期待により生じる
景気循環と研究開発投資

Expectations-driven Business Cycles and R&D

岡　田　敏　裕

This paper develops a new Keynesian sticky-price model that incorporates adjustment costs in investments and R&D-based endogenous technological progress. The paper shows that the model can generate expectations-driven business cycles and the boom-bust cycle of stock prices. Additionally, it is demonstrated that without technology shocks, news shocks drive output to fluctuate with technology.

Toshihiro Okada

JEL：E32, E37, O32

キーワード：ニュースショック、ニューケインジアンモデル、投資調整コスト、内生的技術成長、研究開発

Keywords：news shock, new Keynesian model, adjustment cost in investment, endogenous technological change, R&D

1　イントロダクション

これまでの景気変動分析では、技術や選好（preference）に対するショックが景気変動に与える影響に関して盛んに研究がされてきたが、近年の景気循環論では、景気変動の要因として news の役割が非常に注目されてきおり、将来の生産性の変化に関する企業や家計の期待が経済にどのような影響を与えるのかを、近年多くのマクロエコノミストが動学的確率的一般均衡モデルを用いて研究している。これらの研究は、期待により生じる景気循環論（expectations-driven business cycle models）と呼ばれている。著名な研究としては、Beaudry and Portier (2004)、Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008)（以降は CIMR）、Jaimovich and Rebelo (2009) などがある。

将来に対する期待と景気変動の関係についての研究は、古くは Pigou(1927) などの研究にあるが、近年 Pigou(1927) のアイデアに関する注目が高まってきた。Pigou(1927) のアイデアは簡単に述べると次のようなものである。将来に対する良いニュース（例えば、新技術の発明とその応用など）があり、将来に対する良い期待が生じると、投資が上昇し景気が上昇し、そのニュースが真実ではないと実際に判明すると、投資が減り景気が減退する：期待により生じる景気循環（expectations-driven business cycles）。この考えは景気変動の説明として極めて重要であると考えられるが、標準的な新古典派モデル（実物的循環モデル）でこのメカニズムを作り出すのは難しいことが広く知られている(例えば、Barro and King (1984) や Cochrane (1994))。標準的な新古典派モデルでは、エージェントが技術（total factor productivity: TFP）が将来上昇するというニュースを受け取ると、消費は上昇するが、生産、投資および労働が減少する（これは主に所得効果の影響による)。つまり、標準的な新古典派モデルでは将来に対する良い期待は景気後退をもたらすことになる。この問題を解決するために、近年の研究では様々な工夫がなされ、期待により生じる景気循環を生み出すことに成功している。例えば、Jaimovich and Rebelo (2009) では、変動的資本減耗率、投資の調整コスト、労働供給に対して弱い資産効果を持つ家計の選好、の 3 つの要素を実物的景気循環モデルに組み込むことで、期待により生じる景気循環を生み出すことに成功している。また、Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008) は、投資の調整コスト、消費の habit formation、テーラールールによる金融政策、および名目的硬直性（価格硬直性や賃金硬直性）を新古典派モデルに導入することで（即ち、ニューケインジアンモデルの枠組みで)、期待により生じる景気循環を生み出すことに成功している。[1)]

1) Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008) では、実物的景気循環モデルに投資の調整コストと消費の habit formation を導入するだけでも、期待により生じる景気循環を生み出すことができることも示している。しかし、投資の調整コストと消費の habit formation の導入だけでは、資本価格（トービンの q）の procyclicality（景気上昇（後退）期に生産と資本価格が共に上昇（下降）する事実）を説明できないと議論している。

本稿では、標準的なニューケインジアンモデルに投資の調整コストと研究開発による内生的技術進歩を導入することで、期待により生じる景気循環を生み出すことができることを示す。本稿のモデルは、Calvo 型の名目価格の硬直性を備えるニューケインジアンモデルを基礎にしている。本稿の主な貢献は 3 つある。1 つは、内生的技術進歩をニューケインジアン景気循環モデルに組み込み、景気変動を分析した点にある。近年の動学的確率的一般均衡モデルによる景気変動分析はニューケインジアンモデルをその基礎としているが、これまでの分析では内生的技術進歩を組み込んだニューケインジアンモデルはほとんど存在せず、技術進歩は外生的に与えられており、研究開発投資が景気循環に与える影響を組み込んだニューケインジアンモデルによる研究は筆者の知るところ存在していない。[2)]先進国経済では研究開発費の GDP 比率が無視できないほど大きく、研究開発投資は長期的だけでなく短期的にも少なからず経済へ影響を及ぼしていると考えられる。従って、その影響を考慮したモデルの構築は重要であると考えられる。なお、中期的景気変動の研究分野では研究開発による技術進歩を組み込んだモデル（例えば、Comin and Gertler (2006) など）があるが、名目硬直性や金融政策ルールを組み込んだニューケインジアンモデルではない。[3)]本稿の二つ目の貢献は、これまで考慮されていなかった研究開発による内生的技術進歩をニューケインジアンモデルに導入することで、先行研究とはことなった要因により、期待により生じる景気循環及び資産価格の procyclicality を説明できることを示した点にある。Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008) は、ニューケインジアンモデルに投資の調整コストを導

2) 例外として、内生的技術進歩を組み込んだニューケインジアンモデルを扱った岡田 (2011) があるが、岡田 (2011) は投資の調整コストや期待による景気への影響が考慮されたモデルとはなっていない。また、岡田 (2011) では開発研究による技術進歩がフィリップス曲線にどのような変化をもたらすのかを理論的に示したのみであり、カリブレーション・シュミレーション分析を行っておらず、モデルの重要な変数（例えば、消費、投資、総生産）がショックによりどのように変動するかの検証（景気変動の検証）が行われておらず、モデルの現実的妥当性の分析が行われていない。

3) 他に、新古典派モデルに learning by doing を基礎とした内生的技術成長を組み込んで経済変動を分析したモデルである Stadler (1990) も存在するが、Stadler (1990) は完全予見モデルで、いかなる硬直性も含んでおらず、ニューケインジアンモデルではない。

入することで、期待により生じる景気循環を説明できることを示したが、広く現実に観察される資産価格の procyclicality（景気上昇（後退）期に生産と資本価格が共に上昇（下降）する）を期待の変化により説明するには、名目価格の硬直性ではなく、名目賃金の硬直性が重要な要因であることを示した。[4)] これに反して、本稿では、名目賃金の硬直性は必要なく、研究開発による内生的技術進歩を考慮すれば、投資の調整コストを導入した名目価格の硬直性のみの標準的なニューケインジアンモデルで、期待により生じる景気循環と資産価格の procyclicality を同時に説明することができることを示している。この点に関して本稿の研究と非常に近い研究に、Kobayashi and Nutahara (2010) がある。Kobayashi and Nutahara (2010) も、期待により生じる景気循環と資産価格の procyclicality を、名目価格の硬直性と投資の調整コストのみで説明できることを示している。しかしながら、Kobayashi and Nutahara (2010) は本稿のモデルより更にシンプルな枠組みで説明を試みてはいるが、投資の調整コストの設定が Christiano, Ilut, Motto and Rostagno(2008) や Jaimovich and Rebelo (2009) と異なっている。[5)] これに対して、本稿では Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008) や Jaimovich and Rebelo (2009) と同様な投資の調整コスト（調整コストは投資フローの変化による）を用いている。本稿の３つ目の貢献は、期待により生じる景気上昇期には、研究開発投資が上昇し、それに伴い技術水準も上昇することを示した点にある。実際のデータによると景気上昇期には研究開発投資も上昇するが、これまでのモデルでは研究開発投資をモデルに組み込んでいないため、期待による景気上昇期に研究開発投資が上昇することを示せていない。更に、実際のデータによると景気上昇期には

4) この点に関しては、Kobayashi and Nutahara(2010) で詳細に分析されているので、参照されたい。

5) Kobayashi and Nutahara (2010) は、投資の調整コストが投資水準に依存する調整コストを用いている。しかしながら、Christiano, Eigenbaum and Evans (2005) は、Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008) や Jaimovich and Rebelo (2009) が用いたように、投資の調整コストが投資フローに依存する調整コストの設定を用いたほうが、金融政策のショックに対する投資の反応をより現実に即した形で再現できることを示している。つまり、投資の調整コストが投資フローに依存する調整コストの設定を用いたほうが、実証的に妥当であると考えられる。

TFP（全要素生産性）も上昇しているが、本稿のモデルは、期待により生じる景気上昇期には技術水準も同時に上昇すること示している。ここで重要な点は、本稿が示す景気上昇期の技術水準の上昇は、技術水準自体の外生的な上昇に起因していない点にある。これは極めて重要な点で、実物的景気循環論が主張するように、景気変動が技術変動に起因していることを意味せず、将来に関する期待の変化の結果として景気変動と技術変動が同時に生じているにすぎない。つまり、技術進歩自体が経済の変動要因ではないが技術水準も景気も同時に変動し、実物的景気循環論が主張するような、一見すると技術変動が景気変動の要因と見える現象を生み出している。また、期待により生じる技術水準の変化と生産の変化を比較すると、その変化は同一方向であるが、技術水準の変化幅は生産の変化と比較してかなり小さなものとなっている。

本稿の構成は以下の通りである。先ずセクション 2 でモデルの構築を行い、セクション 3 でモデルに基づいたカリブレーション・シュミレーション分析の結果を示す。そして最後に、セクション 4 でまとめと今後の課題を示す。

2　モデル

本稿では、標準的なニューケインジアンモデルに 2 つの重要な変更を加える。一つ目は投資の調整コストの導入であり、二つ目は Romer(1990) や Jones(1995) タイプの内生的技術進歩をモデルに組み込むことである。また、モデルでは 2 種類の企業を想定する：最終財生産企業と中間財生産企業。中間財企業は研究開発を通じて新製品の blueprint（アイデア）を生み出し、その blueprint に基づいて製品を生産する。中間財の生産には blueprint が必要とされ、中間財企業は blueprint を生み出すことにより、その製品を独占的に生産できるとする。また、最終財企業は競争的であるとする。

2.1　最終財企業の最適化問題

最終財企業は中間財 $Y_t(j)$ を使用し、最終財 Y_t を生産する。時点 t における最終財企業の生産関数は以下の式で示される。

$$Y_t = \left[\int_0^{A_{t-1}} Y_t(j)^{\frac{\phi-1}{\phi}} dj \right]^{\frac{\phi}{\phi-1}}, \phi > 1, \tag{1}$$

ただし、A_{t-1} は使用される中間財の種類 (数)、換言すると、中間財の blueprint の数を示す。なお、A_t ではなく A_{t-1} が生産関数に入っている理由は、$t-1$ 期に blueprint を生産した企業は t 期以降に中間財を生産できるとしているからである。別の観点からこの仮定を説明すると、本稿では、景気循環論のモデルで頻繁に用いられる “stock at the end of the period” コンセプトを用いている。

完全競争市場における最終財企業の最適化問題は以下のように示すことができる。

$$\max_{Y_t(j)} P_t \left[\int_0^{A_{t-1}} Y_t(j)^{\frac{\phi-1}{\phi}} di \right]^{\frac{\phi}{\phi-1}} - \int_0^{A_{t-1}} P_t(j) Y_t(j) dj.$$

ただし、P_t と $P_t(j)$ は、最終財の価格と中間財 j の価格をそれぞれ示している。一階条件より、

$$Y_t(j) = \left(\frac{P_t}{P_t(j)} \right)^{\phi} Y_t \ , \tag{2}$$

が得られ、これを (1) 式に代入すると、以下の式が得られる。

$$P_t = \left[\int_0^{A_{t-1}} P_t(j)^{1-\phi} dj \right]^{\frac{1}{1-\phi}} \tag{3}$$

2.1.1　中間財企業の最適化問題：財生産に関する意思決定と独占的利益

第 j 財の blueprint の発明者は $Y(j)$ の生産と販売に関して独占権を獲得する。第 j 財の blueprint を発明した中間財企業 j の生産関数は以下の式で示される。

$$Y_t(j) = \eta_t T_t K_{t-1}(j)^{\theta} H_t(j)^{1-\theta}, \tag{4}$$

ただし、K は資本（K_{t-1} は t -1 期末の資本ストックを示す)、H は労働（$H = hN$ で、h は労働時間、N は（quality adjusted）労働者数)、T_t は技術水準、η_t は平均 1 の確率的な技術ショック要因（stochastic technology shock component with a mean of one）を示す。T_t および η_t は基礎的科学知識や社会的知識などの企業が自由に無料で利用できる社会共有の知識（技術）を表し、企業の研究開発（R&D）とは無関係である知識（技術）である。これに対して、詳細に後述する A_t は企業のＲ＆Ｄによって生み出される知識（技術）

を示す。本稿では T_t 及び η_t を "一般技術"、A_t を "応用技術" と呼ぶことにする。一般技術 T_t は以下の式で表される。

$$T_t = (\kappa N_t)^{\beta},\ 0 < \kappa,\ 0 < \beta. \tag{5}$$

上式は一般技術 T_t は一国の人口と比例して進歩することを意味している。これは、本稿では人口の増加と共に一国の人的資本（一国で共有する知識）が増加することを仮定していることによる：人的資本は κN_t で示される。

一般技術ショック要因 η_t は以下の式のように表される。

$$\ln \eta_t = \rho_\eta \ln \eta_{t-1} + \varepsilon_t^{\eta} + \varepsilon_{t-\iota},\ 0 \leq \rho_\eta \leq 1, \tag{6}$$

ε_t^{η} は通常の当期の生産性ショックを示し、i.i.d. ショック（independent, identically distributed random shock ）である。ε_t^{η} に対して、$\varepsilon_{t-\iota}$ はニュースショックと呼ばれる i.i.d. ショックである：$\iota > 0$。これは、時点 t に生産性が変化するというニュースを、時点 $t-\iota$ においてエージェントが受け取ることを意味している。つまり、もし $\varepsilon_{t-\iota} > 0$ だとすると、第 $t-\iota$ 期から第 t 期の間、エージェントは生産性が第 t 期に上昇することを期待することを意味する。なお、本稿の分析では、期待されたショックが実際に生じるケースを分析する。[6)]

Calvo (1983) に倣い、本稿では $1-\rho$ の割合の企業は価格を設定（初設定と再設定の両方）でき、残りの ρ の割合の企業は価格を据え置くと仮定し、ρ は価格のそれまでの据え置き期間の長さによらないとする。従って、ある企業が t 期に価格を設定（変更）する確率は $1-\rho$ となる。 また、現存する blueprint は、各期 $1-\psi$ の確率で旧式（obsolete）となり、最終財企業に需要されなくなるとする。

以上から、中間財企業 j の最適化問題は以下のように表すことができる (注：企業 j は (2) 式で示される需要曲線に直面している)。

6) 期待されたショックが実際に生じないケースを分析することも可能であるが、今回の分析では行っていない。

$$\max_{P_t^*(j)} E_t \sum_{l=0}^{\infty} Q_{t,t+l}^{-1} (\psi\rho)^l \begin{bmatrix} P_t^*(j) Y_{t+l} \left(\frac{P_{t+l}}{P_t^*(j)} \right)^{\phi} - P_{t+l} r_{t+l} K_{t+l}(j) \\ -P_{t+l} w_{t+l} H_{t+l}(j) \end{bmatrix}$$

$$\text{s.t.} \quad Y_{t+l} \left(\frac{P_{t+l}}{P_t^*(j)} \right)^{\phi} = \eta_{t+l} T_{t+l} K_{t-1+l}(j)^{\theta} H_{t+l}(j)^{1-\theta} \quad , \tag{7}$$

ただし、r は資本の実質レンタル価格、w は実質賃金、$P_{t+l}^*(j)$ は価格を設定する中間財企業が選択した設定価格、$Q_{t,t+l}$ は割引要因を示す。[7] ここで、$l \geq 1$ の場合は $Q_{t,t+l} \equiv \prod_{j=1}^{l} (1 + i_{t+j-1})$ 、$l = 0$ の場合は $Q_{t,t+l} \equiv 1$ を示し、i は名目利子率を表す。

更に、費用最小化問題は以下のように表すことが出来る。

$$\min_{K_{t-1}(j),\ H_t(j)} r_t K_{t-1}(j) + w_t H_t(j)$$

$$\text{s.t.} \quad Y_t(j) = \eta_t T_t K_{t-1}(j)^{\theta} H_t(j)^{1-\theta} \quad . \tag{8}$$

上の費用最小化問題の一階の条件より、

$$\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_t}{w_t} = \frac{H_t(j)}{K_{t-1}(j)}, \tag{9}$$

が得られる。更に、(4) 式と (9) 式から、

$$H_t(j) = \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_t}{w_t} \right]^{\theta} \frac{Y_t(j)}{\eta_t T_t}, \tag{10}$$

$$K_{t-1}(j) = \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_t}{w_t} \right]^{\theta-1} \frac{Y_t(j)}{\eta_t T_t}. \tag{11}$$

が得られる。(10) 式と (11) 式はそれぞれ、労働需要と資本需要を表す式である。

総コストは $r_t K_{t-1}(j) + w_t H_t(j)$ であるので、(10) 式と (11) 式より、中間財企業 j のコスト関数は、

$$\Theta_t(j) = \frac{w_{t+l}}{1-\theta} \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_t}{w_t} \right]^{\theta} \frac{Y_t(j)}{\eta_t T_t}, \tag{12}$$

となる。したがって、実質限界費用 MC は、

$$MC_t = \theta^{-\theta} (1-\theta)^{\theta-1} \frac{1}{\eta_t T_t} r_t^{\theta} w_t^{1-\theta}, \tag{13}$$

となる。なお、(13) 式は実質限界費用 MC が企業間で同一であることを示し

7) 各期には、二種類の価格設定企業が存在する。一つは、blueprint を開発し、新たに市場に参入し、初めて価格を設定する企業である。もう一つは、以前より市場に存在していて、価格を再設定する企業である。

ている。

ここで、(2) 式と (10) 式-(13) 式を用いると、最適化問題 (7) は以下のように書き換えられる。

$$\max_{P_t^*(j)} E_t \sum_{l=0}^{\infty} Q_{t,t+l}^{-1} (\psi\rho)^l \begin{bmatrix} P_t^*(j)^{1-\phi} Y_{t+l} P_{t+l}^{\phi} - P_{t+l}^{1+\phi} \left(P_t^*(j)\right)^{-\phi} \\ Y_{t+l} \theta^{-\theta} (1-\theta)^{\theta-1} \frac{1}{\eta_{t+l} T_{t+l}} r_{t+l}^{\theta} w_{t+l}^{1-\theta} \end{bmatrix}. \quad (14)$$

この最適化問題の一階の条件と (2) 式を用いると、以下の式が得られる。

$$P_t^*(j)(=P_t^*) = \frac{\phi}{\phi-1} \frac{E_t \sum_{l=0}^{\infty} Q_{t,t+l}^{-1} (\psi\rho)^l P_{t+l} Y_{t+l}(j) \frac{w_{t+l}}{(1-\theta)\eta_{t+l} T_{t+l}} \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_{t+l}}{w_{t+l}}\right]^{\theta}}{E_t \sum_{l=0}^{\infty} Q_{t,t+l}^{-1} (\psi\rho)^l Y_{t+l}(j)}. \quad (15)$$

ここで注意したいのは、 (15) 式は、(2) 式より、価格設定企業は同一価格（$P_t^*(j) = P_t^*$）を設定し、同一 生産量を生産する点である。[8)]

次に、価格設定企業の独占利益について考える。まず、$t+m$ （$m \geq 0$）期に価格を設定し、$t+m+l$（$l \geq 0$） 期に引き続き市場に存在し、$t+m$ 期に設定した価格を $t+m$ 期から $t+m+l$ 期まで変更しない企業を考え、その企業の $t+m+l$ 期の名目独占利益を $\Omega_{t+m,t+m+l}$ と定義する。$\Omega_{t+m,t+m+l}$ は以下のように示される。

$$\begin{aligned} \Omega_{t+m,\ t+m+l}(j) &= P_{t+m}^*(j) Y_{t+m+l}(j) - P_{t+m+l} \Theta_{t+m+l}(j) \\ &= P_{t+m}^*(j) Y_{t+m+l}(j) - P_{t+m+l} \frac{w_{t+m+l}}{1-\theta} \\ &\quad \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_{t+m+l}}{w_{t+m+l}}\right]^{\theta} \frac{Y_{t+m+l}(j)}{\eta_{t+m+l} T_{t+m+l}}. \end{aligned} \quad (16)$$

ここで注意したいのは、$\Omega_{t+m,t+m+l}(j)$ は企業間で同一であることである、即ち、$\Omega_{t+m,t+m+l}(j) = \Omega_{t+m,t+m+l}$。 (16) 式を使用すると、$t$ 期に価格設定を行う企業の実質独占利益の割引現在価値の t 期における期待値 W_t は以下のように書ける。

8) (2) 式より、 (15) 式において $Y_{t+l}(j) = (P_{t+l}/P_t^*(j))^{\phi} Y_{t+l}$ である。

$$W_t =$$

$$E_t \begin{bmatrix} \Omega_{t,t} P_t^{-1} + \overline{Q}_{t,t+1}^{-1} (\psi\rho)\ \Omega_{t,t+1} P_{t+1}^{-1} + \overline{Q}_{t,t+1}^{-1} \psi (1-\rho) \Omega_{t+1,t+1} P_{t+1}^{-1} \\ + \overline{Q}_{t,t+2}^{-1} (\psi\rho)^2\ \Omega_{t,t+2} P_{t+2}^{-1} + \overline{Q}_{t,t+2}^{-1} (\psi\rho) \psi (1-\rho) \Omega_{t+1,t+2} P_{t+2}^{-1} \\ + \overline{Q}_{t,t+2}^{-1} \psi^2 (1-\rho) \Omega_{t+2,t+2} P_{t+2}^{-1} \\ + \overline{Q}_{t,t+3}^{-1} (\psi\rho)^3\ \Omega_{t,t+3} P_{t+3}^{-1} + \overline{Q}_{t,t+3}^{-1} (\psi\rho)^2 \psi (1-\rho) \Omega_{t+1,t+3} P_{t+3}^{-1} \\ + \overline{Q}_{t,t+3}^{-1} (\psi\rho) \psi^2 (1-\rho) \Omega_{t+2,t+3} P_{t+3}^{-1} + \overline{Q}_{t,t+3}^{-1} \psi^3 (1-\rho) \Omega_{t+3,t+3} P_{t+3}^{-1} \\ + \ldots \quad . \end{bmatrix},$$

ただし、 $l \geq 1$ の場合は $\overline{Q}_{t,t+l} \equiv \prod_{j=1}^{l} (1+i_{t+j-1}) \frac{P_{t+j-1}}{P_{t+j}}$ で、$l \geq 1$ の場合は $\overline{Q}_{t,t+l} \equiv 1$ であり、$(1+i_{t+j-1}) \frac{P_{t+j-1}}{P_{t+j}}$ は（グロス）実質利子率を示す。なお、上記の式において W_t は企業間で同一である。更に、$P_{t+m+l}^{-1}\ \Omega_{\cdot,\ t+m+l} \equiv \overline{\Omega}_{\cdot,\ t+m+l}$ と定義すると、上記の式は以下のように書き換えられる（注：$P_t^* = P_t^*(j)$）。

$$W_t = E_t \left[\sum_{l=0} \begin{bmatrix} \overline{Q}_{t,t+l} (\psi\rho)^l\ \overline{\Omega}_{t,t+l} \\ + (1-\rho)(\psi\rho)^l \sum_{m=1}^{-1} \overline{Q}_{t,,t+m+l}^{-1} \psi^m\ \overline{\Omega}_{t+m,t+m+l} \end{bmatrix} \right], \quad (17)$$

ただし、

$$\overline{\Omega}_{t+m,t+m+l} = P_{t+m+l}^{-1} Y_{t+m+l} \left(\frac{P_{t+m+l}}{P_{t+m}^*} \right)^{\phi} \cdot \begin{bmatrix} P_{t+m}^* \\ - P_{t+m+l} \frac{w_{t+m+l}}{\eta_{t+m+l} T_{t+m+l} (1-\theta)} \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_{t+m+l}}{w_{t+m+l}} \right]^{\theta} \end{bmatrix}.$$

最終的に、価格設定企業の実質独占利益の期待割引現在価値に関する (17) 式は、多少の数学的操作を行うことで、以下のようにより単純化された形に書き換えることが出来る。

$$W_t - E_t \left[\overline{Q}_{t,t+1}^{-1} \psi W_{t+1} \right] = \overline{\Omega}_{t,t} + E_t \left[\sum_{l=1}^{-1} \overline{Q}_{t,t+l}^{-1} (\psi\rho)^l (\overline{\Omega}_{t,t+l} - \overline{\Omega}_{t+1,t+l}) \right], \quad (18)$$

ただし、

$$\overline{\Omega}_{t,t} = P_t^{-1} Y_t \left(\frac{P_t}{P_t^*} \right)^{\phi} \left[P_t^* - P_t \frac{w_t}{\eta_t T_t (1-\theta)} \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_t}{w_t} \right]^{\theta} \right], \tag{19}$$

$$\overline{\Omega}_{t,t+l} = P_{t+l}^{-1} Y_{t+l} \left(\frac{P_{t+l}}{P_t^*} \right)^{\phi} \left[P_t^* - P_{t+l} \frac{w_{t+l}}{\eta_{t+l} T_{t+l} (1-\theta)} \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_{t+l}}{w_{t+l}} \right]^{\theta} \right], \tag{20}$$

$$\overline{\Omega}_{t+1,t+l} = P_{t+l}^{-1} Y_{t+l} \left(\frac{P_{t+l}}{P_{t+1}^*} \right)^{\phi} \left[P_{t+1}^* - P_{t+l} \frac{w_{t+l}}{\eta_{t+l} T_{t+l} (1-\theta)} \left[\frac{1-\theta}{\theta} \frac{r_{t+l}}{w_{t+l}} \right]^{\theta} \right]. \tag{21}$$

2.1.2　中間財企業の最適化問題：研究開発（R&D）に関する意思決定

中間財企業は家計から資金を借り入れてR＆Dに投資し、blueprint を生産する。中間財企業　j　は blueprint を生産するために、λ ユニットの最終財を必要とし、λ は企業を通じて同一であり、企業は λ を所与として意思決定をすると仮定する。R&D 費用 λ は以下のように定義されるとする。

$$\lambda_t = d \left(N_{F,t}\right)^{\alpha} \left[(\kappa N_t)^{\beta} \right]^{\gamma},\ d > 0,\ 0 < \alpha < 1\ , \tag{22}$$

ただし、d はスケーリングパラメーター、$N_{F,t}$ は新しい blueprint（新しいアイデア）を生み出そうとしている企業の数を示す。(22) 式は、２つの仮定を示している。まず第一に、一般的技術（$T_t = (\kappa N_t)^{\beta}$）がR＆D費用に影響を与えることを仮定している。その影響は正かもしれないし負かもしれない（つまり, $\gamma < 0$ か $\gamma > 0$)。一般的技術の進歩は新しい応用技術（A）の開発を容易するかもしれないし、逆に、一般的技術がより進歩し複雑になるにつれて一般的技術を基礎にして作られる応用技術の新たな開発はより複雑化するかもしれない。第二に、 (22) 式は R&D 費用が新しい blueprint を開発しようとしている企業数と正の関係あることを仮定している。この仮定は、より多くの企業が R&D 取り組むと、ある企業によって生み出された blueprint が経済にとって新しいものでない可能性が高まり、新しい blueprint を生み出す費用が増加することを捕らえている。この影響は $N_{F,t}^{\alpha}$（$0 < \alpha < 1$ ）で示されている。

既に述べたように、中間財企業は blueprint を作り出さなければ財を生産できないが、一度 blueprint を生産すればその財に対しての生産と販売に独占権

を持つようになる。本稿では更に、R&D の成功確率は一定であり（成功確率は ϵ)、R&D への自由参入条件（free entry condition）を仮定する。つまり、いかなる企業も λ さえ支払えば、R&D を行うことができ、成功すれば（成功確率は ϵ）独占利益を得ることができる。

このような仮定のもと、均衡において、企業 j の自由参入条件は以下の式で表されることになる。

$$\lambda_t E_t[\overline{Q}_{t,t+1}] = \epsilon E_t[W^*_{t+1}], \tag{23}$$

ただし、$\overline{Q}_{t,t+1} = (1+i_t)\frac{P_t}{P_{t+1}}$ であり、これはローンに対する（グロス）実質利子率を示す。

2.2　家計の最適化問題

家計 i は以下のような最適化問題に直面している（経済には unit mass の家計が存在する）：

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \Gamma^t N_{t,i}[\frac{(C_{t,i}/N_{t,i})^{1-\sigma_c}}{1-\sigma_c} + \frac{(M_{t,i}/(P_t N_{t,i}))^{1-\sigma_m}}{1-\sigma_m} - \frac{(H_{t,i}/N_{t,i})^{1+\sigma_h}}{1+\sigma_h}], \tag{24}$$

s.t.

$$C_{t,i} + I_{t,i} + \frac{M_{t,i}}{P_t} + \frac{B_{t,i}}{P_t} \leq w_t H_{t,i} + r_t K_{t-1,i} + (1+i_{t-1})\frac{B_{t-1,i}}{P_t} + \Xi_{t,i} + \frac{M_{t-1,i}}{P_t} + \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t}, \tag{25}$$

$$K_{t,i} = (1-\delta)K_{t-1,i} + I_{t,i} - S(\frac{I_{t,i}}{I_{t-1,i}})I_{t,i}, \tag{26}$$

ただし、

E：期待値オペレーター（E_0 は 0 期における期待値を示す）

Γ：割引要因 (a dicount factor)、

N_i：家計 i に属する人数（成長率は外生ま的に n とする)、

C_i：家計 i の消費、

H_i：家計 i の労働投入量、

K_i：家計 i の資本ストック、

I_i：家計 i の投資、

S：家計の資本調整コスト関数、

$B_{t,i}$：家計 i の中間財企業への貸出（貸出は t 期に行われ $t+1$ 期に利子分と共に返却される) で、$\int_0^1 B_{t,i}\, di = B_t$（経済の総貸出）は経済の総 R&D 投資と等しい、

δ：資本減耗率、

$M_{t-1,i}$：一期前からの貨幣持越し、

M_{t-1}：$t-1$ 期の貨幣ストック（一家計あたりの money transfer)、

$\Xi_{t,i}$：家計 i の中間財企業株式の保有による損益。

家計の最適化問題を考えるとき、ニューケインジアンモデルでは通常、cash in advance か money in utitlity を仮定するが、本稿では (24) 式が示すように、money in utility の仮定を採用している。また、(25) 式に関連して、中間財企業は時点 $t-1$ において家計からローンを得て、時点 t においてそのローンを返却するために株式を発行すると仮定している。この仮定は、中間財企業のローン支払い額と同額の新株を家計は購入するが、同時に家計は中間財企業の所有者としてローン返済額と同額分の企業資産 (価値) を失うことを意味する。これらの取引はお互いに相殺しあうので、(25) 式で示される予算制約式には表れていない。 なお、中間財企業の所有者として家計 i には企業価値の増減が時間を通じて生じる。[9)] この損益は $\Xi_{t,i}$ で表されている。更に、本稿では Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008) や Jaimovich and Rebello (2009) に倣い、(26) 式にあるように投資の調整コスト $S(\frac{I_{t,i}}{I_{t-1,i}})$ を導入し、$S(\frac{I_{t,i}}{I_{t-1,i}})$ は以下を満たすと仮定する（以下の仮定は標準的に用いられているものである)。

$$S(1) = S^{'}(1) = 0,\ S^{''}(1) = \xi,\ \xi > 0.$$

上記の最適化問題のラグランジュアンは以下で示される通りである。

9) もしある中間財企業が時点 $t+1$ 期にまだ市場に残っているのであれば、その中間財企業の企業価値の変化は $\Pi_{t+1} - \Pi_t$ と表され、もし製品が時代遅れ（obsolete）になり市場から退出すればその中間財企業の企業価値の変化は $-\Pi_t$ となる。

$$\mathcal{L} = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \Gamma^t N_{t,i} \begin{bmatrix} \frac{(C_{t,i}/N_{t,i})^{1-\sigma_c}}{1-\sigma_c} + \frac{(M_{t,i}/(P_t N_{t,i}))^{1-\sigma_m}}{1-\sigma_m} \\ -\frac{(H_{t,i}/N_{t,i})^{1+\sigma_h}}{1+\sigma_h} \end{bmatrix}$$

$$+ \mu_{t,i} \begin{pmatrix} w_t H_{t,i} + r_t K_{t-1,i} + (1+i_{t-1})\frac{B_{t-1,i}}{P_t} + \Xi_{t,i} \\ +\frac{M_{t-1,i}}{P_t} + \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} - C_{t,i} - I_{t,i} - \frac{M_{t,i}}{P_t} - \frac{B_{t,i}}{P_t} \end{pmatrix}$$

$$+ \chi_{t,i} \left((1-\delta)K_{t-1,i} + I_{t,i} - S(\frac{I_{t,i}}{I_{t-1,i}})I_{t,i} - K_{t,i} \right),$$

ただし、$\mu_{t,i}$ と $\chi_{t,i}$ はラグランジュ乗数を示している。なお、よく知られているように、トービンの q (資本価格) は、

$$_kP_{t,i} = \frac{\chi_{t,i}}{\mu_{t,i}}, \tag{27}$$

と表せる（$_kP$ はトービンの q を示す)。

この問題を解くと、以下の一連の式を得ることができる（上記のような問題は標準的なものなので詳細な導出は省く)。

$$c_{t,i}^{-\sigma_c} = \Gamma E_t \left[(1+i_t)\frac{P_t}{P_{t+1}} c_{t+1,i}^{-\sigma_c} \right], \tag{28}$$

$$h_{t,i}^{\sigma_h} = w_t c_{t,i}^{-\sigma_c}, \tag{29}$$

$$\frac{m_{t,i}}{P_t} = c_{t,i}^{\frac{\sigma_c}{\sigma_m}} \left(\frac{1+i_t}{i_t} \right)^{\frac{1}{\sigma_m}}, \tag{30}$$

$$\chi_{t,i} = \Gamma E_t \left[c_{t+1,i}^{-\sigma_c}\ r_{t+1} + (1-\delta)\chi_{t+1,i} \right] \tag{31}$$

$$(1+n)^2 \Gamma E_t \left[\chi_{t+1,i}\ S'\left((1+n)\frac{iv_{t+1,i}}{iv_{t,i}} \right) \left(\frac{iv_{t+1,i}}{iv_{t,i}} \right)^2 \right]$$

$$= c_{t,i}^{-\sigma_c} - \chi_{t,i} \begin{bmatrix} 1 - S\left((1+n)\frac{iv_{t,i}}{iv_{t-1,i}} \right) \\ -S'\left((1+n)\frac{iv_{t,i}}{iv_{t-1,i}} \right)(1+n)\frac{iv_{t,i}}{iv_{t-1,i}} \end{bmatrix}, \tag{32}$$

$$y_{t,i} - \frac{(1+n)m_{t,i} - m_{t-1,i}}{(1+n)P_t} + \frac{(1+n)m_t - m_{t-1}}{(1+n)P_t} = c_{t,i} + iv_{t,i} + \frac{b_{t,i}}{P_t}, \tag{33}$$

$$k_{t,i} = \frac{1-\delta}{1+n}k_{t-1,i} + \left[1 - S\left((1+n)\frac{iv_{t,i}}{iv_{t-1,i}} \right) \right] iv_{t,i} \tag{34}$$

ただし、$y_{t,i} \equiv Y_{t,i}/N_{t,i}$, $c_{t,i} \equiv C_{t,i}/N_{t,i}$, $h_{t,i} \equiv H_{t,i}/N_{t,i}$, $k_{t,i} \equiv K_{t,i}/N_{t,i}$, $iv_{t,i} \equiv I_{t,i}/N_{t,i}$, $m_{t,i} \equiv M_{t,i}/N_{t,i}$, $b_{t,i} \equiv B_{t,i}/N_{t,i}$, $\xi_{t,i} \equiv \Xi_{t,i}/N_{t,i}$, $m_t \equiv M_t/N_t$.

2.3　金融政策ルール

本稿では、以下の式で示されるような利子率ルールに従った金融政策（テイラールール）を仮定する（以下の式は、既存研究で一般的に用いられる仮定である）。

$$R_t = \Lambda R_{t-1}^{\vartheta}\left[\left(\frac{P_t/P_{t-1}}{\overline{P}_t/\overline{P}_{t-1}}\right)^{\varpi_p}\left(\frac{Y_t}{Y_t^n}\right)^{\varpi_y}\right]^{1-\vartheta}, \tag{35}$$

ただし、$R_t \equiv 1+i_t$ 、$\overline{P}_t$ は定常状態における価格水準、Y_t^n は伸縮的価格の基での均衡における生産を示している。また、Λ、x、ϖ_p 及び ϖ_y は中央銀行によってその値が選択されるパラメーターを示し、$0 \leq \vartheta \leq 1$、$0 \leq \varpi_\pi, 0 \leq \varpi_y$ 及び $0 \leq \Lambda$ が成立するとする（定常状態の存在を保障するためには Λ が必要となる）。なお、$\frac{P_t/P_{t-1}}{\overline{P}_t/\overline{P}_{t-1}}$ はインフレギャップを、$\frac{Y_t}{Y_t^n}$ はＧＤＰギャップを示している。

2.4　価格ダイナミクス

このサブセクションでは価格 P_t のダイナミクスを示す。既に述べたように、中間財企業は $t-1$ 期に blueprint を保有していなければ、t 期に財を生産できない。即ち、t 期において最終財企業に中間財を販売する中間財企業の総数（即ち、中間財の総数）は A_{t-1} と等しくなる。更に、ψA_{t-2} は $t-1$ 期に市場に存在する中間財企業の総数を示すので、$A_{t-1}-\psi A_{t-2}$ は t 期に中間財市場に新たに参入した企業の総数を示すことになる。従って、$A_{t-1}-\psi A_{t-2}$ の企業が t 期に自社の新製品の価格をはじめて設定し、$(1-\rho)\psi A_{t-2}$ の企業が t 期に自社の既存製品の価格を再設定し、$\rho\psi A_{t-2}$ の企業が価格を据え置くことになる。以上のことから、(3) 式から以下の式を得ることができる。

$$P_t = \left[\int_0^{\rho\psi A_{t-2}} P_{t-1}(j)^{1-\phi}dj + \int_{\rho\psi A_{t-2}}^{A_{t-1}} P_t^*(j)^{1-\phi}dj\right]^{\frac{1}{\phi-1}}. \tag{36}$$

更に、$\int_0^{\rho\psi A_{t-2}} P_{t-1}(j)^{1-\phi}dj \approx \rho\psi \int_0^{A_{t-2}} P_{t-1}(j)^{1-\phi}dj$ であり、**(3)** 式より

$$\rho\psi \int_0^{A_{t-2}} P_{t-1}(j)^{1-\phi}dj = \rho\psi(P_{t-1})^{1-\phi}$$

が、(36) 式より $P_t^*(j) = P_t^*$ が、それぞれ成立するので、(36) 式は以下のように書き換えられる。

$$P_t = \left[\rho\psi(P_{t-1})^{1-\phi} + (A_{t-1}-\rho\psi A_{t-2})(P_t^*)^{1-\phi}\right]^{\frac{1}{\phi-1}}. \tag{37}$$

2.5 Aggregation conditions と均衡

このサブセクションでは aggregation conditions と均衡条件を見ていく。まずはじめに aggregation conditions について見ていく。既に述べたように、家計は同一で経済には unit mass の家計が存在するので、以下の aggregation conditions が経済全体として成立する。

$$C_t = C_{t,i}\ (= \int_0^1 C_{t,i}\ di),\ K_t = K_{t,i},\ H_t = H_{t,i},\ B_t = B_{t,i}\ ,$$

ただし、C_t、K_t、H_t、及び B_t はそれぞれ、総消費、総資本ストック、総労働、総貸付を示している。

労働市場の均衡は、

$$H_t = \int_0^{A_{t-1}} H_t(j)\ dj, \tag{38}$$

を意味し、(10) 式を使うと、上記の労働市場均衡条件は、

$$H_t = \left[\frac{1-\theta}{\theta}\frac{r_t}{w_t}\right]^{\theta} \frac{1}{\eta_t T_t} \int_0^{A_{t-1}} Y_t(j)\ dj, \tag{39}$$

と書き換えられる。同様に、資本市場の均衡は、

$$K_{t-1} = \int_0^{A_{t-1}} K_{t-1}(j)\ dj, \tag{40}$$

意味し、(11) 式を使うと、資本市場均衡条件は、

$$K_{t-1} = \left[\frac{1-\theta}{\theta}\frac{r_t}{w_t}\right]^{\theta-1} \frac{1}{\eta_t T_t} \int_0^{A_{t-1}} Y_t(j)\ dj, \tag{41}$$

と書ける。なお、(39) 式と (41) 式は後に行うモデル解法では使用されない。これは、(39) 式と (41) 式の２つの均衡条件式は企業の最適化問題の一階の条件と生産関数から導出されており、企業の最適化問題の一階の条件と生産関数は後のモデル解法で使用されるためである。

貸出市場と貨幣市場の均衡条件はそれぞれ以下のように表される。

$$B_t = RD_t, \tag{42}$$

$$M_t = M_{t,i}.$$

ただし $B_t = \int_0^1 B_{t,i}\ di$ 及び $M_t = \int_0^1 M_{t,i}\ di$ である。

財市場の均衡条件は以下の式で表される。

$$Y_t = \int_0^1 C_{t,i}\ di + \int_0^1 I_{t,i}^K\ di + \int_0^1 I_{t,i}^{RD}\ di = C_t + I_t + RD_t, \tag{43}$$

ただし、 $I_{t,i}^K$ と $I_{t,i}^{RD}$ はそれぞれ、家計 i の資本投資と R&D 投資を示し、I_t と RD_t はそれぞれ、総資本投資と総 R&D 投資を示している。なお、注意点として、(39) 式の Y_t に関して、$Y_t = \left[\int_0^{A_{t-1}} Y_t(j)^{\frac{\phi-1}{\phi}} di\right]^{\frac{\phi}{\phi-1}} \neq \int_0^{A_{t-1}} Y_t(j) di$ であることを記述しておく。

最後に、各企業の R&D の aggregation について述べる。既に述べたように、中間財企業が R&D により一つの blueprint を生み出すには λ_t の最終財を必要とし、R&D の成功確率は ϵ であるので、aggregation では（経済全体として）、以下の式が成立する。

$$A_t = \epsilon \frac{RD_t}{\lambda_t} + \psi A_{t-1}. \tag{44}$$

2.6　経済全体のダイナミクス

以下では、これまでに導出した最適化条件式を制約式や均衡条件式と組み合わせて、経済全体のダイナミクスを記述するシステム式を示す：各条件式（制約式、最適化条件式、および均衡条件式）を全て満たす経済のシステム式を導出する。後のカリブレーション・シミュレーション分析はそれらのシステム式を使用して行われる。また、本稿では景気循環分析が分析の目的であるので、システム式の変数はトレンドを除去したものが必要となる。トレンド除去は、$Z_t \equiv \left(T_t \overline{A}_t^{\frac{1}{\phi-1}}\right)^{\frac{1}{1-\theta}}$ で定義される変数 Z_t を使用することで適切に行うことができる：ここで $\overline{A}_t$ は定常状態の A_t を示し、$\overline{A}_t$ は一定の成長率 $g_{\overline{A}}$ で成長する（後に $g_{\overline{A}}$ の parameterization を行う)。トレンド除去変数 Z_t の成長率は以下の式で示される。

$$1 + g_Z = \left((1 + g_{\overline{A}})^{\frac{1}{\phi-1}} (1+n)^{\beta}\right)^{\frac{1}{1-\theta}}. \tag{45}$$

なお、定常状態の P_t と P_t^* をそれぞれ、$\overline{P}_t$ と $\overline{P^*}_t$ で表記し、それらの成長率をそれぞれ、$g_{\overline{P}}$ と $g_{\overline{P}^*}$ とする。

トレンド除去されたシステム式を以下で示していく。[10)] なお、以下では、^で示される変数は、トレンド除去された変数を示す。最初に、家計の最適化問題に関連した式から示していく。$C_t = C_{t,i}$、$K_t = K_{t,i}$、$H_t = H_{t,i}$、$B_t = B_{t,i}$、$\Xi_t = \Xi_{t,i}$、および $N_t = N_{t,i}$ が成立するので、(28) 式〜(34) 式は以下のように書き換えられる：

$$(\widehat{c}_t)^{-\sigma_c} = \frac{(1+g_Z)^{-\sigma_c}}{1+g_{\overline{P}}}\Gamma E_t\left[(1+i_t)\frac{\widehat{P}_t}{\widehat{P}_{t+1}}(\widehat{c}_{t+1})^{-\sigma_c}\right], \tag{46}$$

$$h_t^{\sigma_h} = \widehat{w}_t\,(\widehat{c}_t)^{-\sigma_c}, \tag{47}$$

$$\frac{\widehat{m}_t}{\widehat{P}_t} = \widehat{c}_t^{\frac{\sigma_c}{\sigma_m}}\left(\frac{1+i_t}{i_t}\right)^{\frac{1}{\sigma_m}}\upsilon_t^{\frac{-1}{\sigma_m}}, \tag{48}$$

$$\widehat{\chi}_t = (1+g_Z)^{-\sigma_c}\Gamma E_t\left[(\widehat{c}_{t+1})^{-\sigma_c}r_{t+1} + (1-\delta)\widehat{\chi}_{t+1}\right], \tag{49}$$

$$(1+n)^2(1+g_Z)^{2-\sigma_c}\Gamma E_t\left[\widehat{\chi}_{t+1}S^{'}\left((1+n)(1+g_Z)\left(\frac{\widehat{iv}_{t+1}}{\widehat{iv}_t}\right)^2\right]= \tag{50}$$

$$(\widehat{c}_t)^{-\sigma_c} - \widehat{\chi}_t\begin{bmatrix} 1-S\left((1+n)(1+g_Z)\frac{\widehat{iv}_t}{\widehat{iv}_{t-1}}\right) \\ -S'\left((1+n)(1+g_Z)\frac{\widehat{iv}_t}{\widehat{iv}_{t-1}}\right)(1+n)(1+g_Z)\frac{\widehat{iv}_t}{\widehat{iv}_{t-1}}\end{bmatrix},$$

$$\widehat{y}_t = \widehat{c}_t + \widehat{iv}_t + \widehat{rd}_t, \tag{51}$$

$$\widehat{k}_t = \frac{1-\delta}{(1+n)(1+g_Z)}\widehat{k}_{t-1} + \left[1-S\left((1+n)(1+g_Z)\frac{\widehat{iv}_t}{\widehat{iv}_{t-1}}\right)\right]\widehat{iv}_t, \tag{52}$$

ただし、$\widehat{c}_t = C_t/(Z_tN_t)$、$\widehat{iv}_t = I_t/(Z_tN_t)$、$\widehat{k}_t = K_t/(Z_tN_t)$、$\widehat{b}_t = B_t/(Z_tN_t)$、$h_t = H_t/N_t$、$\widehat{w}_t = w_t/Z_t^{\sigma_c}$、$\widehat{m}_t = M_t/(\overline{P}_tZ_t^{\frac{1}{\sigma_m}})$、$\widehat{P}_t = P_t/\overline{P}_t$、$\widehat{rd}_t = RD_t/(Z_tN_t)$、及び $\widehat{\chi}_t = \chi_t/(Z_t)^{-\sigma_c}$ である。

次に、中間財企業の財の生産に関する最適化問題に関連する式を示す。中間財企業の財の生産に関する最適化問題より、(4) 式、(9) 式、(15) 式、(18) 式〜(21) 式、(22) 式、及び (23) 式が得られる。先ず、(4) 式、(9) 式、(15) 式、

10) 用いられる手法は極めて教科書的で標準的であり、計算は非常に煩雑になるので、慣例に従い結果のみを示すが、詳細を希望の場合は筆者まで連絡されたい。

及び (18) 式〜(21) 式から見ていく。これらの式から以下で示される式が得られる。

$$\int_0^{\tilde{A}_{t-1}} \widehat{y}_t(j)\ dj = \left(\frac{1}{(1+g_Z)(1+n)}\right)^{\theta}(1+g_{\overline{A}})\eta_t\widehat{k}_{t-1}^{\theta}h_t^{1-\theta}, \tag{53}$$

$$\frac{1-\theta}{\theta}\frac{r_t}{\widehat{w}_t} = (1+g_Z)\frac{h_t}{\widehat{k}_{t-1}}, \tag{54}$$

$$\frac{\phi}{(\phi-1)(1-\theta)}\left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)^{\theta}\Phi^{\frac{1}{\phi-1}}\frac{1}{\eta_t}\widehat{P}_t^{1+\phi}\widehat{y}_t\ r_t^{\theta}\ \widehat{w}_t^{1-\theta} - \widehat{P^*}_t\ \widehat{P}_t^{\phi}\widehat{y}_t$$

$$= E_t\left[\begin{array}{c}(\widehat{P}_t^{*} - (1+g_{\overline{P^*}})\widehat{P^*}_{t+1}) \\ \left(\sum\limits_{l=1}^{\infty}Q_{t,t+l}^{-1}(\psi\rho)^l(1+g_{\overline{P}})^{\phi l}(1+g_Z)^l(1+n)^l(\widehat{P}_{t+l})^{\phi}\widehat{y}_{t+l}\right)\end{array}\right], \tag{55}$$

$$\widehat{W}_t - E_t\left[\psi\left(\frac{(1+n)(1+g_Z)(1+g_{\overline{P}})}{(1+g_{\overline{A}})}\right)\widehat{\widehat{Q}}_{t,t+1}^{-1}\widehat{W}_{t+1}\right]$$

$$= \widehat{\widehat{\Omega}}_{t,t} + E_t\left[\sum_{l=1}\left\{\begin{array}{c}\widehat{\widehat{Q}}_{t,t+l}^{-1}(\psi\rho)^l \\ \left(\frac{(1+n)(1+g_Z)(1+g_{\overline{P}})}{(1+g_{\overline{A}})}\right)^l(\widehat{\widehat{\Omega}}_{t,t+l} - \widehat{\widehat{\Omega}}_{t+1,t+l})\end{array}\right\}\right], \tag{56}$$

$$\widehat{\widehat{\Omega}}_{t,t} = \Phi\left(\frac{\widehat{P}_t}{\widehat{P^*}_t}\right)^{\phi-1}\widehat{y}_t\left[1-\left(\Phi^{\frac{1}{\phi-1}}\frac{1}{1-\theta}\left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)^{\theta}\right)\frac{1}{\eta_t}\left(\frac{\widehat{P}_t}{\widehat{P^*}_t}\right)r_t^{\theta}\ \widehat{w}_t^{1-\theta}\right], \tag{57}$$

$$\widehat{\widehat{\Omega}}_{t,t+l} = \Phi(1+g_{\overline{P^*}})^{(\phi-1)l}\left(\frac{\widehat{P}_{t+l}}{\widehat{P^*}_t}\right)^{\phi-1}\cdot$$

$$\widetilde{y}_{t+l}\left[\begin{array}{c}1-\left(\Phi^{\frac{1}{\phi-1}}\frac{1}{1-\theta}\left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)^{\theta}\right) \\ (1+g_{\overline{P^*}})^l\frac{1}{\eta_{t+l}}\left(\widehat{P}_{t+l}/\widehat{P^*}_t\right)r_{t+l}^{\theta}\ \widehat{w}_{t+l}^{1-\theta}\end{array}\right], \tag{58}$$

$$\widehat{\widehat{\Omega}}_{t+1,t+l} = \Phi(1+g_{\overline{P^*}})^{(\phi-1)(l-1)}\left(\frac{\widehat{P}_{t+l}}{\widehat{P^*}_{t+1}}\right)^{\phi-1}\cdot$$

$$\widehat{y}_{t+l}\left[\begin{array}{c}1-\left(\Phi^{\frac{1}{\phi-1}}\frac{1}{1-\theta}\left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)^{\theta}\right) \\ (1+g_{\overline{P^*}})^{l-1}\frac{1}{\eta_{t+l}}\left(\widehat{P}_{t+l}/\widehat{P^*}_{t+1}\right)r_{t+l}^{\theta}\ \widehat{w}_{t+l}^{1-\theta}\end{array}\right], \tag{59}$$

だたし、$\widehat{y}_t(j) \equiv (y_t(j)\overline{A}_t)/(T_tZ_t^{\theta})$、$\widetilde{P^*}_t \equiv P_t^*/\overline{P^*}_t$、$\widehat{W}_t \equiv W_t\overline{A}_t/(N_tZ_t)$、

$\widehat{\overline{Q}}_{t,t+l} \equiv \prod_{j=1}^{l}(1+i_{t+j-1})(\widehat{P}_{t+j-1}/\widehat{P}_{t+j})$ ： $l \geq 1$、$\widehat{\overline{\Omega}}_{t,t} \equiv \overline{\Omega}_{t,t}\overline{A}_t/(N_t Z_t)$、$\widehat{\overline{\Omega}}_{t,t+l} \equiv \overline{\Omega}_{t,t+l}\overline{A}_{t+l}/(N_{t+l}Z_{t+l})$、$\widehat{\overline{\Omega}}_{t+l,t+l} \equiv \overline{\Omega}_{t+l,t+l}\overline{A}_{t+l}/(N_{t+l}Z_{t+l})$、及び $\Phi \equiv (1-\rho\psi(1+g_{\overline{P}})^{\phi-1})(1+g_{\overline{A}})^2/(1+g_{\overline{A}}-\rho\psi) = \overline{A}_t\left(\frac{\overline{P}_t}{\overline{P^*}_t}\right)^{\phi-1}$ である。次に、(22) 式と (23) 式に関して見ていく。(44) 式を使用すると、(22) 式と (23) 式から以下の 2 つの式が得られる。

$$A_t = \epsilon d^{\frac{-1}{1+\alpha}}\kappa^{\frac{-\beta\gamma}{1+\alpha}}N_t^{\frac{-\beta\gamma}{1+\alpha}}RD_t^{\frac{1}{1+\alpha}} + \psi A_{t-1},$$

$$RD_t = (A_t - \psi A_{t-1})E_t\left[W_{t+1}\right]E_t\left[\frac{1}{\overline{Q}_{t,t+1}}\right].$$

上記の 2 つの式に関してトレンド除去を行うと以下の式が得られる。

$$\widehat{A}_t = \epsilon\overline{\kappa}\Delta\widehat{rd}_t^{\frac{1}{1+\alpha}} + \psi\widehat{A}_{t-1}, \tag{60}$$

$$\widehat{rd}_t = \frac{(1+n)(1+g_Z)(1+g_{\overline{P}})}{(1+g_{\overline{A}})}E_t\left[\widehat{W}_{t+1}\right]E_t\left[\frac{1}{\widehat{\overline{Q}}_{t,t+1}}\right](\widehat{A}_t - \frac{\psi}{1+g_{\overline{A}}}\widehat{A}_{t-1}), \tag{61}$$

ただし、$\overline{\kappa} \equiv d^{\frac{-1}{1+\alpha}}\kappa^{\frac{-\beta\gamma}{1+\alpha}+\frac{\beta}{(1+\alpha)(1-\theta)}}$ と $\Delta \equiv N_t^{\frac{(1-\beta\gamma)(1-\theta)+\beta}{(1+\alpha)(1-\theta)}}\overline{A}_t^{\frac{1-(\phi-1)(1-\theta)(1+\alpha)}{(1+\alpha)(1-\theta)(\phi-1)}}$ である。本稿の目的は定常状態周りで生じる景気循環分析であるが、定常状態に関してここで述べておく。定常状態においては、定義から $\widehat{A}_t = 1$（即ち $\widehat{A}_t$ は定常状態において一定）であり、$\widehat{rd}_t$ も一定となる。従って、Δ も一定となる。このことは、Jones (1995) と同様に、定常状態において A_t と Y_t が共に人口成長率とその他のモデルのディープパラメーターに依存することを示す。結果として、定常状態において以下の式が成立する。

$$1 + g_{\overline{A}} = (1+n)^{\frac{(\phi-1)(\beta+(1-\beta\gamma)(1-\theta))}{(1+\alpha)(1-\theta)(\phi-1)-1}}.$$

また、定常状態において以下の 2 つの式が成立することも容易に示すことが出来る。

$$1 + g_{\overline{P}} = \Gamma\Lambda^{\frac{1}{1-\vartheta}},$$

$$1 + g_{\overline{P^*}} = (1+n)^{\frac{(\beta+(1-\beta\gamma)(1-\theta))}{(1+\alpha)(1-\theta)(\phi-1)-1}}\Gamma\Lambda^{\frac{1}{1-\vartheta}}.$$

最後に、最終財企業の最適化問題に関連する式、価格ダイナミクスの式、および金融政策に関する式を示す。(1) 式、(37) 式、および (35) 式より、それら

はそれぞれ以下の式で示される（注：R_t はトレンドを持たない変数である）。

$$\widehat{y}_t = \left(\frac{1}{1+g_{\overline{A}}}\right)^{\frac{1}{\phi-1}} \left[\int_0^{\hat{A_{t-1}}} \widehat{y}_t(j)^{\frac{\phi-1}{\phi}}\ dj\right]^{\frac{\phi}{\phi-1}}, \tag{62}$$

$$\widehat{P}_t = \left[(1+g_{\overline{P}})^{\phi-1}\rho\psi\widehat{P}_{t-1}^{1-\phi} + \frac{1}{1+g_{\overline{A}}}\Phi\left(\widehat{A}_{t-1} - \frac{\rho\psi}{1+g_{\overline{A}}}\widehat{A}_{t-2}\right)\widehat{P^*}_t^{1-\phi}\right]^{\frac{1}{\phi-1}}, \tag{63}$$

$$R_t = \Lambda R_{t-1}^{\vartheta}\left[\left(\frac{\widehat{P}_t}{\widehat{P}_{t-1}}\right)^{\varpi_\pi}\left(\frac{\widehat{y}_t}{\widehat{y^n}_t}\right)^{\varpi_y}\right]^{1-\vartheta}, \tag{64}$$

2.6.1　線形化されたモデル（the linearlized model）

上記の (46) 式〜(64) 式が経済のダイナミクスを記述する一連のシステム式となる。本稿では、通常の景気循環分析で行われるのと同様に、インフレ率及び一人当たり生産の成長率がゼロであるような定常状態の近傍でモデルの対数線形化を行う（log-linearlizing the model around the zero-inflation and zero-growth steady state）：これは即ち $g_{\overline{A}} = g_{\overline{P}} = g_{\overline{P^*}}$ を意味する）。(46) 式〜(64) 式より、対数線形化されたモデルは以下の一連の式で表すことができる。なお、以下では~で示される変数は定常状態値からの対数乖離（log deviations from the steady state values）を示す：例）$\widetilde{\widehat{y}} = \ln\widehat{y}_t - \ln\overline{\widehat{y}}$ 、ただし $\overline{\widehat{y}}$ は定常状態における $\widehat{y}$ の値を示す。

$$-\frac{\sigma_c}{\Gamma}\widetilde{\widehat{c}}_t = (1+\bar{i})\widetilde{\widehat{P}}_t - (1+\bar{i})E_t\left(\widetilde{\widehat{P}}_{t+1}\right) + \bar{i}\widetilde{i}_t - (1+\bar{i})\sigma_c E_t\left(\widetilde{\widehat{c}}_{t+1}\right), \tag{65}$$

$$\sigma_h\widetilde{h}_t = -\sigma_c\widetilde{\widehat{c}}_t + \widetilde{\widehat{w}}_t, \tag{66}$$

$$\sigma_m(\widetilde{\widehat{m}}_t - \widetilde{\widehat{P}}_t) = \sigma_c\widetilde{\widehat{c}}_t - \frac{1}{1+\bar{i}}\widetilde{i}_t, \tag{67}$$

$$\widetilde{\widehat{\chi}}_t = \Gamma E_t\left[\overline{r}\left(-\sigma_c\left(\widetilde{\widehat{c}}_{t+1}\right) + \widetilde{r}_{t+1}\right) + (1-\delta)\widetilde{\widehat{\chi}}_{t+1}\right], \tag{68}$$

$$\widetilde{\widehat{iv}}_t = \frac{\Gamma}{1+\Gamma}E_t\left[\widetilde{\widehat{iv}}_{t+1}\right] + \frac{1}{1+\Gamma}\widetilde{\widehat{iv}}_{t-1} + \frac{\sigma_c}{\xi(1+\Gamma)}\widetilde{\widehat{c}}_t + \frac{1}{\xi(1+\Gamma)}\widetilde{\widehat{\chi}}_t, \tag{69}$$

$$\overline{\widehat{y}}\,\widetilde{\widehat{y}}_t = \overline{\widehat{c}}\,\widetilde{\widehat{c}}_t + \overline{\widehat{iv}}\,\widetilde{\widehat{iv}}_t + \overline{\widehat{rd}}\,\widetilde{\widehat{rd}}_t, \tag{70}$$

$$\widetilde{\widehat{k}}_t = (1-\delta)\widetilde{\widehat{k}}_{t-1} + \delta\ \widetilde{\widehat{iv}}_t, \tag{71}$$

$$\widetilde{h}_t - \widetilde{\widehat{k}}_{t-1} - \widetilde{r}_t + \widetilde{\widehat{w}}_t = 0, \tag{72}$$

$$\widetilde{\widehat{y}}_t = \left(\frac{1}{\phi-1}\right)\widetilde{\widehat{A}}_{t-1} + \theta\widetilde{\widehat{k}}_{t-1} + (1-\theta)\widetilde{h}_t + \widetilde{\eta}_t, \tag{73}$$

$$\widetilde{\widehat{P}}_t - \widetilde{\widehat{P}}_{t-1} = \Gamma E_t\left[\widetilde{\widehat{P}}_{t+1} - \widetilde{\widehat{P}}_t\right] + \frac{(1-\rho\psi\Gamma)(1-\rho\psi)}{\rho\psi}$$

$$\left((1-\theta)\widetilde{\widehat{w}}_t + \theta\widetilde{r}_t - \widetilde{\eta}_t - \frac{1}{\phi-1}\widetilde{\widehat{A}}_{t-1}\right)$$

$$+\frac{\Gamma}{\phi-1}\left(\widetilde{\widehat{A}}_t - \widetilde{\widehat{A}}_{t-1}\right) - \frac{1}{\phi-1}\left(\widetilde{\widehat{A}}_{t-1} - \widetilde{\widehat{A}}_{t-2}\right), \tag{74}$$

$$\overline{\widehat{W}}\widetilde{\widehat{W}}_t - \psi\Gamma\overline{\widehat{W}}E_t\left[\widetilde{\widehat{W}}_{t+1}\right] + \psi\Gamma\overline{\widehat{W}}E_t\left[\widetilde{\widehat{\overline{Q}}}_{t,t+1}\right]$$

$$= \frac{1}{\phi}\overline{\widehat{y}}\widetilde{\widehat{y}}_t + \frac{\phi-1}{\phi}\overline{\widehat{y}}\widetilde{\eta}_t - \frac{\phi-1}{\phi}(1-\theta)\overline{\widehat{y}}\widetilde{\widehat{w}}_t - \frac{\phi-1}{\phi}\theta\overline{\widehat{y}}\widetilde{r}_t, \tag{75}$$

$$\widetilde{\widehat{\overline{Q}}}_{t,t+1} = \widetilde{\widehat{P}}_t - \widetilde{\widehat{P}}_{t+1} + \overline{i}\widetilde{i}_t, \tag{76}$$

$$\widetilde{\widehat{A}}_t = \frac{\epsilon\overline{\overline{\kappa}}}{1+\alpha}\left(\overline{\widehat{rd}}\right)^{\frac{1}{1+\alpha}}\ \widetilde{\widehat{rd}}_t + \psi\widetilde{\widehat{A}}_{t-1}, \tag{77}$$

$$\widetilde{\widehat{rd}}_t + E_t\left(\widetilde{\widehat{\overline{Q}}}_{t,t+1}\right) = E_t\left(\widetilde{\widehat{W}}_{t+1}\right) + \left(\frac{\Gamma}{\overline{\overline{\widehat{rd}}}}\right)\overline{\widehat{W}}\overline{\widehat{A}}\widetilde{\widehat{A}}_t - \psi\left(\frac{\Gamma}{\overline{\overline{\widehat{rd}}}}\right)\overline{\widehat{W}}\overline{\widehat{A}}\widetilde{\widehat{A}}_{t-1}, \tag{78}$$

$$\overline{i}\widetilde{i}_t = (1+\overline{i})^{\vartheta}\left[\vartheta\frac{\overline{i}}{1+\overline{i}}\widetilde{i}_{t-1} + (1-\vartheta)\left(\varpi_p(\widetilde{\widehat{P}}_t - \widetilde{\widehat{P}}_{t-1})\right) + \varpi_y(\widetilde{\widehat{y}}_t - \widetilde{\widehat{y^n}}_t)\right], \tag{79}$$

$$\widetilde{\eta}_t = \rho_\eta\widetilde{\eta}_{t-1} + \varepsilon_t^\eta + \varepsilon_{t-\iota}, \tag{80}$$

ただし、$\xi = S^{''}(1)$ および $\overline{\overline{\kappa}} = \overline{\kappa}\Delta$ である。なお、トービンの q（(27) 式を参照）に関しては、以下の式を得ることができる。

$$\widetilde{\widehat{{}_kP}}_t = \sigma_c\widetilde{\widehat{c}}_t + \widetilde{\widehat{\chi}}_t. \tag{81}$$

2.6.2　定常状態

最後に、モデル変数の定常状態値を示す。(46) 式〜(63) 式より、モデルの定常状態値は以下のようにパラメーターで表すことができる。

$$\frac{1}{\Gamma} = 1 + \bar{i}, \tag{82}$$

$$\left(\overline{h}\right)^{\sigma_h} = \overline{\widehat{w}} \left(\overline{\widehat{c}}\right)^{-\sigma_c}, \tag{83}$$

$$\overline{\widehat{m}} = \overline{\widehat{c}}^{\frac{\sigma_c}{\sigma_m}} \left(\frac{1+\bar{i}}{\bar{i}}\right)^{\frac{1}{\sigma_m}}, \tag{84}$$

$$\overline{\widehat{\chi}} = \Gamma \left[\left(\overline{\widehat{c}}\right)^{-\sigma_c} \overline{r} + (1-\delta)\overline{\widehat{\chi}}\right], \tag{85}$$

$$\overline{\widehat{\chi}} = \left(\overline{\widehat{c}}\right)^{-\sigma_c} \tag{86}$$

$$\overline{\widehat{y}} = \overline{\widehat{c}} + \overline{\widehat{iv}} + \overline{\widehat{rd}}, \tag{87}$$

$$\overline{\widehat{k}} = (1-\delta)\overline{\widehat{k}} + \overline{\widehat{iv}}, \tag{88}$$

$$\overline{\widehat{y}} = \overline{\widehat{k}}^{\theta} \overline{h}^{1-\theta}, \tag{89}$$

$$\frac{1-\theta}{\theta} \frac{\overline{r}}{\overline{\overline{\widehat{w}}}} = \frac{\overline{h}}{\overline{\overline{\widehat{k}}}}, \tag{90}$$

$$\frac{\phi-1}{\phi} = \frac{1}{1-\theta} \left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)^{\theta} \overline{r}^{\theta} \ \left(\overline{\widehat{w}}\right)^{1-\theta}, \tag{91}$$

$$\left(1 - \psi \left(\overline{\widehat{Q}}_{t,t+1}\right)^{-1}\right) \overline{\widehat{W}} = \overline{\widehat{y}} \left[1 - \left(\frac{1}{1-\theta} \left(\frac{1-\theta}{\theta}\right)^{\theta}\right) \overline{r}^{\theta} \ \overline{\widehat{w}}^{1-\theta}\right], \tag{92}$$

$$1 + \bar{i} = \overline{\widehat{Q}}_{t,t+1}^{-1}, \tag{93}$$

$$1 = \epsilon \overline{\overline{\kappa}} \left(\overline{\widehat{rd}}\right)^{\frac{1}{1+\alpha}} + \psi, \tag{94}$$

$$\overline{\widehat{rd}} = \overline{\widehat{W}} \left(\overline{\widehat{Q}}_{t,t+1}\right)^{-1} (1-\psi) \tag{95}$$

$$1 + \bar{i} = \Lambda \left(1 + \bar{i}\right)^{\vartheta}. \tag{96}$$

3 カリブレーションおよびシミュレーション結果

シミュレーション分析は、ほとんどの景気循環分析がそうであるように、4 半期ベースで行う。分析に用いられたモデルパラメーターの値は表 1 で示される通りである。ニューケインジアンモデルの分析で一般的に用いられるパラメーターについては既存研究に従って設定した。本稿の幾つかのパラメーターは既存研究ではあまり見受けられないので、それらに関して説明を加える。α は R&D に対する新しいアイデア（blueprint）の弾力性に関係しており、本稿のモデルでは、$\alpha = 0.25$ は弾力性が 0.8 を意味する。この値は Branstetter(2001) や Bottazi and Peri (2207) と整合的な値になっている：Branstetter(2001) は米国企業のデータから、Bottazi and Peri (2207) は OECD 国のマクロデータから、弾力性を約 0.8 と推計している。 ϵ は R&D の成功確率を表しているが、本稿では Comin and Gertler (2006) 倣い、$\epsilon = 0.025$（四半期での成功確率）とした。投資調整コストに関連するパラメーターである ξ に関しては、Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008) に倣い $\xi = 15.1$ とした。ϕ はマークアップと関連しているが、（グロス）マークアップ率が 1.3 となるように、$\phi = 4.3$ とした。この値は通常のニューケインジアンモデルの分析で用いられる値より高くなっているが、これは本稿のモデルにおけるマークアップが付加価値マークアップであることによる：本稿のモデルではマークアップを設定する企業が労働と資本だけを使用し生産を行う。Basu and Fernald (1997) は付加価値データを用いて企業のマークアップ率を測定したが、彼らの推計によると（グロス）マークアップ率は約 1.3 となっている。また、本稿と同様に付加価値マークアップを用いた Jaimovich(2007, 2008) も本稿と同様に 1.3 を用いている。$1 - \psi$ は blueprint の減耗率を示すが、本稿では資本の減耗率より低い値をしようし、減耗率を 0.015 とした。なお、資本減耗率と同率やより高い値（資本減耗率の 2 倍）に設定した場合でも結果に大きな影響は及ぼさなかった。$\overline{\kappa}$ は (77) 式に表れ、blueprint 生産の生産性に関するパラメーターであるが、この値は (94) 式を用いて計算した。[11)]

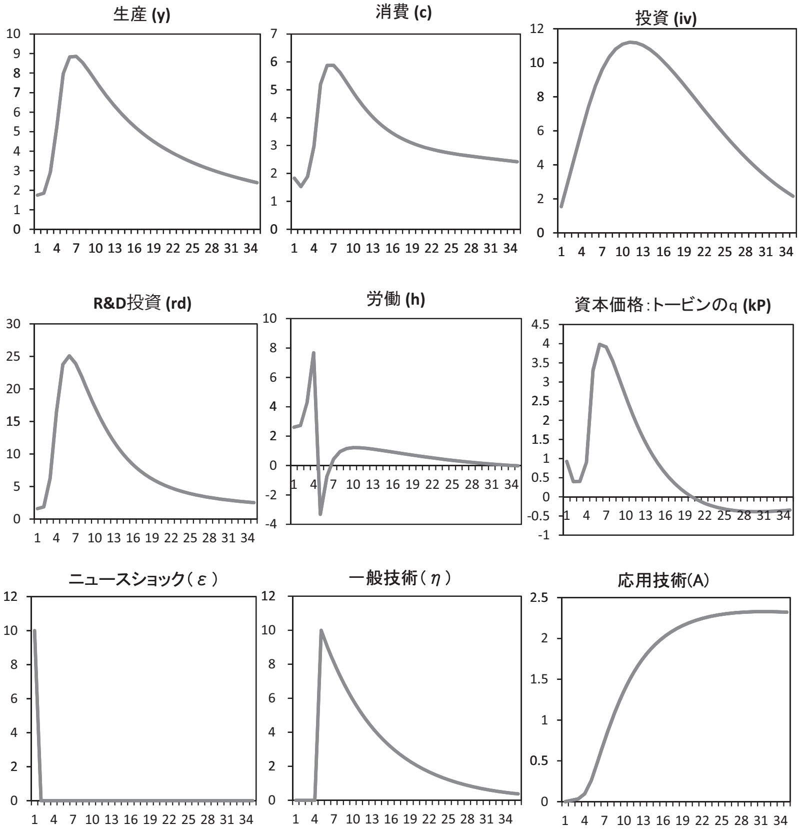
Γ	σ_c	σ_h	σ_m	α	δ	ϵ	θ	ϑ
0.99	1.0	1.0	9.0	0.25	0.025	0.025	0.33	0.8
ξ	ρ	ϕ	ψ	ρ_η	ϖ_p	ϖ_y	$\overline{\overline{\kappa}}$	
15.1	0.75	4.33	0.985	0.9	1.5	0.125	1.34	

表 1: パラメーター値

図 1 はシュミレーション結果を示している。図 1 の結果は、第 1 期 $(t = 1)$ に一般技術 η が第 5 期に 10 %上昇するというニュースがエージェントにもたらされ、実際に第 5 期に η が上昇した場合のものである。図 1 によると、ニュースショックが第 1 期に生じエージェントが一般技術 η が第 5 期に上昇するという期待を持つと、第 1 期（第 5 期以前）に生産、消費、投資、R&D 投資、労働の全てが上昇していることが分かる。つまり、期待による景気の上昇が生じている。また、Christiano, Ilut, Motto and Rostagno (2008) では名目賃金の硬直性なしでは得られなかった資本価格の上昇（資本価格の procyclicality）も、本稿の分析では生じていることが分かる。更に、R&D 投資の上昇により、第 5 期以前に応用技術 (A) の上昇も（その変化幅は総生産と比較すると小さいが）生じていることが分かる。このような期待による R&D 投資と技術の上昇は、これまでの分析では示されていない結果であり、極めて重要な発見であると考えられる。理由は以下の通りである。ここで示された景気変動は技術変動に起因していることを意味せず、将来に関する期待の変化の結果として景気変動と技術変動が同時に生じているにすぎない。換言すると、技術進歩自体が経済の変動要因ではないが技術水準も景気も同時に変動し、実物的景気循環論が主張するような、一見すると技術変動が景気変動の要因と見える現象を生み出しているのである。

11) (94) 式を用いて $\overline{\overline{\kappa}}$ を計算するには、トレンド除去した一人当たり R&D の定常状態値が必要であるが、この値は他のパラメーター値が与えられれば、定常状態を表す他の幾つかの式を利用して得ることができる。このことは、(82) 式〜(96) 式で表される定常状態のシステム式を見れば容易に分かる。

図１：シミュレーション結果



注）　縦軸は定常状態値からの乖離率（%）、横軸は時点を示す。

4　結び

本稿では、名目価格の硬直性を基礎とする標準的なニューケインジアンモデルに投資の調整コストと研究開発投資による内生的技術進歩を導入したモデルを構築し、景気変動分析を行った。分析によると、本稿のモデルは、期待により生じる景気変動を説明できると同時に、名目賃金の硬直性なしでは生み出すことが難しい景気と資本価格の同変動性（資本価格の procyclicality）を生み

出すことができた。本稿では更に、期待により生じる景気上昇期には、研究開発投資が上昇し、それに伴い技術水準も上昇することを示した。期待により生じる景気上昇期に、技術水準が上昇する状況は、実物的景気循環論が示すように、景気変動が技術変動に起因していることを意味せず、期待の変化により景気変動と技術変動が同時に生じることを意味している。つまり、技術変動自体が経済の変動要因ではないが、技術水準も景気も同時に変動し、実物的景気循環論が主張するような、一見すると技術変動が景気変動の要因と見えるような現象を生み出している。

最後に今後の展望を述べたい。本稿の分析では期待に対するショック（news shocks）のみを考慮したが、その他のショック（例えば、金融政策ショック、技術ショック、選好ショック等）を導入して、本稿のモデルの妥当性を詳細に検証することや、それぞれのショックの経済変動に対する重要性を明らかにすることも有用であろう。

参考文献

[1] **Barro, Robert and Robert King,** 1984. "Time-Separable Preferences and Intertemporal-Substitution Models of Business Cycles." *Quarterly Journal of Economics*, 99(4): 817-839.

[2] **Basu, Susanto and John G. Fernald.** 1997. "Returns to Scale in U.S. Production: Estimates and Implications." *Journal of Political Economy*, 105(2): 249-283.

[3] **Beaudry, Paul, and Franck Portier.** 2004. "An Exploration into Pigou's Theory of Cycles." *Journal of Monetary Economics*, 51(6): 1183-1216.

[4] **Bottazzi, Laura and Giovanni Peri.** 2007. "The International Dynamics of R&D and Innovation in the Long Run and in the Short Run." *Economic Journal*, 117(3): 486-511.

[5] **Branstetter, G. Lee.** 2001. "Are Knowledge Spillovers International or Intranational in Scope?: Microeconometric Evidence from the U.S. and Japan." *Journal of International Economics*, 53(1): 53-79.

[6] **Christiano, Lawrence, Cosmin Ilut, Roberto Motto and Massimo Rostagno.** 2008. “Monetary Policy and Stock Market Boom-Bust Cycles.” European Central Bank Working Paper Series 955.

[7] **Christiano, Lawrence, Martin Eichenbaum and Charles Evans.** 2005. “Norminal Rigidities and Dynamic Effects of s Shock to Monetary Policy.” *Journal of Political Economy*, 113(1): 1-45.

[8] **Cochrane, John H.** 2004. “Shocks” *Carnegie-Rochester Coference Series on Public Policy*, 41(1): 295-364.

[9] **Comin, Diego and Mark Gertler.** 2006. “Medium Term Business Cycles.” *American Economic Review*, 96(3): 523-551.

[10] **Jaimovich, Nir.** 2007. “Firm Dynamics and Markup Variations: Implications for Sunspot Equilibria and Endogenous Economic Fluctuations” *Journal of Economic Theory*, 137(1): 300-325.

[11] **Jaimovich, Nir and Max Floetotto**. 2008. “Firm Dynamics, Markup Variations, and the Business Cycle” *Journal of Monetary Economics*, 55(7): 1238-1252.

[12] **Jaimovich, Nir and Sergio Rebelo**. 2009. “Can News about the Future Drive the Business Cycle?” *American Economic Review*, 99(4): 1097-1118.

[13] **Jones, Charles I.** 1995. “R&D-Based Models of Economic Growth” *Journal of Political Economics*, 103(4): 759-784.

[14] **Kobayashi, Keiichiro and Kengo Nutahara.** 2010. “Nominal Rigidities, News-Driven Business Cycles, and Monetary Policy” *B.E. Journal of Macroeconomics*, 10: Iss.1(Contributions): Article 24.

[15] **Pigou, Arthur C.** 1927. *Industrial Fluctuations*. London: MacMillan.

[16] **Romer, Paul.** 1990. “Endogenous Technological Change.” *Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102.

[17] **Stadler, George W..** 1990. “Business Cycle Models with Endogenous Technology.” *American Economic Review*, 80(4): 763-778.

[18] **岡田敏裕.** 2011.「内生的成長とニューケインジアン・モデル：フィリップス曲線へのインプリケーション」、関西学院大学経済学部研究会　『経済学論究』　65 巻 3 号：83-98.