



日本銀行ワーキングペーパーシリーズ

「点検」補足ペーパーシリーズ③

マクロ経済モデルを用いた
オーバーシュート型コミットメントの分析

川本 卓司*
takuji.kawamoto@boj.or.jp

中島 上智*
jouchi.nakajima@boj.or.jp

三上 朝晃*
tomoaki.mikami@boj.or.jp

No.21-J-11
2021年5月

日本銀行
〒103-8660 日本郵便（株）日本橋郵便局私書箱 30号

* 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。

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 (post.prd8@boj.or.jp)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。

マクロ経済モデルを用いた オーバーシュート型コミットメントの分析*

川本卓司[†]・中島上智[#]・三上朝晃[§]

2021年5月

【要旨】

日本銀行は、金融政策運営において、消費者物価上昇率（除く生鮮食品）の実績値が安定的に2%を超えるまで、マネタリーベースの拡大方針を継続することを約束している。この「オーバーシュート型コミットメント」は、インフレ率が景気の変動などを均してみても平均的に2%となることを目指す観点から、インフレ率の実績について目標値からの下振れが続いた場合には、その一部をインフレ率の実績の目標値からの上振れによって相殺することを予め約束する、いわゆる「埋め合わせ戦略」の考え方を実践したものと見える。本稿では、予想物価上昇率について適合的期待形成の要素が強い我が国においても、米国経済を対象とした先行研究と同様、こうした「埋め合わせ戦略」が、物価目標の早期実現と社会厚生上のコストを勘案したうえで望ましいかどうか、小型のマクロ経済モデルを用いたシミュレーション分析により検証する。分析の結果、①実績のインフレ率が目標値を下回っている場合には、一定期間の過去のインフレ率の低さも考慮して緩和的な金融政策運営を行うことが、社会厚生上のコストを勘案しても望ましいこと、また、②自然利子率が低いほど、低金利政策の景気刺激効果は低下するため、より長い期間の過去のインフレ率を参照する政策運営が望ましくなること、が示された。

JEL 分類番号：C53、E31、E47、E52、E58

キーワード：金融政策、オーバーシュート型コミットメント、埋め合わせ戦略、平均インフレ目標政策、確率的シミュレーション

* 本稿は、2021年3月に日本銀行より公表された「より効果的で持続的な金融緩和を実施していくための点検」の内容を補足するものである。

本稿の作成に当たり、日本銀行のスタッフから有益なコメントを頂いた。奥田達志氏、北村富行氏には、モデルの開発や分析の初期段階で多くの助言を頂いた。ここに記して感謝したい。

[†] 日本銀行調査統計局 (takuji.kawamoto@boj.or.jp)

[#] 日本銀行調査統計局 (jouchi.nakajima@boj.or.jp)

[§] 日本銀行調査統計局 (tomoaki.mikami@boj.or.jp)

1. はじめに

日本銀行は、2016年9月、「総括的な検証」を踏まえ、「長短金利操作付き量的・質的金融緩和」を導入した（日本銀行(2016)）。この金融政策運営の枠組みは、「イールドカーブ・コントロール」と「オーバーシュート型コミットメント」という2つの柱から成る。前者の「イールドカーブ・コントロール」は、2%の「物価安定の目標」の実現のために、経済・物価・金融情勢を踏まえて、最も適切なイールドカーブの形成を促す金融市場調節の枠組みである。後者の「オーバーシュート型コミットメント」は、消費者物価上昇率（除く生鮮食品）の実績値が安定的に2%を超えるまで、マネタリーベースを拡大する方針の継続を約束するものである。日本銀行が目指している「物価安定の目標」の実現とは、インフレ率が、一時的に2%に達するだけでなく、景気の変動などを均してみても、平均的に2%となることを指す。こうした点を踏まえると、オーバーシュート型コミットメントは、インフレ率の実績について目標値からの下振れが続いた場合には、その一部をインフレ率の実績の目標値からの上振れによって相殺することを予め約束する、いわゆる「埋め合わせ戦略（Makeup Strategy）」の考え方を実践したものと捉えられる。

米国連邦準備制度理事会（FRB）は、2020年8月、埋め合わせ戦略の一つである、「柔軟な平均インフレ目標政策（Average Inflation Targeting, AIT）」を採用し、インフレ率の実績値が目標を下回る期間が続いた場合には、先行き一定期間はインフレ率が目標を上回るよう緩和的な金融政策運営を行うことを発表した（FRB(2020)）。Kiley and Roberts (2017)や Bernanke et al. (2019)は、こうした埋め合わせ戦略のベネフィットとして、金融緩和の長期化予想が強化されることにより、目先の景気・物価の押し上げ効果が大きくなることを挙げている。一方、埋め合わせ戦略のコストとしては、金融緩和が長期化するため、将来の景気が過熱し、物価の望ましくないオーバーシュートが発生するリスクが高まることを挙げている。そのうえで、これらの研究は、埋め合わせ戦略の有効性を議論する際には、上記のベネフィットとコストの双方を比較考量することが重要であると論じている。

FRBは、2020年8月の新たな金融政策枠組みの導入に当たり、計12本の背景論文を公表しており、このうち Arias et al. (2020)と Hebden et al. (2020)の2本は、AITの有効性を、FRBの大型マクロ経済モデルである FRB/US を用いて検証した論文となっている。前者の Arias et al. (2020)は、FRB/US において、金融市場参加者と賃金・価格設定主体は、モデルの予測と整合的な合理的期待に従って行動しており、インフレ予想も2%にアンカーされている状況を想定している。そうした設定のもと、彼らは、総需要の減少によりインフレ率が目標値を下回り、政策金利が実効的な下限まで低下した状況を出発点として、様々な政策ルールを仮定して、先行きの

経済・物価のシミュレーションを行っている。その結果、彼らは、当期のインフレ率と政策金利を紐付ける標準的なテイラールールよりも、一定期間の過去のインフレ率の平均値と政策金利を紐づける A I T ルールの方が、早期に 2 % のインフレ目標を達成できることを示している。さらに、平均インフレ率の算出期間が長い方が——より過去に遡ってインフレ率の目標未達を埋め合わせる政策運営の方が——、より早期にインフレ目標を達成できることも確認している。これらのシミュレーション結果は、埋め合わせ戦略は、経済主体のフォワード・ルッキングな期待形成を通じて、金融緩和の長期化予想を強めるため、その分、経済・物価の押し上げ効果が大きくなるという理論的な予想と整合的なものとなっている（Svensson (1999)、Vestin (2006)等を参照）。

Hebden et al. (2020)は、Arias et al. (2020)の分析をより現実的なケースへと拡張し、合理的期待に従わない経済主体が一部存在する中でも、埋め合わせ戦略の有効性が維持されるかを検証している。具体的には、FRB/US で、賃金・価格設定を行う一部経済主体の期待形成が適合的であり、インフレ予想も十分にアンカーされていないと想定したうえで、A I T ルールが引き続き 2 % 目標の早期達成に有効かをシミュレーションにより検証している。その結果、インフレ予想形成が適合的であり、インフレ予想のアンカーも十分でない場合でも、①テイラールールよりも A I T ルールの方が、早期にインフレ目標を達成できること、②その一方で、A I T ルールの場合、インフレ率は、目標を達成した後も、相応の期間、オーバーシュートした状態を続けること、を確認している。もっとも、Hebden et al. (2020)は、社会厚生観点から、埋め合わせ戦略のベネフィットとコストを定量的に比較考量していないため、具体的に、どの程度過去まで遡ってインフレ率の目標値からの下振れを埋め合わせる政策運営を行うべきか、具体的な分析結果を提示している訳ではない。

本稿では、予想物価上昇率について適合的な期待形成の要素が強いわが国でも、埋め合わせ戦略が、物価目標の早期達成の観点から望ましいかどうか、わが国経済の特徴を捉えたマクロモデルを用いて検証する。具体的には、まず、様々なショックをランダムに付与するシミュレーションを数多く繰り返すことが実務的に可能となるよう、日本銀行調査統計局が持つ大型マクロ経済モデル「Q-JEM (Quarterly Japanese Economic Model)」における主要な変数間の関係だけを抽出した、小規模なマクロ経済モデル「S-JEM (Small-scale Japanese Economic Model)」を構築・推計する¹。とくに、Q-JEM のフィリップス曲線では、わが国のインフレ動学において最

¹ Q-JEM は、日本経済の主要なマクロ変数間の過去平均的な関係を捉えた計量モデルであり、日本銀行における政策効果の検証や各種のリスク・シミュレーションに活用されている。詳しくは、一上ほか (2009)、Fukunaga et al. (2011)、Hirakata et al. (2019)、川本ほか (2021) を参照。

も重要な特徴と言える、粘着的な適合的期待形成を取り込んだ定式化になっており、S-JEMでも同様の定式化を採用している。次に、名目短期金利が実効下限制約にある状態を出発点として、S-JEMを用いたシミュレーションを行い、埋め合わせ戦略を採用した場合としない場合で、経済・物価のパフォーマンスや厚生損失を比較する。なお、本稿では、埋め合わせ戦略を実現する具体的な政策ルールとして、短期金利を用いた定式化を採用している。

本稿の分析の第1の特徴は、モデルのシミュレーションが、将来のショックの発生を考慮しない非確率的 (deterministic) なものではなく、現実的なショックの発生を考慮した確率的な (stochastic) シミュレーションとなっている点である。具体的には、主要な変数についてわが国の実際のデータを用いて推計した需要ショックと価格ショックの分布からランダムにショックを発生させたいうえで、それらのショックをモデルに付与する確率的シミュレーションを繰り返すことにより、各政策ルールのもとで平均的にどのような経済・物価のパスが実現するかを計算している。

第2の特徴は、景気・物価変動に伴う社会厚生損失を定義したうえで、各政策ルールのもとで実現する平均的な厚生損失を計算しているため、どのような政策ルールの採用が、わが国経済で厚生損失を最小化すると考えられるか、比較検討が可能となっている点である。過去のインフレ目標の未達を考慮したAITルールは、低金利政策の長期化を通じて、物価目標の早期実現というベネフィットをもたらす一方で、経済の過熱やインフレ率の過度なオーバーシュートの長期化をもたらすリスクを高めるというコストをもたらす。本稿では、社会厚生損失を明示的に定義・計算しているため、こうしたAITのベネフィットとコストのトレードオフを定量的に考慮した、政策ルールの比較が可能となる。また、本稿では、計測上の不確実性の大きい自然利子率について、2000年以降の平均に近い+0.5%と、より低い-0.1%の2つケースを想定したシミュレーションを行っており、厚生損失を考慮した場合、想定する自然利子率の違いによって、望ましい政策ルールも変わり得ることも示される。

第3の特徴は、様々な現実的なショックを想定した確率的シミュレーションを行うことにより、平均的な厚生損失の観点から埋め合わせ戦略の有効性を検証するだけでなく、同戦略がもたらすインフレ高進のテイルリスクの評価も行っている点である。本稿では、確率的シミュレーションの繰り返しから、インフレ率の最大到達点に関する分布を描くことで、埋め合わせ戦略の採用が、過度なインフレ率のオーバーシュートの発生確率をどの程度高めるかについて、簡単な分析を行う。

本稿の構成は以下のとおりである。第2節では、小型マクロ経済モデルS-JEMについて解説する。第3節では、シミュレーションの方法について説明する。第4節

では、シミュレーション結果について説明する。第5節は結びである。また、補論では、埋め合わせ戦略に関する先行研究を紹介する。

2. 小型マクロ経済モデル「S-JEM」の概要

2-1. モデル式

まず、需給ギャップ、消費者物価、名目長期金利を主要な変数とする S-JEM の定式化を説明する。なお、S-JEM の時間 t の間隔は、四半期である。

(1) IS 曲線

需給ギャップを y_t と定義すると、今期の需給ギャップは、次式のとおり、前期の需給ギャップと実質金利ギャップによって決まると考える。

$$y_t = \alpha_0 y_{t-1} + \alpha_1 (i_t^L - \pi_t^{eL} - r^*) + e_t^y, \quad \alpha_1 < 0 \quad (1)$$

ただし、 e_t^y は需要ショック、 i_t^L は名目長期金利（10年物）、 π_t^{eL} は長期インフレ予想（10年間平均）、 r^* は自然利子率であり、右辺第2項は実質金利ギャップに対応する。IS 曲線は、フォワード・ルッキングな期待所得（＝来期の需給ギャップ）を変数に含むこともあるが、日本銀行の大型マクロモデルである Q-JEM では、わが国のデータへの当てはまりの良さを重視して、個人消費関数等に期待所得の項を含めない定式化となっている。S-JEM でも、こうした Q-JEM の定式化に従い、バックワード・ルッキングな定式化を採用する。この結果、今期の需給ギャップに対して金融政策が及ぼす効果としては、名目長期金利と長期インフレ予想を通じた影響のみを考えていることになる。

(2) フィリップス曲線

インフレ率について、Q-JEM は「ハイブリッド型フィリップス曲線」に基づく定式化を採用している。すなわち、Q-JEM におけるインフレ率は、需給ギャップとインフレ予想によって決定される。このうち、後者のインフレ予想は、①先行きの消費者物価上昇率がどのようなペースで目標の2%に接近していくかを予想するフォワード・ルッキングな期待形成と、②消費者物価上昇率の実績値に基づいて予想するバックワード・ルッキングな期待形成の、2つの要素から構成される。このため、フォワード・ルッキングなインフレ予想が上昇すれば、インフレ率の上昇に直結する。また、需給ギャップの改善により実績のインフレ率が上昇し、それが適切な期待形成を通じて人々のインフレ予想の上昇につながれば、インフレ率がさらに上昇するというメカニズムも内包している。

消費者物価（除く生鮮・エネルギー）の前期比年率で計ったコアインフレ率を π_t と定義する。Q-JEM に倣って、S-JEM では、このコアインフレ率は次式のとおり決定される。

$$\pi_t = \psi\pi_{t-1} + (1 - \psi)\pi_t^{eML} + \kappa y_t, \quad 0 < \psi < 1, \quad \kappa > 0 \quad (2)$$

ここで、右辺第1項は、前期のコアインフレ率の実績値であり、バックワード・ルッキングな期待形成の要素を表している。第2項の π_t^{eML} は、中長期のインフレ予想（6～10年先）であり、フォワード・ルッキングな期待形成の要素を表している。第3項は需給ギャップの項であり、その係数の κ は、インフレ率の需給ギャップへの感応度、すなわちフィリップス曲線の傾きを表す。

ヘッドラインのインフレ率（前期比年率）である $\tilde{\pi}_t$ は、次式のとおり、コアインフレ率と、エネルギー価格等を捉えた価格ショック e_t^π の和と定義される。

$$\tilde{\pi}_t = \pi_t + e_t^\pi \quad (3)$$

（3）名目金利

名目短期金利（政策金利） i_t は、後述のとおり、中央銀行の設定する政策ルールによって決まると考える。S-JEM では、I S 曲線（式(1)）に含まれる名目長期金利（10年物） i_t^L は、短期金利の期間構造のみによって決まると考える。具体的には、時点 t における h 四半期先の予想短期金利を $i_{t+h|t}$ と表すと、名目長期金利は、次式のとおり、先行き10年間（40四半期）の予想短期金利の平均値として決定される。

$$i_t^L = \frac{1}{40} \sum_{h=0}^{39} i_{t+h|t} \quad (4)$$

本稿では、モデルの単純化のため、名目長期金利におけるタームプレミアムはゼロで一定と仮定する。

2-2. 金融政策ルール

名目短期金利の実効的な下限（Effective Lower Bound、以下、ELB）を i_{ELB} と表す。Q-JEM に倣い、名目短期金利は、前期の値と、後述の各政策ルールが示唆する金利水準（ i_t^s とおく）の加重平均として決まると考える。具体的には、次式のとおりである。

$$i_t = \rho i_{t-1} + (1 - \rho) \max[i_t^s, i_{ELB}], \quad 0 < \rho < 1 \quad (5)$$

ここで、 ρ は金利のスムージングの程度を表すパラメータであり、Bernanke et al. (2019)等の先行研究でも、こうした定式化が用いられている。右辺第2項の \max 関数は、 i_t^s が金利の下限 i_{ELB} を下回る場合は、 i_{ELB} を参照することを意味する。

本稿では、埋め合わせ戦略の有効性を検証するため、当期のインフレ率を i_t^s に紐づけるテイラールールをベースラインの政策ルールとしたうえで、ある程度の期間の過去のインフレ率の平均値を i_t^s に紐づけるA I Tルールのパフォーマンスを、ベースラインのそれと比較する。過去 n 四半期の平均インフレ率は、次のように表される。

$$\bar{\pi}_t^{(n)} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \pi_{t-i} \quad (6)$$

ここで、 π_t は、前述のとおり、前期比年率のコアインフレ率である。以下、コアインフレ率の前年比は、この表記を用いて、 $\bar{\pi}_t^{(4)}$ と書く。

(1) テイラールール

テイラールールでは、政策金利は、需給ギャップと、インフレ率の目標値からの乖離を参照して、以下のとおり決定される (Taylor (1993, 1999))。

$$i_t^s = r^* + \bar{\pi}_t^{(4)} + \theta_y y_t + \theta_\pi (\pi_t - \pi^*) \quad (7)$$

ただし、 π^* はインフレ目標の値である。右辺の第1項と第2項の和は、景気中立的な名目金利水準に対応する。 θ_y と θ_π は、政策金利の決定に際し、需給ギャップとインフレ率をそれぞれどの程度、重視するかを表すパラメータである。

(2) A I Tルール

Arias et al. (2020)等で用いられている標準的なA I Tルールは、次式のように表される。

$$i_t^s = r^* + \bar{\pi}_t^{(4N)} + \theta_y y_t + \theta_\pi N (\bar{\pi}_t^{(4N)} - \pi^*), \quad N \geq 1 \quad (8)$$

ただし、 $\bar{\pi}_t^{(4N)}$ は、過去 N 年間 ($4N$ 四半期) のコアインフレ率の平均値である。式(7)のテイラールールとの違いは、①右辺第4項のインフレ率を参照する項が、前期比年率のインフレ率 (π_t) ではなく、過去 N 年間の平均インフレ率 ($\bar{\pi}_t^{(4N)}$) となっており、かつ②第4項のインフレ率を重視する度合いを表すパラメータが $\theta_\pi N$ となっている点である。 θ_y と θ_π を一定とした場合、テイラールールに比べてA I Tルールは、政策金利の決定に際しインフレ率をより重視する政策ルールとなり、さらに、 N が大きくなるほどその度合いは強まる。

Arias et al. (2020)は、式(8)のA I Tルールについて、インフレ率がインフレ目標を上回っている局面から急激に目標値から低下した場合、過去のインフレ率の平均を参照している分、利下げによる政策対応が遅れることになり、政策運営として必ずしも現実的でないことを指摘している。そのうえで、Arias et al. (2020)は、この点を修正し、インフレ率が目標値を上回っているか、下回っているかで政策金利の決定式が異なる「非対称型A I Tルール」を、シミュレーションに用いている。本稿でも、次式のとおり、過去の平均インフレ率が目標を下回るときは式(8)に従い、上回るときは式(7)のテイラールールに従う、非対称型A I Tルールを用いる。

$$i_t^s = \begin{cases} r^* + \bar{\pi}_t^{(4)} + \theta_y y_t + \theta_\pi N(\bar{\pi}_t^{(4N)} - \pi^*), & \text{if } \bar{\pi}_t^{(4N)} \leq \pi^* \\ r^* + \bar{\pi}_t^{(4)} + \theta_y y_t + \theta_\pi (\pi_t - \pi^*), & \text{if } \bar{\pi}_t^{(4N)} > \pi^* \end{cases} \quad (9)$$

2-3. 予想形成メカニズム

(1) 需給ギャップの予想形成

時点 t に予測した h 四半期先の需給ギャップを $y_{t+h|t}$ と表す。需給ギャップの予想形成は、Q-JEM に倣って、次式のとおり、シンプルな2階の自己回帰モデル (AR(2)モデル) に従うと仮定する。

$$y_{t+h|t} = \beta_1 y_{t+h-1|t} + \beta_2 y_{t+h-2|t} \quad (10)$$

ただし、 $h = 0, \dots, 40$ であり、 $y_{t-1|t} = y_{t-1}$ 、 $y_{t-2|t} = y_{t-2}$ とする。この定式化の特徴は、予想需給ギャップが、先行きの政策金利の影響を受けず、前期までの需給ギャップのみで決まる点である。すなわち、前期までの需給ギャップが一定であれば、金融政策ルールが異なっても予想需給ギャップに違いは生じない。その意味で、需給ギャップの予想形成は、適合的期待の影響が強い定式化となっている。

(2) インフレの予想形成

インフレの予想形成については、短期、中期、長期の予想に分けて定式化する。時点 t に予測した h 四半期先の予想インフレ率 (前期比年率) を $\pi_{t+h|t}$ と表す。まず、10年 (40四半期) 先の長期インフレ予想 $\pi_{t+40|t}$ は、インフレ目標と当期のインフレ率のトレンドの加重平均で決まると仮定する。

$$\pi_{t+40|t} = \delta_t \pi^* + (1 - \delta_t) \bar{\pi}_t^{(8)} \quad (11)$$

$\bar{\pi}_t^{(8)}$ は、インフレ率のトレンドを表す変数であり、ここでは、具体的に過去2年間

(8四半期)のコアインフレ率の平均値として定義している。 δ_t は、0と1の間の値をとるパラメータであり、この値が1に近いほど、長期インフレ予想は、現在のインフレ率のトレンドに左右されにくく、インフレ目標へのアンカー度合いが強いことを意味している。すなわち、こうしたインフレ目標へのアンカー度合いを表す δ_t が時間を通じて変化する定式化を採用することにより、長期インフレ予想が、現状のインフレ率のトレンド近傍にとどまり続ける可能性と、インフレ目標に収束していく可能性の双方を捉えることが可能となる。具体的に、 δ_t は次式のように決定されると考える。

$$\delta_t = (1 - \lambda)\delta_{t-1} + \lambda \left[\max \left\{ \underline{\delta}, \min \left(\bar{\delta}, 1 - a \left| 1 - \frac{\pi_{t+39|t-1}}{\pi^*} \right| \right) \right\} \right] \quad (12)$$

ただし、 $\bar{\delta}$ と $\underline{\delta}$ は、 δ_t の上限値と下限値を表しており、 $0 < \underline{\delta} < \bar{\delta} < 1$ である。右辺第2項は、前期($t-1$ 時点)の10年先インフレ予想($\pi_{t+39|t-1}$)が、インフレ目標からどの程度、離れていたかを表している。パラメータ a は、この乖離に対する δ_t の感応度を表す。 λ は、長期インフレ予想の粘着性の程度を表すパラメータであり、 $0 < \lambda < 1$ とする。

(12)式によれば、経済主体は、経済全体における前期の長期インフレ予想が目標インフレ率に近ければ、将来、目標インフレ率を達成できる可能性が高いと考え、パラメータ δ_t を更新(上方修正)する。 δ_t が高まれば、長期のインフレ予想はインフレ目標に近づくため、フィリップス曲線のシフトアップを通じて、実績のインフレ率が高まる。これにより、実績のインフレ率のトレンドが上昇するため、式(11)を通じて、長期のインフレ予想はさらに高まり、 δ_t も上方修正される。このように、(11)式と(12)式は、何らかの力で長期インフレ予想が上昇すれば、自己実現的に目標インフレ率の達成に向けてモメンタムが強まっていくメカニズムを内包している。

次に、3年先インフレ予想 $\pi_{t+12|t}$ である中期インフレ予想は、前期のヘッドラインのインフレ率($\tilde{\pi}_{t-1}$)と10年先インフレ予想($\pi_{t+40|t}$)、3年先の予想需給ギャップ($y_{t+12|t}$)の3変数によって決まると考える。具体的には、前述のハイブリッド型フィリップス曲線を援用し、次式のとおり定式化する。

$$\pi_{t+12|t} = \psi^M \tilde{\pi}_{t-1} + (1 - \psi^M) \pi_{t+40|t} + \kappa^M y_{t+12|t} \quad (13)$$

先行き3年先から10年先までの間のインフレ予想については、簡易的に3年先(式(13))と10年先(式(11))のインフレ予想を線形補間した値とする。

当期から2年先までの短期のインフレ予想形成については、上記と同様にハイブ

リッド型フィリップス曲線を援用し、次式のように定式化する。

$$\pi_{t+h|t} = \psi^S \pi_{t+h-1|t} + (1 - \psi^S) \pi_t^{eML} + \kappa^S y_{t+h|t} \quad (14)$$

ただし、 $h = 0, \dots, 8$ であり、 $\pi_{t-1|t} = \pi_{t-1}$ とする。また、 π_t^{eML} は、 $\pi_{t+h|t}$ を用いて計算される6～10年先のインフレ予想の平均値（中長期インフレ予想）である。2年先から3年先までのインフレ予想については、2年先（式(14)）と3年先（式(13)）のインフレ予想の線形補間により計算する。

最後に、I S曲線（式(1)）に含まれる長期インフレ予想は、インフレ予想の10年間の平均値： $\pi_t^{eL} = \frac{1}{40} \sum_{h=0}^{39} \pi_{t+h|t}$ として計算する。

（3）名目短期金利の予想形成

名目短期金利の予想形成については、以下のような仮定を置く。すなわち、経済主体は、中央銀行の採用した政策ルールが将来についても当てはまり、先行きの短期金利は現在と同じ政策ルールに従って設定されると予想する。具体的には、まず、時点 t における h 四半期先の予想短期金利は、式(5)と整合的な予想形成メカニズムのもと、次式のとおり表されると仮定する。

$$i_{t+h|t} = \rho i_{t+h-1|t} + (1 - \rho) \max[i_{t+h|t}^S, i_{ELB}] \quad (15)$$

ただし、 $h = 0, \dots, 40$ であり、 $i_{t-1|t} = i_{t-1}$ とする。なお、経済主体が予想する名目短期金利の実効的な下限水準については、将来にわたって現在と同じ値で一定であると仮定する。ここで、 $i_{t+h|t}^S$ は、政策ルールが示唆する予想短期金利であり、テイラールールの場合は、式(7)と整合的となるよう、次式のとおり予想形成される。

$$i_{t+h|t}^S = r^* + \bar{\pi}_{t+h|t}^{(4)} + \theta_y y_{t+h|t} + \theta_\pi (\pi_{t+h|t} - \pi^*) \quad (16)$$

また、A I Tルールの場合も、式(9)と整合的になるよう、次式のとおり、予想形成される。先行きについても、経済主体は、平均インフレ率が目標を下回るときは中央銀行がA I Tルールに従う一方、平均インフレ率が目標値を上回るときはテイラールールに従うという、非対称性は維持されると予想する。

$$i_{t+h|t}^S = \begin{cases} r^* + \bar{\pi}_{t+h|t}^{(4)} + \theta_y y_{t+h|t} + \theta_\pi N (\bar{\pi}_{t+h|t}^{(4N)} - \pi^*), & \text{if } \bar{\pi}_{t+h|t}^{(4N)} \leq \pi^* \\ r^* + \bar{\pi}_{t+h|t}^{(4)} + \theta_y y_{t+h|t} + \theta_\pi (\pi_{t+h|t} - \pi^*), & \text{if } \bar{\pi}_{t+h|t}^{(4N)} > \pi^* \end{cases} \quad (17)$$

(4) まとめ

以上の各変数の予想形成メカニズムを踏まえると、テイラールールやA I Tルールといった政策ルールの違いにより、予想短期金利のパスは異なったものとなるため、予想短期金利の期間構造から計算される名目長期金利も異なる水準となる。次に、名目長期金利の水準の違いにより、I S曲線(式(1))から決定される需給ギャップは異なる水準となるため、フィリップス曲線(式(2))から決定されるインフレ率にも差が生じ得る。こうして実現した実績の需給ギャップとインフレ率は、予想需給ギャップと予想インフレ率に影響を与え、ひいては予想短期金利のパスにも影響を与える。

3. シミュレーションの方法

本節では、S-JEMを用いたシミュレーションの具体的な方法について説明する。まず、政策ルールについては、先行研究と同様に、名目短期金利のラグ項の係数を $\rho = 0.9$ 、需給ギャップとインフレの係数をそれぞれ、 $\theta_y = 0.5$ 、 $\theta_\pi = 1.0$ とする。インフレ目標は、日本銀行の物価安定の目標に沿って $\pi^* = 2\%$ とする。名目金利の下限は、便宜上、 $i_{ELB} = -0.1\%$ とするが、この値をより深掘りしても、実効的な下限が制約として作用する限り、以下で示すシミュレーション結果に大きな変化はない。

シミュレーションにおける名目短期金利、インフレ率、需給ギャップの3変数の初期値は、 $i_0 = -0.1\%$ 、 $\pi_0 = +0.7\%$ 、 $y_0 = +0.3\%$ と設定する。ここで、 π_0 の値については、2021年1月に日本銀行が公表した「経済・物価情勢の展望」における、政策委員の2022年度消費者物価見通しの中央値を、便宜上、用いている。 y_0 については、同「経済・物価情勢の展望」に掲載している長期的な需給ギャップと物価上昇率の単回帰式(フィリップス曲線)から、上記の π_0 の値と整合的な需給ギャップの値を求めたものである。このほか、長期インフレ予想については、2020年下期におけるコンセンサス・フォーキャストのインフレ予想(6~10年先)を参考に、 $\pi_{40|0} = +1.3\%$ とした。また、長期インフレ予想のインフレ目標へのアンカーの度合いを表す δ_t の初期値は、便宜的に、50%に相当する $\delta_0 = 0.5$ と設定した。名目長期金利についても、2020年下期における実績値を参考に、 $i_0^l = 0.0\%$ と設定した。

その他モデル内の各方程式のパラメータについては、わが国経済の時系列データやQ-JEMにおけるパラメータを参考に、カリブレートした(図表1)。フィリップス曲線(式(2))においてバックワード・ルッキングな期待形成の強さを表す係数が、 $\psi = 0.85$ と比較的大きいほか、長期インフレ予想のインフレ目標へのアンカー度合

いを表す δ_t が1より小さい値を取る設定となっているため、予想物価上昇率について粘着的な適合的期待形成を取り込んだ設定となっている。自然利子率については、Q-JEMにおける推計値を参考に、(a)2000年以降の平均に近い $r^* = +0.5\%$ 、(b)より低い $r^* = -0.1\%$ (2016~2020年の平均) の2つのケースを設定した²。

以下のシミュレーション分析では、最初に、先行きショックが経済に生じないと仮定した場合、各政策ルールのもとで、モデル内の経済変数が、上記の初期値からどのような推移を辿るか、シミュレーションを行う。これにより、各政策ルールが、経済変数のパスに与える影響が明確となる。その次に、わが国経済の実績データに基づき推計した需要ショックと価格ショックの分布からランダムにショックを発生させ、これらを S-JEM に付与する確率的シミュレーションを行う。需要ショックと価格ショックの分布は、次式のように定義する。

$$e_t^y = \varepsilon_t^y + \varphi_y \varepsilon_{t-1}^y, \quad \varepsilon_t^y \sim N(\mu_y, \sigma_y^2) \quad (18)$$

$$e_t^\pi = \varepsilon_t^\pi + \varphi_\pi \varepsilon_{t-1}^\pi, \quad \varepsilon_t^\pi \sim N(\mu_\pi, \sigma_\pi^2) \quad (19)$$

ここに含まれるパラメータの値は、図表1のとおりである。

モデルにランダムなショックを付与した、初期値から10年間(40四半期)分のシミュレーションを1,000回繰り返すことで、各政策ルールのもとで平均的に実現すると考えられるわが国の経済・物価のパフォーマンスを捉えることが可能となる。その際、埋め合わせ戦略の持つベネフィットとコストの両面から各政策ルールの望ましさを評価するため、簡易的な社会厚生上の損失関数を定義する。具体的には、先行研究に倣って、次式のとおり、「需給ギャップの変動」と「インフレ率の目標値からの乖離」の平方和として定義する。

$$L = \frac{1}{KT} \sum_{i=1}^K \sum_{t=1}^T \left\{ (y_t^{[i]})^2 + (\pi_t^{[i]} - \pi^*)^2 \right\} \quad (20)$$

ただし、 $y_t^{[i]}$ と $\pi_t^{[i]}$ は、 i 回目のシミュレーションの t 時点の需給ギャップとインフレ率の値を表す。 T は1回のシミュレーションの長さ(10年間)、 K はシミュレーションの回数(1,000回)を表す。需給ギャップの変動とインフレ率の目標値からの乖離の相対的な重要度について、先行研究の中でコンセンサスがあるわけではないため、式(20)の損失関数では、簡便的に、同じウエイトとしている。

² 自然利子率は、様々な要因によって時系列的に変動し得ると考えられるが、本稿では、シミュレーションの簡単化のため、時間を通じて一定と仮定している。わが国の自然利子率の変動要因については、例えば、須藤ほか(2018)等を参照。

4. シミュレーション結果

4-1. ベースライン結果

図表2は自然利子率が+0.5%のケースについて、図表3は自然利子率が-0.1%のケースについて、それぞれ、追加的なショックがない場合のシミュレーション結果を示している。テイラールールに加えて、A I Tルールにおける平均インフレ率の参照年数を2年、3年、4年と設定した場合の各変数の推移を示している。

図表2の名目短期金利の推移をみると、シミュレーション期間の前半は、テイラールールに比べてA I Tルールの方が、また、A I Tルールの中でもインフレ率の平均算出期間が長いルールの方が、より緩和的な金融政策運営となっている。名目長期金利をみると、先行きの予想短期金利の期間構造を反映して、シミュレーション期間の初期には、インフレ率の平均算出期間の長いA I Tルールの方が、低金利となっている。こうした名目長期金利の水準差を反映して、需給ギャップの改善幅は、テイラールールよりも、平均インフレ率の参照年数の長いA I Tルールの方が、大きくなっている。この政策ルール間でみられる需給ギャップの動きの差異は、フィリップス曲線を通じて、インフレ率にも影響を与えている。すなわち、インフレ率のパスをみると、テイラールールよりも、平均インフレ率の参照期間の長いA I Tルールの方が、2%目標を早期に達成できる結果となっている。ただし、A I Tルールにおける平均インフレ率の参照期間が長いほど、金融緩和が長期化するため、需給ギャップでみた景気の過熱感は強まるうえ、インフレ率の2%からのオーバーシュート幅も大きくなる。図表3で、自然利子率が低い-0.1%のケースの結果をみると、自然利子率が低い分、金融緩和による景気浮揚効果が弱まるため、需給ギャップやインフレ率の上昇幅は小さくなるが、テイラールールとA I Tルールの間でみられたパフォーマンスの違いは、図表2の+0.5%のケースと同様となっている。

次に、ランダムなショックを与える確率的シミュレーションの結果に基づき、各政策ルールのもとで算出される平均的な社会厚生損失を比較する（図表4）。自然利子率が+0.5%のケースでは、過去2年間の平均インフレ率を参照するA I Tルールが、自然利子率が-0.1%のケースでは、過去3年間の平均インフレ率を参照するA I Tルールが、それぞれ、厚生損失を最小化するという結果となった。これらの分析結果は、わが国経済において、実績のインフレ率が目標値の2%を下回っている場合には、ある程度の期間、過去の目標未達を「埋め合わせる」緩和的な金融政策運営を行うことが、早期の物価目標の実現だけでなく、社会厚生損失の最小化という観点からも望ましいことを示唆している。さらに、自然利子率が低い場合には、金融緩和による景気刺激効果が低下するため、より長い期間の過去のインフレ率の平均値を参照する——「埋め合わせ（Makeup）」の度合いが強い——政策運営

を行う方が、社会厚生上の観点から望ましいことも示唆している。

4-2. 頑健性のチェック

以下では、モデルの設定を幾つか変更したシミュレーションを行うことにより、上記のベースラインの結果が、どの程度頑健であるかを点検する。

まず、IS曲線(式(1))の金利感応度($-\alpha_1$)が0.4から0.3へと、小さくなった場合のシミュレーションを行う。S-JEMでは、政策ルールの違いは、短期金利の期間構造として決まる長期金利を通じて、需給ギャップひいてはインフレ率に影響を与えるため、IS曲線における需給ギャップの金利感応度は、各政策ルールのパフォーマンスを左右する重要なパラメータとなっている。図表5は、IS曲線の金利感応度が低下した場合の確率的シミュレーション結果に基づき、各政策ルールのもとで計算された厚生損失の比較を行っている。これをみると、平均インフレ率の算出期間が1年から6年までのAITルールは、自然利子率の水準にかかわらず、テイラールールよりも厚生損失が小さくなっている。さらに、自然利子率が+0.5%のケースでは、過去3年間の平均インフレ率を参照するAITルールが、自然利子率が-0.1%のケースでは、過去5年間の平均インフレ率を参照するAITルールが、それぞれ厚生損失を最小化する結果となっている。次に、図表4と図表5を比較すると、需給ギャップの金利感応度が小さくなると、金融緩和による景気浮揚効果が小さくなるため、インフレ目標の達成により時間がかかるようになり、厚生損失が最小となるAITルールの平均インフレ率の参照年数が、ベースラインに比べて長くなるのがわかる。

次に、需給ギャップとインフレ率の関係を表すフィリップス曲線の傾きがベースラインよりスティープになる場合、ベースラインの結果がどのように変わるかを点検する。具体的には、フィリップス曲線の傾き(κ , κ^M , κ^S)が、ベースラインの0.07から0.12へと大きくなった場合について、確率的シミュレーションを行い、平均的な厚生損失を計算する。S-JEMにおけるフィリップス曲線の傾きは、前述のIS曲線における金利感応度と同様、政策ルールの違いがインフレ率のパフォーマンスに大きな影響を及ぼすという点で、重要なパラメータとなっている。図表6は、確率的シミュレーションに基づき、平均的な厚生損失を計算した結果を示している。平均インフレ率の参照年数を1年から6年までとした場合、AITルールは、自然利子率の高低によらず、テイラールールに比べ厚生損失が小さくなっている。さらに、自然利子率が+0.5%のケースでは、過去3年間の平均インフレ率に基づくAITルールが、自然利子率が-0.1%のケースでは、過去5年間の平均インフレ率に基づくAITルールが、それぞれ厚生損失を最小化することがわかる。フィリップス

曲線の傾きがよりスティーブになると、①マイナスの需要ショックが追加的に加わった場合、インフレ率がより大きく下振れ、2%の目標達成も遅くなる一方で、②金融緩和による需給ギャップの改善が、インフレ率を押し上げる力は大きくなる。図表6を、ベースラインの図表4と比較すると、本稿の分析では、インフレ目標未達の状態がシミュレーションの初期値となっていることもあって、①の影響の方が②よりも総じて大きく、平均インフレ率の参照年数を長くするA I Tルールの方が、厚生損失の最小化の観点から望ましい、という結果となっている。

最後に、シミュレーションの初期値について、ベースラインでは一定の値で固定しているが、以下では、初期値を様々な値に変更したシミュレーションを行うことで、ベースラインの結果の頑健性をチェックする。具体的には、インフレ率(π_0)、需給ギャップ(y_0)、10年先インフレ予想($\pi_{40|0}$)、および長期インフレ予想のインフレ目標へのアンカー度合い(δ_0)の初期値について、それぞれベースラインの値から±0.3%ポイントの範囲にある一様分布から、ランダムに発生させた値に設定する。シミュレーション毎に、これらの変数の初期値を変えることで、初期値の設定がどの程度、ベースラインの結果に影響しているかを確認することができる。図表7は、確率的シミュレーションの結果に基づく厚生損失の値を示している。モデル内の幾つかの変数について、初期値をランダムに変更しても、A I Tルールは、平均インフレ率の参照期間が1年から6年の範囲内であれば、テイラールールよりも厚生損失が小さくなるとの結果は頑健である。また、自然利子率が+0.5%のケースでは、過去2年間の平均インフレ率に反応するA I Tルールが、自然利子率が-0.1%のケースでは、過去3年間の平均インフレ率に反応するA I Tルールが、それぞれ厚生損失を最小化する結果となっており、ベースラインと同じである。

以上の様々な頑健性チェックの結果を踏まえると、①厚生損失を最小化する平均インフレ率の参照年数は、モデル内のパラメータの設定によって変わり得るものの、「埋め合わせ戦略」にコミットしたA I Tルールは、テイラールールよりも社会厚生上望ましいこと、さらに、②自然利子率が低い場合には、A I Tルールにおける平均インフレ率の参照年数を長くする方が望ましいこと、が確認できる。

4-3. テイルリスクの評価

最後に、A I Tルールの採用により低金利政策が長期化した場合、確率こそ大きくないものの、望ましくない過度なインフレ率のオーバーシュートが発生するリスクについて評価する。具体的には、ベースラインのシミュレーションにおいて、平均的に厚生損失が最小となるA I Tルールを採用した場合、インフレ率が最大で何%程度まで上昇するリスクがあるかを点検したあと、平均インフレ率の参照年数

を長期化させた場合、そうしたインフレ率の最大到達点がどのように変わるかをみておく。

図表8は、ランダムにショックを与える確率的シミュレーションを1,000回実施したうえで、各シミュレーションにおけるインフレ率の最大到達点（10年間のシミュレーション期間においてインフレ率が最も高くなる値）を、分布の形状で示したものである。自然利子率が+0.5%のケースについて、平均的に厚生損失が最小となる、平均インフレ率の参照年数が2年のA I Tルールの結果をみると、ほとんどの場合はインフレ率の最大到達点が2%から3%の範囲に収まるが、発生確率こそ高くはないものの、ショックの動向次第では、インフレ率が3%から4%にまで上昇するリスクも孕んでいることがわかる。仮に、これよりも平均インフレ率の参照年数が長いA I Tルール、例えば6年のA I Tルールを採用した場合、2年のA I Tルールに比べて、分布が右方向にシフトするだけでなく、分布の右の裾野も厚くなる。自然利子率が-0.1%とより低いケースでは、金融緩和による景気刺激効果が低下するため、そうしたテイルリスクの発生確率は小さくなる。平均的な厚生損失を最小化するインフレ率の参照年数が3年のA I Tルールと、それよりも参照年数の長い6年のA I Tルールについて、インフレ率の最大到達点の分布を比較すると、6年ルールの方の方が3年ルールに比べて右の裾野はやや厚くなるが、自然利子率の高いケースと比べると、両者間の違いは小さくなる。

5. おわりに

本稿では、予想物価上昇率について適合的期待形成の要素が強いわが国においても、米国経済を対象とした先行研究と同様、「埋め合わせ戦略」が、物価目標の早期実現を目指すうえで望ましいかどうか、小型のマクロ経済モデルを用いたシミュレーション分析により検証した。分析の結果、①実績のインフレ率が目標値を下回っている場合には、ある程度の期間の過去の目標未達を「埋め合わせる」緩和的な金融政策運営を行うことが、社会厚生上のコストを勘案しても望ましいこと、また、②自然利子率が低いほど、低金利政策の景気刺激効果は低下するため、より長い期間の過去のインフレ率を参照する政策運営が望ましくなること、が示された。

ただし、本稿では、モデルの扱いやすさ（tractability）の観点から簡易な経済モデルを用いているほか、モデル中の金融政策運営を短期金利の政策ルールのみで表現するなど、実際の経済メカニズムや政策運営を精緻に再現しているものではない点に留意が必要である。とくに、損失関数が最小となる平均インフレ率の参照年数は、モデルのパラメータのみならず、損失関数の設定によっても大きく変わりうるため、相当な幅を持つてみる必要がある。

補論. 埋め合わせ戦略に関する先行研究

この補論では、埋め合わせ戦略に関する主要な先行研究を紹介する。埋め合わせ戦略に関する研究は、政策金利が実効的な下限（ELB）に直面し、追加的に政策金利を引き下げることができない場合（いわゆる「流動性のわな」に陥った状況）に、中央銀行は経済主体の期待に働きかけ、金融緩和が将来にわたって続くことをコミットメントすることが重要である、といった論点から発展したといえる。

Reifschneider and Williams (2000)は、FRB/US によるシミュレーションを用いて、低金利環境下では、過去のインフレ目標の未達成分を考慮する埋め合わせ要素を組み込んだ政策ルールが、テイラールールに比べて有効であることを示した。Eggertsson and Woodford (2003)は、理論モデルを用いて分析した結果、流動性のわなの下で経済厚生を最大化する金融政策ルールは、ショックに対して即座に金利を変化させるテイラールールのような政策ではなく、歴史依存性をルールに組み込んだ政策であると結論付けている。

埋め合わせ戦略の一つとして研究されている政策ルールとして、物価水準目標（Price Level Targeting、以下、P L T）がある。P L Tルールは、テイラールールのようにインフレ率とインフレ目標の乖離を参照しながら政策金利を決めるのではなく、ある基準時点から計算した実際の物価水準と目標インフレ率を達成し続けた場合の物価水準の乖離を参照しながら政策金利を決める。インフレ率がインフレ目標を下回った場合、物価水準は目標とする水準を下回るため、それを埋め合わせするために、ある一定期間、インフレ率がインフレ目標を上回るように緩和的な政策を行うことになる。Svensson (1999)や Vestin (2006)は、理論モデルを用いて、P L Tルールがテイラールールよりも社会厚生上、有効であることを示した。また、Evans (2012)、Walsh (2019)、Svensson (2020)などの研究でも、P L Tルールの有効性が分析されている。

本稿で取り扱っているA I Tルールについて、Nessén and Vestin (2005)が具体的な定式化を行い、理論モデルを用いて分析を行った。Bernanke (2017)は、A I Tルールの考え方について、柔軟性のあるP L Tルールとして位置づけられると論じ、「一時的な物価水準目標（Temporary PLT）」と呼んだ（Clarida (2020)も参照）。A I Tルールやそれに類似した政策ルールの有効性について、Hebden and López-Salido (2018)は、FRB/US をベースにした小型のマクロ経済モデルを用いて分析をしている（Bernanke (2020)も参照）。また、Mertens and Williams (2019)は、理論モデルを用いてP L TルールやA I Tルールの有効性について分析している。

参考文献

- 一上響・北村富行・小島早都子・代田豊一郎・中村康治・原尚子（2009）「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、No. 09-J-6.
- 川本卓司・中澤崇・喜舎場唯・松村浩平・中島上智（2021）「マクロ経済モデルQ-JEMを用いた『量的・質的金融緩和』導入以降の政策効果の推計」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、No. 21-J-7.
- 須藤直・岡崎陽介・瀧塚寧孝（2018）「わが国の自然利子率の決定要因 —DSGEモデルとOGモデルによる接近—」、日本銀行リサーチラボ・シリーズ、No. 18-J-2.
- 日本銀行（2016）「金融緩和強化のための新しい枠組み：『長短金利操作付き量的・質的金融緩和』」、2016年9月21日.
- Arias, Jonas, Martin Bodenstein, Hess Chung, Thorsten Drautzburg, and Andrea Raffo (2020), “Alternative strategies: How do they work? How might they help?” Finance and Economics Discussion Series 2020-068, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Bernanke, Ben (2017), “Monetary policy in a new era,” presented at a conference on “Rethinking Macroeconomic Policy,” Peterson Institute for International Economics, Washington, October 12–13.
- Bernanke, Ben (2020), “The new tools of monetary policy,” *American Economic Review*, 110(4), pp. 943–983.
- Bernanke, Ben, Michael Kiley, and John Roberts (2019), “Monetary policy strategies for a low-rate environment,” Finance and Economics Discussion Series 2019-009, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Clarida, Richard (2020), “The Federal Reserve’s new framework: Context and consequences,” speech at “The Economy and Monetary Policy,” Hutchins Center on Fiscal and Monetary Policy at the Brookings Institution, Washington, November 16.
- Eggertsson, Gauti, and Michael Woodford (2003), “The zero bound on interest rates and optimal monetary policy,” *Brookings Papers on Economic Activity*, 2003(1), pp. 139–211.
- Evans, Charles (2012), “Monetary policy in a low-inflation environment: Developing a state-contingent price-level target,” *Journal of Money, Credit and Banking*, 44 (S1), pp. 147–55.

- Federal Reserve Board (2020), “Federal Open Market Committee announces approval of updates to its Statement on Longer-Run Goals and Monetary Policy Strategy,” August 27, 2020.
- Fukunaga, Ichiro, Naoko Hara, Satoko Kojima, Yoichi Ueno, and Shunichi Yoneyama (2011), “The Quarterly Japanese Economic Model (Q-JEM): 2011 version,” Bank of Japan Working Paper Series, No. 11-E-11.
- Hebden, James, Edward Herbst, Jenny Tang, Giorgio Topa, and Fabian Winkler (2020), “How robust are makeup strategies to key alternative assumptions?” Finance and Economics Discussion Series 2020-069, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Hebden, James, and J. David López-Salido (2018), “From Taylor’s rule to Bernanke’s temporary price level targeting,” Finance and Economics Discussion Series 2018-051, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Hirakata, Naohisa, Kazutoshi Kan, Akihiro Kanafuji, Yosuke Kido, Yui Kishaba, Tomonori Murakoshi, and Takeshi Shinohara (2019), “The Quarterly Japanese Economic Model (Q-JEM): 2019 version,” Bank of Japan Working Paper Series, No. 19-E-07.
- Kiley, Michael, and John Roberts (2017), “Monetary policy in a low interest rate world,” *Brookings Papers on Economic Activity*, 2017(1), pp. 317–396.
- Mertens, Thomas, and John Williams (2019), “Tying down the anchor: Monetary policy rules and the lower bound on interest rates,” Staff Reports 887, Federal Reserve Bank of New York.
- Nessén, Marianne, and David Vestin (2005), “Average inflation targeting,” *Journal of Money, Credit and Banking*, 37(5), pp. 837–863.
- Reifschneider, David, and John Williams (2000), “Three lessons for monetary policy in a low-inflation era,” *Journal of Money, Credit and Banking*, 32(4), pp. 936–966.
- Svensson, Lars (1999), “Price-level targeting versus inflation targeting: A free lunch?” *Journal of Money, Credit and Banking*, 31(3), pp. 277–295.
- Svensson, Lars (2020), “Monetary policy strategies for the Federal Reserve,” *International Journal of Central Banking*, 16, pp. 133–193.
- Taylor, John (1993), “Discretion versus policy rules in practice,” *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 39, pp. 195–214.

Taylor, John (1999), “An historical analysis of monetary policy rules,” in Taylor, John, ed., *Monetary Policy Rules*, University of Chicago Press.

Vestin, David (2006). “Price-level versus inflation targeting,” *Journal of Monetary Economics*, 53(7), pp. 1361–1376.

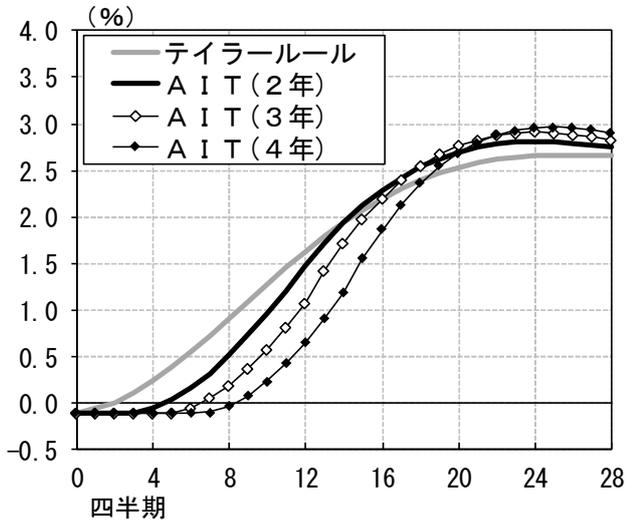
Walsh, Carl (2019), “Alternatives to inflation targeting in low interest rate environments,” IMES Discussion Paper Series, No. 19-E-13, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan.

図表 1. パラメータの値

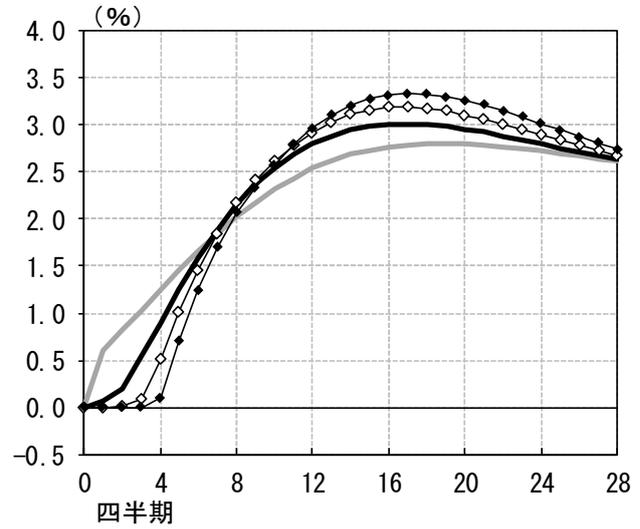
関数	パラメータ	値
I S 曲線	α_0	0.9
	α_1	-0.4
フィリップス曲線	ψ	0.85
	κ	0.07
金融政策ルール	ρ	0.9
	θ_y	0.5
	θ_π	1.0
需給ギャップの予想形成	β_1	1.44
	β_2	-0.52
10年先のインフレ予想	λ	0.3
	a	1.0
	$\bar{\delta}$	0.95
	$\underline{\delta}$	0.05
中期のインフレ予想	ψ^M	0.85
	κ^M	0.07
短期のインフレ予想	ψ^S	0.85
	κ^S	0.07
需要ショックの分布	φ_y	0.3
	μ_y	-0.15
	σ_y^2	0.8
価格ショックの分布	φ_π	0.3
	μ_π	-0.2
	σ_π^2	1.2

図表 2. シミュレーション結果（自然利子率が+0.5%場合）

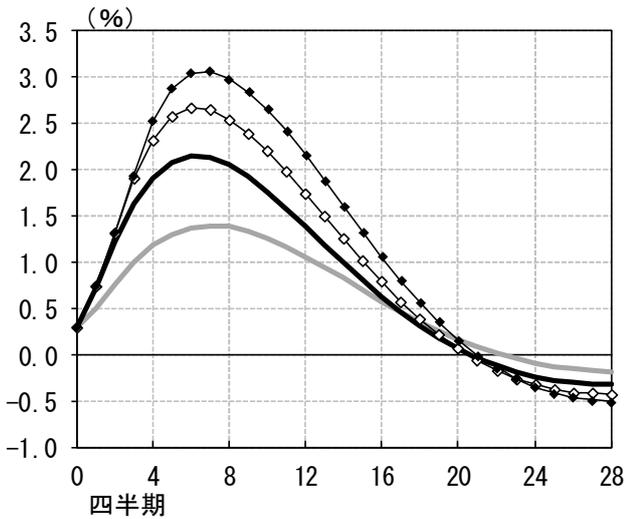
①名目短期金利



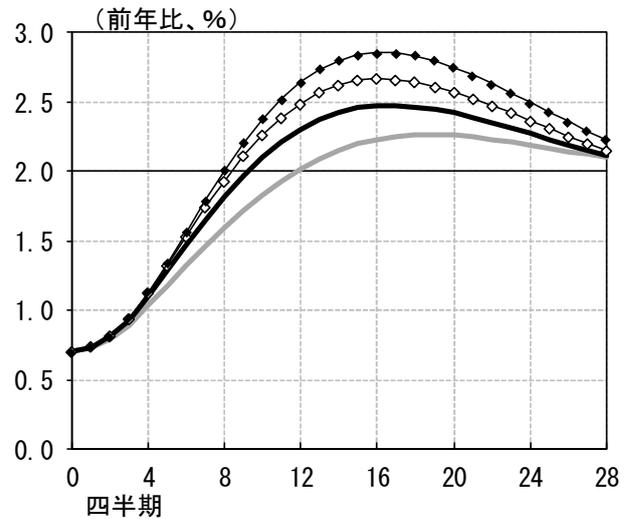
②名目長期金利



③需給ギャップ



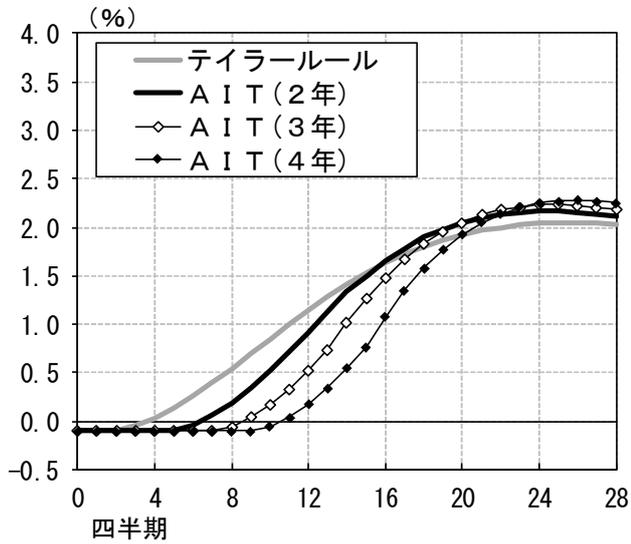
④インフレ率



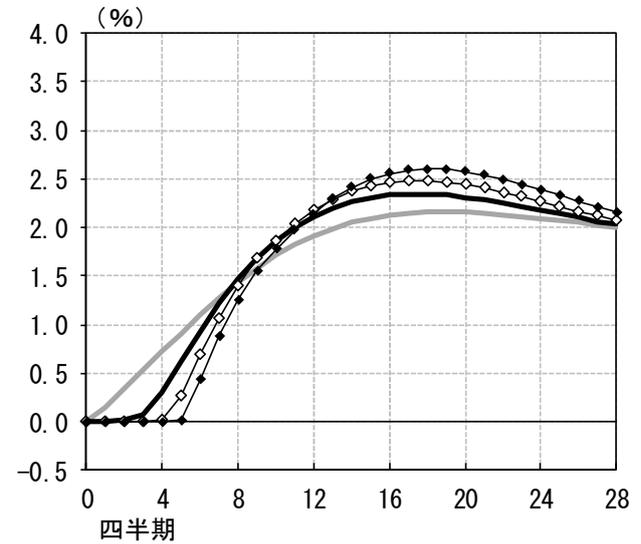
(注) 凡例の () 内は、A I Tにおける過去の平均インフレ率の参照年数。④はモデルの $\pi_t^{(4)}$ 。

図表3. シミュレーション結果（自然利子率が-0.1%の場合）

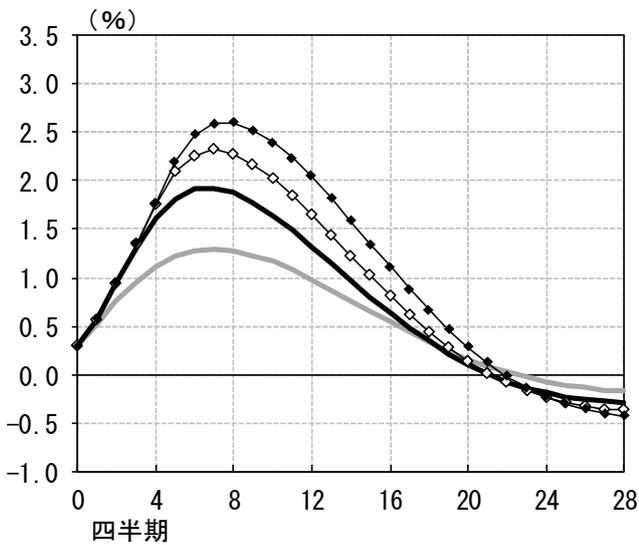
①名目短期金利



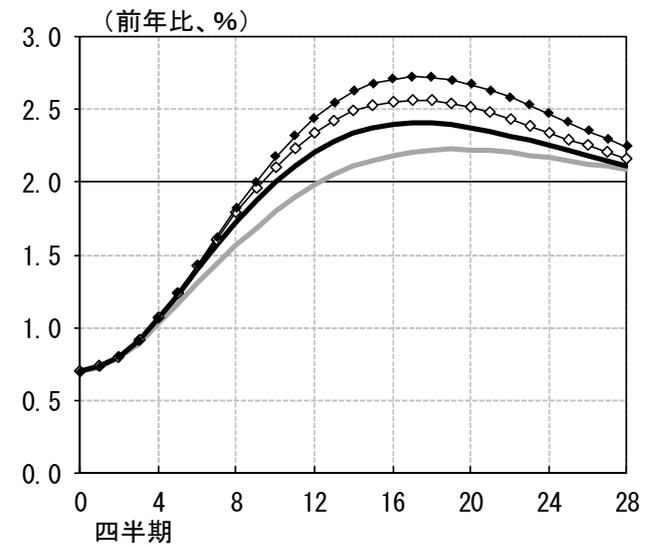
②名目長期金利



③需給ギャップ



④インフレ率



(注) 凡例の () 内は、A I Tにおける過去の平均インフレ率の参照年数。④はモデルの $\pi_t^{(4)}$ 。

図表 4. 確率的シミュレーションの結果

(a) 自然利子率が+0.5%の場合

政策ルール	損失	分散(y)	分散(p)
テイラールール	5.40	4.43	0.97
A I T (1年)	5.31	4.38	0.93
A I T (2年)	4.84	4.20	0.65
A I T (3年)	5.01	4.42	0.59
A I T (4年)	5.34	4.74	0.60
A I T (5年)	5.77	5.13	0.64
A I T (6年)	6.29	5.58	0.71

(b) 自然利子率が-0.1%場合

政策ルール	損失	分散(y)	分散(p)
テイラールール	7.21	5.68	1.53
A I T (1年)	7.02	5.56	1.47
A I T (2年)	6.01	4.91	1.10
A I T (3年)	5.83	4.84	0.99
A I T (4年)	5.86	4.92	0.94
A I T (5年)	6.00	5.07	0.93
A I T (6年)	6.23	5.30	0.94

(注) 政策ルールの()内は、A I Tにおける過去の平均インフレ率の参照年数。損失は1,000回のシミュレーションから得られた損失関数の平均値。分散(y)、分散(p)は、損失関数における、需給ギャップの変動の寄与と、インフレ率の変動の寄与。シャドーは表中で最も損失が小さくなる政策ルール。

図表5. 確率的シミュレーションの結果：頑健性のチェック（1）
金利感応度 $(-\alpha_1)$ を0.4から0.3に変更したケース

(a) 自然利子率が+0.5%の場合

政策ルール	損失	分散(y)	分散(p)
テイラールール	6.47	5.10	1.36
A I T (1年)	6.36	5.04	1.32
A I T (2年)	5.57	4.61	0.96
A I T (3年)	5.50	4.63	0.86
A I T (4年)	5.62	4.78	0.83
A I T (5年)	5.83	4.99	0.84
A I T (6年)	6.13	5.26	0.86

(b) 自然利子率が-0.1%場合

政策ルール	損失	分散(y)	分散(p)
テイラールール	9.03	6.85	2.18
A I T (1年)	8.86	6.74	2.12
A I T (2年)	7.81	6.07	1.74
A I T (3年)	7.53	5.91	1.62
A I T (4年)	7.43	5.87	1.55
A I T (5年)	7.42	5.91	1.51
A I T (6年)	7.48	5.99	1.50

(注) 政策ルールの（ ）内は、A I Tにおける過去の平均インフレ率の参照年数。損失は1,000回のシミュレーションから得られた損失関数の平均値。分散(y)、分散(p)は、損失関数における、需給ギャップの変動の寄与と、インフレ率の変動の寄与。シャドーは表中で最も損失が小さくなる政策ルール。

図表6. 確率的シミュレーションの結果：頑健性のチェック（2）
 フィリップス曲線の傾き(κ)を0.07から0.12に変更したケース

(a) 自然利子率が+0.5%の場合

政策ルール	損失	分散(y)	分散(p)
テイラールール	7.41	4.93	2.48
A I T (1年)	6.86	4.63	2.23
A I T (2年)	5.10	3.82	1.27
A I T (3年)	5.03	3.88	1.14
A I T (4年)	5.19	4.04	1.14
A I T (5年)	5.47	4.27	1.20
A I T (6年)	5.86	4.55	1.31

(b) 自然利子率が-0.1%場合

政策ルール	損失	分散(y)	分散(p)
テイラールール	12.12	7.89	4.23
A I T (1年)	11.17	7.32	3.86
A I T (2年)	7.11	4.97	2.14
A I T (3年)	6.38	4.61	1.78
A I T (4年)	6.14	4.52	1.63
A I T (5年)	6.12	4.55	1.57
A I T (6年)	6.24	4.67	1.58

(注) 政策ルールの()内は、A I Tにおける過去の平均インフレ率の参照年数。損失は1,000回のシミュレーションから得られた損失関数の平均値。分散(y)、分散(p)は、損失関数における、需給ギャップの変動の寄与と、インフレ率の変動の寄与。シャドーは表中で最も損失が小さくなる政策ルール。パラメータ κ^M 、 κ^S についても、 κ と同様に変更している。

図表7. 確率的シミュレーションの結果：頑健性のチェック（3）
初期値をランダムにしたケース

(a) 自然利子率が+0.5%の場合

政策ルール	損失	分散(y)	分散(p)
テイラールール	5.35	4.39	0.96
A I T (1年)	5.26	4.33	0.92
A I T (2年)	4.82	4.18	0.64
A I T (3年)	5.00	4.41	0.59
A I T (4年)	5.34	4.73	0.60
A I T (5年)	5.77	5.12	0.65
A I T (6年)	6.29	5.58	0.72

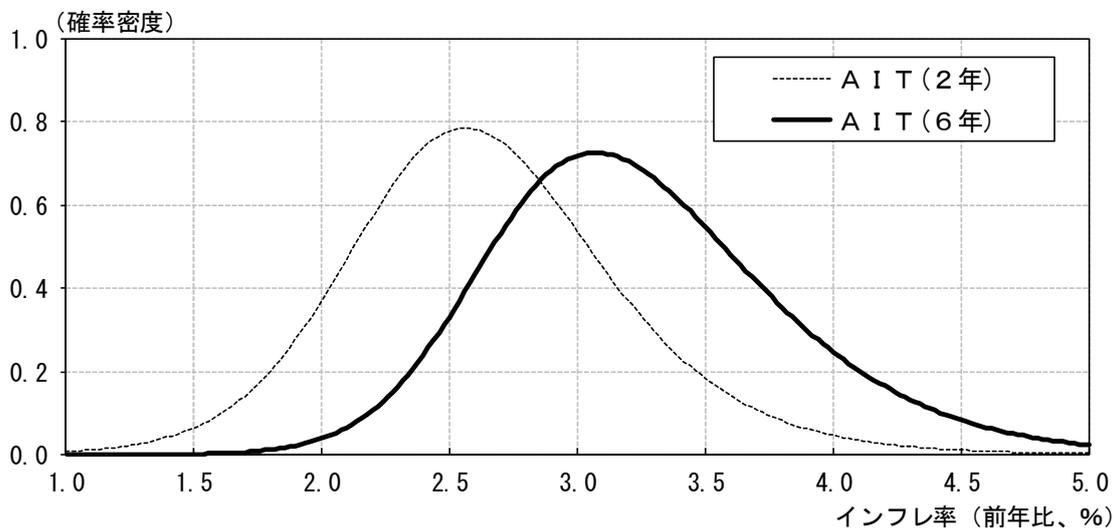
(b) 自然利子率が-0.1%場合

政策ルール	損失	分散(y)	分散(p)
テイラールール	7.37	5.80	1.57
A I T (1年)	7.19	5.67	1.51
A I T (2年)	6.15	5.02	1.14
A I T (3年)	5.97	4.94	1.03
A I T (4年)	6.00	5.02	0.98
A I T (5年)	6.12	5.16	0.96
A I T (6年)	6.35	5.38	0.97

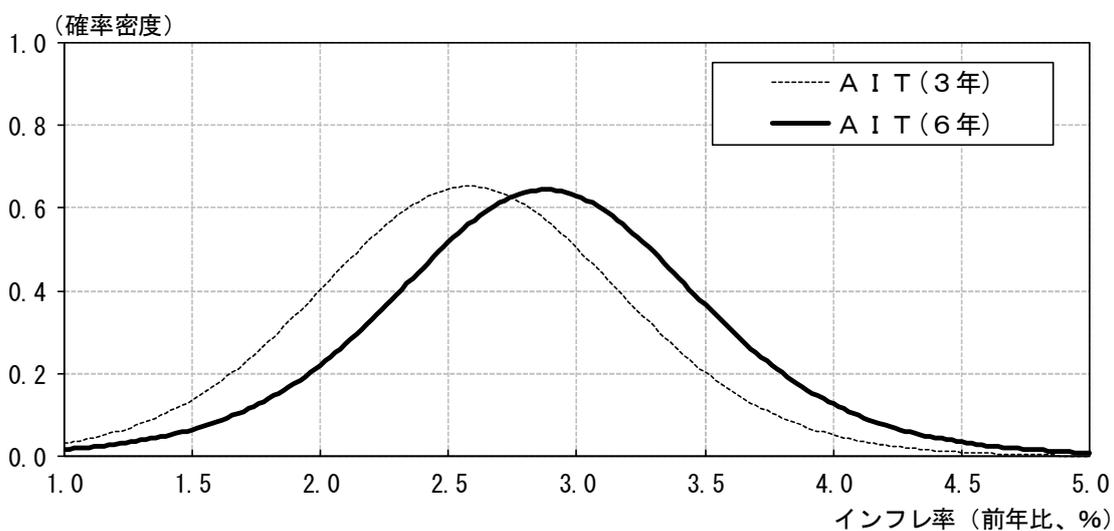
(注) 政策ルールの（ ）内は、A I Tにおける過去の平均インフレ率の参照年数。損失は1,000回のシミュレーションから得られた損失関数の平均値。分散(y)、分散(p)は、損失関数における、需給ギャップの変動の寄与と、インフレ率の変動の寄与。シャドーは表中で最も損失が小さくなる政策ルール。

図表 8. 確率的シミュレーション結果（インフレ率の最大到達点の分布）

(a) 自然利子率が+0.5%の場合



(b) 自然利子率が-0.1%の場合



(注) 確率的シミュレーションを1,000回実施したうえで、各シミュレーションにおけるインフレ率の最大到達点を確率分布として表示している。インフレ率は、モデルの $\bar{\pi}_t^{(4)}$ 。