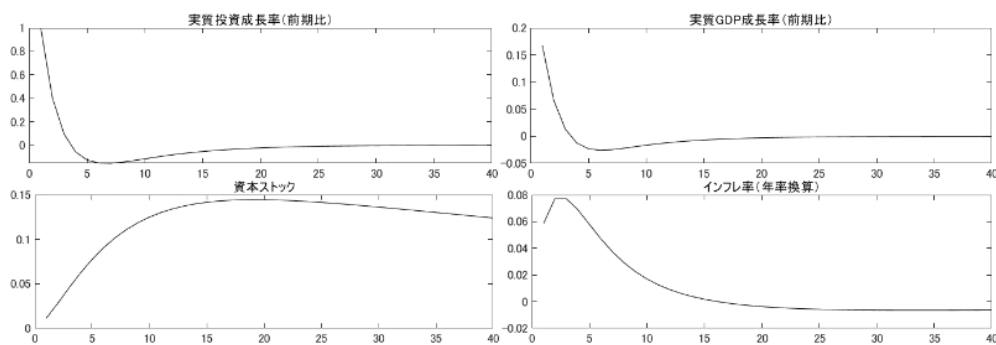


図2 研究開発費が増えた時のベースライン・シミュレーション

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。前年比の実質投資成長率が1なるよう MEI ショックの大きさを設定した。MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$) のときのインパルス応答

3.2 技術ショック

研究開発費の増加は、現在だけでなく将来の技術水準の向上にもつながると考えられるため、技術水準のショックである技術ショック、技術の伸びに対する技術成長率ショックの二つを考えた。技術ショックは純粋な供給ショックであるのに対し、技術の成長率へのショックは、技術水準に対して永続的に影響を持つことから、恒常所得の増加をもたらす、需要サイドにも影響をもたらすため、インフレ率が上昇するか低下するか分からない。そのため技術レベルショック、技術成長率ショックの両方を考えた。

3.2.1 技術レベルショック

図3は、技術レベルショック (ϵ_1^a) のみを1%だけモデルに与えたときの反応曲線である。これを見ると技術成長率の向上は、限界費用の減少をもたらす、インフレ率を低下させることが分かる。また、実質投資成長率、実質GDP成長率はともに増加した。

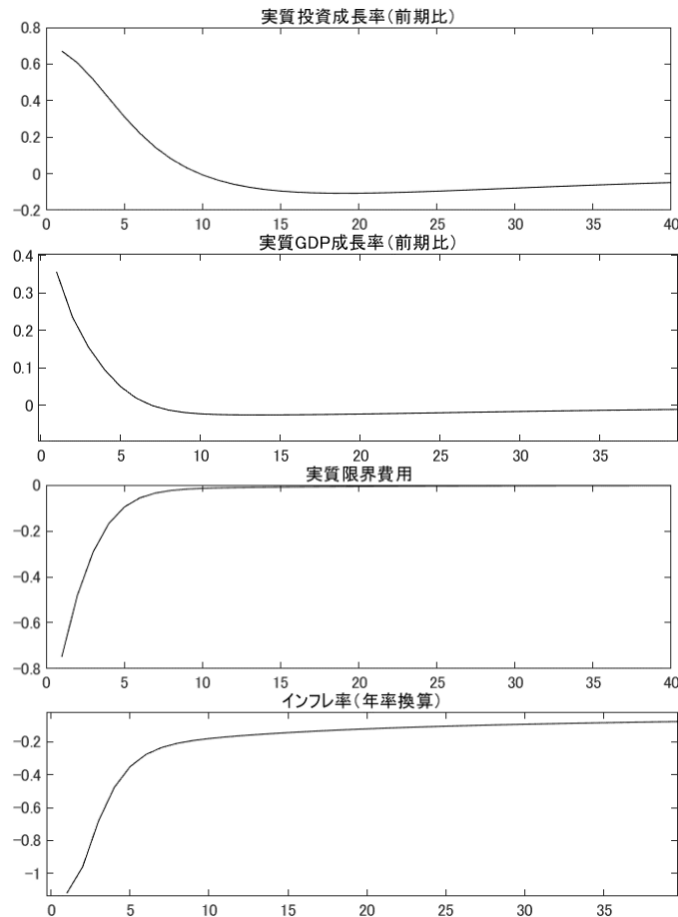


図3 技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 1$) を与えた時のインパルス応答

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 1$) をあたえたときのインパルス応答である。

3.2.2 技術成長率ショック

図4は、技術成長率ショック (ϵ_1^z) のみを1%だけモデルに与えた時の反応曲線である。これを見ると、技術レベルショックに比べインフレ率の低下幅が小さいことが分かる。技術成長率へのショックは、技術水準に対して永続的に影響を持つことから、恒常所得の増加をもたらす。需要サイドにも影響をもたらすため、インフレ率を押し上げる方向に作用するためである。一方で技術成長率の向上は、限界費用の減少をもたらす。図4をみると結果としてインフレ率が低下することが分かる。また技術レベルショック同様、実質投資成長率、実質GDP成長率はともに増加したが、技術成長率ショックの恒常所得増加の影響で、需要が増え、技術レベルショックよりも実質GDP成長率が大きくなっている。

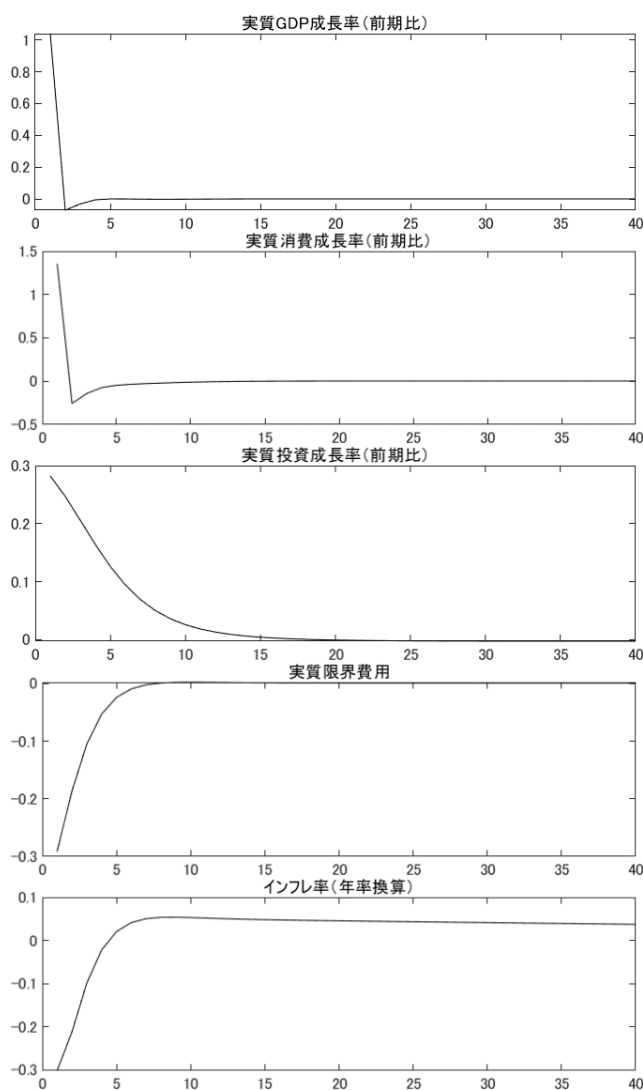


図4 技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 1$) を与えた時のインパルス応答

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 1$) をあたえたときのインパルス応答である。

3.3 研究開発費の増加が同時に技術力の向上を伴う場合

前項までの分析は、それぞれ個別にショックを与えたものであるが、ここでは全てのショックが同時に発生した場合を考える。すなわち、研究開発費の増加により、技術力が上昇すると考え、技術レベルショックと技術成長率ショックの二つを考慮する。

前項で見た通り、MEI ショックはインフレ率を上昇させる方向に作用するが、技術レベルショックと技術成長率ショックはインフレ率を低下させる方向に作用する。経済主体として、研究開発費が増加するとインフレ率は上昇するのか低下するのかを確認するため、MEI ショック、技術レベルショック、技術成長率ショックの係数を調べる。

研究開発費の増額が技術レベルおよび成長率の上昇にどの程度繋がると考えられるか、定量的な分析を行う。これによって MEI ショックが 1%増加したときに、技術レベルショック、技術成長率ショックが何%ずつ増えるのかが分かれば、その係数から経済全体への影響が分かる。具体的には、以下の通り、全要素生産性のデータを技術レベルを表す指標とみなし、それをモデル上の技術レベルショックや技術成長率ショックに対応するように加工したうえで、研究開発費のデータとの相関関係を調べた。

3.3.1 研究開発費の増加の技術成長率および技術レベルへの影響

〈全要素生産性（被説明変数）〉

Total Factor Productivity(TFP) については、内閣府「国民経済計算」「民間企業資本ストック」・総務省「労働力調査」・厚生労働省「毎月勤労統計」・経済産業省「第三次産業活動指数」「鉱工業指数」をもとに日本生産性本部作成したものを使用した。全要素生産性は前年比のデータであるので、全要素生産性に 1 を足し前年比の全要素生産性をかけることで、全要素生産性レベルを出し、その対数値をとった（図 5 の青線）。しかし、このデータはトレンドを持っているので Hodrick-Prescott フィルター（HP フィルター）を用いて滑らかに成形したものを作り（図 5 の赤線）、それを引くことでデータを定常化した。



図 5 研究開発費と技術レベルの関係

(注) 青線は、全要素生産性の水準の対数値、赤線はそれを Hodrick-Prescott フィルター（HP フィルター）を用いてスムージングしたものである。

〈技術成長率（被説明変数）〉

各年の全要素生産性上昇率と、その 1981 年から 2018 年までの平均の差を取ることで、定常状態からの乖離を表す変数を用いた。

〈研究開発費（説明変数）〉

研究開発費は、「文部科学省 科学技術・学塾政策研究所、『科学技術指標 2020』」(対数値)を使用した(図 6 の青線)。しかし、このデータはトレンドを持っているので Hodrick-Prescott フィルター (HP フィルター) を用いて滑らかに成形したものを作り(図 6 の赤線)、それを引くことでデータを定常化した。

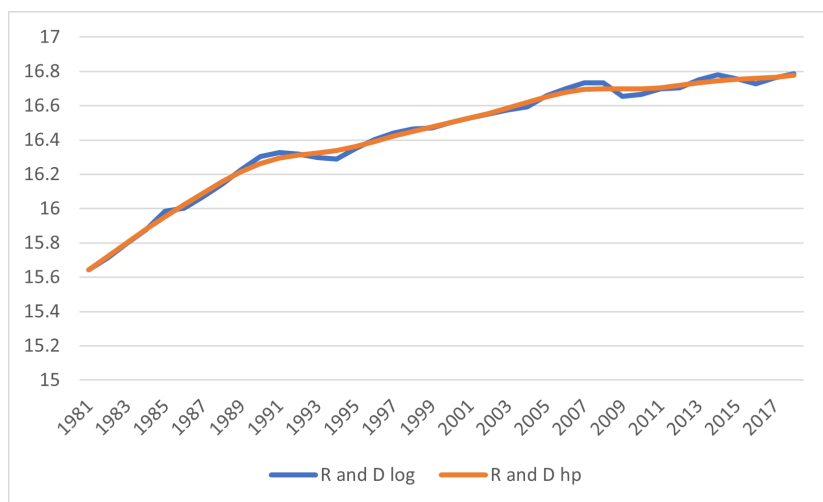


図 6 研究開発費と技術成長率の関係

(注) 青線は、研究開発費の対数値、赤線はそれを Hodrick-Prescott フィルター (HP フィルター) を用いてスムージングしたものである。

技術レベルショックは、前節で求めた研究開発費を説明変数、技術レベルを被説明変数として、研究開発費 1 単位当たりの技術レベルの上昇率を単回帰分析により求めた。図 7 は、トレンドを除去した研究開発費と技術レベルをグラフにしたものである。これを回帰分析すると回帰係数は 0.19 となった。ベースラインシミュレーションである研究開発費ショック (ϵ_1^i) が 3.42 % 増加した時、技術レベルショック (ϵ_1^a) は 0.64 % 増加することになる。

技術成長率ショックは、前節で求めた研究開発費を説明変数、技術成長率を被説明変数として、研究開発費 1 単位当たりの技術レベルの上昇率を単回帰分析により求めた。図 8 は、研究開発費と技術成長率をグラフにしたものである。これを回帰分析すると回帰係数は 0.0331 となった。ベースラインシミュレーションである研究開発費ショック (ϵ_1^i) が 3.42 % 増加した時、技術成長率ショック (ϵ_1^r) は 0.11 % 増加することになる。

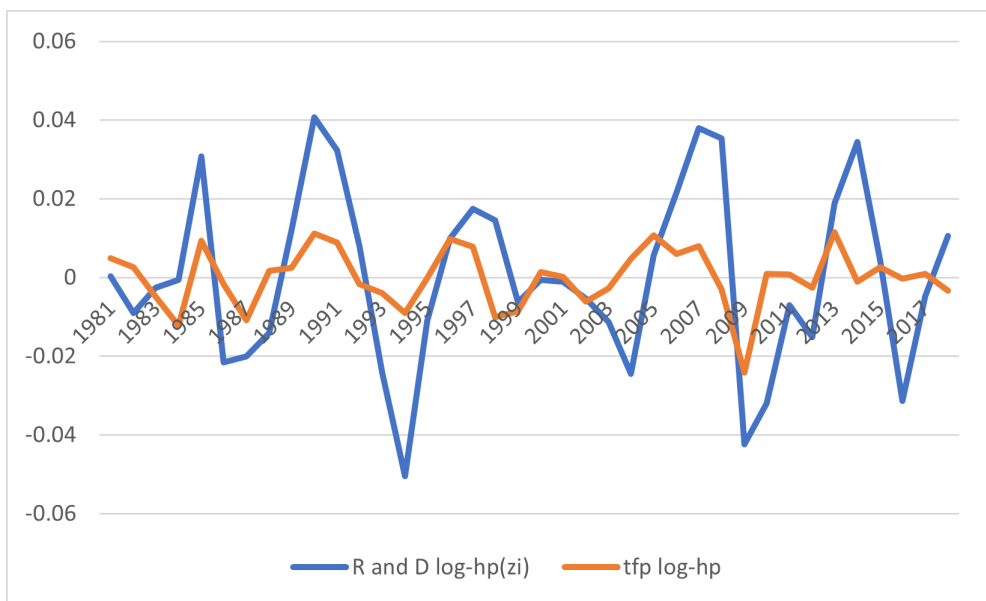


図7 研究開発費と技術レベルの関係

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。

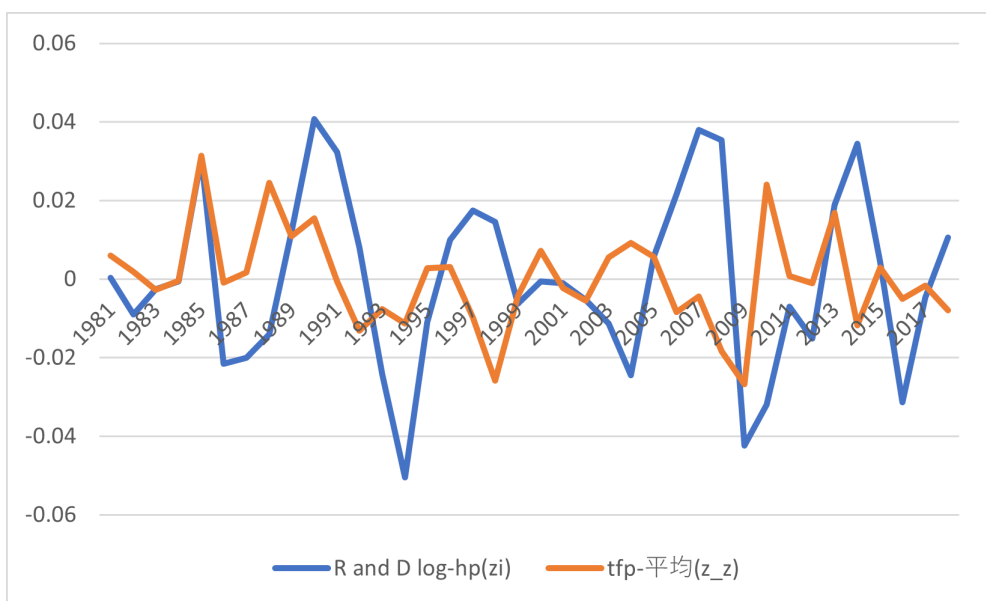


図8 研究開発費と技術成長率の関係

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。

3.3.2 MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$) + 技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$) + 技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$)

前項利用したベースラインと同じショックである MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$) を加えた。技術レベルショック、技術成長率ショックは、それにそれぞれの回帰係数をかけた値を与え、技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$)、技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$) とした。

図 14 は、前年比の実質投資成長率が 1% なるよう MEI ショックの大きさを設定した ($\epsilon_1^i = 3.42$) と技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$)、技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$) のインパルス応答である。MEI ショック自身は、資本ストックの調整コストを考慮するため、供給能力の増加が追いつかず、インフレ率を引き上げると考えられるが、技術レベルの向上、技術成長率の向上は、限界費用の減少からインフレ率を下げる方向に働きかける。MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.421$) と技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$)、技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$) を同時に与えると、技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$)、技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$) のインフレ率を引き下げる力が勝り、インフレ率は低下する。

従って、研究開発費の増加を投資の効率性ショックとみなし、技術力の向上として技術水準と、技術の成長率の全てを同時に考慮した場合、研究開発費の増加はインフレ率を下げるのが分かった。また、実質投資成長率、実質消費成長率、実質 GDP 成長率いずれも上昇する。

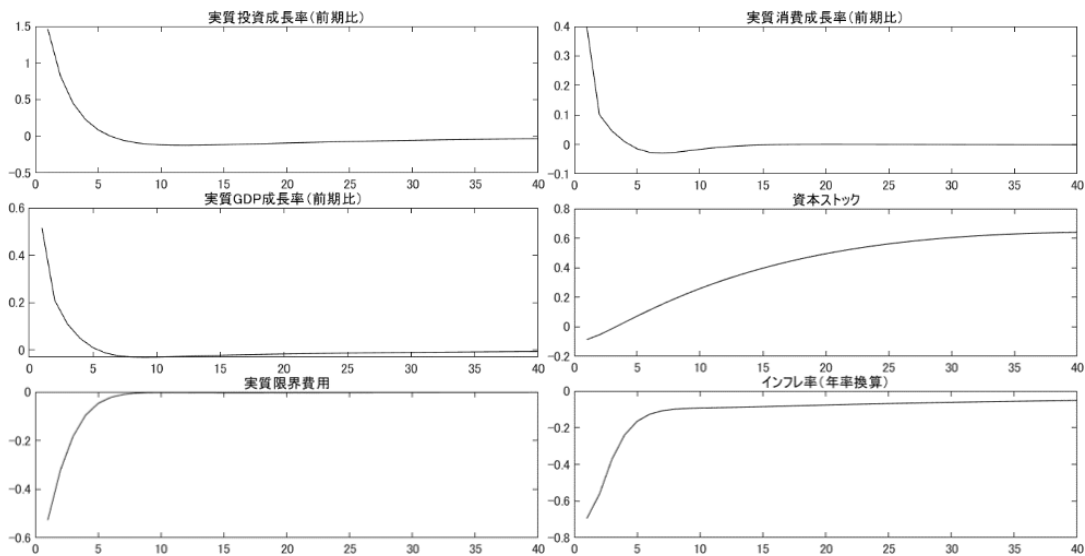


図 9 MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$) と技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$) と技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$) を与えた時のインパルス応答

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。前年比の実質投資成長率が 1 なるよう MEI ショックの大きさを設定した。MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$)、技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$)、技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$)

3.4 頑健性テスト

3.4.1 ニュースショック

研究開発費が増え、技術力が向上するが、その方法として当期の技術レベルが上昇することを仮定していた。しかし、研究開発費と技術レベルの向上には時差があるとも考えることもできる。このずれをニュースショックとして表すと図 10 のようになる。^{*5}これは t 期に増加した研究開発費 ($\epsilon_1^i = 3.42$) が $t+1$ 期に技術レベルショック ($\epsilon_2^a = 0.64$) として現れるインパルス応答である。図 10 から低下幅を見るとニュースショックを含まない図 14 と比べ、低下幅は小さくなる。これは技術の向上を見込んで、今から需要が増えるため、足元のインフレ率がプラスの方向に作用するためである。しかし、図 10 によると、技術レベルショックをニュースショックとして扱ったとしても同じくインフレ率は低下する方向へ働くことが分かり、これまでの分析の結果を変えるものにはならないといえる。

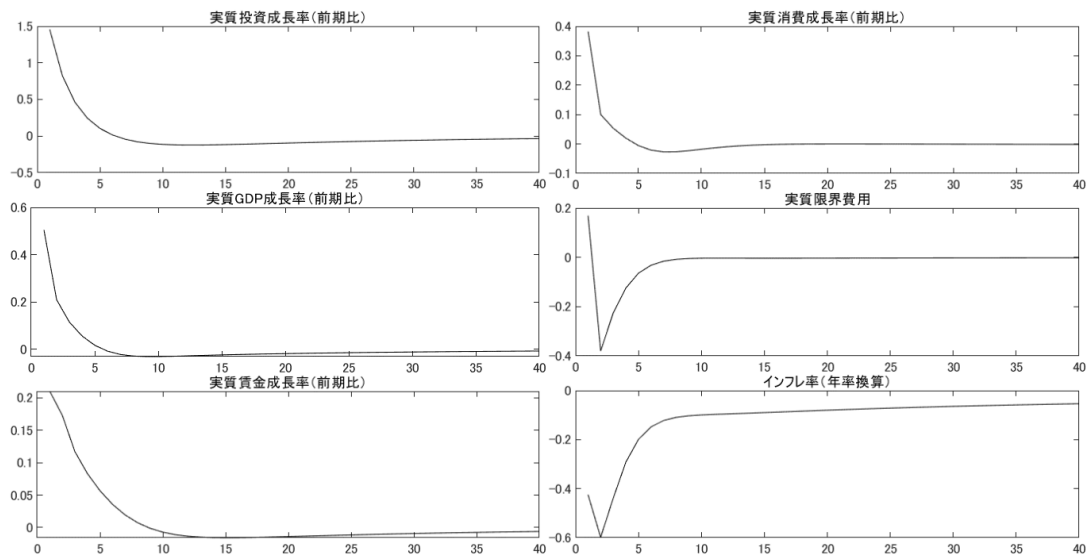


図 10 MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$) と技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$) と技術レベルショック ($\epsilon_2^a = 0.64$) をニュースショックとして与えた時のインパルス応答

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。前年比の実質投資成長率が1なるよう MEI ショックの大きさを設定した。MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$)、技術レベルショック ($\epsilon_2^a = 0.64$)、技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$)、また技術レベルショックはニュースショックとして与えた。

^{*5} ニュースショックとは、将来の期待に関するショックであり、例えば t 期における 1 期先のニュースショックが発生すると、経済主体は 1 期先にショックが起きると予想し t 期から行動を変化させる。ただしショックが実現するのは $t+1$ 期である。

4 結びに代えて

本稿では、研究開発費投資を外生的な投資の増加とみなし、投資の効率性に関するショックである MEI ショックによって表現した。さらに、研究開発費の増加は、現在だけでなく将来の技術水準の向上にもつながると考えられるため、技術水準のショックである技術ショック、技術の伸びに対する技術成長率ショックの二つを考えた。回帰分析した係数をそれぞれのショックの大きさとすると、インフレ率は低下した。MEI ショック自身は、資本ストックの調整コストを考えると、供給能力の増加が追いつかず、インフレ率を引き上げると考えられるが、技術レベルの向上、技術成長率の向上は、限界費用の低下からインフレ率を下げる方向に働きかける。よって、MEI ショックのインフレ率を押し上げる働きよりも、技術レベルショックと技術成長率ショックのインフレ率を押し下げる働きのほうが大きかったといえる。また、研究開発費が増え、技術力が向上するが、その方法として当期の技術レベルが上昇することを仮定していたが、研究開発費と技術レベルの向上には時差があると考え、 t 期に増加した研究開発費が $t+1$ 期に技術レベルショックとして現れるニュースショックも考えた。技術レベルショックをニュースショックとすると、ニュースショックとしない場合に比べインフレ率の低下幅は小さくなった。これは技術の向上を見込んで、今から需要が増えるため、足元のインフレ率がプラスの方向に作用するためである。しかし、いずれにしろインフレ率は低下するためこれまでの分析の結果を変えるものにはならないといえる。

一方で残された課題もある。本稿は閉鎖経済のみの分析であるため、輸出入や為替レートの影響を考えていないことだ。開放経済における研究開発費の増加による技術力の進歩は、価格支配力を高め、インフレ率を上げる可能性や、通貨高を通じて逆にインフレ率をさらに押し下げる可能性などが考えられる。本稿のモデルを開放経済モデルに変えて分析を行うことは、社会的に有意義なものになるであろう。しかしながら、閉鎖経済の下で研究開発費の増加がインフレ率の低下をもたらすことを示したことは、本稿の貢献といえよう。

参考文献

- [1] 廣瀬康生 (2012) 『DSGE モデルによるマクロ実証分析の方法』 三菱経済研究所.
- [2] 内閣府 (2017) 『日本経済 2016-2017 - 好循環の拡大に向けた展望 - 』
- [3] Hasumi, Ryo, Hirokuni Iiboshi, and Daisuke Nakamura. (2017) “R&D Growth and Business Cycles Measured with an Endogenous Growth DSGE Model.” *MPRA Paper*, No.85525.
- [4] Reifschneider, Dave, William Wascher, and David Wilcox. (2015) “Aggregate Supply in the United States: Recent Developments and Implications for the Conduct of Monetary Policy.” *IMF Economic Review*, 63, 71-109.
- [5] Romer, Paul M. (1990) “Endogenous Technological Change.” *The Journal of Political Economy*, Vol.98, No.5, Part2.
- [6] Barro, Robert J., and Xavier Sala-i-Martin. (1995) “Economic growth.” McGraw-Hill.

- [7] Griliches, Zvi. (1998) “R&D and Productivity: The Econometric Evidence.” University of Chicago Press.
- [8] Zagamé, P, B. Boitier, A. Fougeyrollas, P. Le Mouël, P. Capros, N. Kouvaritakis, F. Bossier, F. Thierry, and A. Melon. “The NEMESIS Reference Manual.” Erasme, National Technological University of Athens, Federal Planning Bureau.
- [9] Cerdeiro, Diego A., Rui Mano, Johannes Eugster, Dirk V. Muir, and Shanaka J Peiris. (2021) “Sizing Up the Effects of Technological Decoupling.” *IMF Working Paper*, No. 2021/069.
- [10] Costamagna, Rodrigo. (2015) “Inflation and R&D investment.” *Journal of Innovation Economics & Management*, 2015/2, No.17.
- [11] Chu, Angus C., Guido Cozzi, Ching-Chonf Lai, and Chih-Hsing Liao. (2015) “Inflation and R&D investment.” *Journal of International Economics*, Vol.96, 360-374.
- [12] Justiniano, Alejandro, Giorgio E. Primiceri and Andrea Tambalotti. (2010) “Investment shocks and business cycles.” *Journal of Monetary Economics*, 57(2), 132-145.
- [13] Sugo, Tomohiro, and Kozo Ueda (2008) “Estimating a dynamic stochastic general equilibrium model for Japan.” *Journal of the Japanese and International Economics*, Vol.22, 476-502
- [14] Sims, Christopher A. (2002) “Solving Linear Rational Expectations Models.” *Computational Economics*, 20(1-2), 1-20.

(データ出典)

- [15] 文部科学省, 科学技術・学術政策研究所 『科学技術指標 2020』 調査資料-295, 2020 年 8 月
- [16] 日本生産性本部 『日本の全要素生産性 (TFP) の推移』 2020 年 3 月

補論：シミュレーション分析によるグラフ

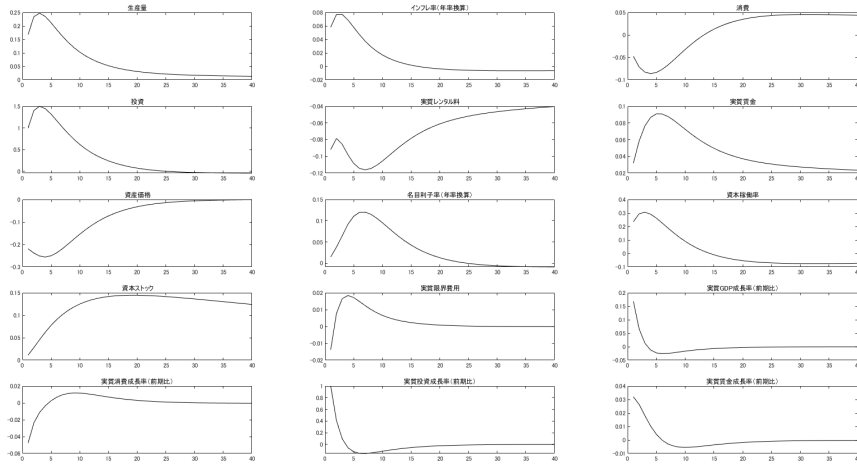


図 11 研究開発費が増えた時のベースライン・シミュレーション

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。前年比の実質投資成長率が1なるよう MEI ショックの大きさを設定した。

MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$) のときのインパルス応答

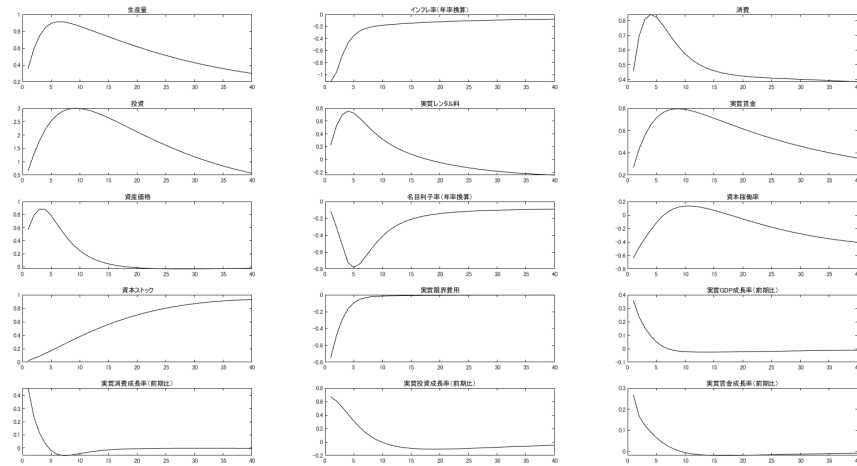


図 12 技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 1$) を与えた時のインパルス応答

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 1$) をあたえたときのインパルス応答である。

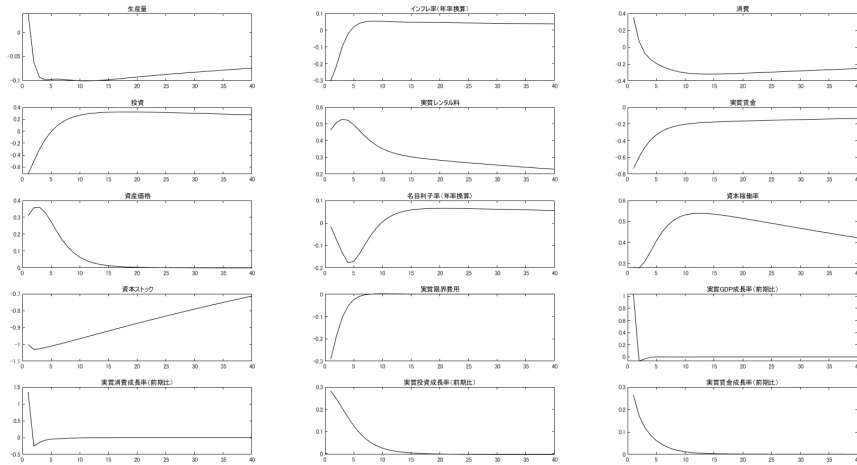


図 13 技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 1$) を与えた時のインパルス応答

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 1$) をあたえたときのインパルス応答である。

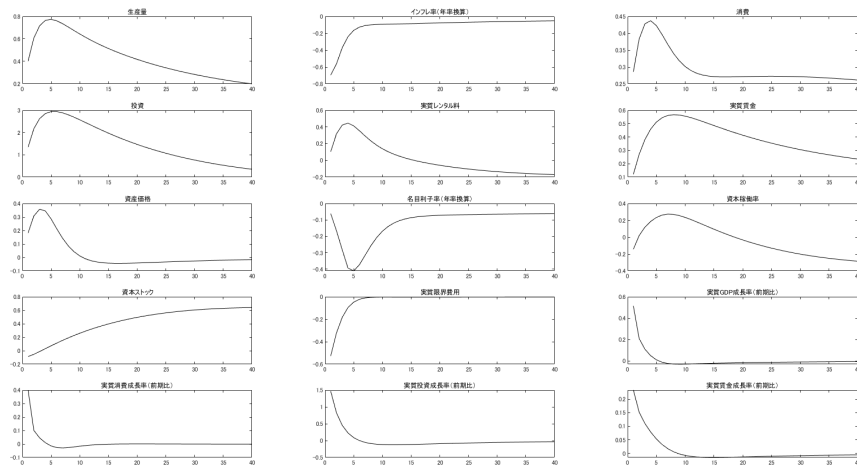


図 14 MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$) と技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$) と技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$) を与えた時のインパルス応答

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。前年比の実質投資成長率が1なるよう MEI ショックの大きさを設定した。

MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$), 技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$), 技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$)

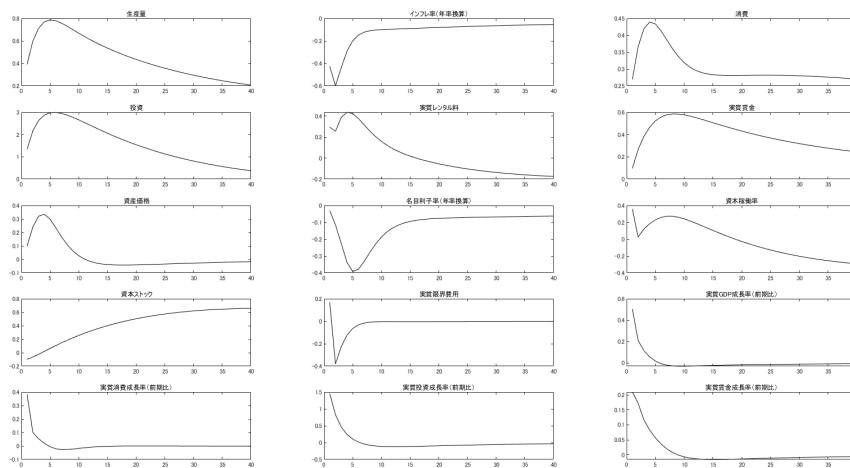


図 15 MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$) と技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$) と技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$) をニュースショックとして与えた時のインパルス応答

(注) 縦軸は定常状態からの乖離率を%で表している。前年比の実質投資成長率が1なるよう MEI ショックの大きさを設定した。MEI ショック ($\epsilon_1^i = 3.42$), 技術レベルショック ($\epsilon_1^a = 0.64$), 技術成長率ショック ($\epsilon_1^z = 0.11$)、また技術レベルショックはニュースショックとして与えた。