



日本銀行ワーキングペーパーシリーズ

## Medium-scale Japanese Economic Model (M-JEM) : 中規模動学的一般均衡モデルの 開発状況と活用例

笛木琢治\*

福永一郎\*\*

ichirou.fukunaga@boj.or.jp

No.11-J-8  
2011 年 11 月

日本銀行  
〒103-8660 郵便事業（株）日本橋支店私書箱第 30 号

\* 日本銀行総務人事局（元・調査統計局）、インディアナ大学

\*\* 日本銀行金融市場局（元・調査統計局）

日本銀行ワーキングペーパーシリーズは、日本銀行員および外部研究者の研究成果をとりまとめたもので、内外の研究機関、研究者等の有識者から幅広くコメントを頂戴することを意図しています。ただし、論文の中で示された内容や意見は、日本銀行の公式見解を示すものではありません。

なお、ワーキングペーパーシリーズに対するご意見・ご質問や、掲載ファイルに関するお問い合わせは、執筆者までお寄せ下さい。

商用目的で転載・複製を行う場合は、予め日本銀行情報サービス局までご相談下さい。転載・複製を行う場合は、出所を明記して下さい。

# Medium-scale Japanese Economic Model (M-JEM) :

## 中規模動学的一般均衡モデルの開発状況と活用例

笛木琢治\* 福永一郎\*\*

2011 年 11 月

[要 旨]

本稿では、日本銀行で開発・利用している中規模の動学的一般均衡モデルの一つである「Medium-scale Japanese Economic Model (M-JEM)」を紹介し、それを用いた潜在成長率の推計結果を示す。また、海外の中央銀行や日本銀行で用いられている動学的一般均衡モデルについてサーベイするとともに、M-JEM の今後の課題や活用可能性などについて論じる。

\* 日本銀行総務人事局（元・調査統計局）、インディアナ大学

\*\* 日本銀行金融市場局（元・調査統計局）E-mail: ichirou.fukunaga@boj.or.jp

---

本稿で紹介するバージョンの M-JEM (Fueki et al., 2010) は、一上響氏（現・企画局）と代田豊一郎氏（現・金融市場局）によって開発が始められた。開発過程では、Fueki et al. (2010) に記された、多くの研究者、海外中央銀行関係者、日本銀行スタッフなどから協力を得た。また、本稿の作成過程では、青木浩介氏（東京大学）、前田栄治氏、関根敏隆氏をはじめとする日本銀行スタッフから有益なコメントを頂いた。米山俊一氏からは、一部の図表の作成などで協力を得た。記して感謝の意を表したい。ただし、本稿でありうべき誤りは筆者らに属する。本稿で示された内容や意見は、筆者ら個人に属するものであり、日本銀行および調査統計局の公式見解を示すものではない。

## 1. はじめに

マクロ経済モデルは、海外の中央銀行や国際機関において、経済予測やリスクシナリオの評価、政策効果のシミュレーションなどを行うための、効率的で透明性の高いツールとして、近年ますます活用されるようになってきている。日本銀行においても、調査統計局で開発したハイブリッド型マクロ計量モデル「Quarterly Japanese Economic Model (Q-JEM)」や大規模な動学的一般均衡モデル「Japanese Economic Model (JEM)」など、様々な規模・性質のモデルを利用している<sup>1</sup>。本稿では、このうち特に近年発展の著しい中規模の動学的（確率的）一般均衡（Dynamic Stochastic General Equilibrium、以下DSGE）モデルを取り上げ、調査統計局で開発している「Medium-scale Japanese Economic Model (M-JEM)」を中心に、それらの活用状況や今後の課題などについて紹介する。

DSGE モデルとは、家計や企業の合理的でフォワード・ルッキングな行動様式（ミクロ的基礎）を定式化し、様々な根源的ショックによって変動する経済の動学的一般均衡を表現したモデルである。例えば政策変更の効果を分析する際に、伝統的なマクロ計量モデルでは過去に観察された各変数間の関係が変化する場合までは十分に考慮できないのに対し（いわゆる「ルーカス批判」）、DSGE モデルでは人々の行動様式や期待形成を通じた各変数間の関係の変化も考慮に入れることができる。ただ、経済理論との整合性を上記のように重視するため、予測などの実用に堪えるようモデルを拡張したり、実際のデータを用いてモデルのパラメーターを推計したりすることは必ずしも容易ではない。このため、JEM などの実用的な大規模 DSGE モデルでは、コアとなる均衡式のみを DSGE モデルで定式化してその周りの動学式は時系列モデルで定式化したり（コア・ノンコア構造）、パラメーターの値を推計ではなくカリブレーションによって与えたりすることが通常であった。

2000 年代半ば以降に発展した中規模の DSGE モデルは、短期的な動学式も含めたモデル全体を DSGE モデルとして定式化したうえで、実際のデータを用いてモデル全体のパラメーターの値を同時推計するものである。従来の大規模モデルや時系列モデルとも遜色ない予測精度を持つことが分かったことにより<sup>2</sup>、海外の中央銀行などで従来のモデルに代わって急速に実用化が進められた。こうし

---

<sup>1</sup> JEMについてはFujiwara et al. (2005)、Q-JEMについては一上他 (2009a)、Fukunaga et al. (2011) を参照。また、Q-JEMを中心とするマクロモデルの活用状況については、一上他 (2008) を参照されたい。

<sup>2</sup> Smets and Wouters (2003) は、Christiano, Eichenbaum, and Evans (2005) に倣った中規模 DSGE モデルを欧州のデータを用いてベイズ推計し、現実の経済の短期動学を VAR モデルと同じくらい良好に説明できることを示した。

た中規模DSGEモデルの発展には、①価格の粘着性を重視したニューケインジアン理論をベースに、各種の調整費用や習慣形成など現実的な短期動学を定式化する理論が発展したこと（従来の研究対象としての小規模なDSGEモデルの中規模化）、②ベイズ法の推計手法とそれを実行するコンピューターソフト（Dynare等）の発展によって<sup>3</sup>、中規模の（従来の実用的な大規模モデルほどは大きくない）DSGEモデルの推計が容易になったことが大きく寄与している<sup>4</sup>。

一方、こうした中規模DSGEモデルの有用性については、前提となる理論的基礎の妥当性をめぐって学界の中でも批判的な見方があるほか<sup>5</sup>、特に 2000 年代終りの世界金融危機を受けて、既存のDSGEモデルで金融市場の現実的な摩擦を十分に考慮していなかったことなどが明らかとなり、実務家からも懐疑的な見方が広まっている。現在学界では、金融市場の現実的な摩擦や非伝統的金融政策などに関する研究が世界中で活発に進められているが、海外の中央銀行の実務家の間では、そうした最新の研究成果を積極的に取り入れてDSGEモデルの活用をより進めていこうとする立場と<sup>6</sup>、研究成果の有用性が明らかになるまではDSGEモデルの活用を当面限定しようとする立場との間で、見方が大きく分かれているように見受けられる<sup>7</sup>。

わが国では、ゼロ金利制約や金融機関の不良債権問題など、既存のDSGEモデルで十分に考慮できない状況に置かれてきた期間が長かったことなどもあり、日本銀行では、DSGEモデル以外も含めた様々なタイプのマクロモデルを開発・利用してきた。こうした中、DSGEモデルについても、世界中で進められている最新の研究状況を常にフォローアップしながら開発を進め、経済変動や政策効果の背後にある根源的・構造的な要因などに関して、DSGEモデルの特性を生かした様々な分析を行っている。M-JEMは、調査統計局においてハイブリッド型モデルのQ-JEMと補完的に開発・利用している中規模DSGEモデルであり、生産

---

<sup>3</sup> Dynareについては、Adjemian et al. (2011) などを参照。

<sup>4</sup> DSGEモデルの発展とその技術的手法の概要については、加藤（2006）、藤原・渡部（2011）などで解説されている。

<sup>5</sup> 例えば、Chari, Kehoe, and McGrattan (2009) は、ニューケインジアン理論に基づくDSGEモデルの理論的整合性などに対する批判を行っている。

<sup>6</sup> DSGEモデルの活用に特に積極的な立場の中央銀行としては、カナダ中銀、スウェーデン中銀などが挙げられる。また、FRBも、2011年6月21・22日に開かれたFOMCの議事録をみると、DSGEモデルについて特別に議論が行われており、より積極的な活用を検討していることがわかる。

<sup>7</sup> 筆者の一人が参加したイングランド銀行でのChief Economists' Workshop（2010年5月）では、中央銀行におけるDSGEモデルの活用をめぐって、世界中の中央銀行から代表者が集まり、3日間にわたって活発な議論が展開された（Blake and Gondat-Larralde, 2010）。

技術の異なるセクターを明示的に区別したうえで日本のデータを用いて推計している点などに特徴がある。利用する目的や問題意識に応じて、様々なバージョンが存在するが、本稿で主に紹介するのは、FRBで利用されている「Estimated, Dynamic, Optimization-based Model of the U.S. Economy (EDO)」を参考に<sup>8</sup>、Q-JEMでは外生変数として扱われている潜在成長率の推計を主目的として開発したバージョンである（詳細はFueki et al. (2010) を参照されたい）。

次節以降の構成は、以下の通り。2節では、日本銀行や海外の中央銀行で現在実務的に用いられているDSGEモデルについて、簡単にサーベイする。3節では、Fueki et al. (2010) のバージョンのM-JEMの定式化と推計結果の概要を説明し、4節でその活用例として、潜在成長率とGDPギャップの推計について紹介する。5節では、M-JEMのその他の活用例や今後の課題などについて論じる。6節は結語である。

## 2. 中央銀行におけるDSGEモデル

本節では、海外の中央銀行で現在実務的に用いられているDSGEモデルと、日本銀行で利用しているJEM、Q-JEM、M-JEM、および他のDSGEモデルについて、簡単にサーベイする。

### （海外中銀のDSGEモデル）

海外の中央銀行で用いられているDSGEモデルには、中規模の推計モデルと大規模なカリブレーションモデルがあるが、近年では前者の割合が増えており、それらの多くは定期的な予測の目的で利用されている。また、両方の種類のDSGEモデルを合わせ持っている中央銀行も多い。これらのDSGEモデルのほとんどは、2000年代半ば以降に開発が進められたものである。図表1では、各国の中央銀行で現在実務的に利用されている主なDSGEモデル（および関連するマクロモデル）をまとめている<sup>9</sup>。

FRB（連邦準備制度理事会）では、調査統計局（Division of Research and Statistics）で中規模推計モデルの「EDO」（Chung, Kiley, and Laforge, 2010）が、国際金融局

---

<sup>8</sup> EDOについては、Edge, Kiley, and Laforge (2007)、Chung, Kiley, and Laforge (2010) を参照。

<sup>9</sup> このほか、各国の中央銀行では、特定の分析目的などで様々なDSGEモデルが用いられているが、図表1では、①予測やシミュレーションなどの実務的な用途で現在用いられている（新しいモデルに置き換えられたものは除く）、②個人名論文だけでなく中央銀行の定期的な刊行物等でも紹介されている、③モデルに名前が付けられている、ことなどを基準に選んだモデルを挙げている。

(Division of International Finance) で大規模カリブレーションモデルの「SIGMA」(Erceg, Guerrieri, and Gust, 2006) が利用されている。EDOは、米国経済のみを対象とした閉鎖経済モデルであるが、GDPコンポーネントの細かい内訳（耐久財消費、住宅投資など）も含めて詳細にモデル化されており、同じ調査統計局で利用されている大規模計量モデルの「FRB/US」(Brayton and Tinsley, 1996) と遜色ない予測精度を示している<sup>10</sup>。EDOは、予測のほかにも、DSGEモデルの特性を生かして、潜在変数（潜在成長率、自然利子率等）の推計や、金融政策の分析などに利用されている<sup>11</sup>。一方、SIGMAは、米国経済と他の国・地域の連関を明示的に考慮した大規模な多国間モデルとなっており、パラメーターの値が推計されていないこともあって予測には用いられていないが、海外発ショックの波及効果や新興国の成長に伴うグローバル化の影響、海外の金融政策や為替変動の影響、財政政策の効果と国際収支との関係、原油価格変動の要因と影響といった分析などに、幅広く利用されている<sup>12</sup>。

欧州中銀では、ユーロエリア全体を開放小国経済とみなした推計モデルと、他の国・地域との連関を明示的に考慮したカリブレーションモデルの2つのバージョンから成るDSGEモデル「NAWM」が利用されている<sup>13</sup>。前者は主に定期的な予測のために(Christoffel, Coenen, and Warne, 2008)、後者は財政政策や労働市場に関する構造分析などに利用されている<sup>14</sup>。スウェーデン中銀で予測のためのメインモデルとして用いられているDSGEモデル「RAMSES」(Adolfson et al., 2007) も、開放小国経済を仮定した中規模の推計モデルである。最近開発された新バージョンでは(Christiano, Trabandt, and Walentin, 2011)、金融市場や労働市場の摩擦など、上記のEDOやNAWMでも考慮されていない最先端の研究成果が取り込まれている。一方、カナダ中銀で予測のメインモデルとして用いられているDSGEモデル「ToTEM」(Murchson and Rennison, 2006) は、大規模なカリブレーションモデルである。また、イングランド銀行で予測のメインモデルとして用いられている「BEQM」(Harrison et al., 2005) は、DSGEモデルと予測精度の高い時系列モデルの双方の特性（コア・ノンコア構造）を備えており、前

---

<sup>10</sup> この点については、Edge, Kiley, and Laforge (2009) を参照。

<sup>11</sup> 潜在変数の推計についてはEdge, Kiley, and Laforge (2008)、金融政策の分析についてはChung et al. (2011) などを参照。

<sup>12</sup> これらは、Erceg, Guerrieri, and Gust (2005, 2008)、Erceg, Gust, and Lopez-Salido (2010)、Erceg, Guerrieri, and Kamin (2011)、Bodenstein, Erceg, and Guerrieri (2009) などで公表されている。

<sup>13</sup> このほか、情報の不完全性やラーニングを導入した、ユーロエリアの多国間モデル「NMCM」も開発されている(Dieppe et al., 2011a, b)。

<sup>14</sup> 財政政策の分析についてはCoenen, Mohr, and Straub (2008)、労働市場の分析についてはCoenen, McAdam, and Straub (2008) などを参照。

者の部分についてはカリブレーションによってパラメーターの値が与えられている<sup>15</sup>。

このほか、IMFが開発した大規模な多国間DSGEモデル「GEM」(Pesenti, 2008)や「GIMF」(Kumhof et al., 2010)を直接あるいは適宜改良しながら利用している中央銀行も多い。例えば、GEMを改良して利用している例としてはカナダ中銀の「BoC-GEM」(Lalonde and Muir, 2007)があり、GIMFを直接利用している例としては、アジア新興国の中央銀行(香港金融管理局など)や、ユーロエリア内の各国の中央銀行(フランス中銀など)などが挙げられる<sup>16</sup>。

### (日本銀行調査統計局のマクロモデル：JEMシリーズ)

日本銀行調査統計局では、2000年代前半に、初めて予測にも利用可能なDSGEモデル「JEM」(Fujiwara et al., 2005)を開発した。JEMは、当時開発中であった上記のイングランド銀行のBEQMや、当時海外の中央銀行で予測に利用されていた最先端のDSGEモデルと同様に<sup>17</sup>、「短期均衡」を表現するDSGEモデルとその周りの「短期動学」を表現するVARモデルから成るコア・ノンコア構造を備えた、大規模なカリブレーションモデルとなっている。ゼロ金利制約を明示的に考慮できることもあって、金融政策や物価変動などに関する幅広い分析に活用されてきた<sup>18</sup>。

JEMは、上記のような分析には有用だが、予測のために定期的に用いるには、カリブレーションの改定をはじめメンテナンスの負担が大きいことなどが問題であった。そこで、2000年代後半に入ると、FRB/USを参考に、高い実用性を備えたうえで理論との整合性と実証上の妥当性を追求した、ハイブリッド型の大規模計量モデル「Q-JEM」(一上他・2009a、Fukunaga et al., 2011)を新たに開発した。Q-JEMは、JEMの短期均衡のようにDSGEモデルとして厳密に定式化している部分はないが、理論に基づいた長期均衡に誤差修正メカニズムを通じて収束する定式化を多く採用し、インフレ率や金融政策ルールに関する民間経済主

---

<sup>15</sup> 現在イングランド銀行では、新たなメインモデル(Compass)の開発が進められており、BEQMよりシンプルな中規模DSGEモデルとなる予定とされている。

<sup>16</sup> このほかIMFが開発したモデルとしては、DSGEモデルではないが、小規模な推計モデル「Global Projection Model (GPM)」(Carabenciov et al, 2008)が、主に予測目的で広く利用されている。

<sup>17</sup> 当時の最先端のモデルとしては、カナダ中銀の「Quarterly Projection Model (QPM)」や、ニュージーランド連銀の「Forecasting and Policy System (FPS)」などがあった(いずれも現在には利用されていない)。FPSとJEMの比較については、佐藤(2009)を参照。

<sup>18</sup> JEMを用いた分析には、木村他(2006)、翁・木村・原(2008)、宮尾・中村・代田(2008)などがある。

体の期待形成を明示的に考慮するなど、従来の大規模計量モデルに比べると理論との整合性をより重視している<sup>19</sup>。一方で、従来の大規模計量モデルと同様に多くの方程式を個別に推計しており、同時方程式バイアスの可能性はあるものの、定期的に再推計したり定式化をフレキシブルに変更したりすることが比較的容易である点は、実用上では大きな強みとなっている。

この間、中規模DSGEモデルの発展を踏まえ、FRBのEDOを参考に、Q-JEMを補完する目的で開発したのが「M-JEM」である。1節でも言及したように、M-JEMは、生産技術の異なるセクターを明示的に区別したうえで日本のデータを用いて推計している点などに特徴があり、利用する目的や問題意識に応じて、様々なバージョンが存在する。本稿で紹介するバージョン（Fueki et al., 2010）は、EDOと同様に潜在成長率の推計などに用いているが、次節以降で詳しく説明するように、その推計方法はEDOとは異なった独自のものである。現時点では、EDOほど詳細にモデル化していない（例えば耐久財消費や住宅投資を家計支出の内訳として明示的に区別していない）ことなどもあって予測には利用していないが、潜在成長率の推計以外にも、5節で紹介するような様々な分析に活用している。以上のJEM、Q-JEM、M-JEMの比較については、図表2で簡単にまとめている<sup>20</sup>。

#### （日本銀行における他のDSGEモデル）

日本銀行では、特に2000年代後半以降、上記で挙げたJEMやM-JEMのほかにも、様々なDSGEモデルによる分析が行われている。Sugo and Ueda (2008) は、中規模DSGEモデルの発展をいち早く取り入れ、日本のデータを用いた推計に成功した。彼らのモデルでは、資本稼働率の定式化をChristiano et al. (2005) などの既存の中規模DSGEモデルから変更したうえで、実際の稼働率のデータを用いて推計を行い、投資調整費用に対するショックが生産性ショックと同程度に日本の景気循環に大きな影響を与えていたことを示している。その後も彼らのモデルを発展させた中規模DSGEモデルによって、日本の景気循環の源泉となるショックを識別する分析は進められており、Hirose and Kurozumi (2010) は投資特殊的技术進歩ショック、Kaihatsu and Kurozumi (2010) は金融ショックの役割について分析している。また、Fujiwara, Hirose, and Shintani (2011) は、同様

---

<sup>19</sup> 日本銀行で以前用いていた大規模計量モデルについては、1972年9月の調査月報で紹介されている（その後何度か改定されている）。

<sup>20</sup> このほか、日本銀行調査統計局では、特定の目的や高度な推計手法を用いた分析を行うための小規模なDSGEモデルや、短期予測を行うための時系列モデルなども開発している。最近では、名目金利が潜在的にマイナスになる可能性を許容し、パーティクル・フィルターを用いて推定したDSGEモデル（Kitamura, 2010）などがある。



のモデルによって、日本と米国における全要素生産性へのニュース・ショック（将来実現するの生産性への期待の変動）の役割について分析している。

このほか、労働市場や金融市場の構造に焦点を当てた中規模DSGEモデルによる分析なども行われている。Ichiue, Kurozumi, and Sunakawa (2008) は、労働市場におけるサーチ活動を明示的に考慮した中規模DSGEモデルを日本のデータを用いて推計し、労働投入量（時間および雇用者数）の調整とインフレ動学の関係について分析している。Hirakata, Sudo, and Ueda (2011b) は、企業に加えて金融機関の借入制約も考慮したHirakata, Sudo, and Ueda (2011a) の中規模DSGEモデルを日本のデータを用いて推計し、金融機関のバランスシートを毀損させるショックの役割について分析している<sup>21</sup>。

これらの DSGE モデルは予測などでの定期的な利用のために開発されたものでは必ずしもないが、上記のように DSGE モデルの特性を生かした様々な分析に用いられている。こうした状況は海外の中央銀行においても同様で、利用する目的や問題意識に応じて、様々な DSGE モデルが開発されており、それらの分析成果について国を越えて活発な議論が展開されている。

### 3. M-JEMの概要

本節では、Fueki et al. (2010) のバージョンの M-JEM の定式化や推計結果等の概要について解説する。変数名と推計に用いたデータの一覧は、それぞれ補論 A・Bにまとめられている。均衡条件式や定常均衡周りで対数線形化したモデルについては、Fueki et al. (2010) の Appendix を参照されたい。

#### （定式化の概要）

当バージョンの M-JEM は、基本的にはニューケインジアン理論に基づく標準的な中規模 DSGE モデルの性質を踏襲しているが、主な特徴として、①高成長セクターと低成長セクターを明示的に区別した二部門モデルとなっている点、②技術ショックについて、一時的なショックに加えて永続的なショックも考慮している点が挙げられる。こうした特徴は、下記のような各セクターの「中間財生産企業」の生産関数に現われる。

---

<sup>21</sup> 金融機構局で開発された「金融マクロ計量モデル (FMM)」(石川他、2011) は、DSGE モデルではないが、金融システムのストレス下における実体経済との相乗作用を考慮しており、金融システムの頑健性の点検 (マクロ・ストレス・テスト) に用いられている。

$$X_t^c(j) = [K_t^{u,c}(j)]^\alpha \left[ (A_t^m Z_t^m) L_t^c(j) \right]^{1-\alpha}$$

$$X_t^k(j) = [K_t^{u,k}(j)]^\alpha \left[ (A_t^m Z_t^m) (A_t^k Z_t^k) L_t^k(j) \right]^{1-\alpha}$$

where  $\ln A_t^n = \ln A_*^n + \varepsilon_t^{a,n}$ ,  $n \in \{m, k\}$

$$\ln Z_t^n - \ln Z_{t-1}^n = (1 - \rho^{z,n}) \ln \Gamma_*^n + \rho^{z,n} (\ln Z_{t-1}^n - \ln Z_{t-2}^n) + \varepsilon_t^{z,n}$$

$X_t$  は産出量、 $K_t^u$  は稼働している資本ストック、 $L_t$  は労働の投入量であり、カッコ内の  $j$  は個別の中間財生産企業を表すインデックス、添え字の  $c$  と  $k$  は、それぞれ消費財を生産する低成長セクター、投資財を生産する高成長セクターを表している。また、 $A_t^m Z_t^m$  は両セクターに共通の、 $A_t^k Z_t^k$  は高成長セクターに固有の技術水準を表し、それぞれ一時的ショック  $\varepsilon_t^{a,m}, \varepsilon_t^{a,k}$  と、永続的ショック（技術進歩率に対するショック） $\varepsilon_t^{z,m}, \varepsilon_t^{z,k}$  の影響を受ける（これらのショックは、すべて独立の i.i.d. 過程に従う）。

上記①の特徴である二部門モデルの設定は、現実のデータにみられる消費財と投資財の間の成長率格差や相対価格のトレンドを捉えるためのものであるが、この設定により、後述のように潜在成長率を各セクターにおける技術進歩の寄与に分解したり、セクター間の労働移動の調整費用を考慮したり、技術ショックへの消費や投資の反応を現実のデータと整合的に説明したりすることも可能となる。また、②の特徴である永続的ショックによって、各変数のトレンドの変動も考慮することになるため、データのトレンドを除去しないでそのまま推計に用いることが可能となり、後述のようにトレンドの変動を含んだ潜在成長率をモデルから内生的に算出できることになる。

各セクターの中間財生産企業は独占的競争企業であり、それぞれ差別化された中間財を生産して価格設定したうえで、それらを各セクターの最終財生産企業に売却する。最終財生産企業は完全競争的で、差別化された中間財を下記のような技術によって同質的な最終財（消費財  $X_t^c$  と投資財  $X_t^k$ ）に集約し、家計および資本保有企業に売却する（モデルの鳥瞰図は図表 3 を参照）。

$$X_t^c = \left( \int_0^1 X_t^c(j)^{\frac{\Theta_t^{x,c}-1}{\Theta_t^{x,c}}} dj \right)^{\frac{\Theta_t^{x,c}}{\Theta_t^{x,c}-1}}, \quad X_t^k = \left( \int_0^1 X_t^k(j)^{\frac{\Theta_t^{x,k}-1}{\Theta_t^{x,k}}} dj \right)^{\frac{\Theta_t^{x,k}}{\Theta_t^{x,k}-1}}$$

ここで、 $\Theta_t^{x,c}$ 、 $\Theta_t^{x,k}$  は、各セクターの中間財価格へのマークアップ・ショックとなる確率変数である。上記の最終財生産企業の生産技術から導かれる中間財へ

の需要関数を所与として、セクター  $s \in \{c, k\}$  の中間財生産企業  $j$  は、下記の期待割引利益を最大化するよう価格を設定する。

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{\Lambda_t^c}{P_t^c} \left\{ P_t^s(j) X_t^s(j) - MC_t^s(j) X_t^s(j) - \frac{100 \cdot \chi^p}{2} \left( \frac{P_t^s(j)}{P_{t-1}^s(j)} - \eta^p \Pi_{t-1}^{p,s} - (1 - \eta^p) \Pi_*^{p,s} \right)^2 P_t^s X_t^s \right\}$$

$\Lambda_t^c$  は家計の消費からの限界効用、 $P_t^s(j)$ 、 $MC_t^s(j)$  は中間財生産企業  $j$  の価格と限界費用である。第 2 行は Rotemberg (1982) の定式化に倣った価格調整費用であり、 $\Pi_t^{p,s} \equiv P_t^s / P_{t-1}^s$  はセクター  $s$  のインフレ率、 $\Pi_*^{p,s}$  はセクター  $s$  の（一定の）トレンド・インフレ率を表している。

資本保有企業は、高成長セクターの最終財生産企業から投資財を購入して資本を蓄積し、それを各セクターの中間財生産企業に貸し出してレンタル収入を得る。投資財購入量、各セクターへの資本投入量と稼働率は、下記の期待割引利益を最大化するように決定される。

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{\Lambda_t^c}{P_t^c} \left[ R_t^c U_t^c(k) K_t^c(k) + R_t^k U_t^k(k) K_t^k(k) - P_t^k I_t(k) \right]$$

$R_t^c$ 、 $R_t^k$  は各セクターのレンタルコスト率、 $K_t^c(k)$ 、 $K_t^k(k)$  は各セクターの中間財生産に投入される資本ストック、 $U_t^c(k)$ 、 $U_t^k(k)$  はそれらの稼働率、 $I_t(k)$  は投資財購入量、 $k$  は個別の資本財保有企業を表すインデックスである。資本の蓄積過程は下記の式で規定され、右辺第 3 項（2 行目）の投資調整費用と、第 4 項（3 行目）の稼働率費用は、資本を減耗させる費用という形で導入されている。

$$K_{t+1}^c(k) + K_{t+1}^k(k) = (1 - \delta) (K_t^c(k) + K_t^k(k)) + I_t(k) - \frac{100 \cdot \chi}{2} \left[ \frac{I_t(k) A_t^\varphi - I_{t-1}(k) \Gamma_t^{z,m} \Gamma_t^{z,k}}{K_t^c(k) + K_t^k(k)} \right]^2 (K_t^c(k) + K_t^k(k)) - \kappa \left[ \frac{(Z_t^U U_t^c(k))^{1+\psi} - 1}{1+\psi} K_t^c(k) + \frac{(Z_t^U U_t^k(k))^{1+\psi} - 1}{1+\psi} K_t^k(k) \right]$$

$A_t^\varphi$ 、 $Z_t^U$  は、それぞれ投資調整費用ショック、稼働率ショックとなる確率変数、 $\Gamma_t^{z,m}$ 、 $\Gamma_t^{z,k}$  は中間財生産企業の生産関数に含まれた両セクター共通、高成長セクター固有の技術進歩トレンド（ $\Gamma_t^{z,m} \equiv \ln Z_t^m - \ln Z_{t-1}^m$ 、 $\Gamma_t^{z,k} \equiv \ln Z_t^k - \ln Z_{t-1}^k$ ）である。

家計は、低成長セクターの最終財生産企業から消費財を購入する一方、各セクターの中間財生産企業に、差別化された労働力を提供して所得を得る。消費財購入量、各セクターへの労働供給量（労働需要関数を所与としたもとで設定される賃金と整合的な労働供給量）は、下記の効用関数を最大化するように決定される。

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \Xi_t^\beta \left\{ \varsigma^c \ln(C_t(i) - hC_{t-1}(i)) - \varsigma^l \frac{(L_t^c(i) + L_t^k(i))^{1+\nu}}{1+\nu} \right\}$$

$\Xi_t^\beta$  は家計の異時点間代替に関する相対需要ショック（時間選好ショック）を表す確率変数、 $C_t(i)$  は家計  $i$  の消費財購入量、 $L_t^c(i)$ 、 $L_t^k(i)$  は各セクターの中間財生産に投入される家計  $i$  の労働供給である。予算制約式は下記のように規定され、右辺第 5 項（2 行目）は中間財生産企業の価格調整費用と同様の定式化による名目賃金の調整費用、第 6 項（3・4 行目）はセクター間の労働再配分における調整費用を表している。

$$\begin{aligned} \frac{B_{t+1}(i)}{R_t} = & B_t(i) + \sum_{s=c,k} W_t^s(i) L_t^s(i) + \Omega_t(i) - P_t^c C_t(i) \\ & - \sum_{s=c,k} \frac{100 \cdot \chi^w}{2} \left[ \frac{W_t^s(i)}{W_{t-1}^s(i)} - \eta^w \Pi_{t-1}^{w,s} - (1 - \eta^w) \Pi_*^{w,s} \right]^2 W_t^s L_t^s \\ & - \frac{100 \cdot \chi^l}{2} \left( \frac{L_*^c}{L_*^c + L_*^k} W_t^c + \frac{L_*^k}{L_*^c + L_*^k} W_t^k \right) \\ & \times \left( \frac{L_t^c(i)}{L_t^k(i)} - \eta^l \frac{L_{t-1}^c(i)}{L_{t-1}^k(i)} - (1 - \eta^l) \frac{L_*^c}{L_*^k} \right)^2 \frac{L_t^k}{L_t^c} \end{aligned}$$

$R_t$  は名目債券金利、 $B_t(i)$  は家計  $i$  の保有する債券、 $W_t^s(i)$  はセクター  $s$  への家計  $i$  の労働供給に対する賃金、 $\Omega_t(i)$  は家計  $i$  の配当収入、 $\Pi_t^{w,s} \equiv W_t^s / W_{t-1}^s$  はセクター  $s$  の名目賃金上昇率、 $\Pi_*^{w,s}$  はセクター  $s$  の（一定の）名目賃金トレンド上昇率、 $L_*^s$  はセクター  $s$  の労働供給量の定常値である。

最後に、金融政策ルールは、下記のような金利スミージング付きテイラー・ルールとして定式化される。

$$R_t = (R_{t-1})^{\phi^r} \left[ R_* (\tilde{X}_t)^{\phi^{h,gdp}} \left( \frac{\tilde{X}_t}{\tilde{X}_{t-1}} \right)^{\phi^{\Delta h,gdp}} \left( \frac{\Pi_t^{p,gdp}}{\Pi_*^{p,gdp}} \right)^{\phi^{\pi,gdp}} \right]^{1-\phi^r} \exp(\varepsilon_t^r)$$

$R_*$  は名目均衡金利 (一定)、 $\tilde{X}_t$  は実質 GDP の効率的産出量からギャップ、 $\Pi_t^{p,gdp}$  は GDP デフレーターインフレ率である。実質 GDP 成長率 ( $H_t^{gdp}$ ) と GDP デフレーターインフレ率は、下記のように両セクターの連鎖結合として算出される。

$$H_t^{gdp} = \left[ \left( \frac{X_t^c}{X_{t-1}^c} \right)^{P_*^c X_*^c} \left( \frac{X_t^k}{X_{t-1}^k} \right)^{P_*^k X_*^k} \right]^{\frac{1}{P_*^c X_*^c + P_*^k X_*^k}}$$

$$\Pi_t^{p,gdp} H_t^{gdp} = \frac{P_t^c X_t^c + P_t^k X_t^k}{P_{t-1}^c X_{t-1}^c + P_{t-1}^k X_{t-1}^k}$$

財市場の均衡では、消費財が家計消費と低成長セクターの価格調整費用および名目賃金調整費用、労働調整費用、さらに外生的な確率変数として表わされる政府支出  $G_t$  の合計と等しくなる。一方、投資財は資本保有企業の投資支出と高成長セクターの価格調整費用および名目賃金調整費用、さらに外生的な確率変数として表わされる純輸出  $F_t$  の合計と等しくなる。

$$X_t^c = \int_0^1 C_t(i) di + G_t + \frac{100 \cdot \chi^w}{2} \left[ \Pi_t^{w,c} - \eta^w \Pi_{t-1}^{w,c} - (1 - \eta^w) \Pi_*^{w,c} \right]^2 W_t^c L_t^c$$

$$+ \frac{100 \cdot \chi^p}{2} \left[ \Pi_t^{p,c} - \eta^p \Pi_{t-1}^{p,c} - (1 - \eta^p) \Pi_*^{p,c} \right]^2 P_t^c X_t^c$$

$$+ \frac{100 \cdot \chi^l}{2} \left( \frac{L_*^c}{L_*^c + L_*^k} W_t^c + \frac{L_*^k}{L_*^c + L_*^k} W_t^k \right)$$

$$\times \left( \frac{L_t^c}{L_t^k} - \eta^l \frac{L_{t-1}^c}{L_{t-1}^k} - (1 - \eta^l) \frac{L_*^c}{L_*^k} \right)^2 \frac{L_t^k}{L_t^c}$$

$$X_t^k = \int_0^1 I_t(i) di + F_t + \frac{100 \cdot \chi^w}{2} \left[ \Pi_t^{w,k} - \eta^w \Pi_{t-1}^{w,k} - (1 - \eta^w) \Pi_*^{w,k} \right]^2 W_t^k L_t^k$$

$$+ \frac{100 \cdot \chi^p}{2} \left[ \Pi_t^{p,k} - \eta^p \Pi_{t-1}^{p,k} - (1 - \eta^p) \Pi_*^{p,k} \right]^2 P_t^k X_t^k$$

また、各セクター  $s$  の労働市場と資本市場の均衡は、以下のように表される。

$$L_t^s(i) = \int_0^1 L_t^s(i, j) dj, \quad \forall i \in [0, 1]$$

$$\int_0^1 U_t^s(k) K_t^s(k) dk = \int_0^1 K_t^{u,s}(j) dj$$

## (推計結果の概要)

上記のモデルは、標準的な中規模DSGEモデルと同様に、ベイズアン手法によって推計される<sup>22</sup>。推計に用いるデータは、高成長セクターと低成長セクターの1人当たり名目付加価値とデフレーター、雇用者報酬、労働投入量、コールレート、製造業稼働率指数など10系列で、推計期間は1981年第1四半期から2010年第4四半期まで(Fueki et al. (2010) から1年分延長)である<sup>23</sup>。高成長セクターの付加価値は、設備投資、在庫投資、純輸出から成り、低成長セクターの付加価値は、個人消費、住宅投資、政府支出から成ると仮定する(データの詳細は、補論Bを参照)。なお、上述の通り、モデルではトレンドの変動を考慮しているため、推計に際してデータから予めトレンドを除去することはしない(但し一部のデータは対数階差をとる)。こうしたデータを、モデルの各変数の定常均衡経路からの乖離率(トレンドの変動を含む)と対応させるように観測方程式を設定し<sup>24</sup>、モデルの推計を行う。

推計したパラメーターの事前分布と事後分布、および推計せずにカリブレートしたパラメーターの値は、図表4にまとめられている。価格や名目賃金などの各種調整費用に関するパラメーター、金融政策ルールの反応係数などの推計結果は、概ね先行研究と整合的なものとなっている。また、各種の外生ショックの確率過程に関するパラメーターの推計値も、概ねリーズナブルなものと考えられる。一方、資本分配率、家計の主観的割引率、資本減耗率、マークアップ率や技術進歩率の定常値については、先行研究や過去のデータと整合的になるように、カリブレーションによって与えている。

こうした推計結果の性質をみるため、図表5では主要内生変数(生産、消費、投資、インフレ率)の予測誤差を、各種の外生ショック(両セクター共通・高成長セクター固有の技術ショック、金融政策ショック、各セクターのマークアップ・ショック、賃金マークアップ・ショック、投資調整費用ショック、政府

---

<sup>22</sup> 推計作業にはDynare 4.03 を利用した。推計方法の詳細については、Fueki et al. (2010) の3.1 節を参照されたい。

<sup>23</sup> 日本のデータを用いて推計された既存のDSGEモデルでは、ゼロ金利制約の影響を受けた期間を除いて推計されていることが多いが、本モデルでは、1998年第4四半期までのデータを用いたパラメーター等の推計結果と大きな違いがないことを確認したうえで、直近までのデータを用いて推計を行っている。

<sup>24</sup> 観測方程式は、 $x_t$  を観察されるデータ、 $\zeta_t$  をモデルの内生変数(定常化・対数線形化)のベクトルとすると、 $x_t = J\zeta_t + cons$  という形で表され( $J$ は行列)、定数項 $cons$ の存在を仮定している。一方、EDOなどと異なり、データに観測誤差が含まれることは仮定していない(ただし、以下で推計結果の頑健性を調べる際には、観測誤差の存在を仮定する)。

支出ショック、純輸出ショック、家計の時間選好ショック、資本稼働率ショック）に分解した結果をまとめている。短期（1期先）から長期（100期＝25年先）までのいずれの予測期間についても、生産の予測誤差は技術ショック（特に両セクター共通）、消費の予測誤差は時間選好ショック、投資の予測誤差は投資調整費用ショック、GDPデフレーターインフレ率の予測誤差はマークアップ・ショック（特に低成長セクターで生産される消費財マークアップ）によって説明される部分が多い。

次に、各種技術ショックに対する主要内生変数のインパルス応答をみると（図表6）、正の一時的技術ショックは、生産や消費・投資を増加させる一方でインフレ率を低下させるのに対し、正の永続的技術ショックは、インフレ率を含むすべての変数を上昇させることがわかる。正の永続的技術ショックがインフレ率を上昇させるのは、家計の期待所得や企業の期待収益を永続的に高めることを通じて、供給面だけでなく家計や企業の需要面も刺激する効果を持つためである。また、両セクター共通の技術ショックと高成長セクター固有の技術ショックに対する反応を比べると、どちらのショックに対しても消費と投資が同方向に動くことがわかる。一部門モデルにおける投資財特殊な技術ショックは、消費と投資を逆方向に動かす傾向があるのに対し、明示的な二部門モデルであるM-JEMでは、あらゆる技術ショックに対して消費と投資が同方向に動き、現実の景気循環における一般的な傾向と整合的になっている<sup>25</sup>。

## 4. 潜在成長率の推計

本節では、M-JEMによる潜在成長率の推計結果を示す。同時に、GDPギャップ（アウトプット・ギャップ）の推計結果や、他の推計方法との比較、推計結果の頑健性などについても論じる。他の推計方法と比べると、M-JEMのようなDSGEモデルによって推計される潜在成長率は、その変動要因や推計値の頑健性などについて、根源的な要因にまで遡って理論と整合的に解釈できる点などにメリットがある。以下では、まず潜在成長率の一般的な概念整理を行い、M-JEMにおける定義付けについて説明する。

---

<sup>25</sup> 投資財特殊な技術ショックに対する消費や投資の反応は、Braun and Shioji (2007)が日本のデータを用いて推計したVARモデルの結果と概ね整合的である。なお、一部門モデルと二部門モデルにおける投資財特殊な技術ショックの影響については、Guerrieri, Henderson, and Kim (2010)などを参照。

## (概念整理とM-JEMにおける定義)

潜在成長率は、一般的には、「中長期的に持続可能な経済成長率」という意味で用いられることが多い。従って、実務上は、実質GDPから短期的な不規則変動や循環的な変動成分を統計的手法（HPフィルター等）によって取り除き、抽出された中長期的なトレンド成分の成長率をそのまま潜在成長率とみなすことも多い（フィルタリング・アプローチ）。また、中長期的な経済成長のトレンドは一国の供給能力によって規定され、景気循環や短期的変動は主に需要要因によって規定されると考えて、生産関数の推計を通じて中長期的な供給能力の変動を抽出する方法も広く行われており（生産関数アプローチ）、日本銀行調査統計局で従来推計している潜在成長率もこのアプローチによるものである<sup>26</sup>。生産関数アプローチによる潜在成長率は、上記のような考え方に基くと、現実の経済成長率との間の乖離が需給ギャップの変化を表すことになるため、「物価の安定と整合的（インフレ圧力から中立的）な経済成長率」という意味を持つことになる。さらに、物価が安定している状態では財・サービスや生産要素が効率的に配分されていると考え、と、「効率的資源配分のもとでの経済成長率」という意味も持つことになる。

一方、DSGEモデルでは、様々なショックによって変動する経済の動学的一般均衡をシステム推計したうえで、物価の安定と整合的な産出量（自然産出量）や効率的な資源配分のもとでの産出量（効率的産出量）を算出する。自然産出量は、仮に価格や名目賃金が伸縮的であった場合に実現する産出量と定義され、効率的産出量は、価格や賃金が伸縮的で、かつ独占的競争やその他の要因による市場の摩擦が一切存在しない場合に実現する産出量と定義される<sup>27</sup>。価格や名目賃金が粘着的なもとで実現している現実の実質GDPと、これらの自然産出量や効率的産出量との間の乖離が、理論上インフレ率を規定することになる（ニューケインジアン・フィリップス曲線）。

M-JEMでは、推計された効率的産出量の変動のうち、永続的な技術ショックの影響によって変動しているトレンドの部分のみを抽出して、潜在成長率と定義する。効率的産出量そのものの成長率を潜在成長率とみなさないのは、それが短期的にも大きく変動しており、「中長期的に持続可能な経済成長率」という

---

<sup>26</sup> フィルタリング・アプローチや、生産関数アプローチなど、潜在成長率の各種推定法については、一上他（2009b）を参照。また、日本銀行調査統計局で生産関数アプローチによって推計している潜在成長率の詳細については、伊藤他（2006）を参照。

<sup>27</sup> 本稿で紹介するM-JEMでは、独占的競争による摩擦のほかには、資源配分の歪みをもたらすような市場の摩擦を仮定していないため、自然産出量と効率的産出量との乖離は、マークアップ・ショックの影響による変動のみに対応している。



一般的に用いられている意味と対応しなくなるからである。従来のDSGEモデルでは、市場の摩擦があまり考慮されていないこともあって、現実の実質GDPの変動のうち多くの部分を効率的な資源配分のもとでの自律的な調整過程とみなしている。これに対し、生産関数アプローチなどと同様に、潜在成長率は技術進歩のトレンドに対応するものと考えて、永続的な技術ショックによる効率的産出量の変動のみを抽出したものが、M-JEMで定義する潜在成長率である。なお、ここでの潜在成長率の定義は独自のものであるが<sup>28</sup>、2節で紹介したFRBのEDOでも、モデルから推計される自然産出量や効率的産出量の成長率をそのまま潜在成長率とはみなさず、代わりにモデル上の長期的な確率トレンド（Beveridge-Nelson trend）などをそれに対応するものとして参照している<sup>29</sup>。

図表7では、DSGEモデルにおける上記の様々な産出量の概念について整理している。効率的産出量の変動とM-JEMの潜在産出量の変動の違いに当たる部分は、一時的な技術ショックなどの影響や、投資や労働など実物的な調整費用の影響による、効率的産出量のトレンド周りの短期的変動である。これらは、モデルの中では効率的資源配分のもとでの自律的な調整過程として捉えられているが、M-JEMの潜在成長率の定義に基づく、むしろGDPギャップの変動とみなされることになる。モデルの中で様々な市場の摩擦を明示的に考慮すれば、これらの短期的変動のうちどの部分が効率的な自律調整過程で、どの部分がGDPギャップの変動に含めるべき非効率的な変動であるか、より明らかに区別できるかもしれないが、現時点ではそのような区別をすることはできていない。なお、上記のM-JEMの潜在成長率の定義に基づくGDPギャップと、効率的産出量からの乖離としてのGDPギャップとで、どの程度インフレ率への予測能力が異なるかについては、後で検討する。

#### （潜在成長率の推計結果）

図表8上段では、実質GDP成長率（前年同期比、以下同じ）、M-JEMによって推計された効率的産出量の成長率、および上記の定義に基づく潜在成長率が示されている。上記の通り、効率的産出量は短期的にも大きく変動し、現実の実質GDPと近い動きをしているのに対し、潜在成長率はそれらよりもかなり滑らかな動きとなっている。こうしたM-JEMの定義に基づく潜在成長率は、図表

---

<sup>28</sup> Yano (2009) は、トレンドや構造パラメーターが確率的に変動するDSGEモデルを、日本のデータを用いて推定している。ただし、そこで推計されたトレンドの変動は、理論上の潜在成長率に相当する概念とは明示的な関係がなく、ここで紹介しているM-JEMによって推計された潜在成長率とも概念的に異なる。

<sup>29</sup> この点については、Kiley (2010) で議論されている。なお、以前はEdge et al. (2008) で議論されていたように、EDOから算出される自然産出量などを参照していた。

8 下段で示されている通り、生産関数アプローチやフィルタリング・アプローチ(HP フィルター)によって推計された潜在成長率と概ね近い動きをしている。すなわち、80 年代まで 4%程度で推移したあと、90 年代に入ってから緩やかに低下し、90 年代末には 0%近傍に達している。2000 年代以降は、世界金融危機の時期にマイナスまで落ち込んだ以外は、概ね 0~2%の範囲内で推移している。生産関数アプローチによる潜在成長率との違いをやや仔細にみると、90 年代の低下、00 年代前半の上昇、00 年代後半の低下のいずれにおいても、M-JEM の潜在成長率の方がペースが速く、転換点のタイミングも早い。また、生産関数アプローチによる潜在成長率は世界金融危機の時期にもプラス圏内を維持していたのに対し、M-JEM の潜在成長率はマイナスまで落ち込んでおり、最近では振幅の大きい動きとなっている。一方、フィルタリング・アプローチによる潜在成長率は、最近の 1 年間などを除くと、M-JEM の潜在成長率とかなり近い推移をしている。

図表 9 の上段は、M-JEM の潜在成長率を、その変動要因となる永続的ショックに分解したものを示している。M-JEM では、2 節で説明したように 1 人当たり付加価値のデータを用いて推計を行っており、推計された変数に人口データ(15 歳以上人口)を事後的に掛けることによって、各種産出量や潜在成長率を算出している。このため、潜在成長率は、2 種類(両セクター共通、高成長セクター固有)の永続的な技術ショックの影響による部分と、人口成長率に分解されることになる。分解の結果をみると、高成長セクター固有の技術進歩(永続的な技術ショック)の影響が推計期間を通じてコンスタントに潜在成長率を押し上げてきた一方、両セクター共通の技術進歩の影響は 90 年代以降マイナス寄与に転じ、それ以降は 00 年代前半を除くほとんどの期間において、振幅をもたらしながら潜在成長率を押し下げてきたことがわかる。90 年代以降の潜在成長率の低迷は、人口成長率の低下に加え、このような両セクター共通の技術進歩の停滞によって説明される。この間、セクター間の技術進歩の格差は一定のペースで拡大を続けており、高成長セクターにおける技術進歩の影響が経済全体になかなか広まらなかったことが示唆される。こうした結果の背後では、文字通りの「技術進歩」の停滞に限らず、経済全体でみた効率的な資源再配分を阻害する何らかの要因が存在したことも考えられる。例えば、M-JEM ではセクター間の労働再配分における調整費用を明示的に考慮しているが、それでは捉えきれない労働市場の摩擦や、M-JEM で考慮されていない金融市場の摩擦(例えばゾンビ企業への追い貸し)などによって、経済全体の生産性が低下した可能性も考えられる。

なお、図表 9 の下段では、生産関数アプローチによる潜在成長率の要因分解が示されている。M-JEM の潜在成長率の要因分解では、資本や労働など生産要素の投入量の変動も、2 つの根源的なショック(いずれも TFP へのショック)の

影響に分解されたが、ここでは生産関数アプローチによる潜在成長率の推計方法に沿って、生産要素の「潜在的」な投入量の変動による寄与と、残差としてのTFPの寄与に分解されている。両者を合わせ見ることによって、例えば、生産関数アプローチの要因分解に示されている潜在労働時間や潜在就業者数の減少が、M-JEMの潜在成長率に下押し寄与していた両セクター共通の技術進歩の影響であった可能性や、資本ストックの成長が、高成長セクター固有の技術進歩の影響であった可能性などが考えられる。90年代以降の潜在成長率の低下の要因については、上記のような生産関数アプローチに基づく「成長会計」や、Hayashi and Prescott (2002) のような一部門の経済成長モデルによるシミュレーションなど<sup>30</sup>、様々な手法による分析が試みられてきたが、2つの永続的ショックを考慮した二部門のDSGEモデルとしての特性を生かしたM-JEMによる要因分解は、従来のアプローチと補完的な新たな角度からの分析を可能にしたものとなっている。

### (GDPギャップ)

図表 10 上段では、M-JEM の定義に基づく潜在産出量からの実質 GDP の乖離としての GDP ギャップと、M-JEM で推計された効率的産出量からの乖離としての GDP ギャップ（アウトプット・ギャップ）が示されている。両者は概ね同様の推移をしており、いずれも内閣府の景気基準日付に基づく景気変動とほぼ同時相関的に動いている。ただし、M-JEM の潜在成長率の動きが効率的産出量の成長率よりも滑らかであったことに対応して、逆に潜在産出量からのギャップは効率的産出量からのギャップよりも変動が大きくなっている。こうした M-JEM の定義に基づく潜在産出量からのギャップは、図表 10 下段で示されている通り、生産関数アプローチやフィルタリング・アプローチ（HP フィルター）による潜在産出量からのギャップとも、概ね近い動きをしている。M-JEM の潜在産出量からのギャップと生産関数アプローチによるギャップの違いをやや仔細にみると、90年代は M-JEM の潜在成長率の低下のペースが速かったことに対応して、潜在産出量からのギャップは生産関数アプローチに比べて高い水準となっており、98年頃までプラス圏内を維持していた。一方、00年代前半は M-JEM の潜在成長率の上昇のタイミングが早かったことに対応して、ギャップは生産関数アプローチ対比低い水準にとどまっていたが、2007年頃からは両者のギャップはほぼ同じ水準で推移している。なお、フィルタリング・アプローチによるギャップは、他のギャップと比べると総じてゼロに近い水準で推移しており、

---

<sup>30</sup> Hayashi and Prescott (2002) は、一部門の経済成長モデルを用いて、TFPの低下と時短の導入に伴う労働投入量の減少によって、90年代の「失われた10年」を説明できることを示している。また、TFP低下の要因については、政策的な資源再配分によって非効率的なセクターが延命されたことを、可能性の一つとして挙げている。

生産関数アプローチによるギャップほどはM-JEMの潜在産出量からのギャップと近い動きになっていない。

これら各種のGDPギャップは、先に潜在成長率の概念整理の中で述べたように、一定の前提のもとでインフレ圧力の度合いを表していると考えられる。ニューケインジアン・フィリップス曲線によってインフレ率の動きを規定しているM-JEMの中では、効率的産出量からのギャップ（アウトプット・ギャップ）が理論上は最もインフレ圧力と関係しているが、M-JEMの定義に基づく潜在産出量からのギャップも、ある程度はインフレ圧力を表していると考えられる。また、生産関数アプローチによるギャップ（需給ギャップ）や、フィルタリング・アプローチによるギャップも、実務上はインフレ圧力を表す指標として用いられている。図表 11 では、これらのGDPギャップが実際のインフレ率（GDPデフレーターと消費デフレーターの前期比）に対してどの程度予測能力を持つかを、インフレ率の自己ラグとGDPギャップのラグを説明変数とする単純な時系列モデルによって評価・比較した結果をまとめている<sup>31</sup>。自己ラグのみによってインフレ率を予測するARモデルと比べると、上記の各種GDPギャップを説明変数に加えたモデルの平均平方予測誤差（Mean Squared Forecast Error）は、4 四半期先や8 四半期先の予測に関する一部のケースを除き、概ね小さくなっている。すなわち、上記の各種GDPギャップはいずれも、少なくとも短期的にはインフレ率に対して何らかの予測能力を有していると解釈することができる。各種GDPギャップの予測能力を仔細に比較すると、M-JEMの効率的産出量や潜在産出量からのギャップは、特に1 四半期先のインフレ率の予測に関しては、生産関数アプローチやフィルタリング・アプローチによるギャップよりも相対的に予測能力が高い。また、M-JEMの2つのギャップの間で比較すると、潜在産出量からのギャップは、理論的にはインフレ率との関係が深いはずの効率的産出量からのギャップよりも、むしろ予測能力が高いケースが多いことがわかる。これらの結果から、少なくとも、M-JEMの定義に基づく潜在産出量からのギャップが、理論とより整合的な効率的産出量からのギャップや、実務上用いられている他のギャップと比べて、インフレ率への予測能力が明確に劣るということはないと考えられる<sup>32</sup>。

---

<sup>31</sup> 説明変数のラグ構造は、Schwartzの情報基準により選択した。時系列モデルの推計期間は、始期を1985/1Qとして固定し、終期を1999/1Qから2010/4Qまで逐次的に移動させて、それぞれ1、4、8期先の予測誤差を計測した。詳細は、Fueki et al. (2010) の5.2節、およびCoenen, Smets, and Vetlov (2009) を参照されたい。

<sup>32</sup> Fueki et al. (2010) では、他の評価方法も含めてより詳細に各種GDPギャップの予測能力を比較しているが、予測対象や評価方法によって比較の結果はまちまちとなっている。

### (推計結果の頑健性)

一般に、DSGEモデルによって推計される効率的産出量は、モデルの定式化やショックの識別方法によって大きく異なることが指摘されており、先に示したように短期的な変動が大きいことと並んで、実務上参照されにくい理由の一つとなっている。これに対し、M-JEMの定義に基づく潜在産出量は、効率的産出量のうち永続的なショックの影響による部分のみを抽出したものであるため、少なくとも短期的変動に関するモデルの定式化やショックの識別方法の変更に対しては比較的頑健と考えられる。Fueki et al. (2010) では、金融政策ルール of 定式化や労働供給ショックの識別方法などに関して、M-JEMの定義に基づく潜在成長率が頑健であることを示しているが<sup>33</sup>、本稿では、マークアップ・ショックの識別に関する頑健性を示す。M-JEMで仮定している価格と賃金に関するマークアップ・ショックは、相対価格の変動などに関する他の構造ショックと識別できないことや、価格や賃金のデータの観測誤差を表しているに過ぎない可能性などが、一部の研究者によって指摘されている<sup>34</sup>。そこで、図表 12 では、価格と賃金に関するマークアップ・ショックのいずれかまたは両方を考慮しない代わりに（あるいは両方を考慮したまま）、それらのデータに観測誤差を考慮して推定を行った結果が示されている。潜在成長率とGDPギャップの推計結果は、総じてみれば、これらの代替的なモデルの間で大きな違いはみられず、ベンチマークのM-JEMの推計結果は、マークアップ・ショックとデータの観測誤差との間の識別に関しては頑健であるといえる。ただ、これらのモデル間の推計結果の違いを仔細にみると、例えば 90 年代半ばから 00 年代半ばにかけての時期など、流通構造の合理化やグローバルな競争環境の変化が生じていたと考えられる時期には推計結果の違いが目立つようになっていることから、単なる観測誤差ではない構造的なマークアップ・ショックがこの時期に実際に生じていた可能性も示唆される。

推計結果の頑健性に関しては、推計に用いるデータの更新や改訂に対する頑健性も問題になる。図表 13 では、2001、2003、2005、2007 年の第 1 四半期およ

---

<sup>33</sup> ただし、Fueki et al. (2010) で示しているように、一時的な技術ショックをi.i.d.過程ではなくAR過程と仮定すると、潜在成長率の推計結果は大きく変わる。これは、本来永続的ショックとして識別されていた技術ショックの一部が、持続的な一時的ショックとして識別され、その影響がM-JEMの定義に基づく潜在成長率にカウントされなくなるためと考えられる。なお、一上他 (2009b) で紹介された開発の初期段階のバージョンでは、一時的な技術ショックをAR過程と仮定していた。

<sup>34</sup> マークアップ・ショックと他の構造ショックとの間の識別問題については、Chari, Kehoe, and McGrattan (2009) などが、観測誤差との間の識別問題についてはJustiniano and Primiceri (2008) が指摘している。

び 2009 年第 4 四半期までに利用可能であったリアルタイム・データを用いた、M-JEM による潜在成長率と GDP ギャップの推計結果が重ねて示されている。これらを比較すると、いずれも推計期間の末端での推計結果は、その後データが更新された際に比較的大きく変わっていることがわかる。例えば、Fueki et al. (2010) で示された 2009 年第 4 四半期までのデータによる推計結果では、2009 年中の潜在成長率はマイナス圏内で横ばい推移していたが、2010 年第 4 四半期までのデータを用いた最新の推計結果によると、潜在成長率は 2009 年中から急速に回復してゼロに近づいていた。このように推計期間の末端での推計結果はあまり頑健でないが、総じてみれば、過去の推計結果の多くの部分は、最新の推計結果の 90%のベイズ信用区間に収まっており、データの更新や改訂に伴う推計の不確実性は、推計自体の不確実性に比べればそれほど大きくないと考えることもできる。また、推計期間の末端におけるいわゆる「端点問題」は、生産関数アプローチやフィルタリング・アプローチによる潜在成長率の推計結果に対しても指摘されているところで、M-JEM による推計結果に限ったことではない。

## 5. M-JEMの今後の課題

本節では、M-JEM の今後の活用可能性や、活用を広げるうえでの課題などについて、現在進行中の分析も紹介しながら簡単にまとめる。

### (財政政策の効果)

財政政策の効果は、将来の政策の持続性や変更可能性についての民間主体の期待に大きく依存すると考えられるため、民間主体の期待形成や時間を通じた予算制約式を明示的に考慮した M-JEM は、その分析のためにも有用と考えられる。しかしながら、すべての家計が無限の将来まで生存し合理的に期待形成するような「リカードの中立命題」が成立する状況では、財政政策の効果は限定的なものとなってしまふ。このため、M-JEM で財政政策の効果を分析する際には、毎期の所得をすべて期中の消費に回すような家計（非リカーディアン家計）が一定割合存在することを仮定する。また、各種の財政政策手段（所得税、消費税、法人税、補助金等）や、経済・財政状況に応じて財政余剰をコントロールするような一定の財政政策ルールを定式化する。

海外中銀などでは、近年の世界金融危機後の各国での大規模な財政刺激策やその後の財政悪化などを受けて、様々な種類のマクロモデルを用いた財政政策

の効果に関する比較分析が行われている<sup>35</sup>。日本銀行でも、例えばM-JEMとIMFの多国間モデル「GIMF (Global Integrated Monetary and Fiscal Model)」を比較しながら、代替的な財政政策ルールや財政状況のもとでの財政政策の効果について分析している (Fueki et al., 2011)<sup>36</sup>。

### (長期デフレの要因)

潜在成長率だけでなく、90年代後半以降の日本の長期的なデフレに関しても、M-JEMではより根源的な要因にまで遡って分析することが可能である。特に、技術進歩や家計の選好（相対需要）の変化、セクター間での労働の再配分などといった国内の構造要因とデフレの関係を分析するにあたっては、M-JEMは有用なツールである。また、金融政策ルールを拡張し、中央銀行の目標インフレ率、ないし経済で実現する「トレンド・インフレ率」を可変と仮定した場合に、その変動が日本の長期デフレにどのように寄与したか分析することも可能である (齋藤他、2011)。

もっとも、日本の長期デフレは、上記のような国内の構造要因だけでなく、海外要因や金融的要因など、様々な要因が複合的に影響し合って生じた現象と考えられるため、M-JEMだけでは包括的に分析することはできない。また、国内の構造問題との関係を考えるうえでも、現行のM-JEMではそれらに対応する市場の摩擦がほとんど考慮されていない点などに課題がある。

### (金融市場の摩擦)

既存のM-JEMで考慮されていない重要な点として、金融市場の摩擦が挙げられる。特に近年の世界金融危機以降、学界では金融市場の摩擦を考慮したDSGEモデルについての研究がさかんに進んでいるが<sup>37</sup>、予測に用いられるような規模のDSGEモデルに導入されている例は少ない。例えば、FRBのEDOも、最新のバージョン (Chung et al., 2010) では、家計や各種企業の様々なリスク・プレミアム・ショックを導入しているが、金融市場の摩擦が明示的にモデル化されてい

---

<sup>35</sup> 例えばCoenen et al. (2010) は、各国中銀や国際機関で実際に利用されている7個のマクロモデルの間で、財政政策の効果を比較・検討している。

<sup>36</sup> 日本の内閣府でも、中規模DSGEモデルを用いて財政政策の効果についての分析が行われている (Iwata, 2011)。

<sup>37</sup> 2011年の日本銀行金融研究所の国際コンファレンスでは、実体経済と金融面のリンクと金融政策について、DSGEモデルを含めた最新の研究成果が発表された (小田他、2011)。また、内閣府経済社会総合研究所の国際コンファレンス (2010年6月) およびワークショップ (2011年2月) でも、金融市場の摩擦を考慮したDSGEモデルの研究発表が行われた (Gertler and Kiyotaki, 2010、Hirakata et al., 2011b、Nishiyama et al., 2011)。

るわけではない。2節で紹介した、スウェーデン中銀のメインモデルRAMSESの新しいバージョン(Christiano, Trabandt, and Walentin, 2011)は、Bernanke, Gertler, and Gilchrist (1999)と同様のファイナンシャル・アクセラレーターのメカニズムを導入しており、金融市場(さらに労働市場も)の摩擦を明示的に考慮した最先端の中規模DSGEモデルとなっている。ただ、近年学界で研究が進んでいる金融機関の摩擦、流動性、非伝統的金融政策などの導入は、1節でも言及した通りまだ進んでいないのが現状である。

### (予測とデータへのフィット)

最後に、M-JEMを用いて日本経済の予測を行うために、検討しておく必要があると思われる課題についてまとめる。まず第1に、モデルの過去の予測精度に関する事後的な評価や、データへのフィットに関する評価が挙げられる。2節で紹介したFRBのEDOについての分析のように、異なる種類のモデルやジャッジメント予測との間で、過去のリアルタイム・データを用いて予測精度を比較する分析は、各国の中銀で行われている。また、DSGEモデルのデータへのフィットを評価するために、DSGEモデルから発生させたデータを用いてベイズ推定されたVARモデルについて、現実のデータへのフィットを評価する「DSGE-VAR」と呼ばれる手法が、近年利用されるようになってきている<sup>38</sup>。こうした手法などによって、M-JEMの予測パフォーマンスが実用に堪え得るかどうかチェックしながら、モデルの改善を図っていく必要があると考えられる。第2に、モデルの予測精度や全体としてのデータへのフィットが良好であったとしても、細部の定式化が日本経済の特徴を捉えるうえで十分かどうかという問題がある。現行のM-JEMは、FRBのEDOのように耐久財消費や住宅投資を明示的に定式化していないことや、ECBのNAWMなどのように開放経済モデルにもなっていないことなどから、予測結果について説明したり、シナリオ分析やカウンターファクチュアル・シミュレーションなどをもとに現実感のあるストーリーを構築したり(story-telling)するうえで、不十分な面も多い。第3に、ゼロ金利制約の取り扱いも問題である。現行のM-JEMでは、民間経済主体が予期していなかったショックが金融政策ルールに每期加わることによって事後的にゼロ金利制約が満たされることになっているが、現在のように実質ゼロ金利のもとで先行きを予測する際には、あまり現実的な仮定とは考えにくい。一部の海外中銀では、民間経済主体がゼロ金利が続くと予想している期間について事前に

---

<sup>38</sup> DSGE-VARについては、Del Negro et al. (2007)、渡部(2009)などを参照。なお、一部の海外中銀では、DSGEモデルの評価に用いるだけでなく、DSGE-VARを直接用いた予測なども行っている(Hodge et al., 2008など)。



仮定を置き、それを前提にモデルを解いたうえで予測を行っている<sup>39</sup>。こうした点なども検討しながら、予測に活用できるようにモデルを改良・拡張していくことは今後の課題である。

## 6. おわりに

本稿では、日本銀行調査統計局で利用している中規模 DSGE モデル「M-JEM」を紹介し、それを用いた潜在成長率の推計結果や、今後の活用可能性などを示した。1 節でも言及したように、DSGE モデルの活用可能性については、特に近年の世界金融危機を受けて、懐疑的な見方も広がっている。しかし一方で、問題が明らかになるたびに、それを克服するためのモデルの開発が世界規模で常に進められていく点も、DSGE モデルの特徴である。実際、海外で開かれるマクロモデルに関する学会などでは、中規模 DSGE モデルに関する研究発表が大半を占めることが多く、依然学界や海外中銀などで最も活発に研究が進められている分野となっている。少なくともこのような世界規模での研究の進展をフォローアップし、議論の叩き台を共有することが、M-JEM のような中規模 DSGE モデルの開発を続けていくことの一つの意義であると言えよう。

こうした DSGE モデルを実務上活用していくためには、本稿で紹介したバージョンの M-JEM で潜在成長率の定義に工夫を凝らしたように、モデルの限界を見極めたうえでの柔軟な対応が求められる。また、利用する目的や問題意識に応じて異なるバージョンのモデル (suite of models) を使い分けていくことも必要になる。FRB で FRB/US と EDO を同じスタッフが開発しているのと同じように、日本銀行調査統計局でも性質の異なる Q-JEM と M-JEM の開発・利用を同時並行的に進めていくことは、両者のモデルの間のシナジー効果を働かせるためにも有益と考えられる。

---

<sup>39</sup> DSGEモデルの合理的期待均衡を解く際には、Laséen and Svensson (2011) の手法などが用いられている。

## 【参考文献】

- Adjemian, S., H. Bastani, M. Juillard, F. Mihoubi, G. Perendia, M. Ratto, and S. Villemot (2011) “Dynare: Reference Manual, Version 4,” Dynare Working Paper No. 1.
- Adolfson, M., S. Laséen, J. Lindé, and M. Villani (2007) “RAMSES – A New General Equilibrium Model for Monetary Policy Analysis,” *Economic Review*, 2/2007, Sveriges Riksbank, 5-39.
- Almeida, V., G. Castro, and R. M. Félix (2008) “Improving Competition in the Non-Tradable Goods and Labour Markets: The Portuguese Case,” Working Paper No. 16/2008, Economics and Research Department, Banco de Portugal.
- Andrés, J., P. Burriel, and Á. Estrada (2006) “BEMOD: A DSGE Model for the Spanish Economy and the Rest of the Euro Area,” Working Paper No. 0631, Banco de España.
- Andrle, M., T. Hlédik, O. Kamenik, and J. Vlček (2009) “Implementing the New Structural Model of the Czech National Bank,” Working Paper No. 2/2009, Czech National Bank.
- Beneš, J., A. Binning, M. Fukač, K. Lees, T. Matheson (2009) *K.I.T.T.: Kiwi Inflation Targeting Technology*, Reserve Bank of New Zealand.
- Bernanke, B. S., M. Gertler and S. Gilchrist (1999) “The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework,” in J. B. Taylor and M. Woodford (eds.), *Handbook of Macroeconomics*, Chap. 21, 1341-1393.
- Blake, A. and C. Gondat-Larralde (2010) “Chief Economists’ Workshop: State-of-the-art Modelling for Central Banks,” *Quarterly Bulletin*, 2010/Q3, Bank of England, 214-218.
- Bodenstein, M., C. Erceg, and L. Guerrieri (2009) “The Effects of Foreign Shocks when Interest Rates Are at Zero,” International Finance Discussion Papers 983, Federal Reserve Board.
- Braun, T. and E. Shioji (2007) “Investment Specific Technological Changes in Japan,” *Seoul Journal of Economics*, 20(1), 165-199.
- Brayton, F. and P. Tinsley (1996) “A Guide to FRB/US: A Macroeconomic Model of the United States,” Finance and Economics Discussion Series, 1996-42, Federal Reserve Board.
- Brubakk, L., T. Anders, J. Maih, K. Olsen, and M. Østnor (2006) “Finding NEMO: Documentation of the Norwegian Economy Model,” Staff Memo No. 2006-6, Norges Bank.
- Carabenciov, I., I. Ermolaev, C. Freedman, M. Juillard, O. Kamenik, D. Korshunov, D. Laxton, and J. Laxton (2008) “A Small Quarterly Multi-Country Projection Model,” IMF Working Paper, 08/279.
- Chari, V. V., P. J. Kehoe, and E. R. McGrattan (2007) “Business Cycle Accounting,” *Econometrica*, 75(3), 781-836.
- Chari, V. V., P. J. Kehoe, and E. R. McGrattan (2009) “New Keynesian Models: Not Yet Useful for Policy Analysis,” *American Economic Journal: Macroeconomics*, 1(1), 242-266.

- Cheng, M. and W. A. Ho (2009) "A Structural Investigation into the Price and Wage Dynamics in Hong Kong," Working Paper No. 20/2009, Hong Kong Monetary Authority.
- Christiano, L. J., M. Eichenbaum, and C. L. Evans (2005) "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy," *Journal of Political Economy*, 113(1), 1-45.
- Christiano, L. J., M. Trabandt, and K. Walentin (2011) "Introducing Financial Frictions and Unemployment into a Small Open Economy Model," Sveriges Riksbank Working Paper Series 214 (Revised).
- Christoffel, K., G. Coenen, and A. Warne (2008) "The New Area-wide Model of the Euro Area: A Micro-founded Open Economy Model for Forecasting and Policy Analysis," Working Paper Series, No. 944, European Central Bank.
- Chung, H. T., M. T. Kiley, and J.-P. Lafor te (2010) "Documentation of the Estimated, Dynamic, Optimization-based (EDO) Model of the U.S. Economy: 2010 Version," Finance and Economics Discussion Series, 2010-29, Federal Reserve Board.
- Chung, H. T., J.-P. Lafor te, D. Reifschneider, and J. Williams (2011) "Have We Underestimated the Likelihood and Severity of Zero Lower Bound Events?," Working Paper Series, 2011-01, Federal Reserve Bank of San Francisco.
- Coenen, G., C. Erceg, C. Freedman, D. Furceri, M. Kumhof, R. Lalonde, D. Laxton, J. Linde, A. Mourougane, D. Muir, S. Mursula, C. de Resende, J. Roberts, W. Roeger, S. Snudden, M. Trabandt, and J. van Veld, S. P. (2010) "Effects of Fiscal Stimulus in Structural Models," IMF Working Paper 10/73.
- Coenen, G., F. Smets, and I. Vetlov (2009) "Estimation of the Euro Area Output Gap Using the NAWM," Bank of Lithuania Working Paper Series No. 5.
- Coenen, G., M. Mohr, and R. Straub (2008) "Fiscal Consolidation in the Euro Area: Long-Run Benefits and Short-Run Costs," *Economic Modeling*, 25(5), 912-932.
- Coenen, G., P. McAdam, and R. Straub (2008) "Tax Reform and Labour-Market Performance in the Euro Area: A Simulation-Based Analysis Using the New Area-Wide Model," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(8), 2543-2583.
- Del Negro, M., F. Schorfheide, F. Smets, and R. Wouters (2007) "On the Fit of New Keynesian Models," *Journal of Business and Economic Statistics*, 25(2), 123-143.
- Dieppe, A., A. G. Pandiella, and A. Willman (2011) "The ECB's New Multi-Country Model for the Euro Area: NMCM – Simulated with Rational Expectations," Working Paper Series No. 1315, European Central Bank.
- Dieppe, A., A. G. Pandiella, S. Hall, and A. Willman (2011) "The ECB's New Multi-Country Model for the Euro Area: NMCM – with Boundary Rational Learning Expectations," Working Paper Series No. 1316, European Central Bank.

- Edge, R. M., M. T. Kiley, and J.-P. Laforge (2007) "Documentation of the Research and Statistics Divisions Estimated DSGE Model of the U.S. Economy: 2006 Version," Finance and Economics Discussion Series, 2007-53, Federal Reserve Board.
- Edge, R. M., M. T. Kiley, and J.-P. Laforge (2008) "Natural Rate Measures in an Estimated DSGE Model of the U.S. Economy," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(8), 2512-2535.
- Edge, R. M., M. T. Kiley, and J.-P. Laforge (2009) "A Comparison of Forecast Performance Between Federal Reserve Staff Forecasts, Simple Reduced-Form Models, and a DSGE Model," Finance and Economics Discussion Series, 2009-10, Federal Reserve Board.
- Erceg, C., C. Gust, and D. Lopez-Salido (2010) "The Transmission of Domestic Shocks in the Open Economy," in J. Gali and M. Gertler, (eds.), *International Dimensions of Monetary Policy*, National Bureau of Economic Research Conference Report, Chicago: University of Chicago Press, 89-148.
- Erceg, C., L. Guerrieri and C. Gust (2005) "Expansionary Fiscal Shocks and the U.S. Trade Deficit," *International Finance*, 8(3), 363-397.
- Erceg, C., L. Guerrieri and C. Gust (2006) "SIGMA: A New Open Economy Model for Policy Analysis," *International Journal of Central Banking*, 2(1), 1-50.
- Erceg, C., L. Guerrieri and C. Gust (2008) "Trade Adjustment and the Composition of Trade," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(8), 2622-2650.
- Erceg, C., L. Guerrieri and S. Kamin (2011) "Did Easy Money in the Dollar Bloc Fuel the Oil Price Run-Up?" *International Journal of Central Banking*, 7(1), 131-160.
- Fueki, T., I. Fukunaga, H. Ichiue, and T. Shirota (2010) "Measuring Potential Growth with an Estimated DSGE Model of Japan's Economy," Bank of Japan Working Paper Series 10-E-13.
- Fueki, T., I. Fukunaga, and M. Saito (2011) "Assessing the Effects of Fiscal Policy in Japan with Estimated and Calibrated DSGE Models," Bank of Japan Working Paper Series 11-E-9.
- Fujiwara, I., N. Hara, Y. Hirose, and Y. Teranishi (2005) "The Japanese Economic Model (JEM)," *Monetary and Economic Studies*, 23(2), 61-142.
- Fujiwara, I., Y. Hirose, and M. Shintani (2011) "Can News Be a Major Source of Aggregate Fluctuations? A Bayesian DSGE Approach," *Journal of Money, Credit, and Banking*, 43(1), 1-29.
- Fukunaga, I., N. Hara, S. Kojima, Y. Ueno, and S. Yoneyama (2011) "The Quarterly Japanese Economic Model (Q-JEM): 2011 Version," Bank of Japan Working Paper Series 11-E-11.
- Gertler, M. and N. Kiyotaki (2010) "Financial Intermediation and Credit Policy in Business Cycle Analysis," in B. M. Friedman and M. Woodford (eds.), *Handbook of Monetary Economics*, Chap. 11, 547-599.

- Gomes, S., P. Jacquinot, and M. Pisani (2010) “The EAGLE. A Model for Policy Analysis of Macroeconomic Interdependence in the Euro Area,” Working Papers No. 770, Banca d'Italia.
- Guerrieri, L., D. W. Henderson, and J Kim (2010) “Interpreting Investment-Specific Technology Shocks,” International Finance Discussion Series, 1000, Federal Reserve Board.
- Harrison, R., K. Nikolov, M. Quinn, G. Ramsey A. Scott, and R. Thomas (2005) *The Bank of England Quarterly Model*, Bank of England.
- Hayashi, F. and E. C. Prescott (2002) “The 1990s in Japan: A Lost Decade,” *Review of Economic Dynamics*, 5(1), 206-235.
- Hirakata, N., N. Sudo, and K. Ueda (2011a) “Do Banking Shocks Matter for the U.S. Economy?” *Journal of Economic Dynamics and Control*, forthcoming.
- Hirakata, N., N. Sudo, and K. Ueda (2011b) “Japan’s Banking Crisis and Lost Decades,” mimeo, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan.
- Hirose, Y. and T. Kurozumi (2010) “Do Investment-Specific Technological Changes Matter for Business Fluctuations? Evidence from Japan,” Bank of Japan Working Paper Series 10-E-4.
- Hodge, A., T. Robinson, and R. Stuart (2008) “A Small BVAR-DSGE Model for Forecasting the Australian Economy,” Research Discussion Paper 2008-04, Reserve Bank of Australia.
- Ichiue, H., T. Kurozumi, and T. Sunakawa (2008) “Inflation Dynamics and Labor Adjustments in Japan: A Bayesian DSGE Approach,” Bank of Japan Working Paper Series 08-E-9.
- Iwata, Y. (2011) “The Government Spending Multiplier and Fiscal Financing: Insights from Japan,” *International Finance*, 14(2), 231-264.
- Jeanfils, P. and K. Burggraeve (2005) “Noname – A New Quarterly Model for Belgium,” Working Paper 68, National Bank of Belgium.
- Justiniano, A., and G. E. Primiceri (2008) “Potential and Natural Output,” mimeo, Northwestern University.
- Kaihatsu, S. and T. Kurozumi (2010) “Sources of Business Fluctuations: Financial or Technology Shocks?” Bank of Japan Working Paper Series 10-E-12.
- Kiley, M.T. (2010) “Output Gaps,” Finance and Economics Discussion Series, 2010-27, Federal Reserve Board.
- Kilponen, J. and A. Ripatti (2006) “Labour and Product Market Competition in a Small Open Economy – Simulation Results using DSGE model of the Finish Economy,” Bank of Finland Research Discussion Papers 5/2006.
- Kitamura, T. (2010) “Measuring Monetary Policy Under Zero Interest Rates With a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model: An Application of a Particle Filter,” Bank of Japan Working Paper Series 10-E-10.
- Kumhof, M., D. Laxton, D. Muir, and S. Mursula (2010) “The Global Integrated Monetary and Fiscal Model (GIMF) – Theoretical Structure,” IMF Working Paper 10/34.

- Lalonde, R. and D. Muir (2007) “The Bank of Canada’s Version of the Global Economy Model (BoC-GEM),” Technical Report 98, Bank of Canada.
- Laséen S. and L. E. O. Svensson (2011) “Anticipated Alternative Policy-Rate Paths in Policy Simulations,” *International Journal of Central Banking*, 7(3), 1-35.
- Medina, J. P. and C. Soto (2007) “The Chilean Business Cycle Through the Lens of a Stochastic General Equilibrium Model,” Working Paper No. 457, Banco Central de Chile.
- Murchison, S. and A. Rennison (2006) “ToTEM: The Bank of Canada’s new quarterly projection model,” Technical Report 97, Bank of Canada.
- N’Diaye, P., P. Zhang, and W. Zhang (2008) “Structural Reform, Intra-Regional Trade, and Medium-Term Growth Prospects of East Asia and the Pacific – Perspectives from a New Multi Regional Model,” Working Paper No. 17/2008, Hong Kong Monetary Authority.
- Nishiyama, S.-I., H. Iiboshi, T. Matsumae, and R. Namba (2011) “How Bad was Lehman Shock?: Estimating a DSGE Model with Firm and Bank Balance Sheets in a Data-Rich Environment,” mimeo, Economic and Social Research Institute, Cabinet Office, Government of Japan.
- Pesenti, P. (2008) “The Global Economy Model: Theoretical Framework,” *IMF Staff Papers*, 55(2), 243-284.
- Rotemberg, J. J. (1982) “Sticky Prices in the United States,” *Journal of Political Economy*, 90(6), 1187-1211.
- Smets, F. and R. Wouters (2003) “An Estimated Stochastic Dynamic General Equilibrium Model of the Euro Area,” *Journal of the European Economic Association*, 1(5), 1123-1175.
- Stähler, N. and C. Thomas (2011) “FiMod – a DSGE Model for Fiscal Policy Simulations,” Discussion Paper Series 1: Economic Studies No. 06/2011, Deutsche Bundesbank.
- Sugo, T. and K. Ueda (2008) “Estimating a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model for Japan,” *Journal of the Japanese and International Economies*, 22(4), 476-502.
- Whelan, K. (2003), “A Two-Sector approach to Modeling U.S. NIPA Data,” *Journal of Money, Credit, and Banking*, 35(4), 627-656.
- Yano, K. (2009) “Dynamic Stochastic General Equilibrium Models Under a Liquidity Trap and Self-organizing State Space Modeling,” ESRI Discussion Paper Series No. 206, Economic and Social Research Institute, Cabinet Office, Government of Japan.

- 石川篤史・鎌田康一郎・倉知善行・寺西勇生・那須健太郎（2011）『『金融マクロ計量モデル』の概要』、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、11-J-7
- 一上響・小島早都子・代田豊一郎・中村康治・原尚子（2008）「中央銀行におけるマクロ経済モデルの利用状況」、日銀レビューシリーズ、08-J-13
- 一上響・北村富行・小島早都子・代田豊一郎・中村康治・原尚子（2009a）「ハイブリッド型日本経済モデル：Quarterly-Japanese Economic Model (Q-JEM)」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、09-J-6
- 一上響・代田豊一郎・関根敏隆・笛木琢治・福永一郎（2009b）「潜在成長率の各種推計法と留意点」、日銀レビューシリーズ、09-J-13
- 伊藤智・猪又祐輔・川本卓司・黒住卓司・高川泉・原尚子・平形尚久・峯岸誠（2006）「GDPギャップと潜在成長率の新推計」、日銀レビューシリーズ、06-J-8
- 翁邦雄・木村武・原尚子（2008）『『デフレへの保険』を考慮した金融政策の枠組み』、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、08-J-6
- 小田信之・加藤涼・須藤直・吉田知生（2011）「2011 年国際コンファランス『金融と実体経済の連関性と金融政策』議事要旨」、『金融研究』30(4)、日本銀行金融研究所、1-19
- 加藤涼（2006）『現代マクロ経済学講義—動学的一般均衡モデル入門』、東洋経済新報社
- 木村武・藤原一平・原尚子・平形尚久・渡邊真一郎（2006）「バブル崩壊後の日本の金融政策——不確実性下の望ましい政策運営を巡って——」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、06-J-4
- 齋藤雅士・笛木琢治・福永一郎・米山俊一（2011）「日本の構造問題と物価変動：ニューケインジアン理論に基づく概念整理とマクロモデルによる分析」、第4回東京大学・日本銀行調査統計局共催コンファレンス提出論文
- 佐藤綾野（2009）「各国中央銀行のマクロ計量モデルサーベイ～FPS と JEM の比較を中心として」、ESRI Discussion Paper Series No. 211、内閣府経済社会総合研究所
- 藤原一平・渡部敏明（2011）「マクロ動学一般均衡モデル——サーベイと日本のマクロデータへの応用——」、『経済研究』62(1)、一橋大学経済研究所、66-93
- 宮尾龍蔵・中村康治・代田豊一郎（2008）「物価変動のコスト——概念整理と計測——」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、08-J-2
- 渡部敏明（2009）「DSGE-VARモデルの日本のマクロデータへの応用」、ESRI Discussion Paper Series No. 225-J、内閣府経済社会総合研究所

# 各国中銀等が利用する主なマクロモデル

機関	モデル名	主な参考文献	海外	推計	予測	備考
FRB	FRB/US	Brayton et al. (1996)	SO	△	○	・調査統計局で開発 ・大規模計量モデル (DSGE モデルではない)
	EDO	Edge et al. (2007) Chung et al. (2010)	×	○	○	・調査統計局で開発 ・トレンドの異なる 2 部門 モデル (耐久・非耐久消費財、 住宅などもモデル化)
	SIGMA	Erceg et al. (2006)	M(7)	×	×	・国際金融局で開発 ・ラーニング導入
欧州中銀	小規模 NAWM	Christoffel et al. (2008)	SO	○	○	
	大規模 NAWM	Coenen et al. (2008)	M(2～)	×	×	
	NMCM	Dieppe et al. (2011a,b)	M(5)	△	×	・情報の不完全性やラーニ ングを導入
カナダ中銀	ToTEM	Murchison et al. (2006)	SO	×	○	・調査局で開発 ・4 種類の最終財生産部門 と資源生産部門を考慮。
	BoC-GEM	Lalonde et al. (2007)	M(5)	×	×	・国際局で開発 ・IMF/GEM の改良型 ・原油価格を内生化・
イングランド 銀行	BEQM	Harrison et al. (2005)	SO	△	○	・コア・ノンコア構造 ・賃金交渉をモデル化
スウェーデン 中銀	RAMSES	Adolfson et al. (2007) Christiano et al. (2011)	SO	○	○	・ Christiano et al. (2011) では労働市場・金融市場の摩 擦も導入。
ノルウェー中銀	NEMO	Brubakk et al. (2006)	SO	○	○	・ IMF/GEM の改良型
フィンランド中銀	Aino	Kilponen et al. (2006)	SO	×	○	



(図表 1－2)

機関	モデル名	主な参考文献	海外	推計	予測	備考
フンデスバンク	FiMod	Stähler et al. (2011)	M(2)	×	×	・スペイン銀行と共同開発
スペイン銀行	BEMOD	Andrés et al. (2006)	SO	×	×	
イタリア銀行	EAGLE	Gomes et al. (2010)	M(4)	×	×	・ ECB、ポルトガル中銀と 共同開発 ・ 通貨統合をモデル化
ポルトガル銀行	PESSOA	Almeida et al. (2008)	SO	×	×	・ IMF/GIMF に基づいて開 発
ベルギー 国立銀	Noname	Jeanfils et al. (2005)	SO	△	○	
チェコ国立銀	g3	Andrle et al. (2009)	SO	×	○	
リ中銀	MAS	Medina et al. (2007)	SO	○	○	・ 銅、石油価格を含む
オーストラリア準銀		Hodge et al. (2008)	SO	○	○	・ DSGE-BVAR
ニュージーランド 準銀	KITT	Beneš et al. (2009)	SO	○	○	
香港金融管理 局		N'Diaye et al. (2008)	M(5)	×	×	・ IMF/GIMF を直輸入
		Cheng et al. (2009)	SO	○	×	
IMF	GEM	Pesenti (2008)	M	×	×	
	GIMF	Kumhof et al. (2010)	M	×	×	
	GPM	Carabenciov et al. (2008)	M	○	○	・ DSGE モデルではない ・ GEM 対比で小型であり、 予測用

(注) 海外の SO は小国開放経済モデル、M(x)は x ブロック多国モデル。

推計の○はシステム推計（ベイズ推計）、△は部分的・個別に推計（コア・ノンコア型など）、  
×は主にカリブレーション。

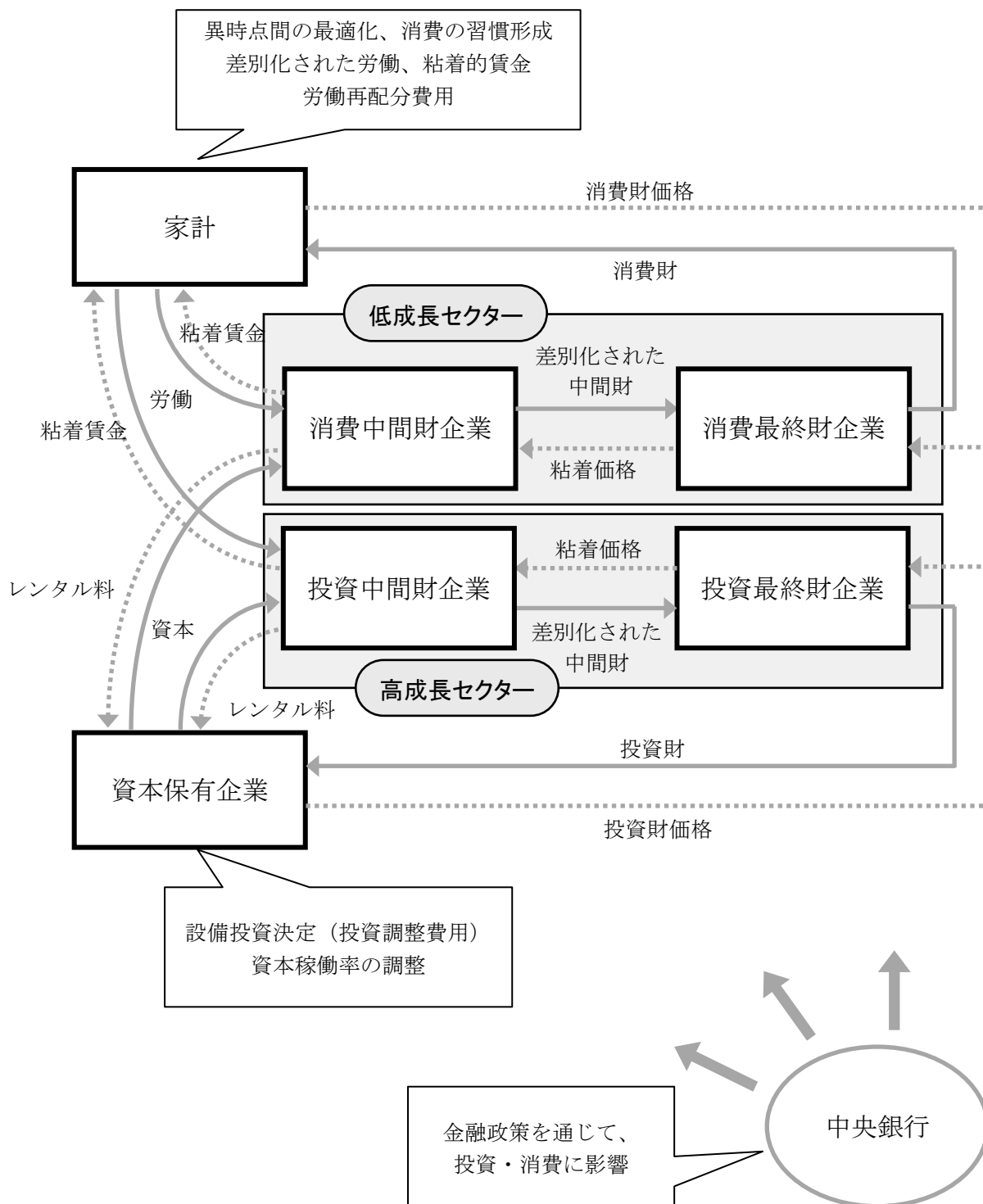
予測の○は、実務で利用中、ないし、それを企図しているとみられるモデル。

# 日本銀行調査統計局のマクロモデル

	JEM	Q-JEM	M-JEM
開発年 (公表物で紹介)	2004 年	2008 年～	2009 年～
式の数 (定義式等含む)	約 200 本	約 1,000 本	約 40 本
モデルの性質	・「短期均衡」を表現する DSGE モデルとその周りの「短期動学」を表現する VAR モデルから成るコア・ノンコア構造	・理論との整合性と実証上の妥当性を追求したハイブリッド型の大規模計量モデル	・中規模 DSGE モデル — 利用目的や問題意識に応じ様々なバージョンが存在
推計手法	・カリブレーション	・方程式を個別に推計	・ベイズ推計
その他の特徴	・ゼロ金利制約を考慮。金融政策や物価変動などに関する幅広い分析に活用。	・定期的に再推計したり定式化をフレキシブルに変更したりすることが容易。	・Q-JEM と補完的に開発・利用。潜在成長率の推計、財政政策の効果、日本の構造問題と長期デフレに関する分析などに利用。
参考文献	Fujiwara et al. (2005) 木村他 (2006) 翁他 (2008) 宮尾他 (2008)	一上他 (2009a) Fukunaga et al. (2011)	Fueki et al. (2010) Fueki et al. (2011) 齋藤他 (2011)

(注) このほか、特定の目的や高度な推計手法を用いた分析を行うための小規模な DSGE モデルや、短期予測を行うための時系列モデルなども開発している。

# M-JEMの鳥瞰図



(図表 4)

## 推計値とカリブレーション

## (1) 推計されたパラメーター

パラメーター		事前分布	事前平均	事前標準偏差	事後分布		
					平均	5%	95%
$h$	消費ハビット	beta	0.6	0.15	0.51	0.41	0.61
$\nu$	労働供給の弾性値	gamm	2	1	0.32	0.07	0.57
$\chi^p$	価格調整費用	gamm	4	2	14.04	8.59	19.47
$\eta^p$	価格調整の慣性	beta	0.5	0.15	0.19	0.07	0.30
$\chi^w$	賃金調整費用	gamm	4	2	12.50	8.46	16.43
$\eta^w$	賃金調整の慣性	beta	0.5	0.15	0.14	0.04	0.24
$\chi^l$	労働のリアロケーション費用	gamm	2	1	1.88	0.36	3.39
$\eta^l$	労働調整の慣性	beta	0.5	0.15	0.52	0.27	0.77
$\chi$	設備投資調整費用	gamm	2	1	1.16	0.44	1.82
$\phi^r$	金利スムージング	beta	0.7	0.15	0.92	0.90	0.94
$\phi^{\pi,gdp}$	テイラールール (インフレ率)	norm	1.5	0.5	1.14	0.75	1.52
$\phi^{h,gdp}$	テイラールール (ギャップ)	norm	0.5	0.5	0.13	0.08	0.19
$\phi^{\Delta h,gdp}$	テイラールール (ギャップ前期差)	norm	0	0.5	1.08	0.66	1.50
$\psi$	稼働率パラメーター	norm	1	1	3.19	2.14	4.24
$\rho^{z,k}$	永続的な技術進歩ショック (高成長セクター固有) AR	norm	0.98	0.01	0.98	0.96	0.99
$\rho^{z,m}$	永続的な技術進歩ショック (両セクター共通) AR	norm	0.98	0.01	0.96	0.95	0.98
$\rho^{\theta_{x,c}}$	価格マークアップショック (消費財) AR	beta	0.5	0.15	0.83	0.74	0.91
$\rho^{\theta_{x,k}}$	価格マークアップショック (投資財) AR	beta	0.5	0.15	0.46	0.27	0.65
$\rho^{\theta_l}$	賃金マークアップショック AR	beta	0.5	0.15	0.23	0.08	0.39
$\rho^{\varphi}$	投資調整コストショック AR	beta	0.7	0.15	0.63	0.46	0.80
$\rho^g$	政府消費ショック AR	beta	0.5	0.15	0.93	0.90	0.97
$\rho^f$	純輸出ショック AR	beta	0.5	0.15	0.86	0.81	0.91
$\rho^{\xi,\beta}$	時間選好ショック AR	beta	0.8	0.15	0.96	0.93	0.98
$\rho^U$	稼働率調整コストショック AR	beta	0.7	0.15	0.93	0.88	0.97
$\rho^{\theta_{x,c},ma}$	価格マークアップショック (消費財) MA	beta	0.5	0.15	0.70	0.55	0.86
$\rho^{\theta_{x,k},ma}$	価格マークアップショック (投資財) MA	beta	0.5	0.15	0.51	0.33	0.69
$\rho^{\theta_l,ma}$	賃金マークアップショック MA	beta	0.4	0.15	0.39	0.29	0.50
$\sigma^r$	金融政策ショック SD	invga	0.1	2	0.10	0.09	0.11
$\sigma^{z,k}$	永続的な技術進歩ショック (高成長セクター固有) SD	invga	0.4	2	0.20	0.09	0.31
$\sigma^{z,m}$	永続的な技術進歩ショック (両セクター共通) SD	invga	0.4	2	0.15	0.09	0.20
$\sigma^{\theta_{x,c}}$	価格マークアップショック (消費財) SD	invga	0.5	5	0.42	0.34	0.51
$\sigma^{\theta_{x,k}}$	価格マークアップショック (投資財) SD	invga	1.5	5	3.03	2.58	3.48
$\sigma^{\theta_l}$	賃金マークアップショック SD	invga	0.5	5	3.38	2.17	4.61
$\sigma^{a,k}$	一時的な技術進歩ショック (高成長セクター固有) SD	invga	3	5	1.62	0.83	2.37
$\sigma^{a,m}$	一時的な技術進歩ショック (両セクター共通) SD	invga	5	5	1.14	0.99	1.29
$\sigma^{\varphi}$	投資調整コストショック SD	invga	3	5	10.38	3.75	16.88
$\sigma^g$	政府消費ショック SD	invga	1	5	1.52	1.35	1.68
$\sigma^f$	純輸出ショック SD	invga	0.5	5	0.25	0.22	0.28
$\sigma^{\xi,\beta}$	時間選好ショック SD	invga	5	5	4.90	3.46	6.31
$\sigma^U$	稼働率調整コストショック SD	invga	1	2	1.35	1.19	1.51

## (2) カリブレートされたパラメーター

$\alpha$	資本分配率	0.30
$\beta$	家計の主観的割引率	0.99
$\delta$	資本減耗率	0.02
$\Theta_*^{x,c}$	定常状態の価格マークアップ率 (消費財)	6.00
$\Theta_*^{x,k}$	定常状態の価格マークアップ率 (投資財)	6.00
$\Theta_*^{x,l}$	定常状態の賃金マークアップ率	6.00
$\Gamma_*^{z,m}$	技術進歩率の定常状態 (両セクター共通)	1.002
$\Gamma_*^{z,k}$	技術進歩率の定常状態 (高成長セクター固有)	1.004

## 予測誤差の分散分解

## (1) 1期先

	GDP成長率	消費成長率	投資成長率	インフレ率
金融政策ショック	3.36	2.70	1.30	0.07
技術ショック (両セクター共通)	22.72	24.43	2.85	0.04
技術ショック (高成長セクター固有)	4.58	4.87	0.56	0.70
価格マークアップショック (消費財)	2.80	6.76	0.03	93.49
価格マークアップショック (投資財)	7.26	2.84	23.72	2.90
賃金マークアップショック	0.05	0.02	0.18	0.89
投資調整コストショック	39.20	0.03	70.73	0.10
政府消費ショック	0.12	0.09	0.09	0.00
純輸出ショック	2.47	0.13	0.21	0.00
時間選好ショック	16.72	57.03	0.23	1.61
稼働率調整コストショック	0.71	1.09	0.09	0.19

## (2) 4期先

	GDP成長率	消費成長率	投資成長率	インフレ率
金融政策ショック	2.58	2.18	1.23	0.13
技術ショック (両セクター共通)	29.41	29.59	4.51	0.08
技術ショック (高成長セクター固有)	6.17	4.62	1.86	1.58
価格マークアップショック (消費財)	3.98	11.28	0.03	90.59
価格マークアップショック (投資財)	7.64	2.56	21.96	2.08
賃金マークアップショック	0.04	0.05	0.15	1.47
投資調整コストショック	33.69	1.77	69.41	0.21
政府消費ショック	0.22	0.08	0.11	0.01
純輸出ショック	3.53	0.12	0.40	0.00
時間選好ショック	12.09	46.75	0.21	3.56
稼働率調整コストショック	0.65	0.99	0.13	0.30

## (3) 10期先

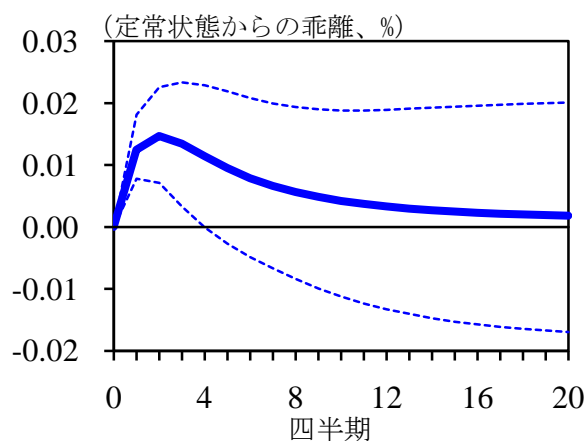
	GDP成長率	消費成長率	投資成長率	インフレ率
金融政策ショック	2.31	2.21	0.94	0.18
技術ショック (両セクター共通)	25.85	29.54	2.91	0.13
技術ショック (高成長セクター固有)	6.54	3.81	2.59	3.48
価格マークアップショック (消費財)	2.87	9.68	0.04	84.34
価格マークアップショック (投資財)	6.45	4.09	16.78	1.84
賃金マークアップショック	0.08	0.04	0.14	2.04
投資調整コストショック	43.10	2.78	75.83	0.38
政府消費ショック	0.30	0.08	0.06	0.01
純輸出ショック	2.73	0.12	0.24	0.00
時間選好ショック	9.33	46.81	0.37	7.23
稼働率調整コストショック	0.46	0.84	0.07	0.36

## (4) 100期先

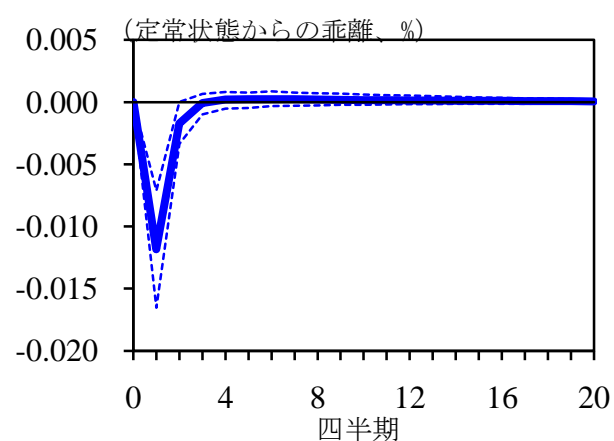
	GDP成長率	消費成長率	投資成長率	インフレ率
金融政策ショック	2.18	2.03	1.04	0.17
技術ショック (両セクター共通)	29.08	33.31	2.96	0.25
技術ショック (高成長セクター固有)	12.02	5.64	5.14	13.18
価格マークアップショック (消費財)	2.92	9.69	0.06	69.69
価格マークアップショック (投資財)	6.24	3.48	18.17	1.78
賃金マークアップショック	0.08	0.04	0.15	1.93
投資調整コストショック	35.71	2.53	71.59	0.60
政府消費ショック	0.36	0.07	0.07	0.01
純輸出ショック	2.19	0.10	0.31	0.00
時間選好ショック	8.77	42.31	0.41	12.09
稼働率調整コストショック	0.45	0.79	0.09	0.30

# 一時的な技術ショック（両セクター共通）への反応

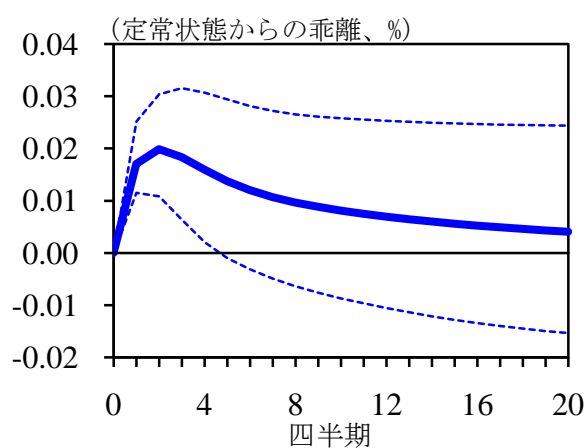
(1) 実質GDP



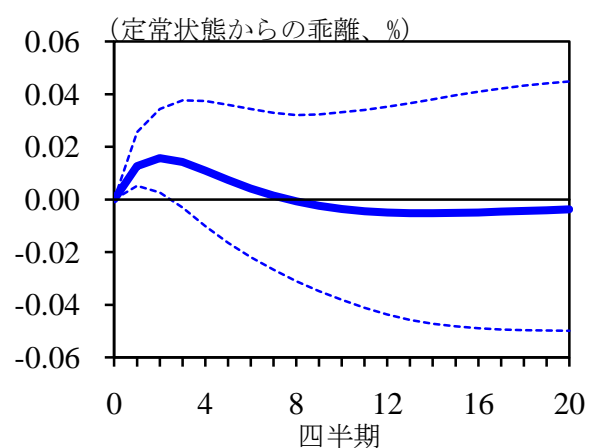
(2) インフレ率(GDPデフレーター、年率)



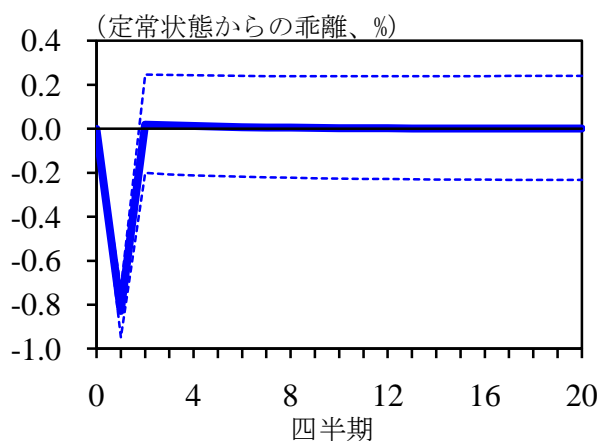
(3) 消費



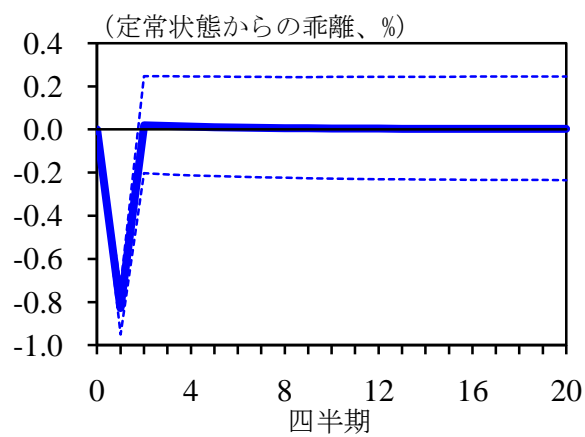
(4) 投資



(5) 労働投入



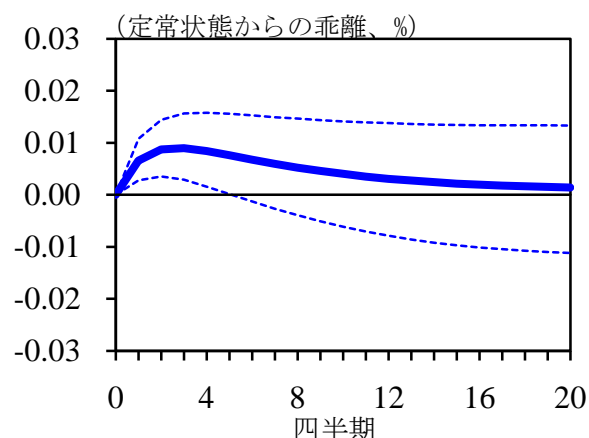
(6) 雇用者報酬



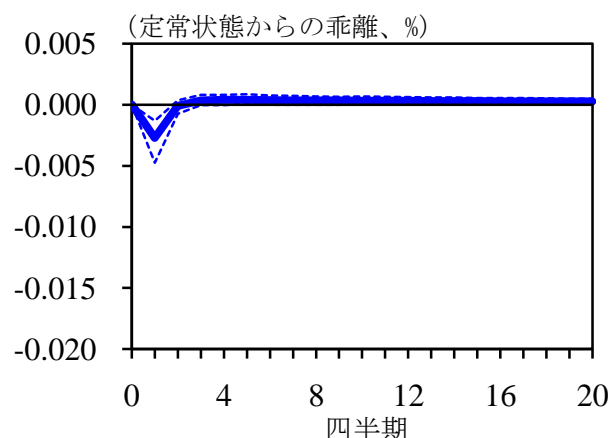
(注) +1標準偏差ショックに対する反応。なお、点線は90%信頼区間を表す。

# 一時的な技術ショック（高成長セクター固有）への反応

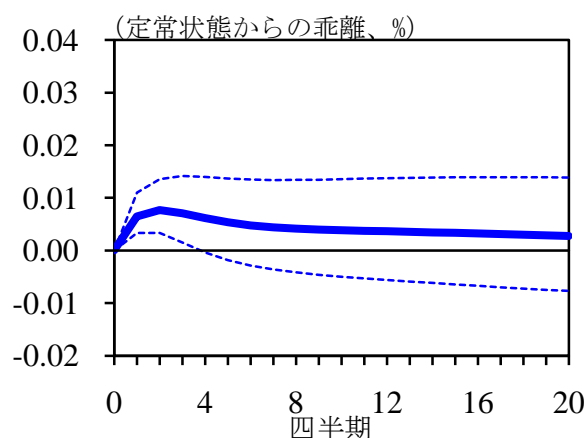
(1) 実質GDP



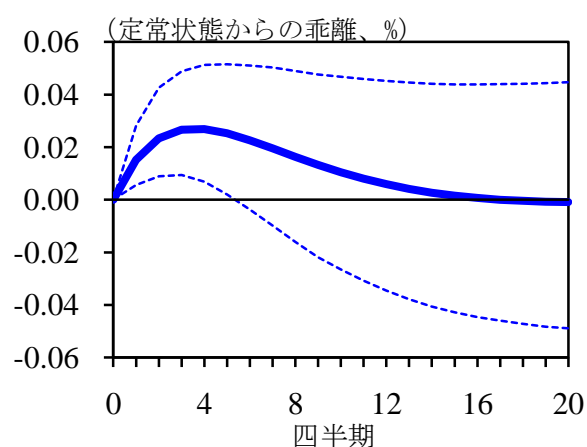
(2) インフレ率(GDPデフレーター、年率)



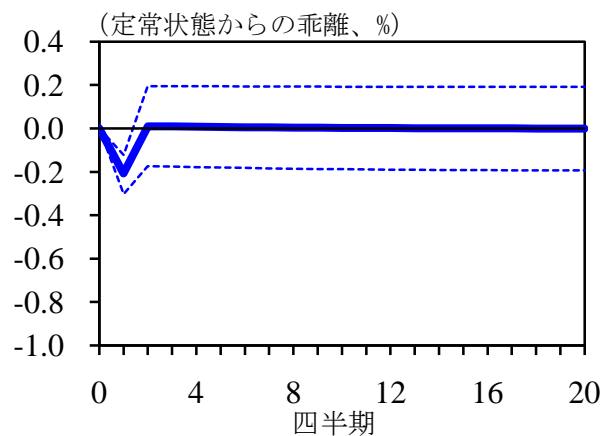
(3) 消費



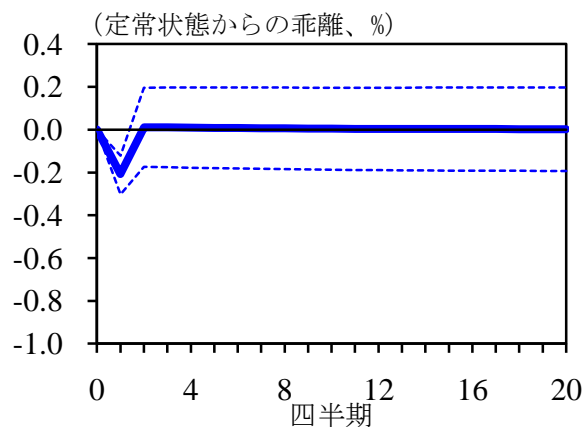
(4) 投資



(5) 労働投入



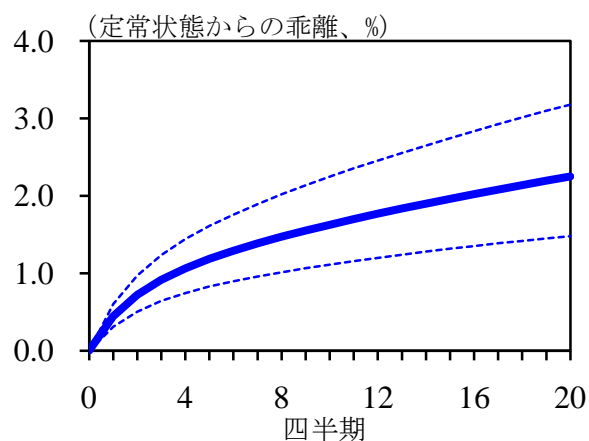
(6) 雇用者報酬



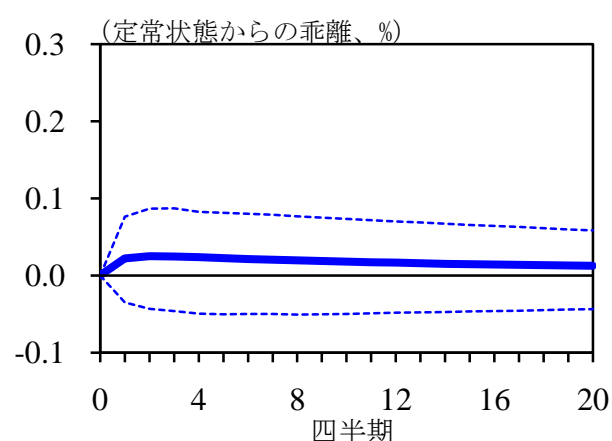
(注) +1標準偏差ショックに対する反応。なお、点線は90%信頼区間を表す。

# 永続的な技術ショック（両セクター共通）への反応

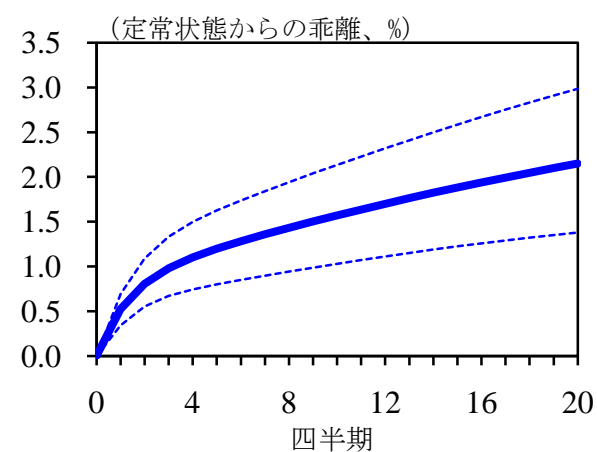
(1) 実質GDP



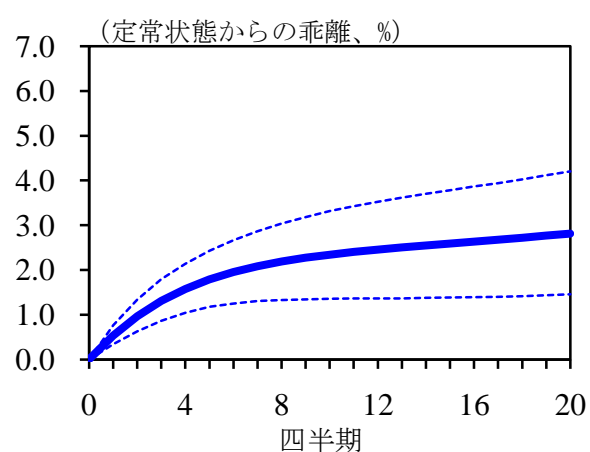
(2) インフレ率(GDPデフレーター、年率)



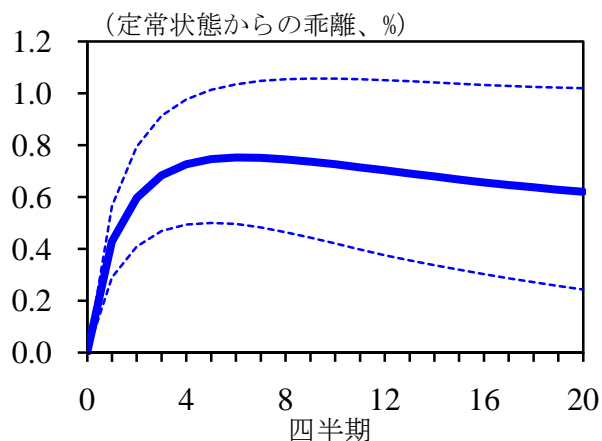
(3) 消費



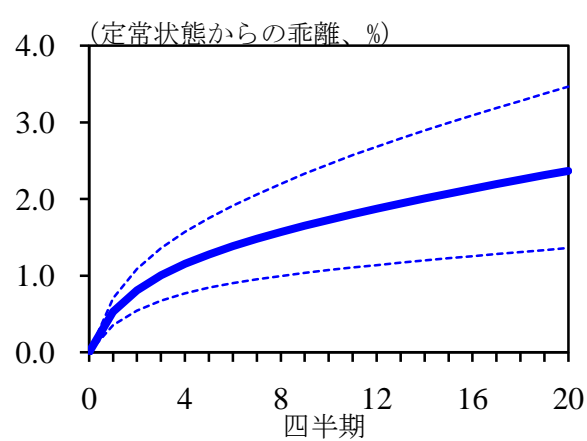
(4) 投資



(5) 労働投入



(6) 雇用者報酬

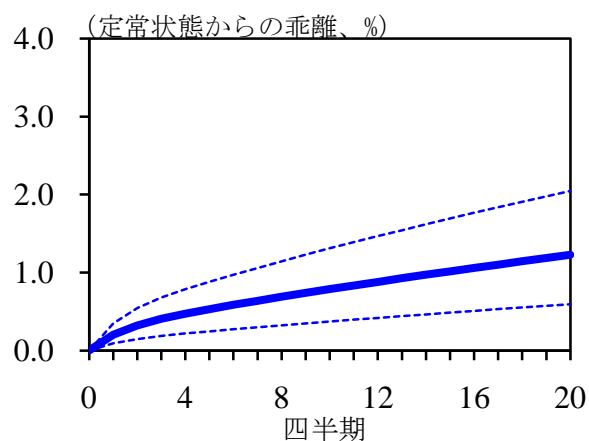


(注) +1標準偏差ショックに対する反応。なお、点線は90%信頼区間を表す。

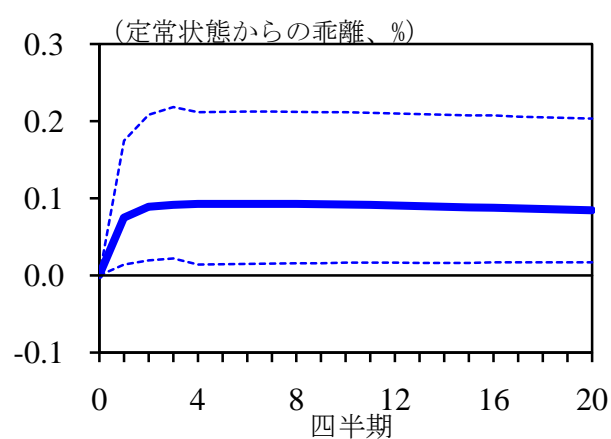


# 永続的な技術ショック（高成長セクター固有）への反応

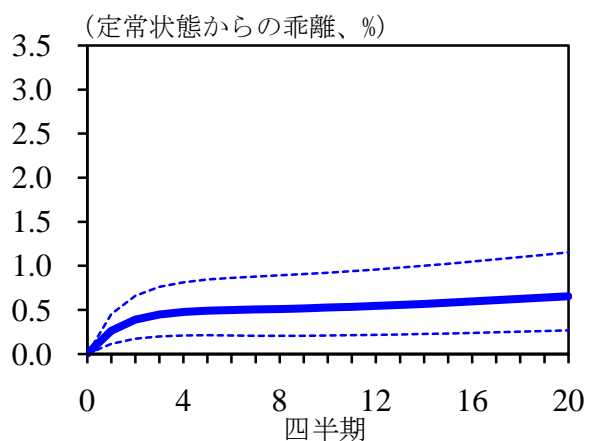
(1) 実質GDP



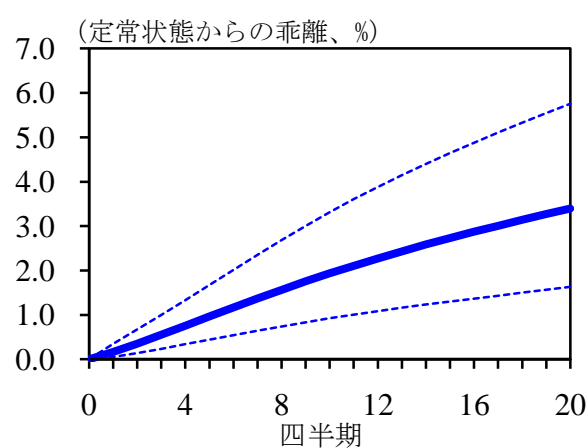
(2) インフレ率 (GDPデフレーター、年率)



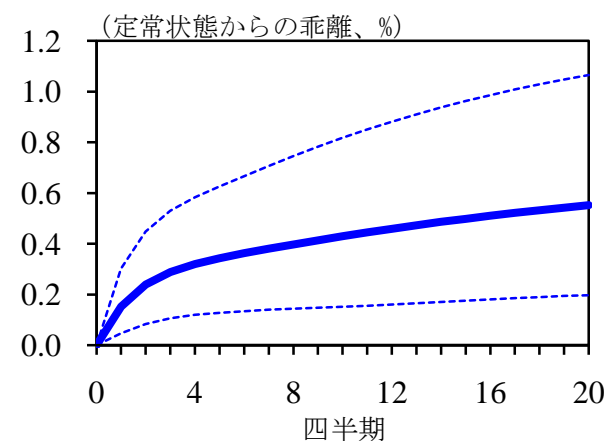
(3) 消費



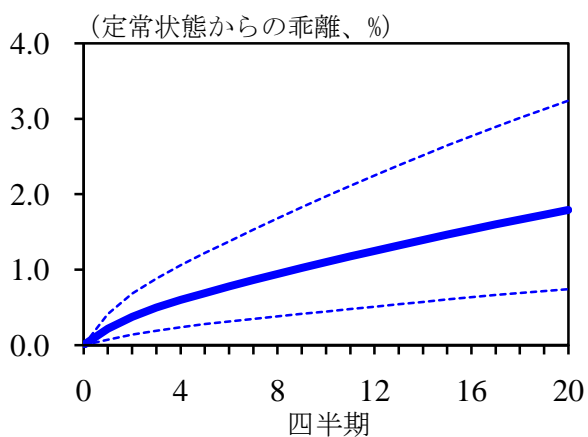
(4) 投資



(5) 労働投入

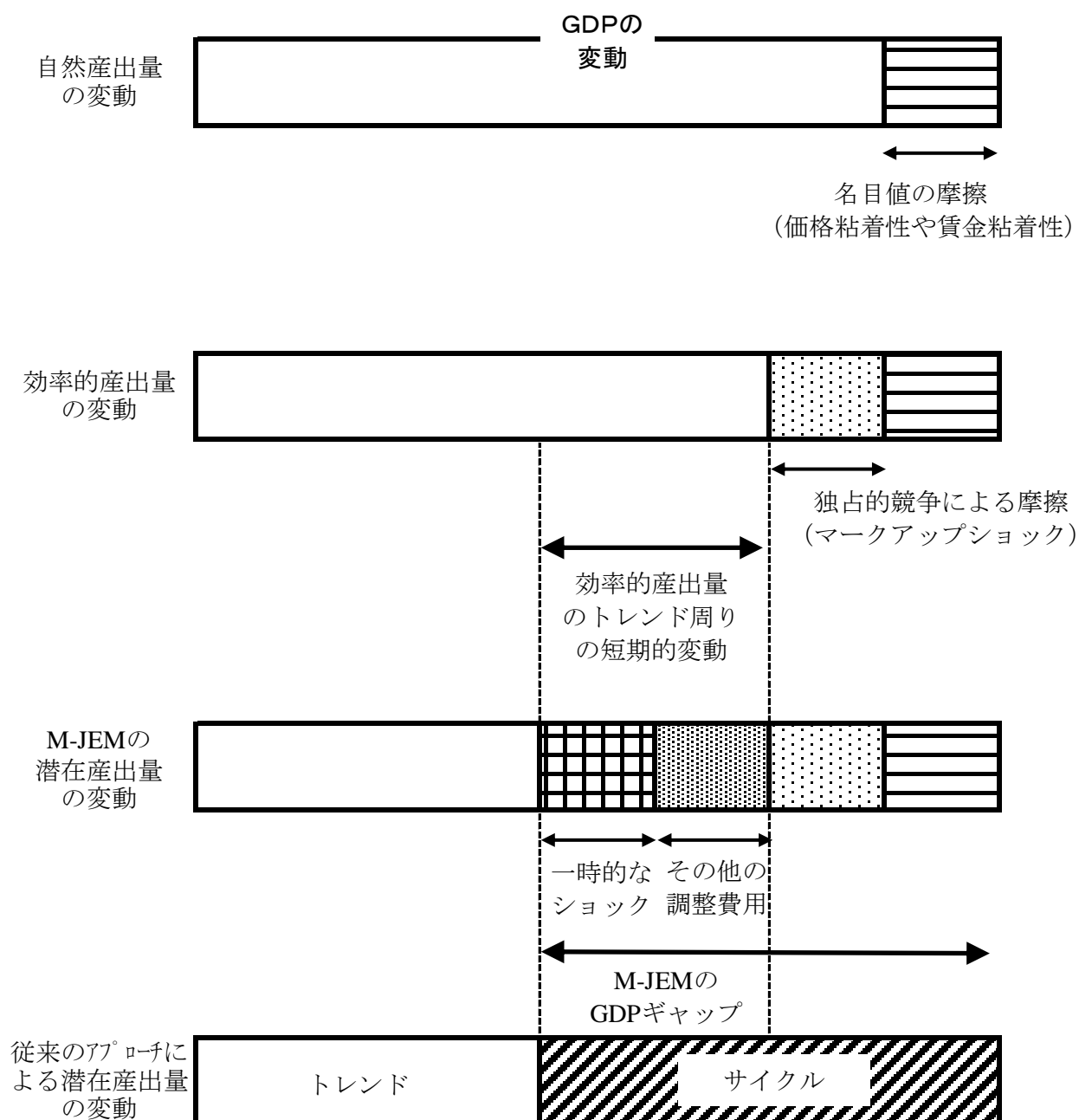


(6) 雇用者報酬



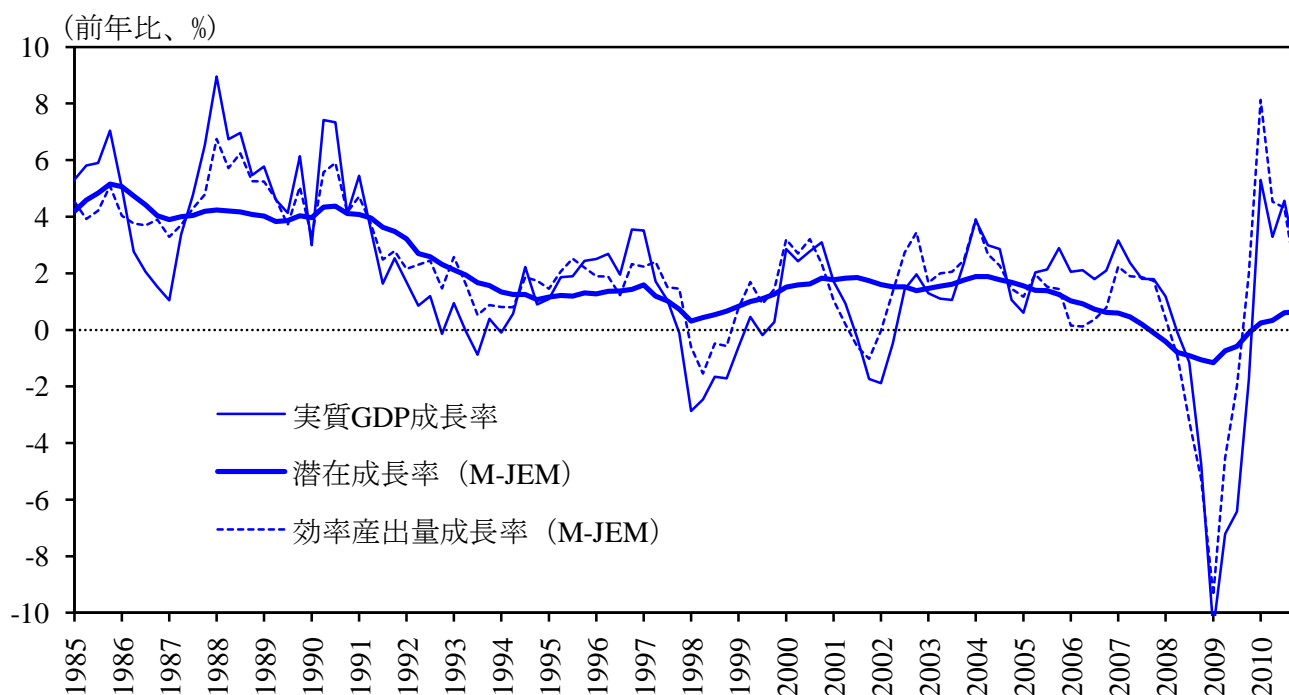
(注) +1標準偏差ショックに対する反応。なお、点線は90%信頼区間を表す。

## 産出量と GDP ギャップの概念整理

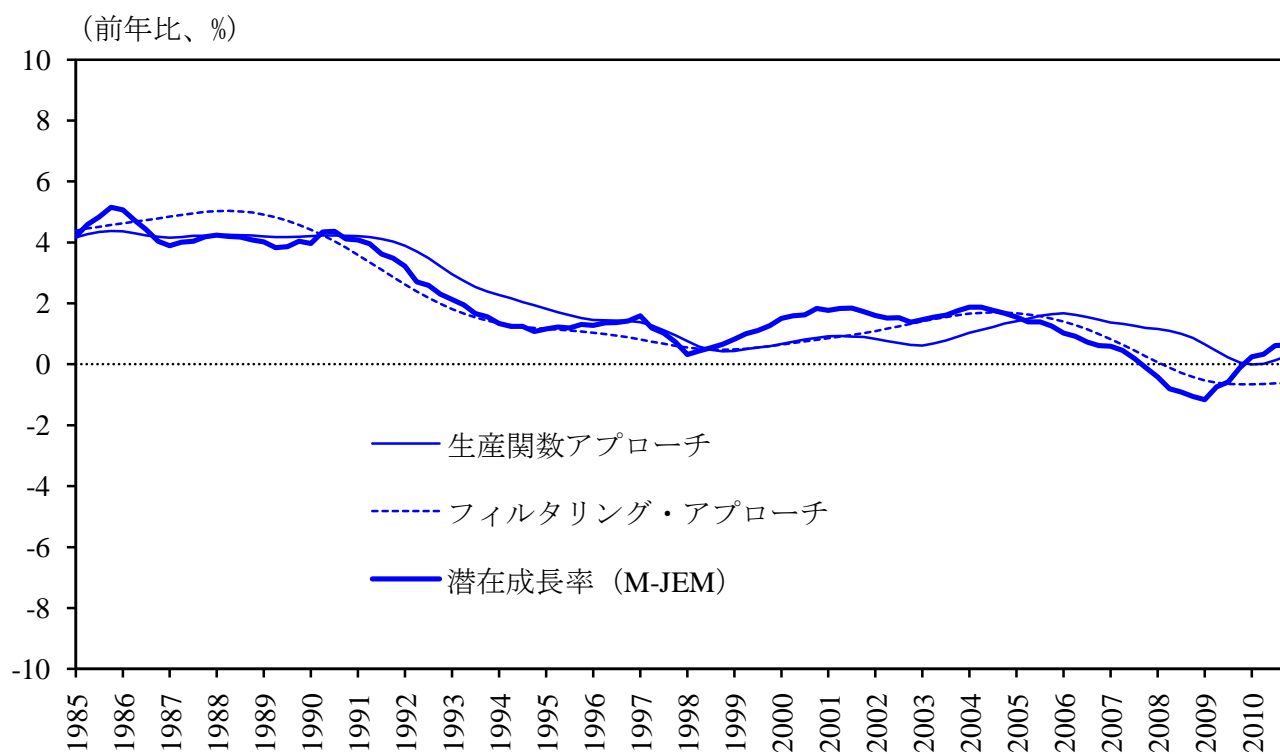


## 潜在成長率の推計結果

### (1) 効率産出量と潜在産出量



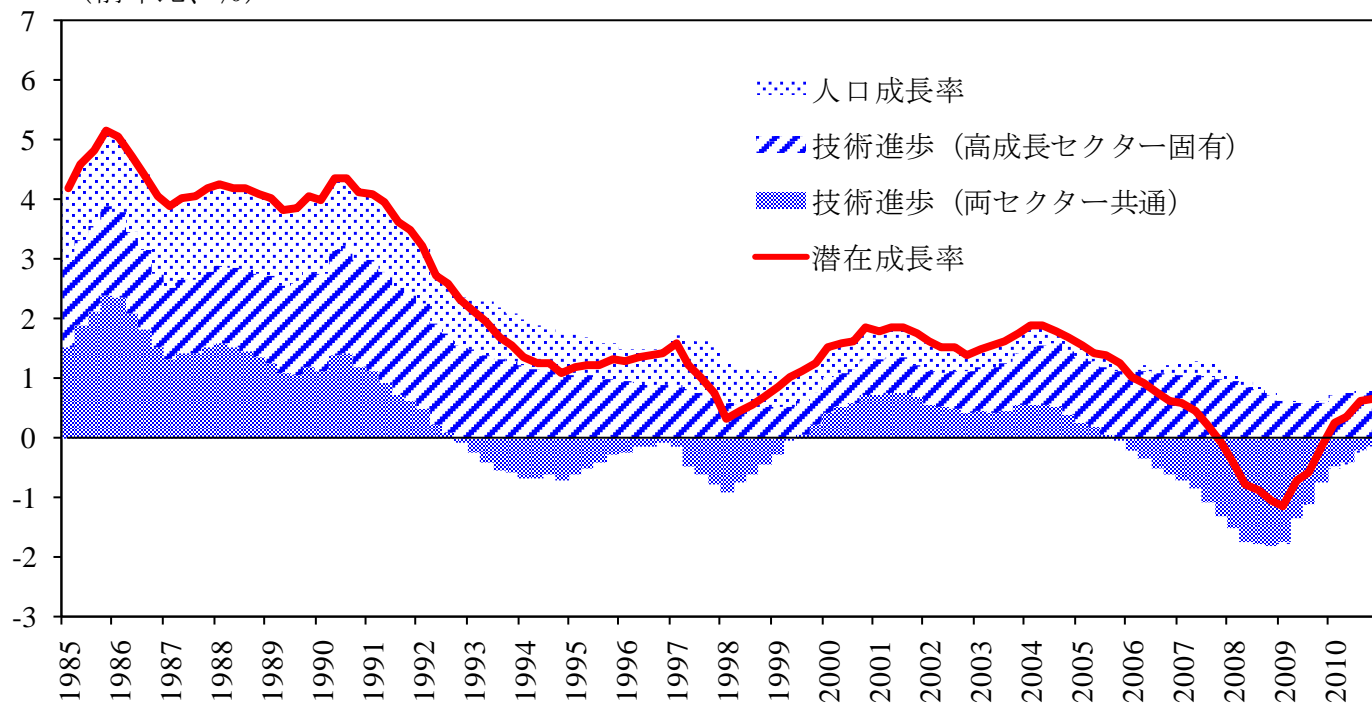
### (2) 様々な手法による潜在成長率の推計結果



## 潜在成長率の要因分解

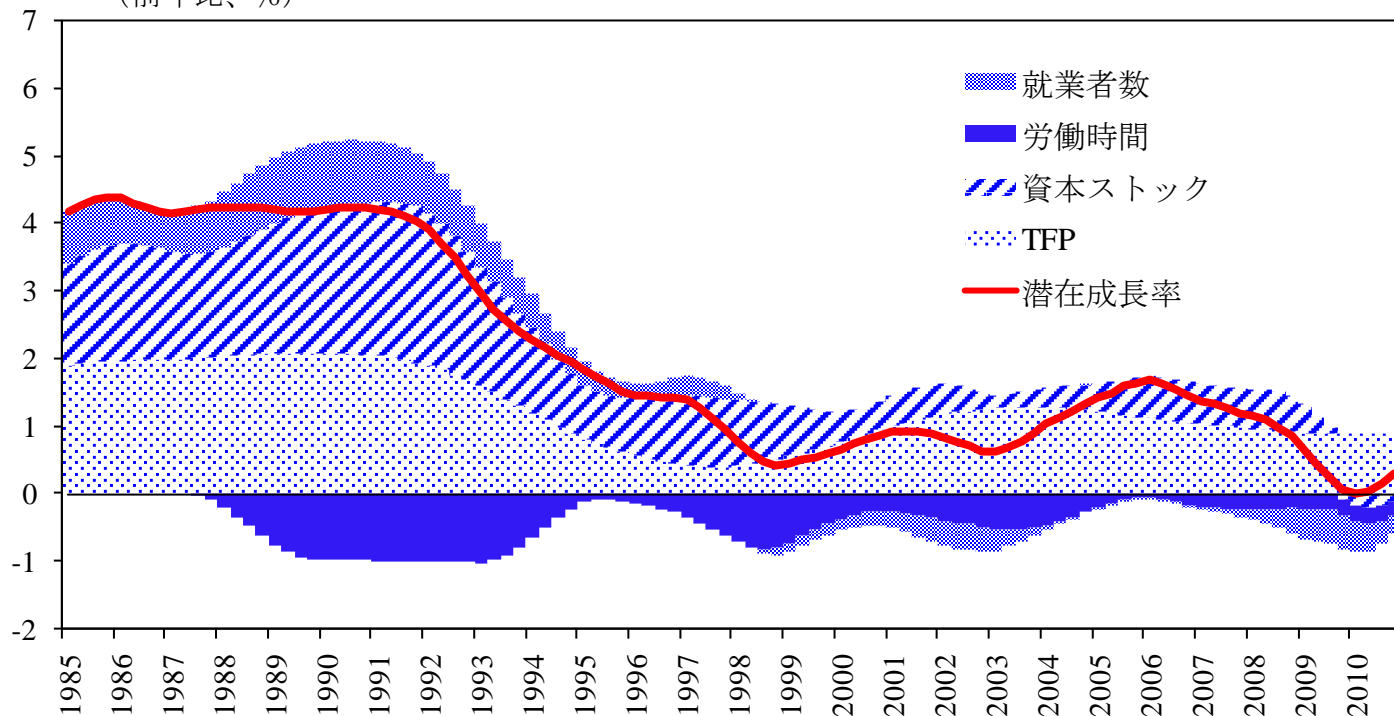
### (1) M-JEM

(前年比、%)



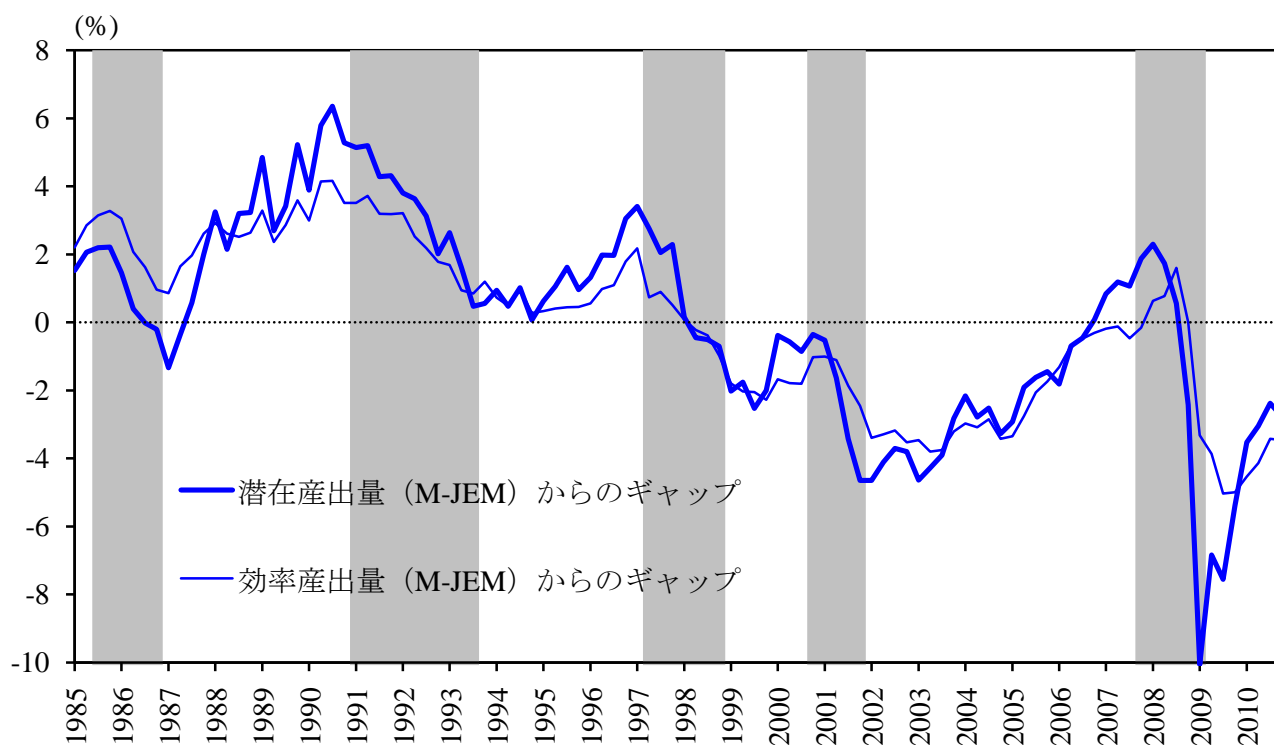
### (2) 生産関数アプローチ

(前年比、%)

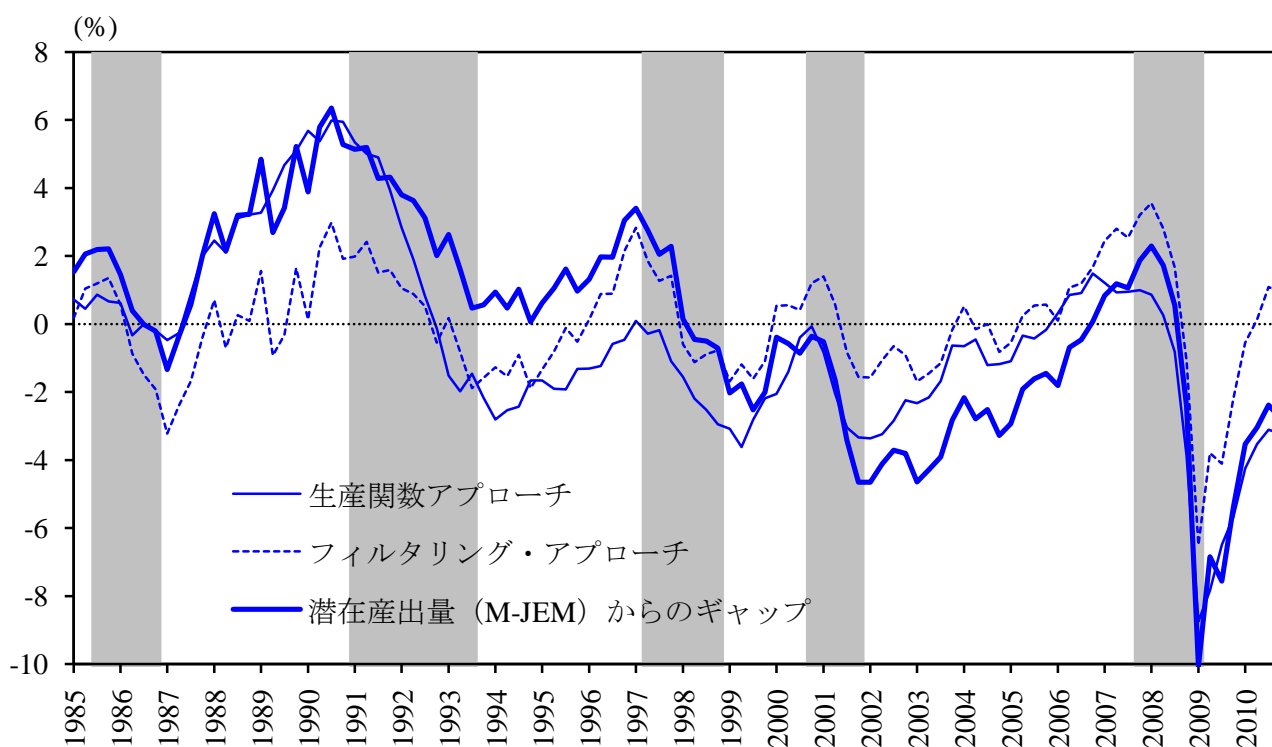


## GDP ギャップ

### (1) 効率産出量ギャップと潜在産出量ギャップ



### (2) 様々な手法による GDP ギャップの推計結果



(注) シャドー部は内閣府の景気基準日付による景気後退期を表す。

## 各種GDPギャップのインフレ率への予測能力

### (1) GDPデフレーター

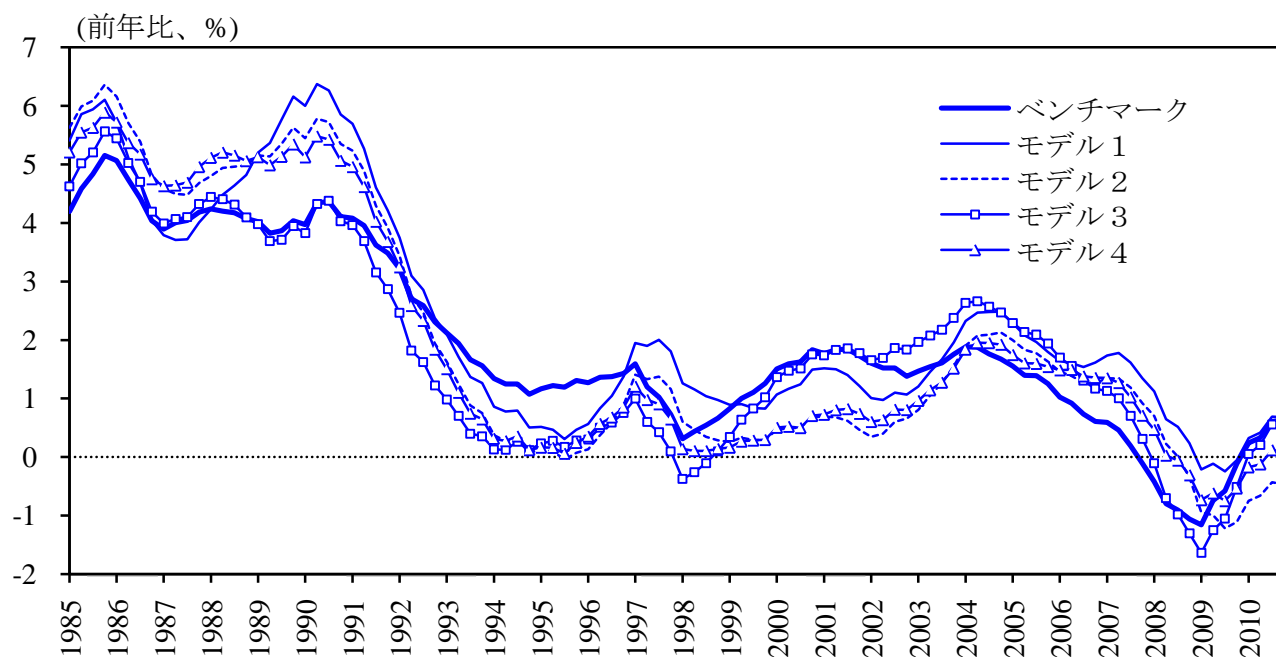
	MSFE			AR予測対比		
	1期先	4期先	8期先	1期先	4期先	8期先
生産関数アプローチ	3.78	0.61	0.64	0.78	0.82	1.49
フィルタリング・アプローチ	3.54	0.50	0.28	0.73	0.67	0.67
効率産出量(M-JEM)からのギャップ	3.04	0.60	0.51	0.62	0.81	1.19
潜在産出量(M-JEM)からのギャップ	3.26	0.59	0.34	0.67	0.80	0.80
AR	4.88	0.74	0.43	1.00	1.00	1.00

### (2) 消費財デフレーター

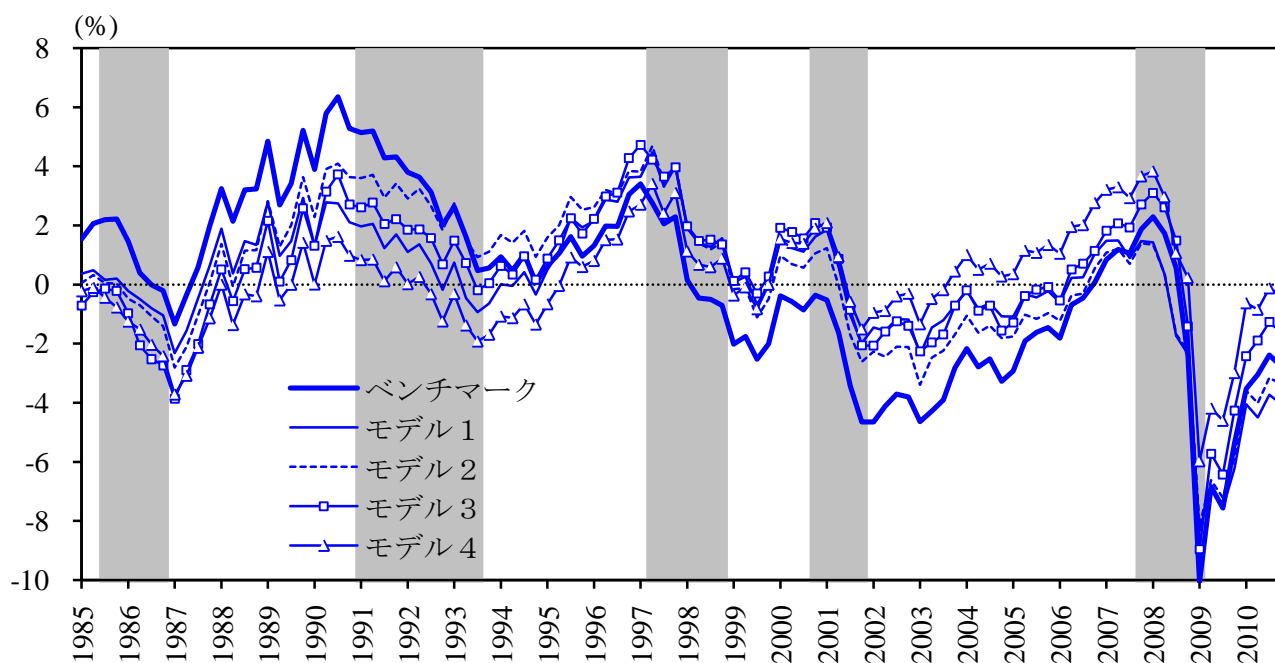
	MSFE			AR予測対比		
	1期先	4期先	8期先	1期先	4期先	8期先
生産関数アプローチ	1.75	0.96	0.84	0.76	0.88	0.97
フィルタリング・アプローチ	2.28	0.91	0.51	0.99	0.84	0.59
効率産出量(M-JEM)からのギャップ	1.79	1.18	0.94	0.78	1.09	1.08
潜在産出量(M-JEM)からのギャップ	1.67	1.07	0.86	0.73	0.98	1.00
AR	2.30	1.09	0.86	1.00	1.00	1.00

## 推計結果の頑健性

## (1) 潜在成長率



## (2) GDPギャップ



(注)

モデル1：価格・賃金マークアップショックに代わり、価格・賃金の計測誤差を考慮

モデル2：価格マークアップショックに代わり、価格の計測誤差を考慮

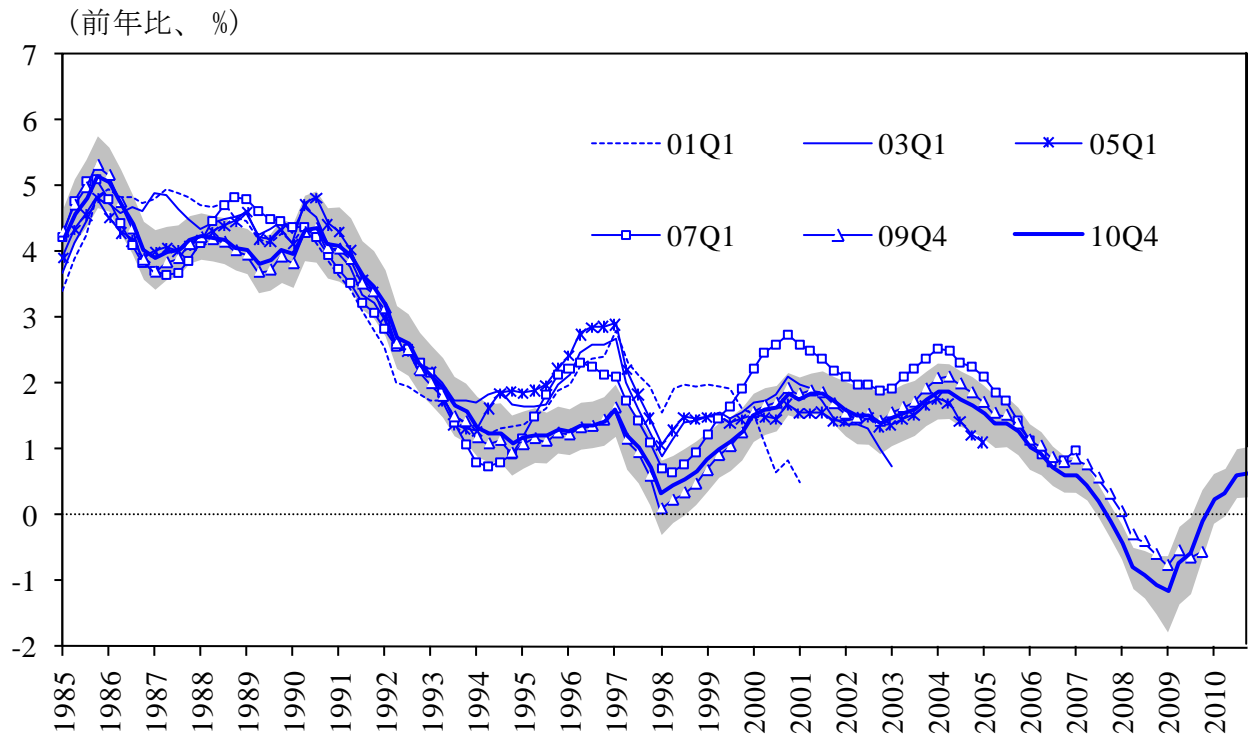
モデル3：賃金マークアップショックに代わり、賃金の計測誤差を考慮

モデル4：価格・賃金マークアップショックに加え、価格・賃金の計測誤差を考慮

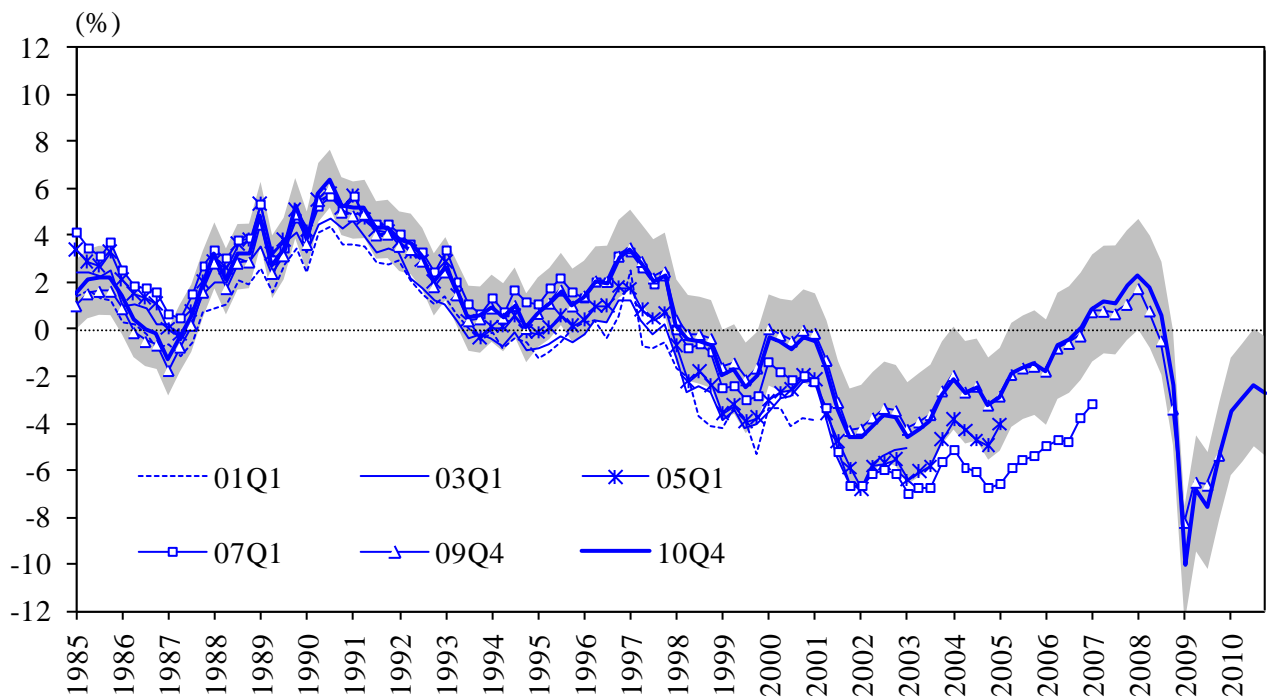
シャドー部は内閣府の景気基準日付による景気後退期を表す。

# リアルタイムデータによる推計結果

## (1) 潜在成長率



## (2) GDPギャップ



(注) シェード部分は最新のデータに基づいて計測された、潜在成長率とGDPギャップの90%信頼区間。



## 補論 A 変数リスト

$X_t^c$  = 低成長セクターの最終財産出力（消費財セクター）

$X_t^k$  = 高成長セクターの最終財産出力（投資財セクター）

$X_t^c(j)$  = 企業  $j$  によって生産された低成長セクターの中間財

$X_t^k(j)$  = 企業  $j$  によって生産された高成長セクターの中間財

$K_t^{u,c}(j)$  = 低成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  で稼働している資本ストック

$K_t^{u,k}(j)$  = 高成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  で稼働している資本ストック

$L_t^c(j)$  = 低成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の労働投入量

$L_t^k(j)$  = 高成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の労働投入量

$U_t^c(j)$  = 低成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の資本稼働率

$U_t^k(j)$  = 高成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の資本稼働率

$K_t^c(j)$  = 低成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の資本ストック

$K_t^k(j)$  = 高成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の資本ストック

$P_t^c(j)$  = 低成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の価格

$P_t^k(j)$  = 高成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の価格

$MC_t^c(j)$  = 低成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の限界費用

$MC_t^k(j)$  = 高成長セクターの中間財を生産する企業  $j$  の限界費用

$P_t^c$  = 低成長セクターの中間財価格

$P_t^k$  = 高成長セクターの中間財価格

$\Lambda_t^c$  = 消費の限界効用

$\Pi_t^{p,c}$  = 消費財デフレーターインフレ率

$\Pi_t^{p,k}$  = 投資財デフレーターインフレ率

$R_t^c$  = 低成長セクターのレンタルコスト率

$R_t^k$  = 高成長セクターのレンタルコスト率

$U_t^c(k)$  = 低成長セクターの中間財生産向けに企業  $k$  が保有する資本ストックの稼働率

$U_t^k(k)$  = 高成長セクターの中間財生産向けに企業  $k$  が保有する資本ストックの稼働率

$K_t^c(k)$  = 低成長セクターの中間財生産向けに企業  $k$  が保有する資本ストック

$K_t^k(k)$  = 高成長セクターの中間財生産向けに企業  $k$  が保有する資本ストック

$K_t(k)$  = 企業  $k$  の資本ストック  
 $I_t(k)$  = 企業  $k$  の投資財購入量  
 $C_t(i)$  = 家計  $i$  の消費財購入量  
 $B_t(i)$  = 家計  $i$  が保有する債券  
 $L_t^c(i)$  = 家計  $i$  の低成長セクター向け労働供給量  
 $L_t^k(i)$  = 家計  $i$  の高成長セクター向け労働供給量  
 $L_t$  = 労働の総供給量  
 $W_t^c(i)$  = 低成長セクターへの家計  $i$  の労働供給に対する賃金  
 $W_t^k(i)$  = 高成長セクターへの家計  $i$  の労働供給に対する賃金  
 $W_t^c$  = 低成長セクターの賃金  
 $W_t^k$  = 高成長セクターの賃金  
 $L_t^c$  = 低成長セクター向け労働総供給量  
 $L_t^k$  = 高成長セクター向け労働総供給量  
 $\Pi_t^{w,c}$  = 低成長セクターの賃金インフレ率  
 $\Pi_t^{w,k}$  = 高成長セクターの賃金インフレ率  
 $\Omega_t(i)$  = 家計  $i$  の配当収入  
 $H_t^{gdp}$  = 実質 GDP 成長率  
 $\Pi_t^{p,gdp}$  = インフレ率 (GDP デフレーター)  
 $R_t$  = 名目政策金利  
 $\tilde{X}_t$  = 実質 GDP の効率的産出量からのギャップ  
 $G_t$  = 政府支出  
 $F_t$  = 純輸出  
 $\Gamma_t^{z,k}$  = 永続的な技術進歩 (高成長セクター固有)  
 $\Gamma_t^{z,m}$  = 永続的な技術進歩 (両セクター共通)  
 $A_t^k$  = 一時的な技術進歩 (高成長セクター固有)  
 $A_t^m$  = 一時的な技術進歩 (両セクター共通)  
 $\Theta_t^{x,c}$  = 低成長セクター向け中間財の (価格) 代替弾力性  
 $\Theta_t^{x,k}$  = 高成長セクター向け中間財の (価格) 代替弾力性  
 $\Theta_t^l$  = 労働の (賃金) 代替弾力性  
 $A_t^\varphi$  = 投資調整コストショック  
 $\Xi_t^\beta$  = 相対需要ショック  
 $Z_t^U$  = 稼働率調整コストショック

## 補論 B 推計に用いたデータ

変数	出所
個人消費、設備投資、在庫投資、住宅投資、政府支出、純輸出、雇用者報酬	内閣府「国民経済計算」
資本稼働率	経済産業省「鉱工業生産指数」
総実労働時間指数	厚生労働省「毎月勤労統計」
15 歳以上人口	総務省「労働力調査」
コールレート (O/N)	日本銀行「金融経済統計月報」

(データの加工方法)

- ・低成長セクター名目付加価値産出額：名目個人消費＋名目住宅投資＋名目政府支出
- ・高成長セクター名目付加価値産出額：名目設備投資＋名目在庫投資＋純輸出
- ・名目家計消費：名目個人消費＋名目住宅投資
- ・名目投資：名目設備投資＋名目在庫投資
- ・各名目額は、労働力調査の 15 歳以上人口を用いて一人当たりに変換。
- ・低成長セクターと高成長セクターのデフレーターは、各 GDP コンポーネントのものを連鎖結合して算出。

——Whelan (2003)に倣い実質変数を作成し、デフレーターを計算。すなわち、 $X_t$  を  $S$  個の GDP コンポーネントから成る各セクターの実質付加価値産出額（例えば、低成長セクターは個人消費、住宅投資と政府支出から成る）、各 GDP コンポーネントの実質産出額を  $X_t^s$ 、各 GDP コンポーネントの前暦年デフレーターを  $P_t^s$  とすると、実質変数  $X_t$  は以下のように計算される。

$$\frac{\Delta X_t}{X_{t-1}} = \frac{\sum_{s \in S} P_t^s \Delta X_t^s}{\sum_{s \in S} P_{t-1}^s X_{t-1}^s}$$

- ・資本稼働率は、Sugo and Ueda (2008)に倣い製造工業稼働率を 0.6 倍したものを全産業資本稼働率として使用。
- ・労働投入は、総実労働時間指数（5 人以上、90 年以前は 30 人以上とし比例係数遡及法で接続）に雇用者数対 15 歳以上人口比率をかける。
- ・名目賃金は、雇用者報酬を労働投入あたりに変換。