

所得階層別一般均衡型世代重複シミュレーションモデルの開発

島澤諭*

公益財団法人中部圏社会経済研究所

堤雅彦

一橋大学経済研究所

難波了一

公益財団法人中部圏社会経済研究所

小黒一正

法政大学経済学部

要旨

本稿の目的は、財政健全化や社会保障制度改革等の政策変更により家計が被る影響が、世代間のみならず世代内でどのような点で異なり、どのような点で類似しているのかなどについて分析を行うために資するよう、家計を生年だけではなく所得階層に区分し、同一世代内における家計の異質性を明示的に考慮した一般均衡型世代重複シミュレーションモデルの開発を行うことにある。あわせて、現在の財政スタンスが持続可能か否かについてシミュレーションし、世代別・所得階層別生涯純税負担率の推計を行った。その結果、現在の財政スタンスを継続した場合、2040年に政府債務残高比率が457%に達したところで限界が訪れ、2041年には消費税率の抜本的な引上げが必要になること、また、政府債務残高比率を457%に維持するだけにしても、現在の歳出構造が続くならば、長期的に30%の消費税率が必要なこと、さらに、世代別では高齢層ほど、世代内では所得階層の低いほど、生涯純税負担率が小さいことが明らかになった。

キーワード：少子高齢化、財政再建、消費税、シミュレーション分析

JEL classification: H30, C68, H61, E62, B41

* Corresponding author, E-mail: shimasawa@criser.jp

On the newly developed overlapping generation model with heterogeneous households: its structure, properties, and policy simulations *

Abstract

This paper primarily aims at explaining the structure and properties of the newly developed overlapping generation model with four types of households grouped by income levels based on the latest Japanese data. Along with detailed account of the model structure and data, the sensitivity analysis on the key parameters, which are not fully supported by empirical studies, are conducted.

Regarding policy simulations, we examine the fiscal sustainability of Japan under the current levels of debt and fiscal policy. Key findings are as follows.

First, the financial collapse defined as a convergence limit, appears in 2040 when the debt-GDP ratio reaches 457%, implying that a significant tax hike is required to sustain the economy.

Second, 30% of the consumption tax rate is necessary to restrain levels of the debt-GDP ratio from exceeding 457%, if the current structure of government spending lasts in the long run.

Third, the lifetime net tax burden rate varies among households. The rate tends to be higher as they are born later (younger), and as they are richer.

Keywords: population aging, fiscal sustainability, consumption tax, simulation analysis

JEL classification: H30, C68, H61, E62, B41

* Manabu Shimasawa (Chubu Region Institute for Social and Economic Research, Japan), Ryoichi Nanba (Chubu Region Institute for Social and Economic Research, Japan), Masahiko Tsutsumi (Hitotsubashi University, Japan), and Kazumasa Oguro (Hosei University, Japan).
Corresponding E-mail address: shimasawa@criser.jp

1. はじめに

日本は現在、少子化、高齢化、人口減少の進行により、これまで右肩上がりの人口、経済を前提として組み立てられてきた財政・社会保障制度の持続可能性が危ぶまれる状況にあり、抜本的な改革が喫緊の課題となっている。このような人口構造の変化や、財政再建や社会保障制度改革等の政策変更が及ぼす影響を、マクロ経済や所得再分配の観点から分析するためには、Auerbach=Kotlikoff (1983、1987) を嚆矢とした一般均衡型世代重複シミュレーションモデル (以下、AK モデル) による分析が適している。実際、AK モデルを使った人口変動下での財政政策や社会保障制度変更に関するシミュレーション分析は、これまで国内外で数多くの研究が蓄積されている¹。

しかしながら、こうした先行研究の多くは、シミュレーションモデル内に一つの世代には一つの家計しか存在しない世代間の異質性にのみ焦点を当てた分析を行っており、人口構造の変化を前提に、諸々の政策変更が GDP や経済成長、貯蓄、生産要素価格および家計の厚生の変化等に与える影響の分析を行うにとどまっている。しかし、政策変更は、世代間のみならず世代内でも所得分配の変化を惹起するため、世代間の公平性の観点だけではなく、世代内の公平性の観点からも検証する必要がある。

世代内と世代間の異質性やそれに起因する利害対立を同時に扱え、政策変更がマクロ経済を介して各々の厚生水準にもたらす影響の相違を定量的に評価するためのツールとしては、世代内の異質性を組み込んだ一般均衡型世代重複シミュレーションモデルが適している。われわれの問題意識と比較的似通った視点から我が国の年金制度改革について分析を行った先行研究としては、宮里・金子(2001)、Okamoto(2005)、岡本(2013)がある。これらの先行研究と比べた本モデルとシミュレーション方法の特徴は下記の通りである。まず、AK モデルに所得稼得能力の異なる4つ所得階層を導入している。これにより、財政再建や社会保障制度改革が、マクロ経済や所得再分配を介して、世代間に加えて世代内の公平性に与える影響について分析可能となる。次に、先行研究の多くではシミュレーション開始時点を選定状態と仮定しているが、この場合、初期値がシミュレーション結果を左右することになる。そこで、本モデルによるシミュレーションは、1901年から開始することで、分析対象期間である2018年以降の経済に初期値の設定の仕方が与える影響を回避している。つまり、現在を選定状態と仮定することなく、日本の経済・財政状況を再現できる点が特徴となっている。最後に、多くの先行研究では、社会保障制度のうち公的年金制度のみがモデル化されているが、本モデルでは、公的年金制度に加えて、医療や介護といった社会保険も明示的にモデル化している。これにより、少子化、高齢化が社会保障財政に与える影響を定量的に把握することが可能となり、

¹ 例えば、本間・跡田・岩本・大竹 (1987a、1987b)、Kotlikoff(1998)、Kato(1998、2002)、Altig et al.(2001)、Kotlikoff, Smetters and Walliser (2001)、Ihori, Kato, Kawade and Bessho(2006)、島澤・小黒 (2011) を参照のこと。

別途モデル化する政府財政とリンクすることで、社会保障制度に起因する財政負担の増減が世代内・世代間の所得再分配に与える影響を分析できる。

本稿の残りの構成は以下の通りである。第2節では、シミュレーションモデルについて説明を行う。第3節では、シミュレーションの方法や使用するデータを説明し、パラメータの特定化を行った上で、シミュレーションを行う。第4節では、シミュレーション結果のうち、人口構造変数、マクロ経済変数、財政変数について、実績期間と将来期間に分けて考察する。さらに、世代別・所得階層別生涯純税負担率を推計し分析する。第5節では、実証的な裏付けが弱いパラメータに関して感応度分析を行う。第6節では、まとめを行う。

2. シミュレーションモデル

本節では、シミュレーションモデルの詳細について説明する。モデルは、Auerbach and Kotlikoff (1987) を嚆矢とする世代重複一般均衡シミュレーションモデルの流れの中に位置づけられるものであり、我が国経済の分析に適するように、現実の財政制度・社会保障制度をモデル化している。モデルは、家計部門、企業部門、政府部門、年金部門及びその他の社会保障部門の5つの部門で構成され、簡単化のために、財は消費財にも投資財にもなる1種類しか存在せず、海外との取引は存在しないものとする。各時点においては、有限期間生存する勤労世代と引退世代とが同時に多数(65世代)存在している。

(1) 家計

家計は、賃金稼得能力の違いに基づいて4つの所得階層—低所得層、中低所得層、中高所得層、高所得層—に分けられる。なお、各所得層の構造は同一である。各家計の効用は消費水準に依存して決まる。また、寿命の長さには不確実性があり、意図せざる財産を残す(遺産の存在)。 t 年生まれの家計は20歳で就労を開始し、64歳まで働き、65歳以降は完全に引退し、85歳までには死亡する。各家計は、財政・年金制度を所与として、労働所得、利子所得、年金所得、意図せざる遺産からなる生涯所得を予算制約として、通時的な期待効用最大化行動の結果、消費貯蓄プロファイルを決定する。

定式化すると、所得階層 g に属する第 i 世代の家計の効用関数 U_i^g は

$$U_i^g = \frac{1}{1-\gamma} \sum_{j=0}^{65} sr_{i,j} \left(\frac{1}{1+\rho} \right)^{j-1} c_{i,j}^{g,1-\gamma} \quad (1)$$

ここで、 $c_{i,j}^g$ は消費、 γ は異時点間の代替の弾力性の逆数、 ρ は時間選好率を表す。所得階層 $g(=l, lm, um, u)$ は、それぞれ低所得層、中低所得層、中高所得層、高所得層を示す。また、 $sr_{i,j}$ は第 i 世代に属する個人が j 歳まで生存できる確率であり、年齢に依

存する世代別生残確率 $q_{j,j-1}^i$ の積和で表される²。

$$sr_{i,j} = \prod_{m=1}^j q_{m,m-1}^i \quad (2)$$

所得階層 g に属し t 年時点で j 歳の家計の予算制約式は、

$$a_{i,j}^g = a_{i,j-1}^g \{1 + r_t(1 - tr_t)\} + pen_{i,j}^g + pm_{i,j}^g + pn_{i,j}^g + beq_{i,j}^g + \tilde{w}_t e_j^g (1 - tw_t \tilde{w}_t e_j^g) - c_{i,j}^g (1 + tc_t) - b_{i,j}^g - bm_{i,j}^g - bn_{i,j}^g \quad (3)$$

このとき、 $a_{i,j}^g$ は所得階層 g に属する第 i 世代の j 歳の個人が保有する金融資産、 r_t は t 年の利子率、 $\tilde{w}_t (= (1 + \lambda)w_t)$ は効率単位で測った t 年の賃金率、 λ は労働生産性、 e_j^g は所得階層 g に属する j 歳の個人の賃金稼得能力年齢プロファイルである。 $pen_{i,j}^g$ 、 $b_{i,j}^g$ 、 $pm_{i,j}^g$ 、 $bm_{i,j}^g$ 、 $pn_{i,j}^g$ 、 $bn_{i,j}^g$ はそれぞれ所得階層 g に属する第 i 世代の j 歳の個人の公的な年金給付、年金保険料、医療給付、医療保険料、介護保険給付、介護保険料である。 $beq_{i,j}^g$ は受贈された遺産額を表す。 tr_t 、 tw_t 、 tc_t はそれぞれ t 年時点の資本所得税率、労働所得税率、消費税率である。労働所得税率は毎期の労働所得水準に対して累進的に課せられる。

Auerbach and Kotlikoff (1987)、Okamoto (2013) に倣い、所得階層別の限界税率を $tw_t = \psi + \pi w_t e_j^g$ 、 $\pi > 0$ とした。このとき、所得階層別の平均税率は $\overline{tw}_t = \psi + \frac{\pi}{2} w_t e_j^g$ となる。また、この定式化のもとでは、 $\pi = 0$ とすると労働所得税は累進課税ではなく比例税になるし、 π を大きくすると同時に ψ を小さくすることで、税収総額を一定にしたまま、より累進構造を強化できる。

公的年金に関しては、64歳で退職するまでの勤労世代から年金保険料 $b_{i,j}^g$ を徴収する一方、65歳以上の引退世代に対して年金 $pen_{i,j}^g$ を支給する。公的年金は2階建てであり、定額部分 f_t と報酬比例部分 $pr_{i,j}^g$ から成る。定額部分は所得階層共通であるが、報酬比例部分は所得階層 g に属する第 i 世代の個人が勤労期間に稼得した労働所得の1年あたり平均所得額 H_i^g の一定割合 β が給付される。

$$b_{i,j}^g = tp_t \tilde{w}_t e_j^g \quad (4)$$

$$pen_{i,j}^g = f_t + pr_{i,j}^g = f_t + \beta H_i^g \quad (5)$$

$$H_i^g = \frac{1}{44} \sum_{j=0}^{44} \tilde{w}_t e_j^g \quad (6)$$

本モデルでは寿命の不確実性が存在するため、寿命を全うせずに出た家計が保有していた資産を何らかのルールにしたがってモデル内に残しておく必要がある。そこで、ここでは意図せざる遺産として処理することとする。具体的には、ある所得階層に属する家計がモデルから退出した場合、その同じ所得階層に属し、生き残ったすべての家計に平等に分配することとする。このとき、所得階層 g に属する第 i 世代の j 歳の個人が受

² 生残確率は国立社会保障人口問題研究所『日本の将来推計人口（平成29年推計）』の中位推計人口より計算した。

贈した遺産額 $beq_{i,j}^g$ は

$$beq_{i,j}^g = \frac{(1-tb)BEQ_t^g}{\sum_{k=0}^{65} N_{t-k+1,j}^g}, \text{ ただし、 } BEQ_t^g = \sum_{j=0}^{65} (N_{t-j,j}^g - N_{t-j,j+1}^g) a_{t-j,j}^g \quad (7)$$

このとき、 tb は相続税、 BEQ_t^g は所得階層 g が受け取った遺産総額、 $N_{i,j}^g$ は所得階層 g に属する第 i 世代の j 歳時点の世代人口を表す。

以上から、各所得階層に属する各家計は、(3)式を予算制約として、(1)式の効用関数の最大化問題を解くことによって、次のような消費の流列を得る。

$$c_{i,j}^g = \left\{ \frac{1+sr_{i,j}}{1+sr_{i,j-1}} \right\}^{\frac{1}{\gamma}} \left\{ \frac{1+(1-tr_t)r_t}{1+\rho} \right\}^{\frac{1}{\gamma}} \left\{ \frac{1+tc_{t-1}}{1+tc_t} \right\}^{\frac{1}{\gamma}} c_{i,j-1}^g \quad (8)$$

このとき、 t 年におけるマクロの総消費 C_t は、

$$C_t = \sum_g \sum_{j=0}^{65} N_{t-j+1,j}^g c_{t-j+1,j}^g \quad (9)$$

家計の保有するマクロの資産 A_t は、

$$A_t = \sum_g \sum_{j=0}^{65} N_{t-j+1,j}^g a_{t-j+1,j}^g \quad (10)$$

となる。

また、 t 年における労働供給 L_t は、各所得階層の勤労世代の総人口と年齢別の労働効率により決定され、

$$L_t = \sum_g \sum_{j=0}^{44} N_{t-j+1,j}^g e_j^g \quad (11)$$

となる。なお、労働供給は非弾力的であり、64歳で引退した後は、労働供給を一切行わない³。

(2) 企業

企業は、生産要素価格を所与としてコブ=ダグラス型の技術に基づき生産を行い、利潤を最大化する。つまり、企業は、家計が供給する資本 K_t と効率単位で測った労働力 LE_t を生産要素とするコブ=ダグラス型生産関数で表され、消費財にも投資財にもなる財 Y_t を産出する。さらに企業は完全競争市場で決定される資本と労働の価格を所与として、利潤を最大化する。また、技術進歩率 λ は、ハロッド中立型であり、外生的に一定である。

$$Y_t = AK_t^\alpha LE_t^{1-\alpha}, \text{ ただし、 } LE_t = (1+\lambda)^t L_t \quad (12)$$

ここで α は資本分配率を表す。

また、企業は、生産要素市場において、完全競争的に振る舞う。すなわち、利潤最大化条件により、それぞれの限界生産性とその収益率に等しくならなければならない。したがって、以下の条件が成り立つ。

$$r_t = \alpha AK_t^{\alpha-1} LE_t^{1-\alpha} - \delta, w_t = (1-\alpha)AK_t^\alpha LE_t^{-\alpha} \quad (13)$$

ここで、 δ は資本減耗率である。

³ なお、本モデルのように引退後の家計は一切労働供給を行わないという仮定は、引退後の賃金水準は勤労期に比べて押し並べて低くなり、高齢世代の労働参加率は勤労世代に比べて大幅に低下することを考慮すると、それほど極端であるとは言えないと考えられる。

(3) 政府

政府は、歳入としては、主に、労働所得税収、消費税収、資本所得税収、贈与税収がある一方、歳出としては、主に、移転支出以外の支出 G_t や年金部門への負担金 GSP_t がある。税収で歳出を賄えない部分に関しては、公債発行により補い、それに応じて利払いを行う。

このとき、政府の予算制約式は、 t 年において、

$$D_{t+1} - D_t = r_t D_t + G_t + GSP_t + GSM_t + GSN_t - T_t \quad (14)$$

となる。ここで D_t は政府債務残高、 T_t は税収、 GSM_t 、 GSN_t はそれぞれ医療保険部門への政府負担金、介護保険部門への政府負担金である。

なお、 $G_t = \theta_G Y_t$, $\theta_G > 0$,

$$T_t = tc_t C_t + \sum_g \sum_{j=0}^{44} \left\{ \psi w_t e_j^g + \frac{1}{2} \pi (w_t e_j^g)^2 \right\} + tr_t A_t + tb_t BEQ_t \quad (15)$$

(4) 年金

公的年金は政府とは独立的に存在し、現在の日本の制度と同様、積立金 PF_t を有する賦課方式により運営される。64歳で退職するまでの勤労世代から徴収した年金保険料 B_t と定額部分 F_t への政府からの負担金 GSP_t を受け取り、65歳以上の引退世代に対して年金給付 PEN_t を行い、その差額が積立金となる。

$$B_t = tp_t \tilde{w}_t L_t \quad (16)$$

$$P_t = \beta \sum_g \sum_{j=45}^{65} N_{t-j+1, j}^g H_{t-j+1}^g \quad (17)$$

$$F_t = \sum_{j=45}^{65} N_{t-j+1} f_t \quad (18)$$

$$GSP_t = \zeta F_t \quad (19)$$

ζ は基礎年金部分への国庫からの負担比率を表す。

このとき、年金部門の予算制約式は、

$$PF_{t+1} = \{1 + (1 - tr_t)r_t\}PF_t + GSP_t + B_t - P_t \quad (20)$$

となる。

(5) その他の社会保障部門

モデルではその他の社会保障部門として、医療保険、介護保険が、政府部門や公的年金部門とは独立的に存在し、保険料、利用者の自己負担を収入として給付を行い、収入と支出の差額は政府負担として処理され、賦課方式により運営される⁴。

まず医療保険部門は

$$BM_t = \sum_g \sum_{j=0}^{65} bm_{i, j}^g = \sum_g \sum_{j=0}^{65} tm_t (\tilde{w}_t + pen_{i, j}^g) N_{t-j+1, j}^g \quad (21)$$

⁴ なお、本モデルでは、医療保険及び介護保険の保険料に関して、現実の制度における雇主負担については家計負担としているため、家計の可処分所得はその分だけ低下している。

$$PM_t = \sum_g \sum_{j=0}^{65} pm_{i,j}^g N_{t-j+1,j}^g \quad (22)$$

このとき、医療保険部門の予算制約式は、

$$PM_t = BM_t + GSM_t \quad (23)$$

となる。

次に介護保険部門は

$$BN_t = \sum_g \sum_{j=20}^{65} bn_{i,j}^g = \sum_g \sum_{j=20}^{65} tn_t (\tilde{w}_t + pen_{i,j}^g) N_{t-j+1,j}^g \quad (24)$$

$$PN_t = \sum_g \sum_{j=45}^{65} pm_{i,j}^g N_{t-j+1,j}^g \quad (25)$$

このとき、介護保険部門の予算制約式は、

$$PN_t = BN_t + GSN_t \quad (26)$$

となる。

なお、 BM_t 、 BN_t 、 PM_t 、 PN_t 、 GSM_t 、 GSN_t はそれぞれ医療保険料収入総額、介護保険料収入総額、医療保険給付総額、介護保険給付総額、医療保険部門への政府からの負担金、介護保険部門への政府からの負担金を表す。

(6) 均衡条件

モデルを閉じるため、資本市場および財市場に関して以下のような条件が必要となる。

$$K_t + D_t = A_t + PF_t \quad (27)$$

$$Y_t = C_t + K_{t+1} - (1 - \delta)K_t + G_t + GSP_t + GSM_t + GSN_t \quad (28)$$

3. シミュレーション方法、データ及びパラメータ値

本節では、シミュレーション方法について述べた後、次節のシミュレーション分析で必要となるデータとパラメータ値について紹介する。なお、パラメータ値については、推定が困難であったり該当する分析がなかったりすることから、シミュレーション結果が現実的なものとなる値を設定することにした。

(1) シミュレーション方法

本モデルでは、家計は完全予見の仮定のもとで、Gauss-Seidel 法によってモデルを解いている。シミュレーション期間は 1901 年から 3120 年までの 1220 期であり、3121 年に定常状態になると仮定している。したがって、モデル内には、定常世代、中間世代、移行世代が存在する。定常世代とは、人口変数をはじめとするすべての変数が一定値で変化する定常状態の下で効用最大化行動を行う世代である。定常世代は、前期定常世代と後期定常世代に分けられ、その違いは与えられる外生変数の違いに過ぎない。次に、中間世代とは、生涯の前半部分は前期定常状態に属するものの、後半部分は人口構造が変動し、各種変数も変動する移行期に属し効用最大化を行う。移行世代は、中間

世代から経済を受け継ぎ、生涯の全期間において、人口変数をはじめとする諸変数が変動する状況下で期待効用を最大化する世代である。具体的には、与えられた初期値の下、家計は各税率、各社会保険料率、各社会保険給付額、利子率、賃金率、受贈される遺産額を所与として、期待効用が最大になるように消費-貯蓄プロファイルを決定する。このとき、各家計はフォーワードルッキングに行動して期待効用を最大化するため、その消費-貯蓄プロファイルは当然将来の経済状況に依存することになる。

しかし、家計は有限期間しか存在し得ず、例えば、全家計が引退・貯蓄の取崩しを始め、生産活動を担う家計が不存在という事態になると、経済が崩壊し、家計は生涯を通じた期待効用最大化に失敗する。そこで、実際には、移行期間中にも次々に新たな家計がモデル内に登場し、消費-貯蓄プロファイルを決定していくことで、資本ストックや政府債務の受渡し滞りがなくなり行われ、利子率や賃金率の流列が将来にわたっても決定されるので、生涯を通じて期待効用最大化を全うできる。

次に、各家計の貯蓄を集計した総貯蓄と労働力から、企業の利潤最大化条件により利子率及び賃金率が計算される。この際、家計が事前に予想した要素価格プロファイルとマクロ経済の生産活動により事後的に決定される要素価格プロファイルが、一定の条件の下で一致すると判定されるならば、それがモデルの解の流列となるが、一致しないならば家計は新たに利子率と賃金率を仮置きし、解の流列が見つかるまで反復計算を行う過程を辿る。

先にも触れたが、先行研究の多くでは最新年の経済状況が定常状態にあると仮定したカリブレーションを行い、シミュレーションをしているが、この場合、最新年の経済状況がシミュレーション結果を左右することにもなりかねない。これは、利用できる推定されたパラメータ値が少ないことと相まって、AK モデルにとって深刻な問題となり得る。そこで、本稿のシミュレーションは、1901年から開始し、様々な実績値が入手できる年から最新年のデータが入手できる年までの経済状況を可能な限り再現させることで、分析対象である2018年以降の経済に対し、初期値における定常性の仮定やパラメータ値の設定の仕方が与えるかもしれない影響を回避している。つまり、現在を定常状態と仮定することなく日本の経済・財政状況を再現する点が特徴となっている。

(2) データ

人口変数に関しては、実績値を総務省統計局『人口推計』により1950年までさかのぼり、2018年度以降の将来値は、国立社会保障・人口問題研究所(2017)『日本の将来推計人口』の中位推計から2115年までのデータを用いた。また、『日本の将来推計人口』は2115年までの推計しか公表していないので、それ以降については20歳世代の世代間人口の伸び率をゼロとした。家計の生残率については、国立社会保障・人口問題研究所(2017)『日本の将来推計人口』の将来生命表を用いた。

次に、主要な財政変数とマクロ経済変数は内閣府経済社会総合研究所『国民経済計算

年報』の時系列データを使用している。具体的には以下の通りである。

政府消費の実績値は、政府最終消費支出、公的資本形成、公的在庫品増加を合計した値を用いた。消費税込、労働所得税収の実績値は、それぞれ、『国民経済計算年報』のフロー編付表6「一般政府の部門別勘定」中の生産・輸入品に課される税、所得に課される税を用いた。資本所得税収、相続税収は、国税庁『国税庁統計年報』の申告所得税、源泉所得税、相続税を用いた。なお、消費税込、労働所得税収、資本所得税収、相続税収は内生的に決定される。政府債務残高の実績値は、『国民経済計算年報』のストック編付表6「金融資産・負債の残高」中の国債・財融債、地方債の合計値を用い、プライマリーバランスの実績値は、『国民経済計算年報』のフロー編付表6「一般政府の部門別勘定」中のプライマリーバランスを用い、両変数とも政府の予算制約式から内生的に決定される。

社会保障関連変数については、医療給付総額、介護給付総額、年金財政に対する国庫負担率、医療保険部門への政府からの負担、介護保険部門への政府からの負担、年金積立金残高のGDP比率及び年金の所得代替率を外生的に与えている。

年金給付総額および年金保険料総額の実績値は、それぞれ、『国民経済計算年報』のフロー編付表9「一般政府から家計への移転の明細表」中の厚生年金、国民年金、船員保険の年金給付、各共済組合の長期経理、『国民経済計算』のフロー編付表10「社会保障負担の明細表」中の厚生年金、国民年金、船員保険の年金給付、各共済組合の長期経理を用いた。年金財政に対する国庫負担は、『国民経済計算年報』のフロー編付表6「一般政府の部門別勘定」中の社会保障基金における一般政府内の経常移転を使用した。基礎年金部分の国庫負担率の改定スケジュールおよび所得代替率については、2004年6月の年金制度改革に従っている。年金保険料率は、年金の所得代替率、公的年金の国庫負担率、年金積立金残高比率が外生的に与えられた下で、年金部門の予算制約式を満たすように内生的に決定され、年金保険料収入総額が求められる。なお、年金積立金残高はシミュレーション開始以降2100年に年金給付総額1年度分に相当する額を残して積み崩されるものとしている⁵。

医療給付総額、介護給付総額、医療保険料収入総額、介護保険料収入総額の実績値については、それぞれ『国民経済計算年報』のフロー編付表9「一般政府から家計への移転の明細表（社会保障関係）」、同フロー編付表10「社会保障負担の明細表」の該当項目を用いた。

長期的な経済成長率を決定する変数である技術進歩率については、Hayashi and Prescott (2002) にならってソロー残差を求め、80年代以降の平均値をとっている。資本減耗率については、『国民経済計算年報』のフロー編「制度部門別所得支出勘定」中の非金融法人企業、金融機関の固定資本減耗を、内閣府経済社会総合研究所『民間企

⁵ 2004年の財政再計算では、2100年度に、支払準備金程度の保有（給付費の1年分程度）となるように積立金水準の目標を設定することとされている。

業資本ストック統計』中の取付ベースの資本ストックの値で除して求めた。

以上、各部門の外生変数の将来想定値については、2016年度の水準でシミュレーション期間中は一定であるとした。

(3) パラメータの特定化

家計の効用関数に関する時間選好率 ρ 及び異時点間の代替の弾力性 γ や、資本分配率 α については、内外の先行研究で使用された値や実証分析による推定結果を参考にしつつ、さまざまなマクロ変数、財政変数、社会保障変数が、2016年度の日本経済の実績値を再現できることを目標に値を与えた^{6,7}。家計は4つの所得階層に分けられるが、これは、厚生労働省の『賃金構造基本統計調査』より、中学校卒、高校卒、高専・短大卒、大学・大学院卒の平均賃金及び学歴別労働者数のデータを用いて、賃金稼得能力年齢プロファイルを推計することで、同一世代を分割した^{8,9}。所得階層 g に属する j 歳の個人の賃金稼得能力年齢プロファイル e_j^g は Auerbach and Kotlikoff (1987)、Miles (1999) など他の多くの先行研究と同じく2次形式 ($e_j^g = e^{a_0+a_1j-a_2j^2}$, $a_0, a_1, a_2 > 0$) を採用している。学歴別・年齢別賃金プロファイルの推定結果は以下の通りである。

$$e^l = e^{0.014475+0.000712j-0.000012j^2}, \quad e^{lm} = e^{0.0144406+0.000872j-0.000015j^2}, \\ e^{um} = e^{0.014417+0.000948j-0.000015j^2}, \quad e^u = e^{0.011067+0.001827j-0.000023j^2}$$

Auerbach and Kotlikoff (1987) や岡本 (2013) では、平均的な年齢別賃金プロファイルにそれぞれ異なる定数を掛け合わせることで所得階層を区分している¹⁰。それに対して、われわれは、学歴別・年齢別賃金プロファイルを厚生労働省「賃金構造基本調査」から直接推計し、学歴を所得階層に読み替えた上で、所得階層別・年齢別賃金プロファイルとしてモデルに取り込んでいる。要するに、Auerbach and Kotlikoff (1987) や岡本 (2013) では、所得階層間の賃金や累進賃金税率の年齢別乖離率は、年齢によらず所得階層を区分するのに用いた定数とおおむね一致するのに対し、われわれのモデルでは、年齢に応じて所得階層間の賃金や累進賃金税率の乖離率は年齢毎に変動することになる。つまり、先行研究では、所得階層間で賃金や累進賃金税率の年齢別プロファイルの形が一致するため、財政再建のために引き上げる税率やそのタイミングの違いが、同一世代内の家計の意思決定に与える影響に違いを生じさせな

⁶ 上村 (2002)、川出・別所・加藤 (2003) を参照した。

⁷ 家計の効用関数に関するパラメータ値については、各所得階層で共通の値を用いている。

⁸ 本稿では各世代における所得階層の人口比率はシミュレーション期間中固定される。また、所得階層間の移動は考慮されない。

⁹ 中学校卒、高校卒、高専・短大卒、大学・大学院卒の順にそれぞれ l , ml , mh , h としている。

¹⁰ 岡本 (2013) では、低所得階層、中所得階層、高所得階層の定数は各々 0.7143 、 1 、 1.4283 とされている。要するに、高所得階層は低所得階層に対して生涯を通して所得稼得能力が2倍高いと仮定しているに等しいが、実際には年齢に応じてその差は異なっている。

いのに対し、本モデルではその形が一致しない結果、政策変更の内容やタイミングの違いが同一世代内の家計の意思決定にも影響を与えることになる。これは世代別・所得階層別家計が、相互に独立した効用変化の下での投票により政策を決定する影響を評価するためには必要不可欠な特徴である¹¹。

これまで詳述したパラメータ値や外生変数は表1の通りである。

(4) シミュレーションケース

ここでは、シミュレーションケースの概要について述べる。すなわち、現在の財政スタンスを継続した場合における持続可能性を検証するため、消費税率については2019年度に10%へ引き上げた後は固定し、その他の税率については足元の水準で固定した上で、シミュレーションを行う。このとき、もし財政破綻が不可避であるならば、その時点で消費税率を内生化することで税収を増やし、財政破綻を回避するものとした¹²。なお、財政再建開始後は、財政再建開始前の政府債務残高対GDP比の水準を維持することとした。

4. シミュレーション結果

本節では、前節で示したデータ、パラメータ値及びシミュレーション想定にしたがってシミュレーションを行い、その結果を分析する。具体的には、財政破綻が不可避の場合には消費税率を内生化することで財政の持続可能性を確保するケースについて、人口・マクロ経済・財政変数の動きを、過去期間と将来期間に分け、過去期間については実績値とシミュレーション結果とを比較し、本モデルのパフォーマンスを評価する¹³。

(1) 過去期間：実績値とシミュレーション結果との比較

まず、人口動向について、総人口の動きと高齢化率の動きとに分けて考察する。本モデルの総人口は、20歳から85歳までの人口、高齢化率は総人口に対する65歳から

¹¹ 岡本（2013）では、低所得階層、中所得階層、高所得階層の定数は各々0.7143、1、1.4283とされている。要するに、高所得階層は低所得階層に対して生涯を通して所得稼得能力が2倍高いと仮定しているに等しいが、実際には年齢に応じてその差は異なっている。

¹² 本稿では、財政破綻とは、政府債務残高が増加することで民間資本ストックがクラウド・アウトされる結果、生産の減少、政府利払い費の増加がスパイラル的に進行し、本稿が採用している Gauss-Seidel 法のもとでは解の流列を見いだせない状況を指す。つまり、財政破綻というよりは財政に端を発する経済破綻ともいえる。

¹³ なお、シミュレーション結果が実績値をトレースするパフォーマンスの評価にあたっては、平均平方二乗誤差 $RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\hat{x}_t - x_t)^2}$ 、平均平方二乗誤差率 $RMPSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{\hat{x}_t - x_t}{x_t} \right)^2}$ 、平均二乗誤差 $MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\hat{x}_t - x_t)^2$ 、平均絶対誤差率 $MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{\hat{x}_t - x_t}{x_t} \right|$ （ただし、 x_t 、 \hat{x}_t 、 n はそれぞれ実績値、シミュレーション結果、データ数を）を参考とした。いずれの指標も0に近いほどパフォーマンスがよいことを示す。ただし、モデルのパフォーマンス評価にこうした指標を用いる際の留意点は堀・青木（2003）を見よ。

85歳までの高齢者人口の割合を表す。総人口は1955年を1として基準化しているが、1955年から2016年までのシミュレーション結果は、足元ではシミュレーション結果が実績値を2%程度上回るが、概ね実績値を追跡した動きを示している（図1）。高齢化率は、出発点では1ポイント程度、シミュレーション結果が実績値を上回っているが、実績値を概ね近似している（図2）。

次に、GDPは、1994年の水準値を1として1955年から2016年まで描いているが、1988年までのシミュレーション結果には実績値との乖離がみられるものの、総じてみれば長期的な増加傾向とその水準を捉えることができている（図3）。民間消費対GDP比の動きは、1970年代までに若干の乖離がみられるものの、それ以降のシミュレーション値は実績値を概ね追跡しており、良好なパフォーマンスを示している（図4）。資本係数は、1970年代前半まで、また1980年代半ばの時期において、実績値との乖離が生じているものの、その動きと水準は実績値をおおむねトレースしている（図5）。

総税収について、1994年の水準を1として描くと、シミュレーション結果は、ほぼ一貫して実績値を上回って推移しているものの、おおむねその動きを追跡している（図6）。政府債務残高対GDP比は、バブル期の実績値を追跡できてはいないものの、総じてみれば、その動きも水準も概ね再現できている（図7）。年金保険料収入対GDP比及び年金給付総額対GDP比については、1980年までの値に乖離がみられるものの、それ以降は実績値の動きも水準も追跡できていると言えよう（図8、9）。

（2）将来期間

①人口動向

モデル内の将来の人口動向を（ア）総人口の動きと（イ）高齢化率の動きとに分けて考察する。

（ア）総人口の動き

総人口のモデル値は、2017年から徐々に減少し、2115年には2017年の総人口の37%、超長期的には20%の水準にまで減少する（図10）。モデル内の総人口の水準や動きを参照した予測値の水準や動き¹⁴と比べると、ほぼ同様の水準と動きを極めて良好に再現できていることが確認できる。

（イ）高齢化率の動き

高齢化率は、2017年の30%弱から上昇を続け2051年に37.6%とピークを付けた後は2060年ごろまで下降し、それ以降は上昇下降を繰り返しつつほぼ横ばいで推移し

¹⁴ 実際の動きとは、2017年については総務省統計局「人口推計」、2018年から2115年までについては国立社会保障人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年推計）」の出生中位・死亡中位を用いた。後の高齢化率についても同様である。

た後、2140年頃から緩やかに低下し、超長期的には28%に達する(図11)。参照予測値の高齢化率と比較すると、総人口と同じく水準も動きもほぼ同様となっている。

②マクロ経済変数、財政変数

以上のような、人口動態の大幅な変動は、マクロ経済や財政・社会保障に大きな影響を与える。まず、現在のマクロ経済、財政・社会保障を前提とした上で財政の持続可能性を検証したところ、財政破綻を避けるために消費税率を内生化することで対処する場合、2041年には消費税率の抜本的な引上げが必要なことが明らかになった。つまり、2040年が消費税率引上げのタイムリミットであるとの結果が得られた。政府債務残高対GDP比率は、2017年の200%から2040年には457%にまで達したところで限界が訪れ、シミュレーションモデル内の経済では、2040年に財政破綻を回避すべく大幅な消費税率の引上げが行われることになる(図12)。

また、消費税率の動きをみると、2041年には前年までの10%から36%にジャンプアップした後、長期的には29%へと収束していく(図13)。その結果、総税収対GDP比率は、財政再建が開始されるまではほぼ横ばいで推移するものの、消費税率上昇後は35%の水準で推移することになる(図14)。

この背景について具体的に考察すると、増える一方の債務残高を増税によりある水準に固定する場合、財政再建前の増加ペースで実現したであろう水準とそれからの抑制水準との差額分の増税が必要となるため、財政再建開始直後の消費税率はそれ以前に比べて跳ね上がる。ただし、財政再建開始前後では当然政府債務の増加ペースは同一ではないため、他の事情が一定ならば、財政再建開始以降の方が政府債務の増加額は小さくなる。したがって、財政再建開始以降は、固定すべき水準からの乖離幅は財政再建開始前より小さくなり、その小さくなった債務増加幅に応じた増税を行えば十分なので、固定すべき水準に応じた消費税率(及び税収のGDP比)は、特段の事情がない限り財政再建開始直後の水準よりは低くなる。

ところで、家計の保有する金融資産は、実物資本か政府債務のどちらかに振り分けられて運用されるが、政府債務残高の増加は、民間投資をクラウド・アウトして利子率を上昇させる。民間投資対GDP比率と利子率の動きから、投資率は財政再建が開始されるまでは金利上昇に伴い低下を続けている(図15、16)。民間投資がクラウド・アウトされる結果、資本ストックは減少し、資本係数は3を切る水準にまで低下する(図17)。

これは財政の持続可能性を維持するとしても、その際の政府債務残高対GDP比率は457%と高水準のままであるため、投資がクラウド・インされないためである。民間投資の減少は、経済成長率を2028年にはマイナスへと押し下げ、2041年に-1.3%となった後は、少子化、高齢化の影響もあり、ゼロ成長に近いマイナス成長を続ける(図18)¹⁵。

¹⁵ マイナス成長を防ぐには、技術進歩率を引き上げる政策か、外国人労働者を導入し労働力人口を増加さ

(3) 世代別・所得階層別生涯純税負担率の推計

続いて、上述の人口・マクロ経済・財政変数等の動きを前提として、世代別・所得階層別生涯純税負担率の推計を行った。まず、世代間格差について、世代別・所得階層別生涯純税負担率を世代間で比較することで、その動きを見ると、各所得階層共通に、世代が高齢であればあるほど生涯純税負担率は小さく、若ければ若いほど大きくなっている（表3）。これは、少子化と高齢化の進行にともない、賦課方式的な公的年金の制度上、年金保険料率が上がらざるを得ず、また、巨額な政府債務残高を抱える財政の持続可能性を維持するために、後世代ほどより重い保険料・租税負担をしなければならなくなることに起因する。さらに、将来世代の生涯純税負担率が0歳世代の生涯純税負担率よりも大きく、我が国の財政スタンスは負担を将来世代に先送りしていることが示唆される。

次に、世代内格差について、年齢別・所得階層別生涯純税負担率を所得階層間で比較することにより考察すると、所得の低い階層ほど全世代で所得の高い階層より生涯純税負担率が低いこと、高所得階層では全世代で純負担を負っている（表3）。さらに、同一世代内においては全世代で高所得階層の負担率が他の階層の負担率を上回っている。特に、0歳世代や将来世代での負担率格差が最大となり、高所得階層の生涯純税負担率は低所得階層の同負担率を25ポイント上回っている。

5. 感応度分析

本節では、実証的な裏付けが弱いパラメータである異時点間の代替の弾力性の逆数（ γ ）と時間選好率（ ρ ）に関して感応度分析を行うことで、パラメータ値の選択の違いがシミュレーション結果にどの程度影響を与えるのかについて検証する。すなわち、異時点間の代替の弾力性の逆数と時間選好率の基準値はそれぞれ $\gamma = 0.60$ 、 $\rho = -0.0075$ であるが、異時点間の代替の弾力性の逆数に関しては基準値から 0.01 小さくした $\gamma = 0.59$ （ケース S1）、時間選好率に関しては基準値 0.005 小さくした $\rho = -0.0125$ （ケース S2）の2通りのケースについて検証した。

異時点間の代替の弾力性の逆数と時間選好率は、家計の消費貯蓄行動に大きな影響を与える。具体的には、双方とも値が小さくなるほど、消費を減らし、したがって、貯蓄を増やすことになる。

感応度分析の結果を見ると、時間選好率の変化の方が異時点間の代替の弾力性の逆数のそれよりも小さいにもかかわらず、実績期間においても将来期間においても、異時点間の代替の弾力性の逆数と時間選好率の基準値を用いた基本シミュレーションからの乖離が大きくなっていることが確認できる（図19、図20、表4）。

せる政策の実施が不可欠である。

6. まとめ

本稿では、財政健全化や社会保障制度改革等の政策変更により家計が被る影響が、世代間のみならず世代内でどのような点で異なり、どのような点で類似しているのかなどについて分析を行うために資するよう、家計を生年だけではなく所得階層に区分し、同一世代内における家計の異質性を明示的に考慮した一般均衡型世代重複シミュレーションモデルを開発した。また、開発したモデルを用いて、現在の財政スタンスが持続可能か否かについてシミュレーションした。その結果、現在の財政スタンスを継続した場合、2041年には消費率の抜本的な引上げが必要になることが示された。また、世代別・所得階層別生涯純税負担率の推計を行った結果からは、世代別では高齢層ほど、世代内では所得階層の低いほど、生涯純税負担率が小さいことが示された。

表 1 パラメータ値及び外生変数一覧

パラメータ名／外生変数	値
時間選好率 (ρ)	-0.0075
異時点間の代替の弾力性の逆数 (γ)	0.60
資本分配率 (α)	0.25
年金所得代替率 (β)	0.50
技術進歩率 (λ)	0.01
累進労働所得税	$\psi = 0.02$ $\pi = 0.03$
資本所得税率	0.20
相続税率	0.10
基礎年金の国庫負担比率	0.50
資本減耗率 (δ)	0.05
政府消費支出対名目 GDP 比率	0.123

表 2 モデルのパフォーマンス評価指標

	RMSE	RMPSE	MSE	MAPE
総人口	0.03987	0.01721	0.00159	0.02003
高齢化率	0.42073	0.04508	0.17701	0.02524
GDP	0.14877	0.80599	0.02216	0.44889
民間消費対 GDP 比率	2.04413	0.03636	4.17846	0.03008
資本係数	0.28248	0.11460	0.0798	0.07541
総税収	0.17493	0.64264	0.0306	0.35336
政府債務残高対 GDP 比率	13.41339	0.32824	179.919	0.21518
年金保険料収入総額対 GDP 比率	0.49164	0.25574	0.24616	0.13474
年金給付総額対 GDP 比率	0.94814	0.71066	0.89898	0.29319

表3 世代別・所得階層別生涯純税負担率（%）の推計結果

	低所得階層	低中所得階層	高中所得階層	高所得階層
0	28.6	32.0	35.2	53.7
5	27.2	30.5	33.7	51.8
10	25.7	29.0	32.0	49.8
15	24.1	27.2	30.2	47.6
20	22.4	25.4	28.3	45.2
25	20.4	23.2	26.0	42.3
30	17.9	20.6	23.3	38.8
35	15.5	18.1	20.6	35.3
40	13.0	15.4	17.8	31.8
45	10.4	12.7	14.9	28.1
50	7.9	10.0	12.0	24.5
55	5.3	7.2	9.1	20.8
60	2.8	4.6	6.3	17.1
65	1.1	2.7	4.3	14.2
70	▲0.2	1.3	2.8	11.9
75	▲0.4	1.1	2.6	11.6
80	▲2.1	▲0.8	0.4	8.1
85	▲2.4	▲1.3	▲0.1	7.0
将来世代	31.0	34.4	37.7	56.5

表4 感応度分析の結果（世代別・所得階層別生涯純税負担率（%ポイント））

	ケース S1				ケース S2			
	低所得 階層	低中所 得階層	高中所 得階層	高所得 階層	低所得 階層	低中所 得階層	高中所 得階層	高所得 階層
0	-0.36	-0.37	-0.38	-0.41	-6.62	-6.89	-7.05	-7.85
5	-0.32	-0.34	-0.34	-0.38	-6.22	-6.46	-6.60	-7.31
10	-0.29	-0.30	-0.31	-0.34	-5.80	-6.01	-6.14	-6.74
15	-0.26	-0.27	-0.28	-0.30	-5.37	-5.56	-5.67	-6.16
20	-0.23	-0.24	-0.25	-0.26	-4.95	-5.11	-5.20	-5.60
25	-0.21	-0.21	-0.22	-0.23	-4.50	-4.64	-4.71	-5.03
30	-0.18	-0.19	-0.19	-0.20	-4.06	-4.18	-4.23	-4.47
35	-0.16	-0.16	-0.16	-0.17	-3.69	-3.79	-3.83	-4.02
40	-0.14	-0.14	-0.14	-0.15	-3.34	-3.42	-3.45	-3.59
45	-0.12	-0.12	-0.12	-0.13	-2.98	-3.05	-3.07	-3.16
50	-0.10	-0.10	-0.11	-0.11	-2.64	-2.70	-2.71	-2.74
55	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-2.35	-2.39	-2.39	-2.36
60	-0.08	-0.08	-0.08	-0.07	-2.12	-2.15	-2.14	-2.06
65	-0.07	-0.07	-0.07	-0.06	-1.98	-2.00	-1.98	-1.87
70	-0.07	-0.07	-0.06	-0.06	-1.91	-1.93	-1.92	-1.78
75	-0.06	-0.07	-0.06	-0.06	-1.91	-1.93	-1.91	-1.77
80	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-1.87	-1.89	-1.87	-1.75
85	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-1.79	-1.80	-1.79	-1.65
将来世代	-2.42	-2.53	-2.60	-2.93	-8.76	-9.12	-9.35	-10.46

図1 総人口の推移（1955年水準=1）

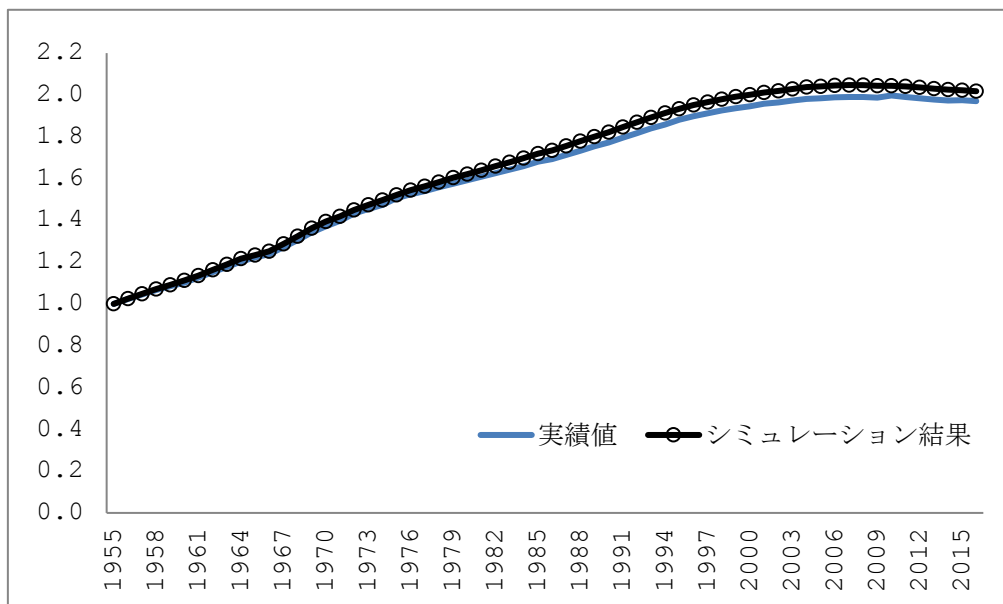


図2 高齢化率の推移

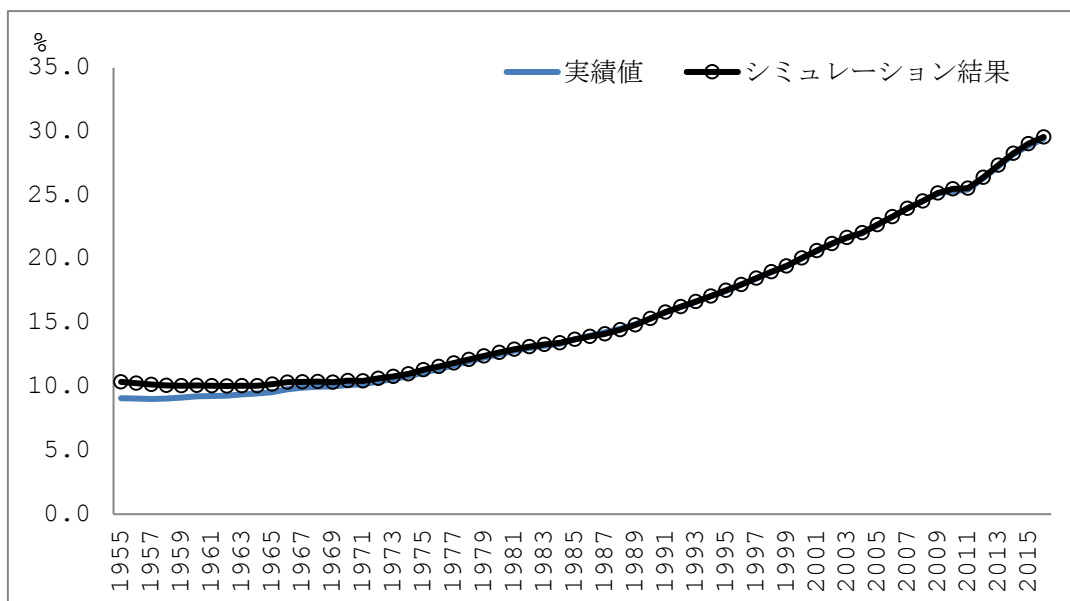


図3 実質国内総生産の推移 (1994年水準=1)

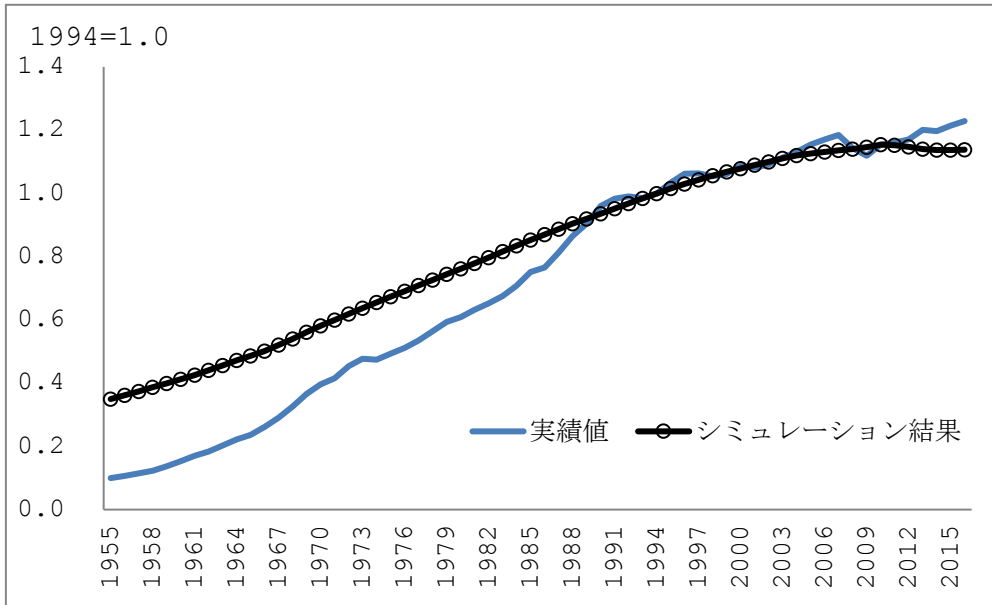


図4 民間消費対GDP比率 (%) の推移

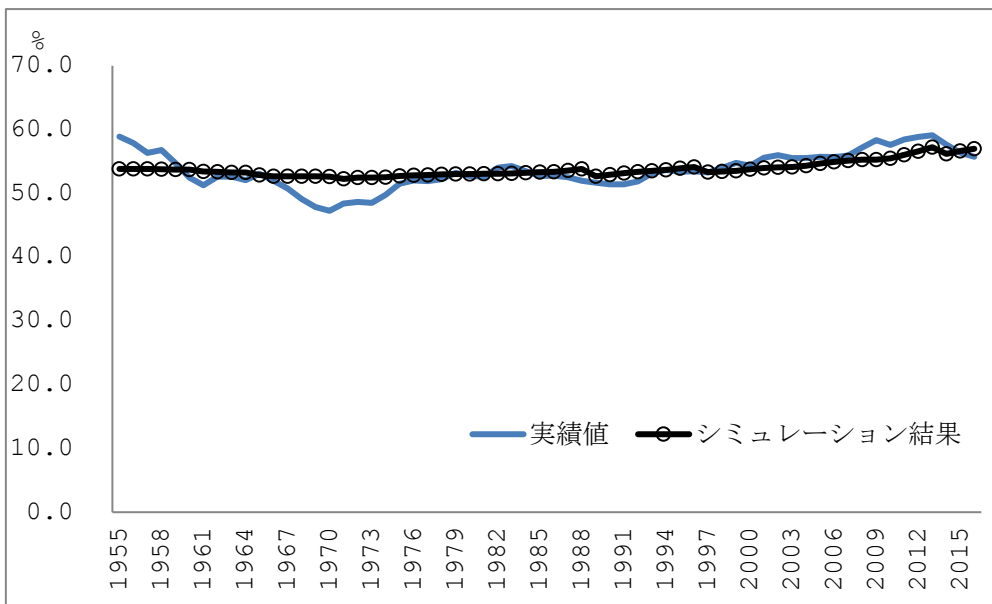


図5 資本係数の推移

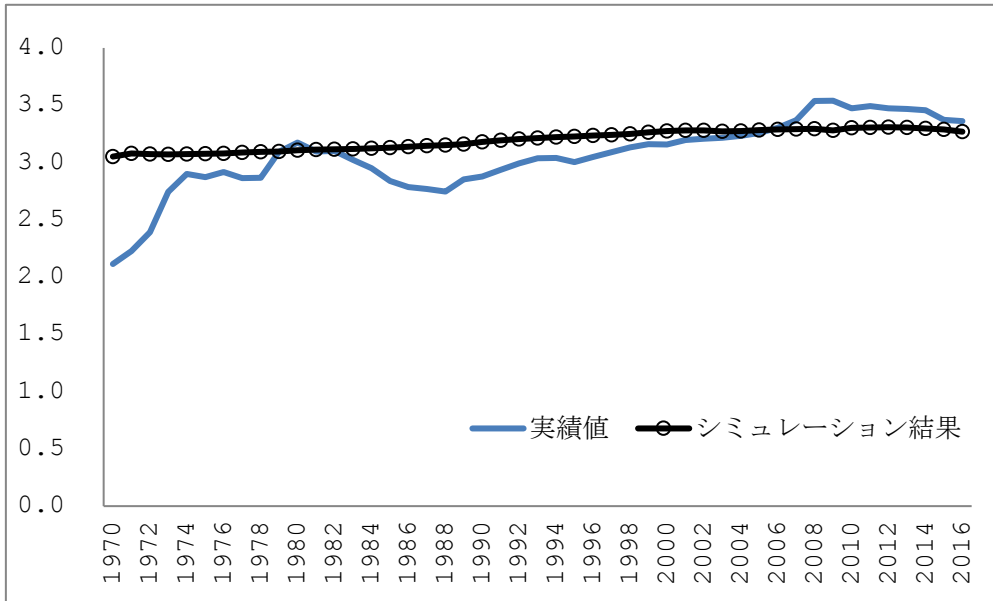


図6 総税収の推移 (1994年水準=1)

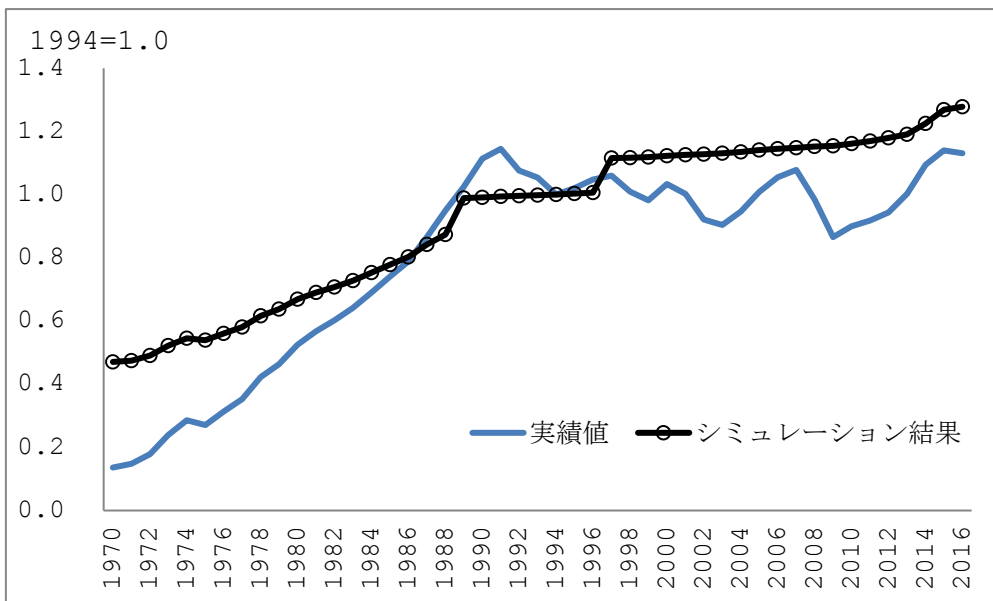


図7 政府債務残高対 GDP 比率 (%) の推移

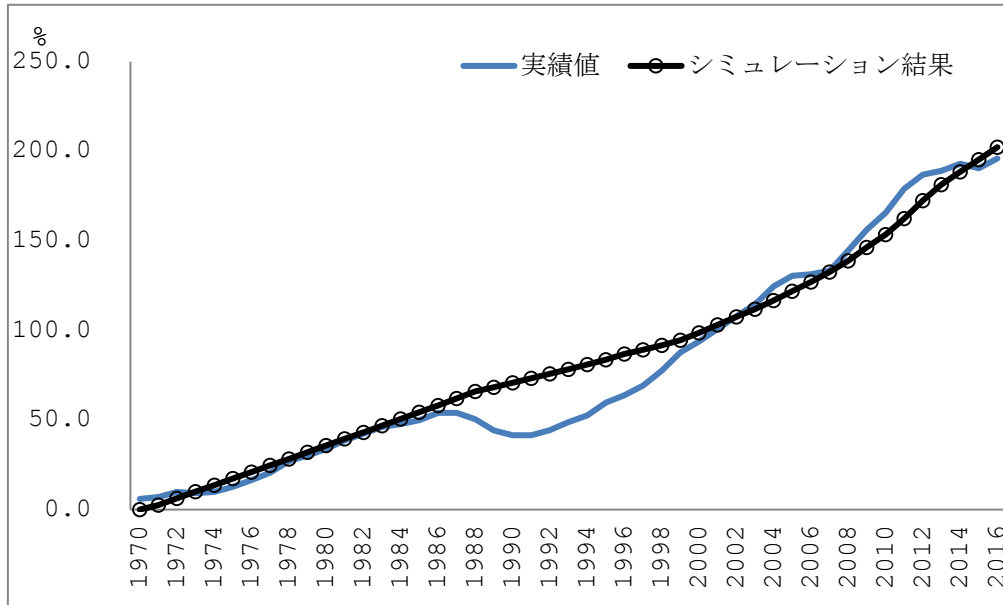


図8 年金保険料収入対 GDP 比率 (%) の推移

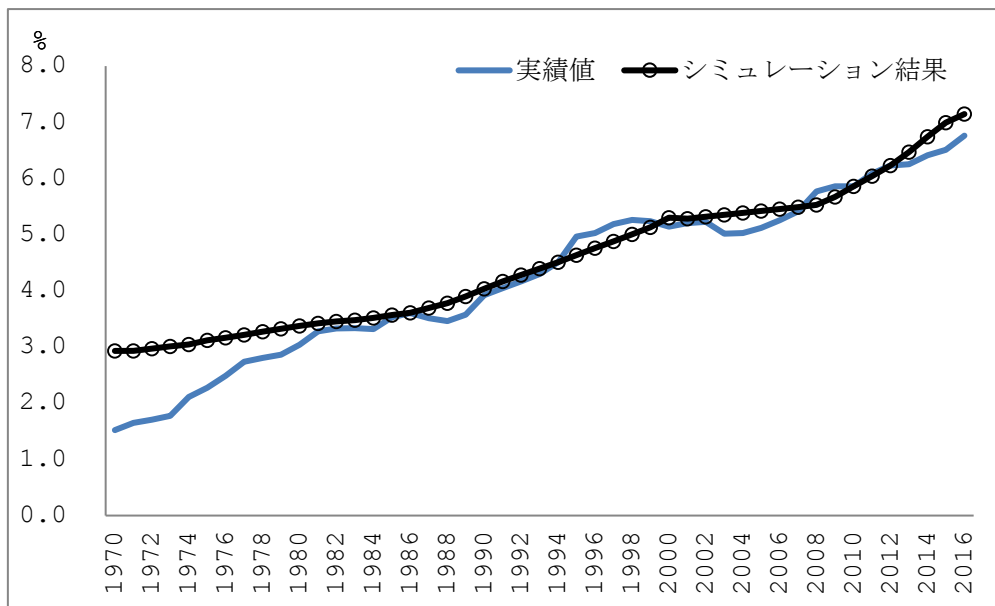


図9 年金給付総額対 GDP 比率 (%) の推移

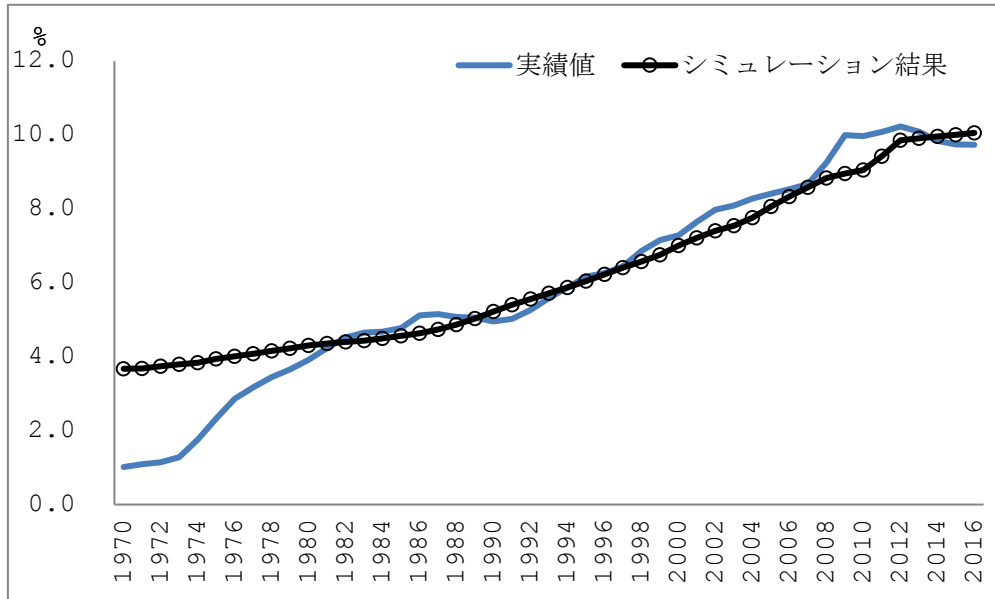


図10 総人口の推移 (1955年水準=1)

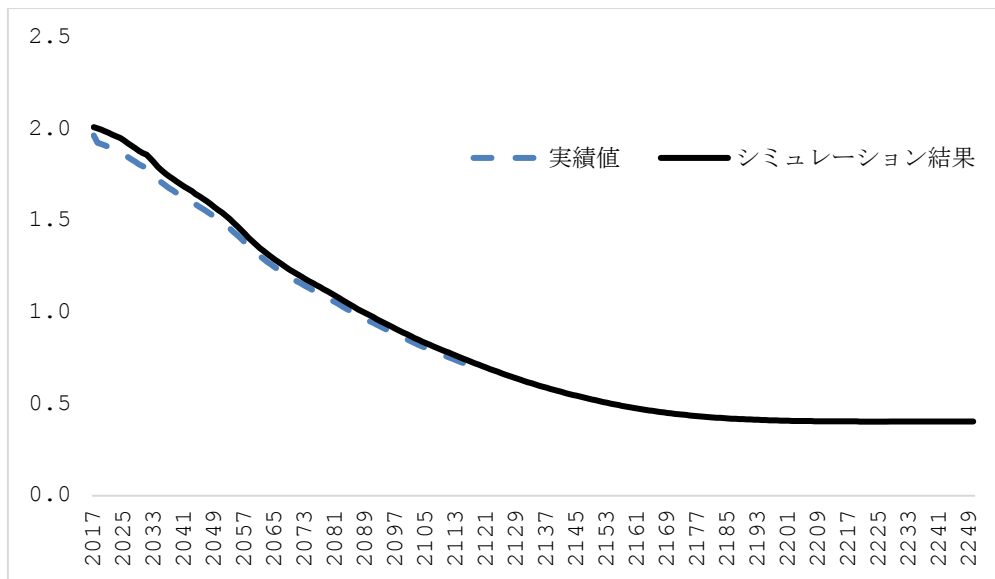


図 11 高齢化率 (%) の推移

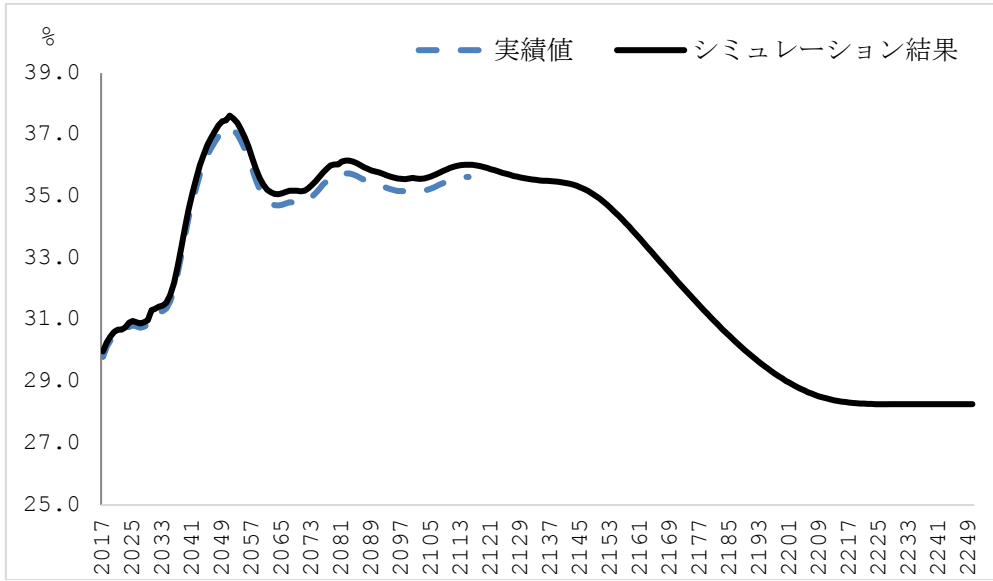


図 12 政府債務残高対 GDP 比率 (%) の推移

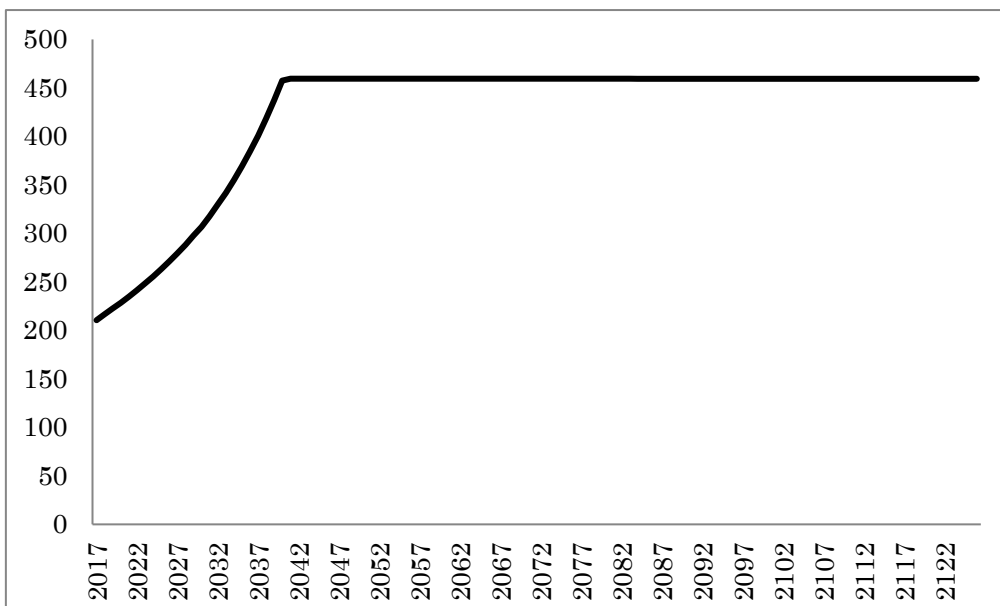


図 13 消費税率 (%) の推移

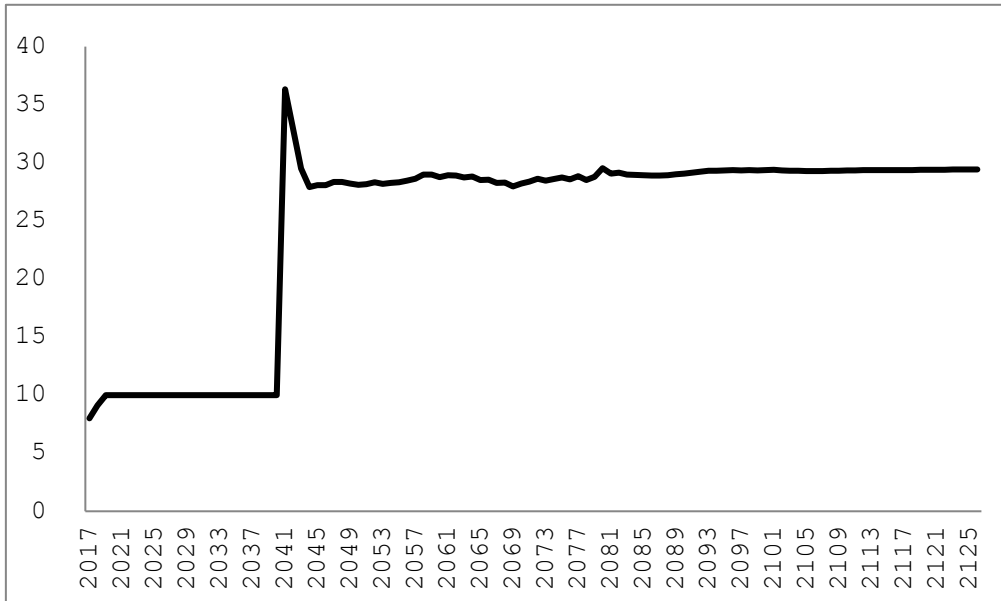


図 14 総税収対 GDP 比率 (%) の推移

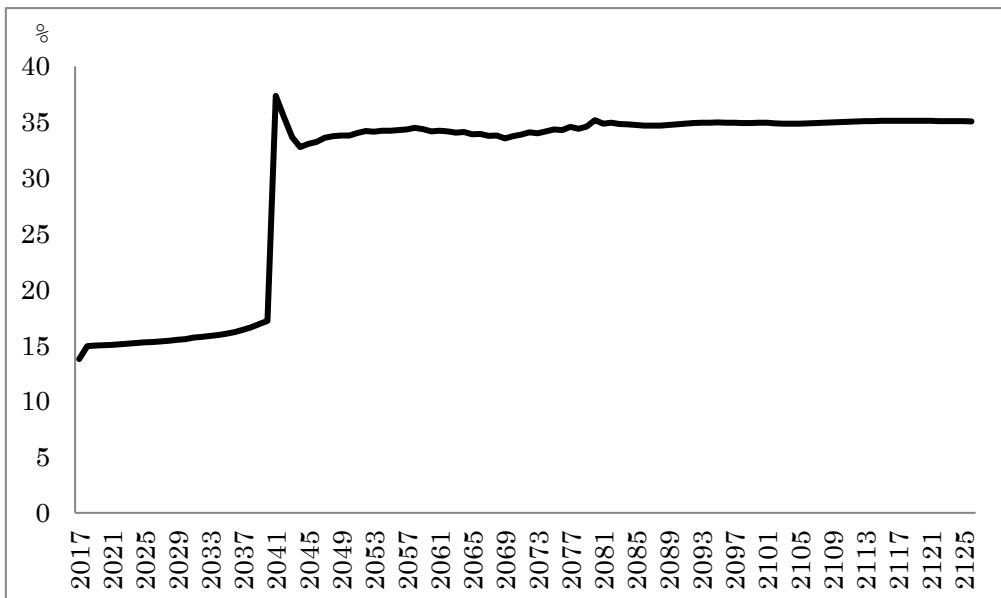


図 15 民間投資対 GDP 比率 (%) の推移

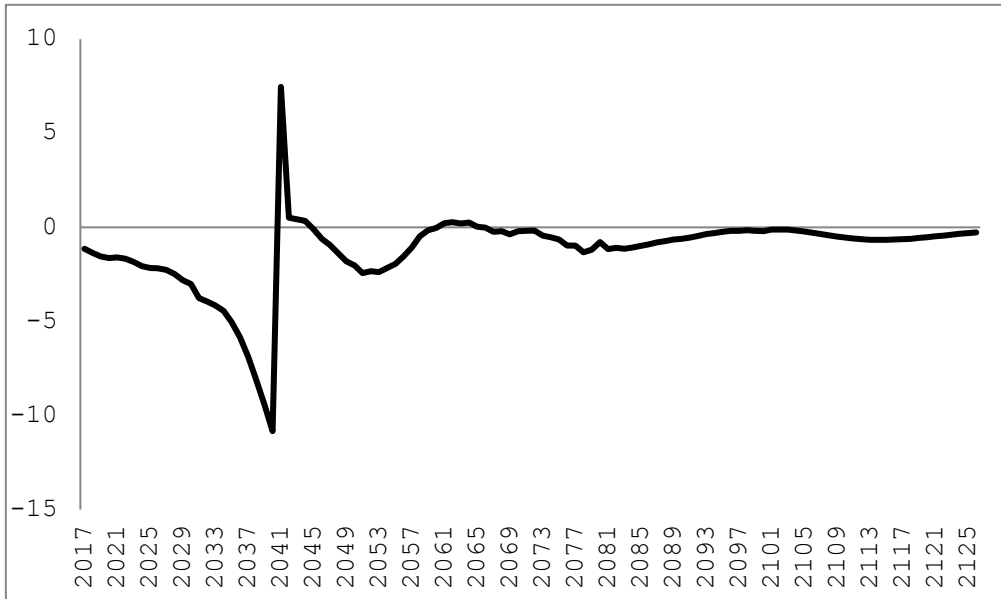


図 16 利率 (%) の推移

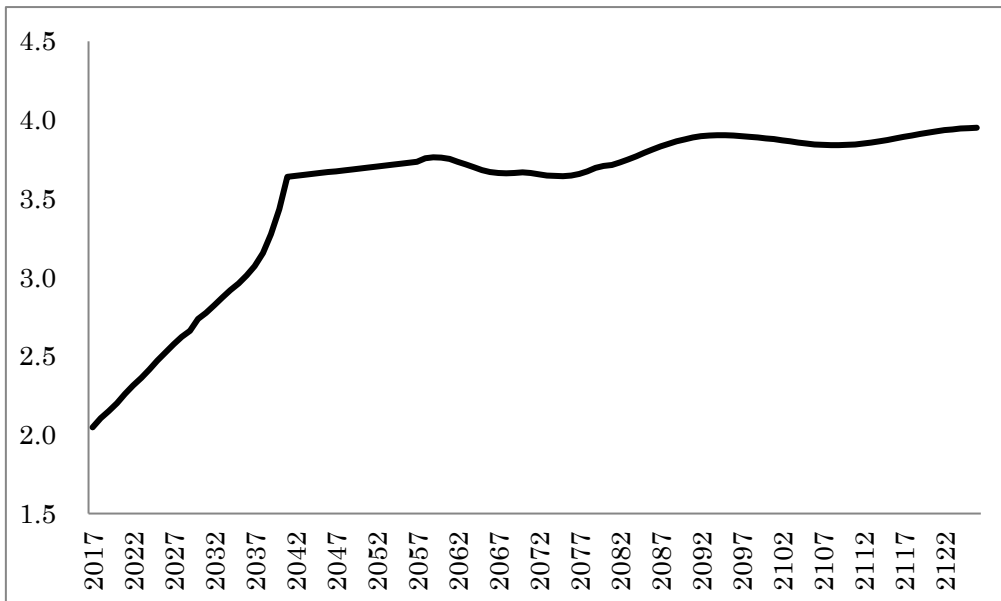


図 17 資本係数の推移

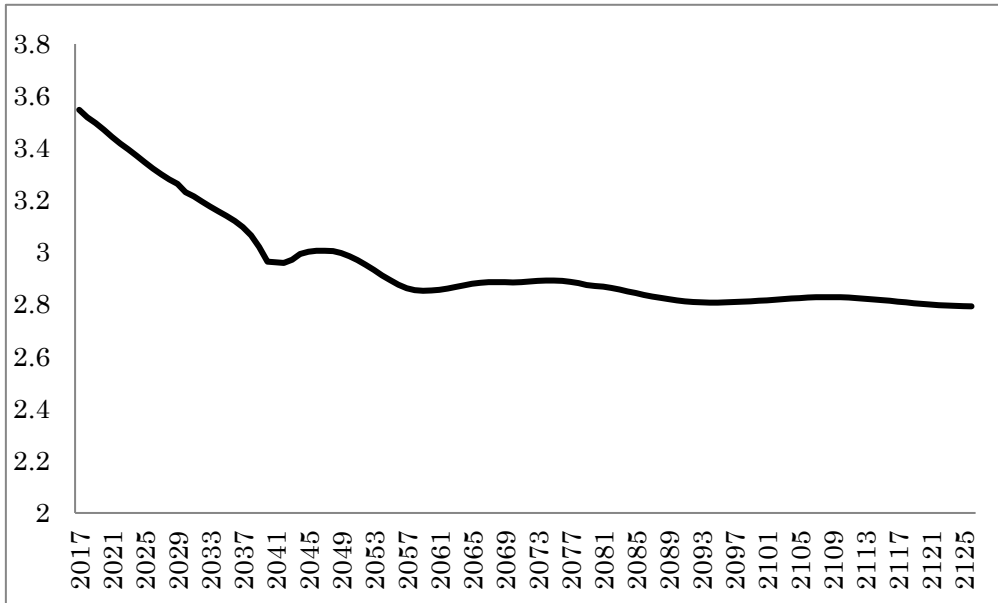


図 18 経済成長率 (%) の推移

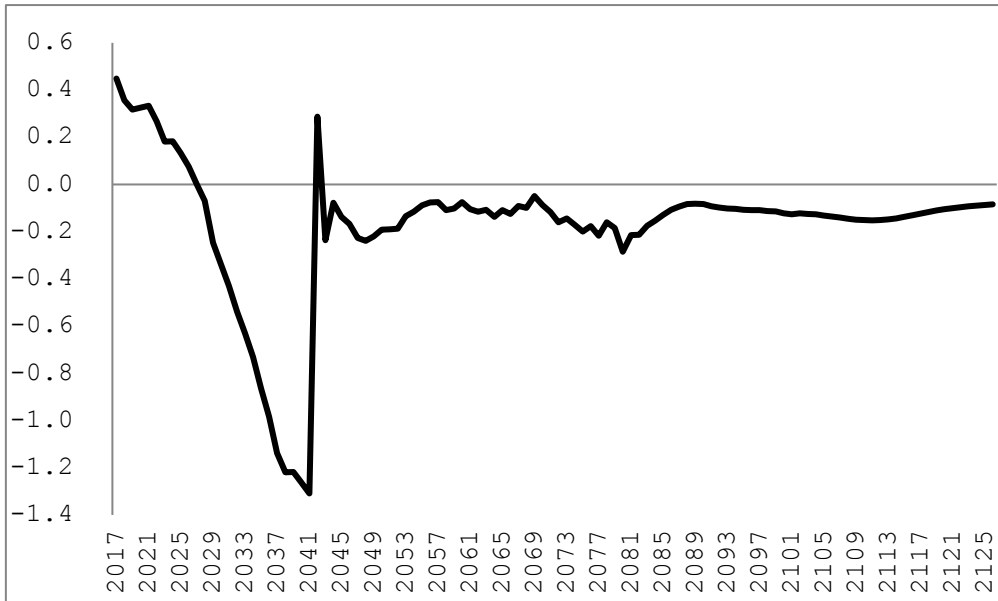


図 19 実績期間の感応度分析結果

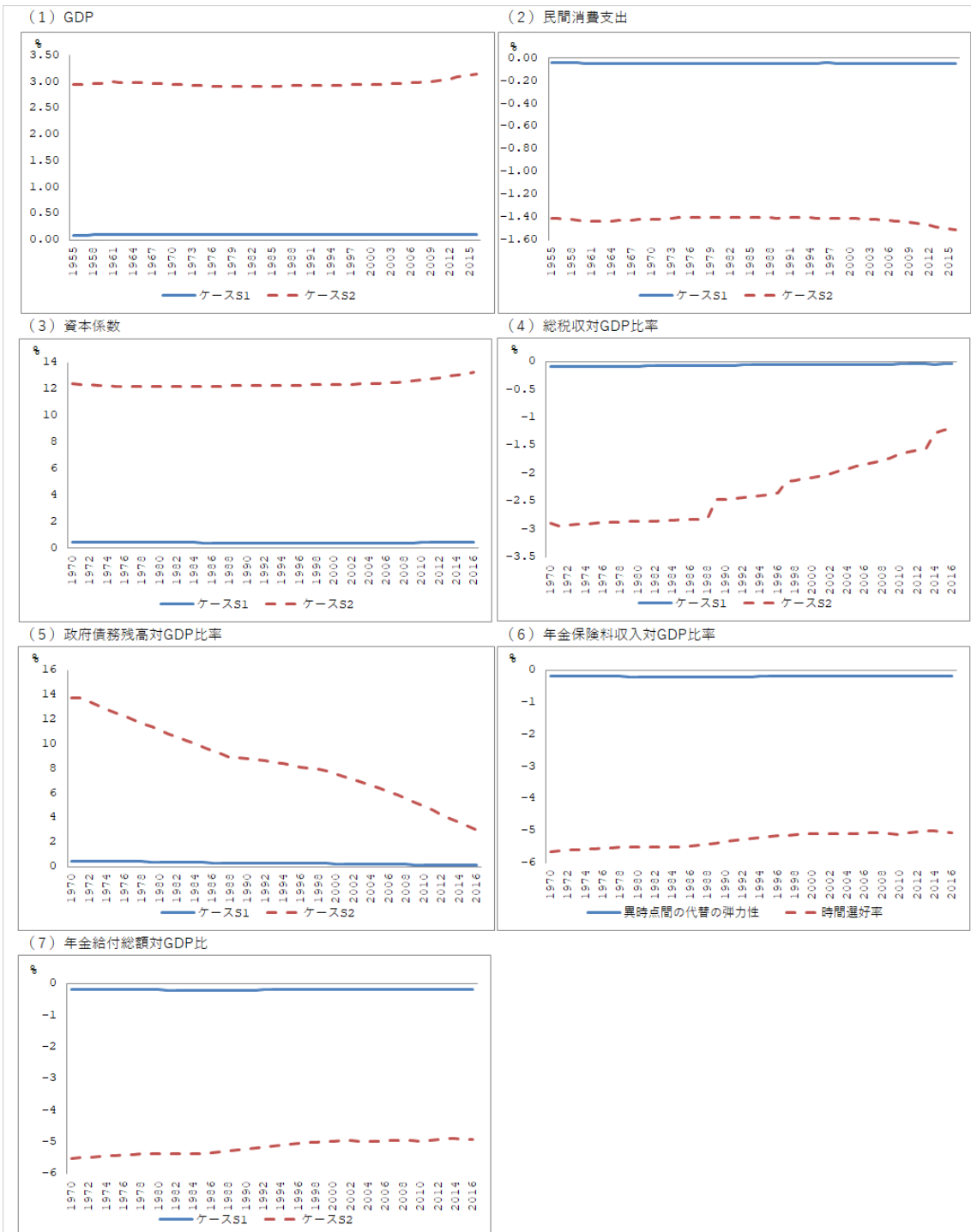
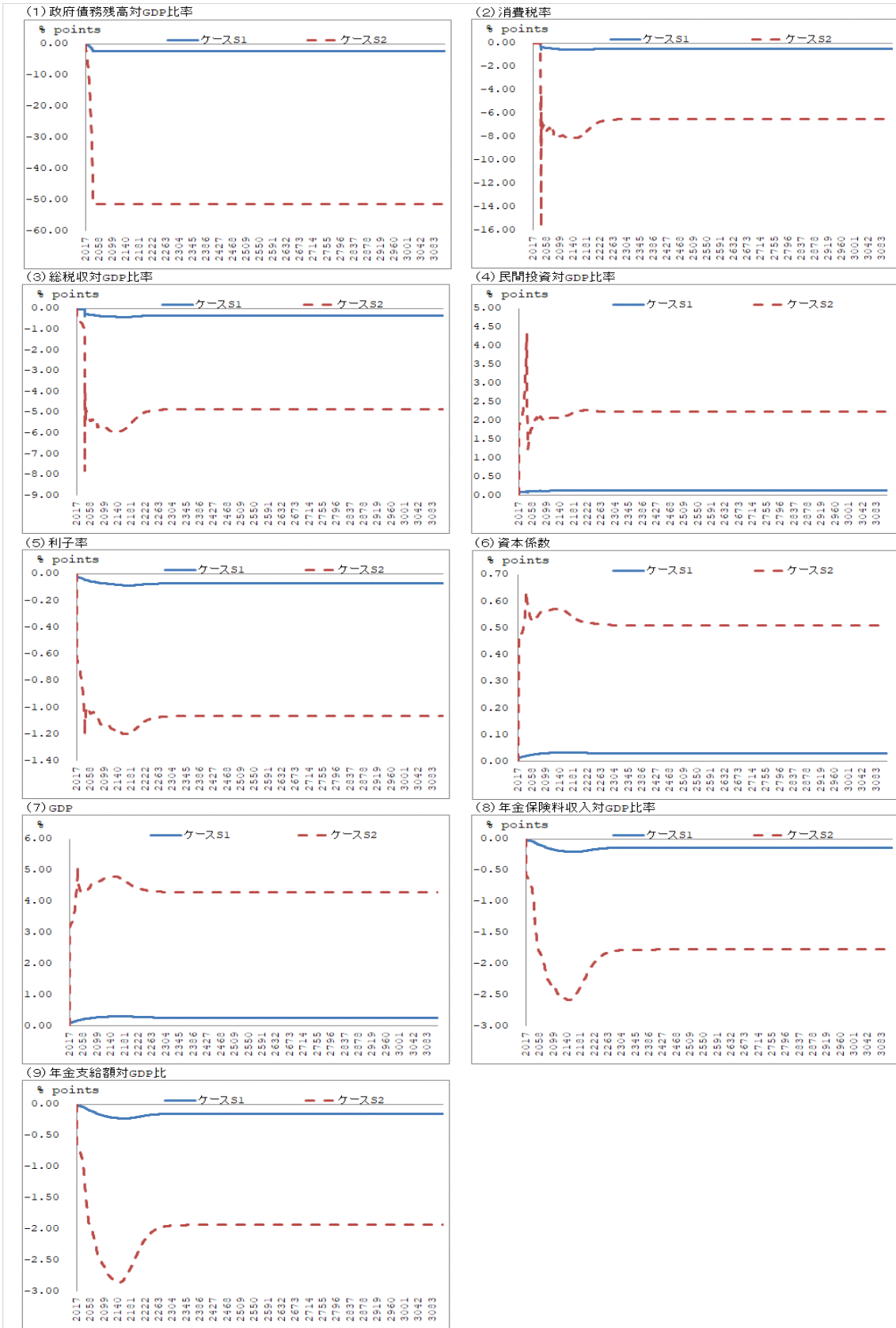


図 20 将来期間の感応度分析結果



[参考文献]

- Altig, D., A. J. Auerbach, L. J. Kotlikoff, K. A. Smetters, and J. Walliser (2001), "Simulating Fundamental Tax Reform in the United States," *American Economic Review*, vol.91 no.3, pp.574-595.
- Auerbach, A. J. and Kotlikoff, L. J. (1983), "National Savings, Economic Welfare, and the Structure of Taxation" in Feldstein, M. ed., *Behavioral Simulation Methods in Tax Policy Analysis*, Chicago: University of Chicago Press, pp.459-498.
- Auerbach, A. J. and Kotlikoff, L. J., *Dynamic Fiscal Policy*, 1987 Cambridge: Cambridge University Press.
- Heer, B. and A. Maußner (2009), *Dynamic General Equilibrium Modeling: Computational Methods and Applications*, Springer, 2nd ed.
- Ihori, T., Kato, R. R., Kawade, M., and Bessho, S. (2006), "Public Debt and Economic Growth in an Aging Japan," in Kaizuka, K. and Krueger, A. O. eds., *Tackling Japan's Fiscal Challenges: Strategies to Cope with High Public Debt and Population Aging*, Palgrave Macmillan, pp.30-68.
- Kato, R. (1998), "Transition to an Aging Japan: Public Pension, Savings, and Capital Taxation," *Journal of the Japanese and International Economies*, vol.12, pp.204-231.
- Kato, R. (2002), "Government Deficit, Public Investment, and Public Capital in the Transition to an Aging Japan," *Journal of the Japanese and International Economies*, vol.16, pp.462-491.
- Kotlikoff, L. J., *Generational Accounting: Knowing Who Pays, and When, for What We Spend*, 1992 The Free Press.
- _____ (1998), "The A-K Model: It's Past, Present, and Future", *NBER working paper No.W6684*.
- Kotlikoff, L. J., K. Smetters, and J. Walliser (2001), "Finding a Way Out of America's Demographic Dilemma," *NBER Working Paper No.w8258*.
- Miles, D. (1999), "Modelling the Impact of Demographic Change Upon the Economy," *Economic Journal*, vol.109, pp.1-36.
- Okamoto, A. (2005) "Simulating Progressive Expenditure Taxation in an Aging Japan," *Journal of Policy Modeling*, vol.27, no.3, pp.309-325.

- Solow, R. M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth," *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), pp.65-94.
- _____ (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*, vol.39, no.3, pp.312-320.
- Swan, T. (1956), "Economic Growth and Capital Accumulation," *Economic Record*, vol.32, no.2, pp.334-361.
- 上村敏之 (2002), 「社会保障のライフサイクル一般均衡分析:モデル・手法・展望」, 『経済論集』第28巻第1号, pp.15-36.
- 岡本章 (2013), 「少子高齢・人口減少社会における公的年金改革—LSRAによる所得移転を含む厚生分析—」, 『フィナンシャル・レビュー』第115号, pp.23-52, 財務省財務総合政策研究所.
- 川出真清・別所俊一郎・加藤竜太 (2003), 「高齢化社会における社会資本 一部門別社会資本を考慮した長期推計—」, *ESRI Discussion Paper Series*, No.64, 内閣府経済社会総合研究所.
- 島澤諭・小黒一正, 『Matlabによるマクロ経済モデル入門』日本評論社, 2011年.
- 島澤諭, 『世代会計入門: 世代間格差の問題から見る日本経済論』日本評論社, 2013年.
- 堀雅博・青木大樹 (2003), 「短期日本経済マクロ計量モデル(2003年版)の構造と乗数分析」, *ESRI Discussion Paper Series*, No.75, 内閣府経済社会総合研究所.
- 本間正明・跡田直澄・岩本康志・大竹文雄 (1987a), 「年金: 高齢化社会と年金制度」, 浜田・堀内・黒田編『日本経済のマクロ分析』東京大学出版会, pp.149-175.
- _____ (1987b), 「ライフサイクル成長モデルによるシミュレーション分析: パラミターの推定と感度分析」, 『大阪大学経済学』第36巻第3・4号.
- 宮里尚三・金子能宏 (2000), 「一般均衡マクロ動学モデルによる公的年金改革の経済分析」, 『季刊社会保障研究』第37巻第2号, pp.174-182.