

# 動学的確率的一般均衡モデルの開発 および活用についての一考察\*

## A Study of Development and Utilization of Dynamic Stochastic General Equilibrium: A Survey

岡野光洋

Dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) models—standard tools for policy analysis in recent years—are widely used at many central banks and policy authorities. This paper conducts a brief survey on developments and utilizations of DSGE models at central banks and international organizations, discussing the connection between the purpose of building models and the way of extension.

Mitsuhiro Okano

JEL : E52, E62, F41

キーワード : DSGE モデル、金融政策、財政政策

Keywords : DSGE model, monetary policy, fiscal policy

### 1 はじめに : DSGE モデルの概要

近年の政策分析の標準的なツールとして、動学的確率的一般均衡 (Dynamic Stochastic General Equilibrium, DSGE) モデルが広く活用されている<sup>1)</sup>。本稿の目的は、DSGE モデルの特徴を整理し、各国中央銀行や国際機関における活用事例を紹介しながら、DSGE モデル構築の目的と拡張の方向性を検討す

\* 本稿の作成に当たり、松前龍宜先生 (東北大学)、井田大輔先生 (桃山学院大学)、藤田真知子氏 (アジア太平洋研究所) から有益なコメントを頂きました。ここに記して感謝申し上げます。また、本稿における誤謬はすべて筆者の責任です。

1) DSGE のテキストとして Woodford [2003]、Gali [2008] 等がある。日本語の文献としては加藤 [2006]、藤原・渡部 [2011]、廣瀬 [2012] 等が挙げられる。

ることである。

DSGE モデルがケインズ経済学をはじめとするマクロモデルと決定的に異なるのは、ミクロ的基礎付けを有していることである<sup>2)</sup>。伝統的なマクロ経済学では、政策変更に伴う人々の行動の変化を考慮しないため、マクロ計量モデルを用いて政策シミュレーションを行なうのに適していないという欠点があった [Lucas, 1976]。DSGE モデルでは、個々の経済主体が合理的期待に基づいて最適化を行い、経済構造がフォワードルッキングとなることで、この批判を回避している。

DSGE モデルは、上記の他に主に 2 つの政策分析に適した性質がある。一つは、モデルの拡張が比較的容易ということである。DSGE はまず摩擦のない経済を想定し、その上に名目硬直性や独占的競争といった市場の歪みを取り込んでいくことでモデルを構築する。経済が理想的な状態にあるときには政策は意味を持たず、歪みを想定することではじめて改善の余地が生まれる、というのが基本的な考え方である。ここで分析者は各々の問題意識に沿う形でモデルを拡張することができる。自国と外国の金融政策の相互関係をみなければモデルを 2 国体系にし、金融仲介機能に焦点をあてる際には金融仲介機関を導入するといった拡張が可能である。逆に、分析に不要と思われる市場の歪みを取り除いてモデルをシンプルにすることもできる。

もう一つは、厚生分析が可能なことである。Rotemberg and Woodford [1998]、Woodford [2001] らが中央銀行が持つ損失関数を家計の経済厚生から導出して以降、金融政策を経済厚生の観点から量的に評価する試みがさかんに行われている。

DSGE は予測にも用いられる。Christiano et al. [2005]、Smets and Wouters [2003] らが消費の習慣形成、投資の調整コスト、資本稼働率など様々な要素を追加した DSGE モデルを推計し、DSGE が VAR モデルに劣らない予測パフォーマンスを持つことを示した。

こうした分析手法が確立されて以降、各国の中央銀行を中心に DSGE モデ

2) ケインズ以降のマクロ経済学は、マネタリズムの台頭、合理的期待革命と新古典派マクロ経済学を経て、ニューケインジアンをはじめとする DSGE モデルへと変遷してきた [平山, 2012]。

ルが多数開発されている。特にユーロ圏においては、金融政策の独立性が担保されないため、財政政策の重要性が増している。欧州ではユーロ圏を対象とする DSGE モデルを用いた財政政策の効果検証に関する研究が蓄積されつつある。

ただし DSGE モデルは万能ではない。白川 [2011] は現代マクロ経済学の課題として、バブルやリーマンショック等の金融不安、少子高齢化や移民政策等の人口動態、東日本大震災に象徴される自然災害を挙げている。DSGE モデルは定常状態近傍で線形化して解かれることが多いため、平時の分析には適しているものの、モデルの構造を大きく揺がすような事態に対して整備が不十分である<sup>3)</sup>。モデルの守備範囲を見きわめ、状況に応じて手法を使い分けることが重要といえる。

以上を踏まえ、本稿では、各国中央銀行や国際機関を中心とした DSGE モデルのサーベイを行う。日本語で書かれた DSGE モデルのサーベイとして、笛木・福永 [2011] が挙げられる。また福田・溜川 [2013] は近年の DSGE モデルのサーベイを行い、RBC モデルからニューケインジアンモデルへの拡張、金融部門の拡充、財政政策に関する議論へと展開している。これらの先行研究に対し、本稿では、各国の活用事例の紹介と、それぞれの利用目的に応じた拡張の方向性の整理に特徴がある。

本稿の構成は以下の通りである。2 節では DSGE モデルの特徴を整理し、利点や課題を明らかにする。3 節では DSGE モデルの発展について述べる。特に拡張として、財政政策への拡張や開放経済への拡張に焦点をあて、政策現場における活用事例を紹介する。4 節で本稿の結論と今後の課題を述べる。

---

3) リーマンショックに対しては Nishiyama et al. [2011]、自然災害に対しては Niemann and Pichler [2011]、Keen and Pakko [2007] 等、DSGE モデルを拡張する試みもみられる。

## 2 DSGE モデルの特徴

### 2.1 DSGE モデルの利点

DSGE モデルは科学としての特徴を備えている<sup>4)</sup>。DSGE モデルには、1) ミクロ的基礎付けがあるモデルである、2) コアモデルからの柔軟な拡張が可能である、3) 将来の経済変数に対する期待がモデルの中心に含まれる、といった特徴がある。

1つ目の特徴は、ミクロ的基礎付けについてである。DSGE モデルは構造形を持った一般均衡体系であることから、経済構造とショックの波及経路が明示されている。これは、政策分析に適した特徴である。例えば、競争促進政策によって総生産が増えた結果、より多くの財を輸出する必要性から実質為替レート減価がもたらされる、といったような、特定の政策の波及メカニズムを、シミュレーションから明示的に導くことができる [Tchakarov et al., 2004]。同様に、減税の効果が、家計の労働供給に関するパラメータや合理的家計の割合にどのように依存しているのか、といったことも導出することができ、政策に対して適切な評価を下すことができる [Erceg et al., 2006]。

ミクロ的基礎付けがあるために、政策の効果を家計の効用の単位で測ることもできる。すなわち、DSGE モデルは規範的 (normative) 分析に用いることができる。政策のパフォーマンスを費用便益分析の観点から評価することができ、最適な政策について考えることができるのである。

2つ目の特徴は、柔軟な拡張が可能ということである。DSGE モデルはミクロ的基礎付けから出発しており、家計の総需要や企業の価格決定、金融政策ルールといったマクロ経済分析のコアを持つ。これは、部門や経済主体の追加、歪みや調整コスト、各種パラメータの追加といった拡張可能な分析のフレームワークを提供するものである。言い換えれば、モデルの内部はモジュール化されている [Tchakarov et al., 2004]。分析目的とかけ離れた構造を、一

---

4) Evans [2016] は短い論考の中で、DSGE モデルの利点を整理している。またアジア太平洋研究所 [2014] では、DSGE モデルと同様に、経済変数間の相互依存関係を扱うマクロ計量モデル、VAR モデルと比較し、DSGE モデルの特徴を浮き彫りにしている。

質性を保ったまま捨象することもできる。この特徴はまた、コアが同じで細部が異なるモデルを比較分析することを可能にする。モデルのバリエーションを比較することで、モデルの政策に対する評価自体の妥当性を検証することができるのである<sup>5)</sup>。

3つ目の特徴は、将来の経済変数に対する期待がモデルに含まれていることである [Evans, 2016]。標準的なニューケインジアンモデルは、GDP ギャップ、インフレ率、金融政策ルールの3本の方程式からなる。

$$y_t = E_t y_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \pi_{t+1} - r_t^n) \quad (1)$$

$$\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} + \kappa y_t + u_t \quad (2)$$

$$i_t = \rho + \phi_\pi (\pi_t - \pi_t^*) + \phi_y y_t + v_t \quad (3)$$

ここで  $y_t$  は GDP ギャップ、 $\pi_t$  はインフレ率、 $i_t$  は名目金利を表す。各方程式は対数線形化され、定常状態からの乖離率で表示されている。 $r_t^n$  は自然利子率、 $u_t$  はコストプッシュショック、 $v_t$  は金融政策ショックである。また  $\pi_t^*$  はインフレ目標値を表し、 $\rho$ 、 $\beta$ 、 $\kappa$ 、 $\phi_\pi$ 、 $\phi_y$  は定数である。

(1) から、現在の GDP ギャップは将来の GDP ギャップと将来のインフレ率に依存して決まる。(2) から、現在のインフレ率は将来のインフレ率に依存して決まる。DSGE モデルはこのような性質を持つため、ルーカス批判を回避することができ、各種の政策分析に耐えるツールとなっている。つまり、経済主体は政策変更による将来までの影響を考慮して現在の行動を変えることができ、モデルはそれを明確な形で記述する。

## 2.2 DSGE モデルを構築するという事

前節で見たように、DSGE モデルを構築するとは、既存の DSGE モデルに対して何らかの拡張を施すか、逆に一部を捨象して、問題の本質を理解しやすくすることに他ならない。

したがって、目的の数だけモデルが存在しうる。マクロ経済の全てを包含

5) Smets et al. [2010] や Annicchiarico et al. [2011] を参照のこと。また Smets et al. [2010] については、3.2.3 節でも紹介している。

することを旨としたモデルは、ノイズが大きくなりすぎて実際的には意味をなさない。DSGE モデルを構築する目的は何かという、分析者の視点が重要になる。

これまで、マクロ経済学における様々な関心に答えるべく、膨大な数の拡張が行われてきた。その歴史的な変遷については次節に譲り、ここでは、DSGE モデルに対してどのような拡張の方法が考案されてきたのかを大まかに整理しておこう。DSGE モデルの拡張の方向性には、主に 1) 部門、2) 歪み、3) 調整コスト、4) パラメータなどがある<sup>6)</sup>。

1 つ目に、部門の拡張は、従来のモデルにない概念を追加したり、単一に扱われていたものを別個のものとして区別するために用いられる。例えば、財の種類を増やしたり（財を中間財と最終財に分ける、消費財と投資財に分ける、耐久消費財と非耐久消費財に分けるなど）、経済主体を追加したり（金融仲介部門の導入に伴い、銀行を追加するなど）、外国との相互作用を考慮するなどがある。一般に部門の拡張は方程式の数が増えやすく、複雑になりやすい。明確な目的がなければ、シンプルな体系を維持することが望ましい。

2 つ目に、歪みとは、効率的な競争経済の実現を阻害していると考えられる何らかの要素のことであり、独占的競争や名目硬直性、後述する家計資産の流動性制約などのことである。歪みのないモデルにおいては、経済厚生が常に最大化されているために、経済政策ではこれ以上に改善する余地がない。一方、現実の経済は競争的でなく、何らかの歪みが発生していると考えられている。経済政策によって歪みを取り除くことができれば、厚生を改善させることができると考えるのである。

3 つ目に、調整コストは、経済主体が資源配分を変化させる際にかかるコストを指す。例えば設備投資の増減に調整コストがかかると想定すれば、企業の投資行動を動学的に説明できる。他にも、開放経済体系モデルにおける貿易フローに調整コストを想定すれば、貿易数量や価格に対する実証的証拠のいくつかを説明できることが知られている<sup>7)</sup>。

6) Evans [2016] を参照。

7) Obstfeld and Rogoff [2000] 等を参照。

4つ目に、パラメータの追加や調整はモデルの細部の修正に用いられる。例えば、家計の主観的割引率や、企業の生産関数における労働分配率、企業の価格決定に関わるカルボパラメータなどがある。またパラメータは、歪みや調整コストがモデルに与える影響の程度を表す際にも用いられる。DSGE モデルにおけるパラメータは、先行研究などから経験的に分かっている値を割り当てる（これをカリブレーションと呼ぶ）か、体系を一括で推計して求める。

### 2.3 DSGE モデルの課題

Blanchard [2016] は DSGE モデルの課題について、1) 家計や企業に関する仮定、2) モデルの推定方法、3) モデルの規範的利用についての含意、の 3 つを挙げている。

1 つ目に、家計や企業についての仮定が、単純化の域を超えて不自然になってしまっているという指摘である。標準的なニューケインジアンモデルは (1)、(2)、(3) の 3 本の方程式からなるが、これらには現実にそぐわない点も多い。

例えば、(1) 動学的 IS 曲線は代表的個人の無限期先までの最適化行動から導かれるが、現実には家計は有限期しか生きられないため、その視野も限られた範囲でしかない。この結果、実質金利が家計の消費行動に影響する程度も、モデルと実証結果では異なる。また、企業の将来の期待に基づいた価格決定行動から (2) ニューケインジアンフィリップスカーブが導かれるが、この方程式では、現実に観察されるインフレの慣性を捉えるには不十分である<sup>8)</sup>。

2 つ目に、DSGE モデルの推計方法についてである。前節で述べたように、DSGE モデルでは多くのパラメータ（あるいは全てのパラメータ）をカリブレーションによって値を決め、残りのパラメータをベイズ推計によって求める。しかしながら、カリブレーションによる値がどこまで妥当であるかは検討の余地がある。またベイズ推計の際には、その結果が、研究者の仮定する事前分布に大きく影響されることも問題である [Blanchard, 2016]。

3 つ目に、DSGE が規範的な目的に使われる際の含意についてである。前述のように、規範的に使うとは、政策の経済厚生への効果を家計の効用で測る

8) 矢野 [2008] はこのことを 3 本の方程式を使った簡単なシミュレーションで示している。

という意味である。しかしそもそも経済厚生は、モデルに取り込んだ歪みの影響を受ける。すなわち、研究者の仮定によって経済厚生も変化するのである。

以上の課題だけでなく、1 節で述べたように、DSGE にはその限界も指摘されている。それらすべてを克服することは困難であるものの、これまで数多くの拡張が試みられ、政策分析に活用されてきた。次節ではこのことについてみていこう。

### 3 DSGE モデルの発展

#### 3.1 DSGE モデルの発展 (1) 標準的な DSGE モデルに至るまで

ここでは、DSGE モデルの発展について、その起こりから標準的なモデルと言われる Christiano et al. [2005]、Smets and Wouters [2003] に至るまでを簡単にみておく<sup>9)</sup>。

##### 3.1.1 実物的景気循環 (Real Business Cycle, RBC) モデル

Kydland and Prescott [1982] に始まる実物的景気循環 (RBC) モデルは、DSGE モデルの基本形となっている。RBC モデルが従来の IS-LM モデルなどと異なるのは、家計や企業が合理的期待にもとづいて動学的最適化を行うことである。すなわち、モデルがミクロ的基礎を持つ。RBC モデルは、経済成長の源泉や景気循環のメカニズム、ショックの波及経路を分析するために用いられる。

RBC モデルは完全市場を仮定している。したがって、必ずしも完全でない、現実のマクロ経済データと整合的でない部分も多くみられる。例えば RBC モデルでは、全ての経済変動が実物的要因で説明されるため、貨幣の中立性命題が成り立つ。つまり、RBC モデルでは金融政策を扱うことができない。

---

9) 本節の議論はアジア太平洋研究所 [2014] を再構成したものである。



### 3.1.2 ニューケインジアンモデル

ニューケインジアンモデルは、RBC モデルに価格硬直性と独占的競争という 2 つの歪みを取り込んだものである。ニューケインジアンモデルでは、企業は自由な価格設定ができず、每期一定の確率（カルボパラメータ）でしか価格変更の機会が与えられないと想定する。このような価格硬直性の導入によって、物価等の名目変数が实体经济に影響を及ぼし、金融政策の分析が可能になる。またニューケインジアンモデルの多くでは、伝統的な金融政策分析を主な目的としているため、企業の資本蓄積および設備投資行動を捨象している。

ニューケインジアンモデルでは、前節でみたように、インフレ率などの経済変数がショックに対して瞬時に反応することが知られている。これは、現実のデータが示す慣性と矛盾する。現実の動きをより忠実に反映させ、予測に耐えるモデルとするために、これまで様々な拡張が施されている。

### 3.1.3 標準的な中規模 DSGE モデル

Christiano et al. [2005] や Smets and Wouters [2003] によって確立された、ニューケインジアンモデルの拡張を、標準的な中規模 DSGE モデルと呼ぶ。Christiano et al. [2005] はニューケインジアンモデルに消費の習慣形成、賃金の硬直性、投資の調整コストといった要素を追加することで、実証上の課題の多くを克服した。Smets and Wouters [2003] は米国のデータを用いてこれらのモデルをベイズ推計し、DSGE モデルが VAR モデルと遜色ないデータフィット、予測パフォーマンスをもたらすことを示した。

## 3.2 DSGE モデルの発展 (2) 財政政策・開放経済への拡張

Christiano et al. [2005] 以降、各国の中央銀行を中心に多数の DSGE モデルが開発されている。例えば、アメリカ連邦準備制度理事会（FRB）で開発された SIGMA や EDO<sup>10)</sup> がある。また後述するように、欧州中央銀行（ECB）や国際通貨基金（IMF）といった国際機関においても同様の試みが行われている。

---

10) SIGMA については Erceg et al. [2006] を、EDO については Edge et al. [2007] を参照。

ECB や IMF では、多数の国を対象としたモデルを構築する必要があることから、モデルを開放経済へと拡張することが多い。またユーロ圏を対象としたモデルでは、各国が独立した金融政策を行えないため、財政政策の分析に比重が置かれることが多い。

近年のグローバル化や経済政策の多様化から、標準的な DSGE モデルからの様々な拡張が行われてきた。以下では、拡張の方向性を整理し、1) 財政政策への拡張、2) 開放経済への拡張、3) 個別の事情を反映した拡張、の順に、各国の中央銀行や国際機関が開発した DSGE モデルを紹介する。また、各モデルの特徴と政策的含意の関係についてもみておく。

### 3.2.1 財政政策への拡張: Global Fiscal Model

中規模 DSGE モデルからの拡張の方向性の 1 つに、財政政策への応用が挙げられる<sup>11)</sup>。従来のモデルでは、ミクロ的基礎を持つことの帰結としてリカードの等価定理が成立するため、財政政策の効果を検証することができない。これを克服するための拡張にはいくつかの種類がある。

まず、異時点間の最適化が行えない非リカード的家計の導入である。非リカード的家計は一切の金融資産を持たず、可処分所得の全てを消費にまわさざるを得ないという流動性制約に直面していると仮定する。非リカード的家計が一定割合存在することにより、公債の発行、減税や所得移転といった財政政策に効果が生まれることになる。

次に、世代重複モデルを導入することである。将来世代と現在世代が切り離されることによって、現時点での国債発行は現在世代にとって資本とみなされ、将来世代にとっては負債とみなされる。この非対称性によって、財政政策による世代間の分配について分析することが可能になる。

財政政策分析を扱う DSGE モデルの代表的なものとして、IMF が開発した Global Fiscal Model (GFM)<sup>12)</sup> が挙げられる。IMF は、GFM を用いて

11) 財政政策への拡張を含めて標準的中規模 DSGE モデルと呼ばれることもある。

12) Botman et al. [2006] を参照。また江口 [2011] は日本経済を想定した DSGE モデルで財政政策の効果を検証している。

財政再建や税制改革の効果検証などに応用し、その成果を World Economic Outlook 等で公表している。

GFM は、財政政策の長期効果を量的に分析するためにデザインされた DSGE モデルである。世代重複のある年次モデルであり、非リカード的家計が存在する。GFM はまた、2 国モデルでもあり、自国と外国とを区別している（開放経済への拡張については後述）。

GFM を用いた持続的な減税（政府債務の増加）シミュレーションから、大国ケースと小国ケースで異なった結果が得られる。例えばアメリカなどの大国経済においては、減税による政府債務の増加は外国経済へのスピルオーバー効果を持つ。つまり、政府債務の増加が資本のクラウディング・アウトを起し、自国金利および世界実質金利の上昇を招くのである。一方、小国ケースではスピルオーバー効果を持たないため、自国の対外純負債が増加するのみである。

### 3.2.2 開放経済への拡張 (1) Global Economic Model

近年では、グローバル化の進展から、国際機関や欧州などを中心に DSGE モデルを開放経済へと拡張する動きが目立っている。この拡張には主に New Open Economy Macroeconomics (NOEM) の枠組みが利用され、NOEM-DSGE モデルとも呼ばれる。自国と外国とを区別することで、貿易財／非貿易財といった財のバリエーションや、輸入需要、貿易財の価格決定、為替レートのパススルーなどについて分析することが可能になる。

IMF は GFM の他に、開放経済への拡張として Global Economic Model (GEM) を開発している<sup>13)</sup>。GEM の主な目的は、政策ショックや構造ショックが国際的にどう波及していくかを分析することである。GEM は各国の経済状況分析に活用され、その成果は GFM と同様に World Economic Outlook で公表されている<sup>14)</sup>。

13) Tchakarov et al. [2004]。IMF のモデルについては樹神 [2007] も参照されたい。GEM と GFM を比較した解説については Botman et al. [2007]、Pesenti [2008] 等を参照のこと。

14) IMF はまた GEM と GFM と統合した Global Integrated Monetary Fiscal Model (GIMF) を開発している。GIMF は有益ではあるが、モデルがより複雑化することは避けられない。GEM や GFM は特定の目的に沿った分析ツールとしてなお有力な選択肢である。GIMF については Kincaid [2008] を参照のこと。

GEM は (GFM とは異なり)、四半期モデルであり、短期の動学を説明するのに適している。また GEM には世代重複はなく、代表的個人を想定する。モデル内部がモジュール化されており、例えば非貿易財を追加したり、流通部門を加えるといったことが比較的容易にできる。

このような特徴を活かし、GEM は特にユーロ圏における労働市場、生産市場の競争促進政策 (構造改革) の便益を計測したり、先進国と途上国で異なる金融政策ルールを採用すべきかといった問いに答えている。他にも、原油価格の変動がもたらすシステミックな効果検証、経常収支不均衡のグローバルな調整分析などの活用事例がある。

構造改革を例に挙げ、簡単に紹介しておこう。規制緩和や競争促進政策によって労働市場や生産市場が競争的になれば、マークアップの削減により物価、賃金が下落し、GDP や消費、投資、実質為替レート、交易条件に影響を及ぼす。ここで、GEM を用いたシミュレーションによって、交易条件にもたらされた望ましい変化が、外国に正のスピルオーバー効果を持つことが示される。これは、構造改革の国際的な波及経路を理論モデルから解き明かした一例である。

### 3.2.3 開放経済への拡張 (2) New Area-Wide Model

欧州中央銀行 (ECB) は、予測を行うために New Area-Wide Model (NAWM) を設計・開発している<sup>15)</sup>。ユーロ圏を想定した小国開放経済モデルであり、パラメータはベイズ推計によって求められる。貿易財と非貿易財を区別していること、民間消費財と公共消費財を区別していることに特徴がある。投資や資本、輸入消費財、輸入投資財にはそれぞれ調整コストがかかる。

NAWM の特徴を整理しておこう。Smets et al. [2010] は NAWM を、ECB が持つもう一つのモデル CMR モデルと比較している。NAWM と CMR のコ

---

15) Christoffel et al. [2007]。また Smets et al. [2010] は NAWM を VAR モデル、ベイジアン VAR モデル、ランダムウォークモデルなどと予測力を比較し、特に実質 GDP 成長、貿易変数、雇用、実質為替レートや名目短期金利などで他のモデルの予測力を上回るとことを示している。

ア部分は共通である。NAWM は、国際ブロックについて精巧に設計されたモデルであり、主に欧州エリアの予測やシナリオ分析に活用される。CMR は、国際部門がないかわりに貨幣、信用、金融仲介といった部門が存在し、銀行のバランスシートが考慮される。両モデルの予測を比較すると、質的には共通するところが多い。量的には異なるところがあるものの、競合関係というよりはむしろ補完関係にある。以下ではいくつかを例に挙げる。

まず、金融政策の波及メカニズムを比較する。50 ベーシスポイントの金利上昇の効果をみると、NAWM は CMR と比較して生産を短期的に大きく落とす。これは、NAWM が持つ開放経済のチャネルが影響している。開放経済体系では、金利上昇によって国内債券の需要が高まり、カバーなし金利平価を通じて自国通貨が増価（のちに減価）する。これが交易条件を改善させ、支出スイッチ効果によって輸入が上昇、自国の生産が減少する。さらに、この生産の減少は労働需要を減らすため、雇用が減る。これが賃金コストの削減、実質限界費用の下落をもたらす、国内物価が下落する。一方、CMR は閉鎖体系であるため、交易条件の改善や生産減、雇用減、物価下落などは起きない。

次に、経済成長率の推移をみて、その要因分解を比較する。例えば、2008 年の世界的な金融危機によるユーロ圏 GDP の急激な落ち込みについて、その要因は何であったかを調べると、NAWM では、危機のグローバルな側面が世界の貿易量を大幅に減らし、ユーロ圏の輸出を減らしたことが大きいと説明される。一方 CMR は、危機の主な牽引役は金融仲介部門から生じたショックであり、特に信用リスクの評価が急激に変化したためであるとする。これらの相違はどちらが正しいということではなく、相互補完的に解釈されるべきである。

### 3.2.4 開放経済への拡張 (3) 欧州の事情を考慮したモデル

欧州、特にユーロ圏各国における DSGE モデル開発には、他の国・地域とは異なる工夫が必要になる。彼らは独立した金融政策当局を持たないため、自由な金融政策を行えないことを考慮する必要があるからである。また EU に加盟していることから、政府債務残高などの経済的基礎条件（ファンダメンタルズ）にも制約がある。さらには、移民などの問題も抱えている。

例えば、スペイン経済の記述のためにや政策分析のために開発された MEDEA (スペイン経済のためのベイズ推計 DSGE モデル) は、ECB を想定した金融政策当局が自国の外に存在することを特徴としている<sup>16)</sup>。MEDEA は小国開放経済体系の DSGE モデルであり、投資、輸出、輸入にそれぞれ調整コストがかかる。また移民を想定して、人口成長率をドリフト項つきのランダムウォークとし、トレンドを持たせている。

また Marcellino and Rychalovska [2012] は、ルクセンブルグのデータを用いて、ヨーロッパ通貨統合を考慮した 2 地域の開放 DSGE モデルを構築している。ルクセンブルグ経済の変動要因を分析し、変動のかなりの部分を開放経済的な側面から生じるショックで説明できることを明らかにしている。すなわち、為替レートや財の相対価格がルクセンブルグの経済成長率やインフレーション、雇用をよく説明する。このことは、外国の影響を受けやすい小さな国(経済開放度の高い国)にとって、DSGE モデルを開放経済へと拡張することはほぼ必須の条件であることを示唆している。

### 3.3 DSGE モデルの発展 (3) 多様化する DSGE モデル

近年の DSGE モデルの拡張は多岐に渡っている。財政政策や開放経済への拡張に限らず、経済構造への理解を深めて予測のパフォーマンスを高めるために、あるいは新しい政策分析への応用のために、拡張が行われている。

例えば、定常なモデル変数と非定常な観察変数のギャップを埋める試みである。ユーロ圏のマクロ経済を記述したベイズ推計 DSGE モデル (QUEST III : An Estimated Open-Economy DSGE Model of the Euro Area with Fiscal and Monetary Policy) では、TFP に確率的なトレンドを認めることで、これを実現している [Ratto et al., 2009]。通常、定常なモデル変数を非定常なデータにフィットさせるためには、線形タイムトレンドや HP フィルターでフィルタリングするといった前処理が必要になるが、前処理をしないかわりに、各変数に対して名目比率をとることで定常性を担保するのである<sup>17)</sup>。

16) Burriel et al. [2010] を参照。

17) 廣瀬 [2012] は同様の手法で日本経済版 DSGE モデルをベイズ推計している。

また、例えば、ゼロ金利制約下における金融政策分析への対応である。日本銀行が政策分析や予測のために開発した JEM (Japanese Economic Model) では、日本経済が長期に渡ってゼロ金利制約に直面していることを反映して、名目金利が非負制約下にあっても動作する新しいアルゴリズムを実装している<sup>18)</sup>。

以下では、応用事例を 2 つ紹介する。1 つは、DSGE モデルの推計に重要な役割を果たす、潜在 GDP をどう捕捉するかという問題についてである。もう 1 つは、近年の金融危機後に特に重要性を増しているマクロブルーデンス政策についてである。

### 3.3.1 GDP ギャップ、潜在成長率をどう推定するか

潜在 GDP をどう捕捉するかは、推計上の大きな課題といえる。潜在 GDP はインフレや名目金利とは違い、直接観察することができないからである。また潜在 GDP や GDP ギャップをどう捉えるかで、ショックに対する反応が異なるからである。

スウェーデン国立銀行 (Riksbank、リクスバンク) が政策分析と予測のために開発した RAMSES では、3 つの異なる GDP ギャップの概念を用いて、結果の違いを比較している [Adolfson et al., 2011]。

1 つ目は、長期トレンド水準を潜在 GDP とみなし、成長率が確率的に変動することによって潜在 GDP からの乖離が生じるとする考え方である。これをトレンド GDP ギャップと呼ぶ。2 つ目は、価格や賃金が伸縮的なときに達成される GDP を潜在 GDP (自然産出量) とする考え方である。自然産出量水準からの乖離を条件なし GDP ギャップと呼ぶ。3 つ目は、現時点において価格が伸縮的となり、その後も価格が伸縮的であり続けると期待される場合の潜在 GDP を考えるものである。このときの GDP ギャップを条件付き GDP ギャップと呼ぶ。

条件なし GDP ギャップと条件付き GDP ギャップとの違いは、現時点まで

---

18) Teranishi et al. [2004] を参照。

の過去の経済変数にも依存するかどうかで決まる。条件なし GDP ギャップは理論的な値であるため、過去の実現値には影響されないが、条件付き GDP ギャップは過去の実現値の影響を受けて変化する。

ショックに対する反応を比較しよう。例えば一時的な正の生産性ショックに対して、条件なし、条件付きの GDP ギャップはいずれも拡大する。なぜなら、自然産出量は生産性に依存して決まり、生産性の上昇は潜在 GDP を押し上げるからである。一方で、トレンド GDP ギャップは変化しない。一時的な生産性ショックは長期トレンドを変化させるものではないからである。トレンド GDP ギャップは永続的なショックにのみ反応する。

同様に、笹木・福永 [2011] では、日本銀行が開発した M-JEM (Medium-scale Japanese Economic Model) を用いて日本の潜在成長率を推定する際に、潜在 GDP の概念を整理している<sup>19)</sup>。まず、価格や賃金の硬直性といった名目上の摩擦がないときに達成される GDP を考える。これを自然産出量と呼ぶ。これに加えて、独占的競争などの実質的な摩擦もないときの GDP を効率的産出量と呼び、自然産出量とは区別する。効率的産出量の変動のうち、永続的なショックによる変動部分のみをとりだして、潜在成長率を定義する。M-JEM で推計される潜在成長率は、従来型のフィルタリングアプローチ<sup>20)</sup> で求めた潜在産出量と近い動きとなることが示されている。また M-JEM は GDP ギャップやインフレに対して有効な予測力を持つ。M-JEM は従来の手法とモデルベースの手法のギャップを埋める役割を果たしている。

### 3.3.2 マクロ・プルーデンス政策を考える

Rabanal and Quint [2013] は、2000 年代後半以降の金融危機や不況に対する関心の高まりを受け、ユーロ圏を想定した 2 国 2 部門の DSGE モデルを構築して、最適金融政策や最適なマクロプルーデンス政策について議論している。

19) M-JEM については Fueki et al. [2010] を参照のこと。

20) HP フィルターなどを用いて抽出されたトレンド成分の成長率を潜在成長率とみなす方法であり、RAMSES におけるトレンド GDP ギャップと対応する。



マクロプルーデンスとは、「金融システム全体のリスクの状況を分析・評価し、それに基づいて制度設計・政策対応を図ることを通じて、金融システム全体の安定を確保するとの考え方」である<sup>21)</sup>。これに該当するものとしては、追加的資本要求や流動性比率規制、準備、貸倒引当金の規制などがある。これはモデル上では、信用市場において貸付資金供給を抑制し、利回りを上昇させる（またはその逆）ような政策と解釈される。

Rabanal and Quint [2013] の特徴は、名目の摩擦に加えて、信用市場にも Bernanke et al. [1999] タイプの摩擦を導入していることである。家計には貯蓄家と借り手の2タイプが存在し、国内および国際的な金融仲介機関が存在する。

Rabanal and Quint [2013] は、マクロプルーデンス規制の存在がフィナンシャル・アクセラレータ効果を弱め、住宅需要ショック、リスクショック、技術ショックなどに対する名目金利の反応が弱くなることを示した。すなわち、マクロプルーデンス政策はマクロの経済変動を抑え、ユーロ圏の経済厚生を高める。これは、名目金融政策が部分的にしか機能しないという、ユーロ圏における課題を補えることを示している。

ただし、家計への影響は、ショックの種類によって異なり、また貯蓄家と借り手で非対称である。住宅需要ショックやリスクショックは、名目信用の成長に影響するため、貯蓄家と借り手の両方の経済厚生を高める。一方、永続的な技術ショックは信用対 GDP 比に影響するため、マクロプルーデンス政策が反景気循環的なふるまいを強める方向に働く。これにより、貯蓄家には経済厚生がもたらされる一方で、借り手は消費や住宅投資の水準を確保するために労働時間が増えすぎてしまい、損失を被ることになる。

Rabanal and Quint [2013] はまた、マクロプルーデンス規制がある国から別の国への負のスピルオーバー効果を持たないことを示している。各国が独自に規制をしても、ユーロ圏全域で規制をしても、結果に大きな違いはないということである。

---

21) 日本銀行ホームページより引用。

#### 4 おわりに

以上にみたように、標準的な中規模 DSGE モデルを用いた分析手法が確立されて以降、各国中央銀行や国際機関を中心に、様々な関心に答える形で DSGE モデルが開発・拡張されてきた。DSGE モデルはいくつかの欠点を指摘されながらも、近年のマクロ経済学の主流であり続け、多様なモデルが生み出されてきた。

多様な DSGE モデルが存在することは、それ自体が重要な意味を持つ。まず、先述の通り、マクロ経済の全てを包含したモデルを作ることは実質的に不可能であり、仮に構築されたとしてもノイズが大きすぎて実際的には意味をなさないという問題がある。

次に、複数のモデルを比較検討することで、マクロ経済を多面的に捉えることができるだけでなく、政策評価につきまとう不確実性の大きさをおおよそ知ることができるという利点がある。例えば Smets et al. [2010] は、コアが同じで細部が異なる DSGE モデル (NAWM と CMR) を比較分析したものである。比較は DSGE モデルどうしに限らない。例えば Annicchiarico et al. [2011] では、イタリア向け QUEST III (内生的成長 DSGE モデル) を、イタリア財務省計量経済モデル ITEM (Italian Treasury Econometric Model) と比較している。また本稿で紹介した DSGE モデルの多くは、その VAR モデルやランダムウォークモデルなどと比較して、予測パフォーマンスを検証している。

DSGE モデルは、IS-LM やマンデル＝フレミングモデルといった従来型のマクロモデルとも共存が可能であり、両者は補完関係にあると考えられる。Blanchard [2016] は次のように述べている：DSGE モデル構築の前に、特定の政策や歪みについて従来型モデルで考察することは有用であるし、DSGE モデル構築の後も、モデルから得られた知見を分かりやすく提示する目的で従来型モデルを活用することもできる。

今後、DSGE はどのようなことを検討課題とすべきだろうか。福田・溜川 [2013] はその 1 つとして、国内における地域間関係を考慮したモデルを構築することを挙げている。これに対し、アジア太平洋研究所 [2014]、Okano et

al. [2015]、井田・松林 [2016] は日本の関西地域を対象とした DSGE モデルの構築およびシミュレーション分析を試みている。しかし福田・溜川 [2013] が指摘するように、資本と労働力の移動の扱いなど検討すべき課題が残る。加えて、地域モデルを考える際には、推定に用いるデータが乏しいという制約もある<sup>22)</sup>。今後はこれらの課題を克服した地域モデルを開発、推定し、政策分析に役立てていくことが有用であろう。

### 参考文献

- Adolfson, Malin, Stefan Laséen, Jesper Lindé, and Lars EO Svensson [2011] “Optimal Monetary Policy in an Operational Medium-Sized DSGE Model”, *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 43, No. 7, pp. 1287–1331.
- Annicchiarico, B., F. Di Dio, F. Felici, and F. Nucci [2011] “Macroeconomic Modelling and the Effects of Policy Reforms: an Assessment for Italy using ITEM and QUEST”, *Government of the Italian Republic (Italy), Ministry of Economy and Finance, Department of the Treasury Working Paper*, No. 1.
- Bernanke, Ben S, Mark Gertler, and Simon Gilchrist [1999] “The financial accelerator in a quantitative business cycle framework”, *Handbook of macroeconomics*, Vol. 1, pp. 1341–1393.
- Blanchard, Oliver [2016] “Do DSGE Models Have a Future?”, *PIIE Policy Brief*, No. 16-11.
- Botman, D., D. Laxton, D. Muir, and A. Romanov [2006] “A new-open-economy macro model for Fiscal policy evaluation”, *IMF Working Papers* 6045(200), pp. 1-46.
- Botman, Dennis, Philippe Karam, Douglas Laxton, and David Rose [2007] “DSGE Modeling at the Fund: Applications and Further Developments”, *IMF Working Papers*, pp. 1–41.
- Burriel, P., J. Fernández-Villaverde, and J.F. Rubio-Ramirez [2010] “MEDEA: a DSGE model for the Spanish economy”, *SERIEs: Journal of the Spanish Economic Association*, Vol. 1, No. 1, pp. 175–243.

---

22) 岡野・稲田 [2016] はこのような問題意識から、県民経済計算および関連する補助統計を用いて、関西地域の消費、住宅、設備投資、公共投資の四半期化を試みている。

- Christiano, Lawrence J, Martin Eichenbaum, and Charles L Evans [2005] “Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy”, *Journal of political Economy*, Vol. 113, No. 1, pp. 1–45.
- Christoffel, K., G. Coenen, and A. Warne [2007] “Conditional versus unconditional forecasting with the new area-wide model of the euro area”, in *Central Bank Workshop on Macroeconomic Modelling*.
- Edge, Rochelle M., Michael T. Kiley, and Jean-Philippe Laforte [2007] “Documentation of the Research and Statistics Division’s estimated DSGE model of the U.S. economy: 2006 version”, *Finance and Economics Discussion Series 2007-53*, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).
- Erceg, Christopher J., Luca Guerrieri, and Christopher Gust [2006] “SIGMA: A New Open Economy Model for Policy Analysis”, *International Journal of Central Banking*, Vol. 2, No. 1, March.
- Evans, George [2016] “What’s Useful about DSGE Models?”, Economist’s View.<http://economistsview.typepad.com/economistsview/2016/08/whats-useful-about-dsge-models.html>.
- Fueki, T., I. Fukunaga, H. Ichie, and T. Shirota [2010] Measuring Potential Growth with an Estimated DSGE Model of Japan’s Economy. No. 10-E-13: Bank of Japan.
- Gali, Jordi [2008] *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*: Princeton University Press.
- Keen, Benjamin D. and Michael R. Pakko [2007] “Monetary policy and natural disasters in a DSGE model: how should the Fed have responded to Hurricane Katrina?”, Working Papers 2007-025, Federal Reserve Bank of St. Louis.
- Kincaid, G. Russell [2008] “Adjustment Dynamics in the Euro Area - A Fresh Look at the Role of Fiscal Policy Using a DSGE Approach”, European Economy Economic Papers 322, Directorate General Economic and Monetary Affairs (DGECFIN), European Commission.
- Kydland, Finn E and Edward C Prescott [1982] “Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of JSTOR’s Terms and Conditions of Use, available at”, *Econometrica*, Vol. 50, No. 6, pp. 1345–1370.
- Lucas, R [1976] “Econometric Policy Evaluation: A Critique”, *reprinted in SBCT. Erickson and Irons [1995], The Lucas Critique in Practice, Working Paper. Lesson*, Vol. 18.

- Marcellino, Massimiliano and Yuliya Rychalovska [2012] “An estimated DSGE model of a Small Open Economy within the Monetary Union: Forecasting and Structural Analysis” No. 2012/34, European University Institute.
- Niemann, Stefan and Paul Pichler [2011] “Optimal fiscal and monetary policies in the face of rare disasters”, *European Economic Review*, Vol. 55, No. 1, pp. 75–92, January.
- Nishiyama, Shin’Ichi, Hirokuni Iiboshi&, and Tatsuyoshi Matsumae [2011] “How Bad was Lehman Shock?: Estimating a DSGE model with Firm and Bank Balance Sheets in a Data’Rich Environment”. Mimeo.
- Obstfeld, M and K Rogoff [2000] “Six major puzzles in international macroeconomics: is there a common cause ?”, *NBER Macroeconomics Annual*, Vol. 3.
- Okano, Mitsuhiro, Daisuke Ida, Shiget Kitano, and Yoichi Matsubayashi [2015] “Development of a Regional DSGE Model in Japan: Empirical Evidence of Economic Stagnation in the Kansai Economy”, APIR Discussion Paper Series 38, Asia Pacific Institute of Research.
- Presenti, Paolo [2008] “The global economy model: Theoretical framework”, *IMF Staff Papers*, Vol. 55, No. 2, pp. 243–284.
- Rabanal, Pau and Dominic Quint [2013] “Monetary and Macroprudential Policy in an Estimated DSGE Model of the Euro Area”, in *2013 Meeting Papers*, No. 604, Society for Economic Dynamics.
- Ratto, M., W. Roeger et al. [2009] “QUEST III: An estimated open-economy DSGE model of the euro area with fiscal and monetary policy”, *economic Modelling*, Vol. 26, No. 1, pp. 222–233.
- Rotemberg, Julio J. and Michael Woodford [1998] “Interest-Rate Rules in an Estimated Sticky Price Model”, NBER Working Papers 6618, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Smets, Frank and Raf Wouters [2003] “An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area”, *Journal of the European economic association*, Vol. 1, No. 5, pp. 1123–1175.
- Smets, Frank, Kai Christoffel, Gunter Coenen, Roberto Motto, and Massimo Rostagno [2010] “DSGE models and their use at the ECB”, *SERIEs*, Vol. 1, No. 1, pp. 51–65, March.
- Tchakarov, I., P.D. Karam, T. Bayoumi, H. Faruquee, B. Hunt, D. Laxton, J. Lee, and A. Rebucci [2004] *GEM: A new international macroeconomic model*, Vol. 239: International Monetary Fund.

- Teranishi, Yuki, Ippei Fujiwara, and Naoko Hara [2004] “The Japanese Economic Model: JEM”, *Econometric Society 2004 Far Eastern Meetings* 723, Econometric Society.
- Woodford, Michael [2001] “The Taylor rule and optimal monetary policy”, *American Economic Review*, Vol. 91, No. 2, pp. 232–237.
- [2003] *Interest and prices*, No. September: Citeseer.
- 井田大輔・松林洋一 [2016] 「地域 DSGE モデルの応用可能性：家計の異質性を考慮して」, APIR Discussion Paper Series 41, 一般財団法人アジア太平洋研究所.
- 江口允崇 [2011] 『動学的一般均衡モデルによる財政政策の分析』, 三菱経済研究所.
- 岡野光洋・稲田義久 [2016] 「地域四半期 GDP の推計に向けた諸課題」, APIR Discussion Paper Series 42, 一般財団法人アジア太平洋研究所.
- 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.
- 矢野浩一 [2008] 「DYNARE による動学的確率的一般均衡シミュレーション～新ケインズ派マクロ経済モデルへの応用～」, ESRI Discussion Paper Series No.203, 内閣府経済社会総合研究所.
- アジア太平洋研究所 [2014] 「新しいマクロ経済モデル：地方財政および関西経済への応用可能性の検証」, アジア太平洋研究所 2013 年度報告書.
- 樹神昌弘 [2007] 「IMF の経済分析モデル」, 国宗浩三 (編) 『IMF と開発途上国』, アジア経済研究所調査研究報告書, 第 3 章, 71–91 頁.
- 笛木琢治・福永一郎 [2011] 「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」, 『日本銀行ワーキングペーパーシリーズ』, 1–51 頁.
- 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 (特集 Macroeconomic Modeling)」, 『経済研究』, 第 62 巻, 第 1 号, 66–93 頁, 1 月.
- 白川方明 [2011] 「バブル、人口動態、自然災害—開会挨拶 (2011 年国際コンファレンス金融と実体経済の連関性と金融政策)」, 『金融研究』, 第 30 巻, 第 4 号, 21–34 頁.
- 福田慎・溜川健一 [2013] 「動学的確率的一般均衡モデルの動向:モデル構築を中心に」, 『商学論集』, 第 81 巻, 第 3 号, 43–60 頁.
- 平山健二郎 [2012] 「第二次大戦後のマクロ経済学と金融理論の変遷」, 『経済学論究』, 第 65 巻, 第 4 号, 35–78 頁, 3 月.
- 廣瀬康生 [2012] 『DSGE モデルによるマクロ実証分析の方法』, 三菱経済研究所.