



シリーズ  
日本経済を  
考える

90

# マクロ経済モデルのフロンティア —海外の活用事例を踏まえた考察—

財務省財務総合政策研究所主任研究官

**高橋 尚吾**\*1

財務省財務総合政策研究所主任研究官

**八木橋 毅司**

## 1. 序説

経済学の分野において、特定のショックが経済に与える影響や今後の経済に関する見通し等を検証するツールとして、マクロ経済モデルが広く用いられている。マクロ経済モデルとは、現実の経済を複数の方程式体系で模したものであるが、その性質についてはモデル間の特徴が大きく異なるため、一概に述べることは困難である。例えば、ティンバーゲンやクラインを始めとする研究者により開発されたいわゆる伝統的なマクロ計量経済モデルは、平時においては比較的現実のデータと整合的であるため、公的および民間機関において経済変数の将来予測等にて使われてきた歴史がある。ところが、そうしたモデルは、政策変更によって生じる経済主体が抱く将来への期待の変化が、彼らの行動に影響を与えるというメカニズムを必ずしも内包しておらず、政策効果の分析手法としては適切ではないとするルーカス批判にさらされることとなった。この批判を克服するために、期待形成を含む経済理論との整合性を重視したモデルとして後述するDSGEモデルの開発・発展が学界を中心に進められてきた。しかし、DSGEモデルは、その理論的整合性を過度に重視するあまり、現実のデータとの整合性が必ずしも取れないという課題も指摘されている。この点について最近の学界の動向に目を向けると、Blanchard

(2018) も言及している通り、全ての分析目的に耐え得る万能なマクロ経済モデルというものは存在せず、分析目的に応じて適切なモデルを取捨選択すべきという考え方が主流となりつつある。

どのようなモデルが必要かという議論に対して一貫した解答をすることは依然として困難であり、今後も学界や政策当局を中心に議論が行われるものと思われる。しかし、今日においては、どのモデルがどのような強みを持つかという点について、一定の評価が蓄積されつつある。こうした議論を基に、海外の政策当局では、それぞれの分析目的に対して適切なモデルを構築・所有し、適宜その見直しを行いながら、分析に活用している。そして、こうした政策当局におけるマクロモデルを取巻く現状を把握することは、どの分析目的に対してどのモデルを用いるかを検討する際のベンチマークとなり得るだろう。

本稿の目的は、「どの目的に対してどのマクロ経済モデルを用いるべきか」という点について、実際の活用事例と併せて、考察することである。一般的に、マクロ経済モデルと言うと多様な種類があり、その一つ一つがそれぞれ大きく特徴を異にする。例えば、Murphy (2017) は財政当局で用いられている経済モデルを8つに分類し、各種モデルの特徴について整理を行っている。本稿では、その中でも特に、ベクトル自己帰帰モデル、動学的確率的一般均衡モデル、準構造型モデル

\*1) 本稿の内容は全て筆者らの個人的見解であり、財務省あるいは財務総合政策研究所の公式見解を示すものではない。本稿における取組は、大江賢造氏（財務総合政策研究所総務研究部総務課長）からの問題意識の共有および指示を受け実施したものであり、本稿は平成31年2月28日のマクロモデル研究会にて発表した内容を整理したものである。なお、本稿の作成に当たっては、大江氏に加え、鎌田泰徳氏（財務総合政策研究所専門官）、小嶋大造氏（前京都大学教授）からも貴重なコメントをいただいた。また、上述のマクロモデル研究会において、出席者の皆様からも貴重なコメントをいただいた。改めて感謝申し上げる。ただし、本稿の記述について残る誤りは筆者らの責任である。

ルに焦点を当てることとした。続く第2節では、マクロ経済モデルを考察した先行研究に倣う形で、各モデルの特徴について整理を行う。第3節では、海外機関におけるマクロ経済モデルの活用事例として、米国議会予算局と国際通貨基金のモデルの一部を簡単に取上げ、第4節にて結語とする。

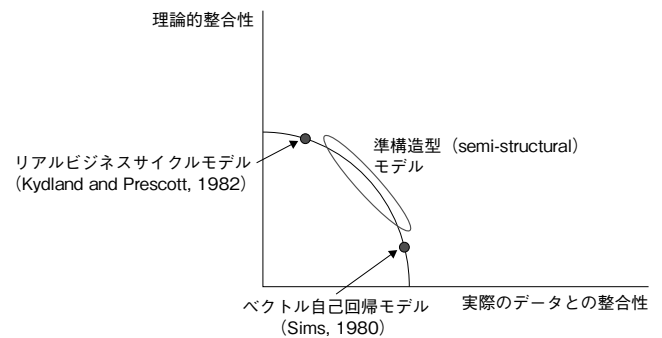
## 2. マクロ経済モデルの類型化とその特徴

Murphy (2017) は、財政当局において広く使われているモデルを、ベクトル自己回帰 (Vector Autoregression, VAR)、動学的確率的一般均衡 (Dynamic Stochastic General Equilibrium, DSGE) モデル、準構造型 (Semi-structural) モデル、産業連関モデル、応用一般均衡 (Computable General Equilibrium) モデル、マイクロシミュレーションモデル、財政モデル、世代重複 (Overlapping Generation) モデルの8つに分類している。Murphy (2017) によると、各モデルはそれぞれ活用領域ごとにカテゴライズすることができるが、そのうち本稿で取扱う VAR モデル、DSGE モデルおよび準構造型モデルはマクロ経済の将来予測および政策効果の分析に用いられるモデルである\*2。本節では、これら3つのモデルに関して、まずは各モデルの特徴について整理する。

モデルの特徴を整理する切り口として、本稿では Pagan (2003) が提唱した「ベスト・プラクティス・フロンティア」の考え方を採用している。マクロ経済モデルにおいては、理論的整合性とデータとの整合性の間にはトレードオフが存在し、例えば、厳密に経済理論と整合的となるようなモデルを構築すると、実際に観測された時系列データとモデルの結果の間の整合性が損なわれる恐れがあると Pagan (2003) は主張している\*3。図1は、両者のトレードオフ関係を示した概念図であり、Pagan (2003) はこれを「ベスト・プラクティス・フロンティア」と呼んでいる\*4。

本稿では、Murphy (2017) に区分に従った3つのモデルについて、Pagan (2003) の提唱した概念を

図1 ベスト・プラクティス・フロンティア (1980年代初頭)



(出所) Yagihashi (2019)

参考に「理論的整合性」と「データとの整合性」という観点から、モデルの特徴を考察する。後述するが、データとの整合性の高い VAR モデルと、理論的整合性に強みのある DSGE モデルは、フロンティア上では対極的な位置づけにあり、その中間に準構造型モデルは位置づけられる。

こうした切り口の他に、各モデルを開発・運用する際にどれだけのリソースを要するかという点も、極めて重要な視点である。例えば、Hjelm et al. (2015) および Saxegaard (2017) によれば、米国をはじめとした先進国の財政当局は、他の公的機関と比較してモデル開発に必要な Ph.D スタッフの獲得競争に遅れを取りがちであると指摘されている。また、定期的に人事異動が行われると、モデル開発・維持に必要な専門知識の定着が十分に進まずモデル開発が困難なものにもなりかねない。したがって、政策当局はモデルの特徴だけではなく、その運用に要するコストと利用可能なリソースも考慮して、モデルの取捨選択をする必要がある。この観点から、3つのモデルが要するコストという側面でも、簡単な言及を加えることとする。表1は各モデルの特徴を要約したものである。

表1 マクロモデル (VAR、DSGE、準構造型) の特徴

モデル名	用途	開発維持コスト	政策分析
ベクトル自己回帰 (VAR) モデル	経済変数の予測 他モデルのクロスチェック	○	×
動学的確率的一般均衡 (DSGE) モデル	政策シナリオ分析	△	△
準構造型モデル	経済変数の予測 政策シナリオ分析	×	△

(出所) Yagihashi (2019)

\*2) 産業連関モデルや応用一般均衡モデル、マイクロシミュレーションモデルは税に関する分析に、財政モデルと世代重複モデルは財政に関する分析に用いられる。  
 \*3) 逆に、データとよりフィットするモデルを構築しようとすると、理論的整合性が損なわれることになる。  
 \*4) 経済学における「生産可能性フロンティア」と似た概念である。

連載  
日本経済を  
考える

## 2.1 ベクトル自己回帰 (Vector Autoregression, VAR) モデル

VARモデルは1980年代初頭に開発されたモデルで、変数の過去のトレンド情報に基づいて将来の数値が定まる、いわば「データそのものに語らせる」手法である。当初のモデルは理論的な制約条件を最小限に抑えたものであったが、最近では構造型VARや時変係数VAR、グローバルVAR、ベイジアンVARといった、より多様なモデルが開発され、財政当局によっても活用がなされている (Hjelm et al., 2015)。

VARモデルの大きな特徴は、モデルの結果と現実のデータとの間の整合性を重視し、比較的短い将来の予測精度に特化している点である。他方で、基本的には過去のデータに基づいた推計を行っているため、将来期待の変更が現在の行動に影響を与えるメカニズムを十分に内包していない。図1で示される通り、ベスト・プラクティス・フロンティア上では、データとの整合性に特化した位置づけにある。

VARモデルは広く流通している統計ソフトウェア (EViewsやSTATA等) の初期装備として用意されていることや、オンライン上でのプログラムコードの入手が容易ということもあり、最も低コストのモデルと評価できる。加えて、VARモデルは手法の枠組が比較的容易であるほか、メンテナンスの多くがデータの更新作業であるため、ノウハウの引継ぎも容易である。ただし、Murphy (2017) も言及しているが、VARモデルは財政当局が求めるようなあらゆる期間にわたる大量の経済変数の予測という目的には必ずしも適合していないため、財政当局ではメインモデルとしてではなく、メインモデルから得られた結果のクロスチェックのツールとして用いられている\*5。

## 2.2 動学的確率的一般均衡 (Dynamic Stochastic General Equilibrium, DSGE) モデル

DSGEモデルは、家計や企業等の経済主体の合理的な行動様式を織り込んだモデルで、過去30年にわた

り経済学の領域の最前線で発展してきた。技術進歩といった実物要因が景気変動を引き起こすというリアル・ビジネス・サイクルモデルに端を発し、その後、名目的・実質的摩擦\*6や財政金融政策、生産コストショック等の経済的ショックがモデルに組み込まれ、今日の学術界において標準的に用いられる中規模型DSGEモデルに至っている。

DSGEモデルの開発が進んだ背景は、有名な「ルーカス批判」を克服することであった (Lucas, 1976)。1970年代当時に広く普及していたマクロ経済モデルは、経済主体の行動を簡略化して示した誘導型の方程式によって構築されていた\*7。このようなモデルにおけるパラメータは、最小二乗法等の手法を用いて過去のデータに基づき推定されるが、こうしたモデルでは政策や環境の変更が将来期待を通じて経済主体の行動に影響を与えるメカニズムを織り込んでいないため、政策効果分析のツールとしては適切ではないと、ルーカスは主張した\*8。他方、ルーカス批判を克服するべく発展したDSGEモデルは、家計や企業の効用・利潤最大化行動や、時間を通じて一定とされるディープ・パラメータ\*9に基づいた、いわゆるミクロ的基礎付けのある構造型のモデルである。したがって、経済理論との整合性が極めて高く、政策や経済ショックの波及効果を明示的に示すことができる点がDSGEモデルの強みである。

モデルが提唱された1980年代当初は、その学術的な関心の高さからDSGEモデルの改良が進められたが、すぐには政策当局には導入されなかった。しかし、1990年代に入り、価格硬直性をモデルに組み込む手法が開発されたことを皮切りに、各国の中央銀行を主導に政策分析のツールとしてDSGEモデルが用いられるようになった。

DSGEモデルはその学術的に高度な構造から、開発段階においては十分なリソースを要するが (Hjelm et al., 2015)、その後のモデルの拡張については、元々モデル自体がモジュラーな構造を持っていることに加え、広く普及しているプログラムソフトであるDYNAREの活用等により、相対的に少ないリソースで実現できる。

\*5) 米国連邦準備制度ではFRB-USという準構造型モデルを用いてマクロ経済分析を行っているが、その結果を、VARモデルを使って推計した期待変数を用いた結果と比較して、検証を行っている (Brayton et al., 2014)。

\*6) ここで言う摩擦とは、価格や賃金の硬直性 (名目的) や、投資の調整コストや情報の非対称性に起因するエージェンシーコスト (実質的) 等を指す。

\*7) 例えば、家計の消費はその時の所得水準に比例して増加する、という誘導型の方程式を仮定する等である。この場合は、過去のデータから家計の限界消費性向パラメータとして推定され、その値が将来にわたり変わらないと仮定したうえで、将来の消費が定まることになる。

\*8) 別の表現をすると、将来期待が変わることで、誘導方程式におけるパラメータも変わり得ることである。

\*9) ディープ・パラメータの例として、異時点間の消費代替弾力性や産出に関する資本弾力性が挙げられる。

## 2.3 準構造型 (Semi-Structural) モデル

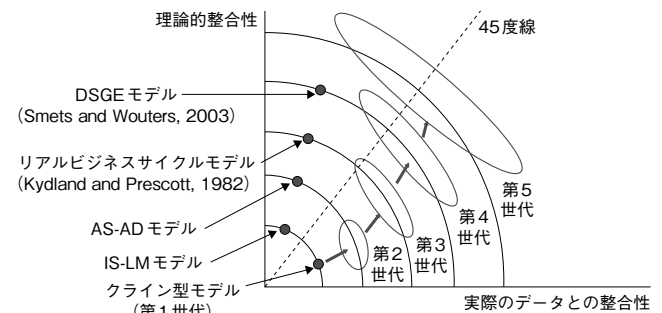
前述にて、データとの整合性の高いVARモデルと経済理論を織り込んだDSGEモデルについて言及した。準構造型モデルは、現実のデータと経済理論の双方とバランスよく整合的に作られているという点で、VARモデルとDSGEモデルの折衷型であり、図1のフロンティア上ではVARモデルとDSGEモデルの中間に位置づけられる。起源はTinbergen (1936) まで遡るが、その後時代とともに改良が進み、今日においては、中央銀行や財政当局といった政策当局におけるメインモデルへと発展した。

Fukac and Pagan (2010) によると、準構造型モデルは4つの世代を経て、理論およびデータ双方の整合性の改善が進んできた。「クライン型モデル」等に代表される、1950年代に端を発し用いられた最初の世代は第一世代モデル (1G model) と呼ばれ、今日の大規模モデルの多くはこのモデルが端緒となった。それに続く70年代から80年代半ばの第二世代モデル (2G model) は、モデルの方程式に誤差修正メカニズムを組込んだものである<sup>\*10</sup>。

80年代後半から90年代に生じた第三世代モデル (3G model) の大部分はいわゆる「プロジェクションモデル」と呼ばれるもので、特に短期の分析に強みを持つモデルである。90年代から2000年初期にかけて中央銀行を中心に開発が進み<sup>\*11</sup>、今日においても活用されている。第二世代モデルと比較したときの特徴として、第三世代モデルは将来期待を表す変数を含んだ構造方程式が一部用いられているほか、ルールに基づく政策<sup>\*12</sup>や定常状態の存在等が追加されたモデルである。

2000年以降の第四世代モデル (4G model) は学術界のDSGEモデルの要素をより強く反映させたモデルであり、第三世代モデルとともに、今日の政策当局において活用されている。第三世代モデルに比べて、第四世代モデルは経済ショックがモデルに明示的に組み込まれている点や、摩擦や経済主体の異質性等がより厳密に考慮されている (Fukac and Pagan, 2010)。

図2 ベスト・プラクティス・フロンティアの変遷



(出所) Yagihashi (2019)

他方で、第四世代モデルは一般的な中規模型DSGEモデルよりも規模が大きい傾向にあるほか、将来予測にも用いられることからデータとの整合性により力点が置かれている点の特徴である。

図2では、準構造型モデルの発展の軌跡をベスト・プラクティス・フロンティアを用いて示している。楕円部分は、各時代における準構造型モデルが占める領域である。フロンティアのカーブそのものは時代とともに右上方向へと拡大しているが、これは分析手法やコンピュータ技術の発展に伴い、理論とデータの両方との整合性が改善されてきたことを示している。他方、準構造型モデルについて着目してみると、理論とデータの整合性のバランスが改善する形で準構造型モデルが発展してきたことで、楕円の領域は45度線近傍に近づいてきている。また、楕円領域そのものが時代とともに拡大しているが、これは政策当局が目的に応じて多様な準構造型モデルを開発してきたことが背景にある<sup>\*13</sup>。多くの機関では自国経済独自の事情をより強く反映させた自前の小国開放型モデルと、国際機関やその他研究機関等<sup>\*14</sup>が開発・提供している多地域型開放経済モデルの双方を保有し、分析目的に応じて使い分けている。

前述のとおり、準構造型モデルは比較的大規模なモデルであり変数間の関係が複雑であることに加え、モデルによって前提や変数間の関係が異なることも多い。そのため、実際の運用にあたっては、その特定のモデルの専門家がチームとなってメンテナンスおよび

\*10) ショックが生じても長期的には均衡値に収束するよう、方程式に誤差修正項を加えたもの。

\*11) BoC-QPM (カナダ中央銀行)、FPS (ニュージーランド準備銀行)、BEQM (イングランド銀行)、JEM (日本銀行) 等が挙げられる。

\*12) 例えば、政策金利水準をインフレと生産量の関数と想定するテイラールール (Taylor, 1993) 等。

\*13) 基本的な政策効果の分析ならばより構造的なモデルを、より細分化された経済変数の予測を行う場合は大規模モデルを、それぞれ使う必要があるだろう。

\*14) National Institute of Economic and Social Research (英国) や、GPM Network (チェコ) 等。

アップデート作業にあたるケースが多く、3つのモデルの中で最も高い開発維持コストがかかるものと思われる。

### 3. ケーススタディ

第2節までにおいて、各モデルの性質について言及してきた。第3節では、海外機関におけるマクロ経済モデルの活用事例を、数点取上げることとしたい。

第一に、米国議会予算局 (Congressional Budget Office, CBO) で用いられている準構造型モデル (CBO's Macroeconometric Model) である。モデルの詳細は Arnold (2018) に譲ることとするが、約600本の方程式から構成された大規模モデルであり、CBOはこの独自モデルを用いて、向こう10年にわたる経済変数の予測を実施し公表している<sup>\*15</sup>。このモデルは消費や投資といった総需要に関する変数に加え、潜在生産量や物価、金利等の幅広いマクロ経済変数を取扱っているが、同時に労働参加率や経済成長率をそれぞれ扱うサブモデルを別途運用し、モデル間の相互のフィードバックを経て、経済変数の予測が行われている<sup>\*16</sup>。留意すべき点は、CBOはこのモデルを専ら予測にのみ活用している点である。予測を行うにあたりCBOは、現在の政策が今後も続くと仮定した場合のプロジェクトを示しているに過ぎず、将来に何らかの政策が変更されるシナリオの分析には、本モデルは用いられてはいない。この点は、将来の政策変更を考慮した米国行政管理予算局 (Office of Management and Budget) の予測との重要な違いであると言える。また、予測のプロセスにおいては、外部専門家からの助言も仰ぎながら進めることで、他機関の分析結果と大差のない予測値を作成しているという点も興味深い<sup>\*17</sup>。

第二の具体例として、国際通貨基金 (International Monetary Fund, IMF) が保有するモデルについても言及する。IMFは加盟国の経済財政に関する提言を行っているが、その際にもしばしば言及されるモデルとして、Global Integrated Monetary and Fiscal (GIMF) モ

デルがある。GIMFモデルは2000年代後半に開発された、およそ5000本もの方程式を含む大規模多地域型DSGEモデルであり、構造改革を含む政策効果の検証に用いられている。他方で、経済指標の短期予測に用いるツールとして、IMFではGlobal Projection Model (GPM) も保有されている。モデル構造自体は第三世代モデルに分類されるプロジェクションモデルと似ているが、GPMは他国経済の存在を強く意識した多地域型モデルである点が特徴である。GIMFモデルと比較すると規模は小さく、学術界で一般的に使われるDSGEモデルほど理論との整合性を重視するわけではないが、ニューケインジアン型のISカーブとフィリップスカーブを核とし、将来の期待に大きな役割を担わせているモデルである。したがって、予測に加え、多地域型モデルという強みを生かし、各国経済間におけるスピルオーバー効果の分析に用いることも可能である。なお、近年においては、Flexible System of Global Model (FSGM) というモデルも開発されている。FSGMの特徴は、GIMFモデルをベースとしながらも、GPMに似た比較的簡略なモデル構造を採用することにより、多くの国と地域を分析対象に含めている点である。その分析結果はIMFの相互評価プログラム (G20 Mutual Assessment Program) にて活用されている<sup>\*18</sup>。こうしたIMFのモデルは、いずれも政策変更を含むシナリオ分析を行うことを想定して構築されたモデルであり、近年の学術界でのトレンドを織り込んだものとなっている。

### 4. 結語

本稿では、マクロ経済モデルを先行研究の整理に沿った分類を行い、モデルの性質や運用コストの側面から、その特徴を整理した。Pagan (2003) が提唱したベスト・プラクティス・フロンティアの考え方によれば、マクロ経済モデルにはデータとの整合性と理論的整合性にトレードオフが存在している。すなわち、あらゆる目的に対応できる万能なマクロ経済モデルは

\*15) 予測結果は "The Budget and Economic Outlook" および "An Update to the Economic Outlook" にて年2回公表されている。

\*16) 本モデルから得られた結果を用いて、別途財政に関する予測も実施している。ただし、その際はCBO's Macroeconometric Modelとは異なる建付けで予測が行われ、両者の間でもフィードバックのやり取りが行われている。

\*17) CBOの予測と他機関の予測の間については、Congressional Budget Office (2019) にてその差について検証している。

\*18) FSGMに特化した紹介は、石川 (2016) が詳しい。

存在せず、政策分析や予測といったそれぞれの目的に応じ、手法として適切なモデルを取捨選択して用いる必要がある。他方、モデルの開発および維持には相応のリソースを要するため、実際に活用できるリソースとの兼ね合いも、実際上の問題として考慮すべき点となるだろう。

また、本稿では具体的な活用事例として、米国議会予算局および国際通貨基金が保有するモデルの一部について、その活用事例とともに簡単に言及した。こうした政策当局は、本稿では触れなかった他のモデルも含めて、分析目的とモデルの特徴を照らし合わせて適切なモデルを取捨選択し、活用しているものと思われる。学術界でのマクロ経済モデルに関する議論・動向に加え、こうした具体的な活用事例を探ることは、分析目的に即したモデルの選択や運用をする際の一つのベンチマークとして、有用である。

## 5. 参考文献

1. Arnold, R. W. (2018) . "How CBO Produces Its 10-Year Economic Forecast," Working Paper 2018-02, Congressional Budget Office.
2. Blanchard, O. J. (2018) . "On the Future of Macroeconomic Models," *Oxford Review of Economic Policy*, 34, 1-2, 43-54.
3. Brayton, F., T. Laubach, and D. Reifschneider (2014) . "The FRB/US Model: A Tool for Macroeconomic Policy Analysis," FEDS Notes, Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System, April 03, 2014.
4. Congressional Budget Office (2019) . "The Budget and Economic Outlook: 2019 to 2029," Publication No.54918, Congressional Budget Office.
5. Fukac, M., and A. Pagan (2010) . "Structural Macro-econometric Modelling in a Policy Environment," in D. Giles and A. Ullah, editors, *Handbook of Empirical Economics and Finance*, Routledge.
6. Hjelm, G., H. Bornevall, P. Fromlet, J. Nilsson, P. Stockhammar, and M. Wiberg (2015) . "Appropriate Macroeconomic Model Support for the Ministry of Finance and the National Institute of Economic Research: A Pilot Study," National Institute of Economic Research working paper, No. 137, March 2015.
7. Kydland, F. E., and E. C. Prescott (1982) . "Time to Build and Aggregate Fluctuations." *Econometrica*, 50 (6) , 1345-1370.
8. Lucas, R. (1976) . "Econometric Policy Evaluation: A Critique," *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1, 19-46.
9. Murphy, C. (2017) . "Review of Economic Modelling at Treasury." Independent Economics, 2017.
10. Pagan, A. (2003) . "Report on Modelling and Forecasting at the Bank of England/Bank's Response to the Pagan Report," *Bank of England Quarterly Bulletin*43, (1) , 60-88.
11. Saxegaard, M. (2017) . "The Use of Models in Finance Ministries – An Overview," Arbeidsnotat, 2017/1, Finansdepartementet, February 2017.
12. Sims, A., C. (1980) . "Macroeconomics and Reality," *Econometrica*, 48 (1) , 1-48.
13. 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) , 1123-75.
14. Taylor, J. B. (1993) . "Discretion versus Policy Rules in Practice," *Carnegie-Rochester Series on Public Policy*, 39, 195-214.
15. Tinbergen, J. (1936) . "Kan hier te lande, al dan niet na overheidsingrijpen, een verbetering van de binnenlandse conjunctuur intreden, ook zonder verbetering van onze exportpositie?" in *PræAdviezen Van de Vereeniging voor Staathuishoudkunde en de Statistiek*, Martinus Nijhoff 's Gravenhage, 62-108.
16. Yagihashi, T. (2019) . "Macroeconomic Models Used By Fiscal Policymakers: A Survey," *mimeo*.
17. 石川大輔 (2016) 「IMFによるマクロ計量モデルを用いた日本経済に関する政策シミュレーション分析の紹介 – FSGM (Flexible System of Global Models) を用いた分析事例」『ファイナンス』2016.6, 62-69.