

一般均衡アプローチによるベビーブームと年金制度のシミュレーション分析

MIYAZAKI, Kenji / 宮崎, 憲治

(出版者 / Publisher)

法政大学経済学部学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

The Hosei University Economic Review / 経済志林

(巻 / Volume)

70

(号 / Number)

1・2

(開始ページ / Start Page)

133

(終了ページ / End Page)

148

(発行年 / Year)

2002-07-05

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003139>

【研究ノート】

一般均衡アプローチによるベビーブームと
年金制度のシミュレーション分析

宮 崎 憲 治

概 要

本稿では、集計ショックに従う OLG モデルにより日本経済の年金分析をおこなう。OLG モデルは経済主体の生存期間が有限のモデルである。ここでの集計ショックは人口ショックである。今の団塊の世代といわれている人たちの人口を、正の人口ショックの結果と考えてモデルを作成している。いわゆる団塊の世代が年金を受け取る前に、抜本的な改革が必要だとこの論文は示唆している。

1 はじめに

高齢化社会での年金制度についての議論は、国内外に問わず、最近の重要な経済問題の一つである。特に現行の賦課方式は、世代間の一種の契約であるから、人口構造との考察は不可欠である。本章の目的は、日本データをもとにして、人口構造の変動を外生的な確率ショックと考える一般均衡 OLG モデルを構築して、高齢化社会での年金制度について考察することである。一般均衡 OLG モデルもしくはライフサイクル一般均衡モデルをつかったシミュレーション分析は、Auerbach and Kotlikoff [1] に代表されるように様々に利用されている。日本においても本間他 [10] が良く知られている。ただ、彼らの分析は主に定常状態の比較が中心で、確率

ショックに対する反応といった分析はおこなっていない。本章は Lee [7] の人口モデルに着目した Rios-Rull [8] モデルにしたがって、確率変数の入った一般均衡 OLG モデルを作成して、年金制度についての考察をおこなっていく。つまり戦後のベビーブームを人口構造モデルの大きな確率ショックと解釈したモデル作りをおこなう。

一般均衡 OLG モデルをつかった年金分析の最近の動向を概観する。日本においては田辺他 [9] が日本の制度も含めて詳しい。Imrohoglu *et al.* [6] は個々人が事前的には同じであるがそれぞれ事後的に違ったショックを受けるモデルに関して年金制度を考察している。Cubeddu [3] は合衆国での人種別、男女別、学歴別を考察している。ただし、これらはあくまでも定常状態の分析であり、また人口変動は考えていない。Huang *et al.* [5] は年金制度が積立方式から賦課方式に移行したときの政策変更の厚生を比較している。ただし人口変動は彼らの関心外である。Cooley and Soares [2] は人口変動下での年金制度（賦課方式）が維持可能かどうかを 4 期 OLG モデルをつかって考察している。結論は年金制度は維持できないというものである。一般均衡モデルでなく同時方程式モデル等で分析している例もいくつかあるが、ここでは紹介しない。

本章の構成は以下の通りである。まず次節で一般均衡 OLG モデルの外生変数に当たる人口変動について簡単なモデルを構成する。3 節ではそれをもとに 2 つの年金制度下での一般均衡 OLG モデルの均衡を定義する。4 節では日本のデータを参考にして係数を特定化して、モデルを解きベビーブームのときのそれぞれの厚生を比較する。5 節では結論を述べる。

2 人口構造モデル

各経済主体の年齢階級を I 等分する経済を考える。年齢階級 i まで生存したという条件の下で $i+1$ になっても生存するという条件付き確率を s_i とする。このパラメータ値は期間を通して一定と仮定する。次に第 t 期

における人口構造を考える。ある第 t 期にはそれぞれ I 種類の違った年齢階級の経済主体が存在する。 $\mu_{i,t}$ を第 t 期での年齢階級 i の人口数とする。次の期 ($t+1$) で新しく生まれる人口数は $\mu_{1,t+1}$ となる。この値は Lee [7] にしたがって次のように決定されると仮定する。

$$\mu_{1,t+1} = \sum_i \phi_i \mu_{i,t} + z_t$$

ここで ϕ_i は年齢階級 i の出生率を意味しておりまた z_t は AR(1) にしたがう、つまり

$$z_{t+1} = \rho z_t + \nu_{t+1}$$

と仮定する。ただし ν_{t+1} は独立同分布にしたがう。これらのパラメータ値は一定と仮定する。

このように考えれば人口構造は次のようにあらわせる。

$$\begin{pmatrix} \mu_{1,t+1} \\ \mu_{2,t+1} \\ \mu_{3,t+1} \\ \vdots \\ \mu_{I,t+1} \\ z_{t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \phi_1 & \phi_2 & \phi_2 & \dots & \phi_I & \rho \\ s_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & s_{I-1} & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \rho \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mu_{1,t} \\ \mu_{2,t} \\ \mu_{3,t} \\ \vdots \\ \mu_{I,t} \\ z_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \nu_{t+1} \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \nu_{t+1} \end{pmatrix}$$

これを更に簡便化して

$$\begin{pmatrix} \mu_{t+1} \\ z_{t+1} \end{pmatrix} = \Gamma \begin{pmatrix} \mu_t \\ z_t \end{pmatrix} + \nu_{t+1}$$

と表記する。線形代数の基本的性質の一つに

$$\lambda \begin{pmatrix} \tilde{\mu} \\ 0 \end{pmatrix} = \Gamma \begin{pmatrix} \tilde{\mu} \\ 0 \end{pmatrix}$$

となる固有値と固有ベクトルが存在する。その中での最大固有値から 1 減じたものを、この人口構造モデルの成長率とし、それに対応する固有ベク

トルを定常分布とおく。ここでの最大固有値が正であることと、それに対応する分布が一意に存在することは Perron-Frobenious の定理より保証されている。

以下日本のデータをもとに人口構造モデルを形成する。まず i は年齢階級インデックスとする。年齢階級は 5 歳おきにする。そして最長 89 歳まで生存するとする。よって $I=18$ である。平成 7 年簡易生命表より死亡確率 s_i を計算する。ここでは男女を区別しない。平成 7 年人口動態統計(上)第 4 表の 1995 年の母の年齢(5 歳級)別全国出生数を ϕ_i とする。母の年齢 14 歳以下の出生数と不詳値は無視する。平成 7 年国勢調査より 1995 年の年齢階級別人口を $\mu_{95,i}$ とする。90 歳以上の人口をすべて 85 から 89 歳までの人口に含める。これらをもとに出生率は $\phi_i = \mu_{95,1} \phi_i / \mu_{95,i} \sum_{i=1}^I \phi_i$ である。

次に係数 ρ を推計する。大きな戦争の後には出生数が極端に増えるというズント法則がいられている。日本の戦後から現代に至までの人口変動をわれわれのモデルの枠組みでは(第 1 次)ベビーブームを 1 度の確率ショックと考える。1950 年を最初にショックを受けた状態と仮定して、その時のベビーブームの大きさと係数 ρ をそれ以後から 1995 年までの実際の年齢階級別人口との残差二乗和を最小にするように選ぶ。そうして選ばれたのが 1950 年の総人口の約 6.5 パーセントのベビーブームと $\rho=0.83$ である。0 から 4 歳までの人口を実際のデータと推計値とで比較すると図 1 のようになる。

次に初期状態を 1995 年として将来人口を予測していく。国立社会保障・人口問題研究所が平成 9 年 1 月に推計した日本の将来人口とわれわれのモデルによる推計値を比較すると図 2 のようになる。われわれのモデルは同研究所の低位推定を少し上回る程度である。こうした違いは男女別や婚姻率や離婚率等を考慮に入れたことより出生率の違いによる。つまり、主に 1995 年の出生率を中心にモデルを作っており、同研究所は 1980 年の出生率が中心になっている点である。われわれのモデルの出生率では 2005 年に総

図1：0才から4才までの人口

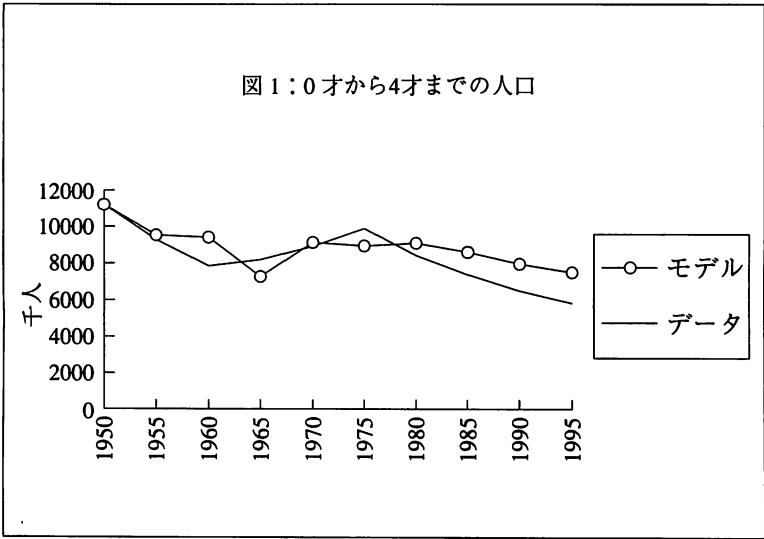
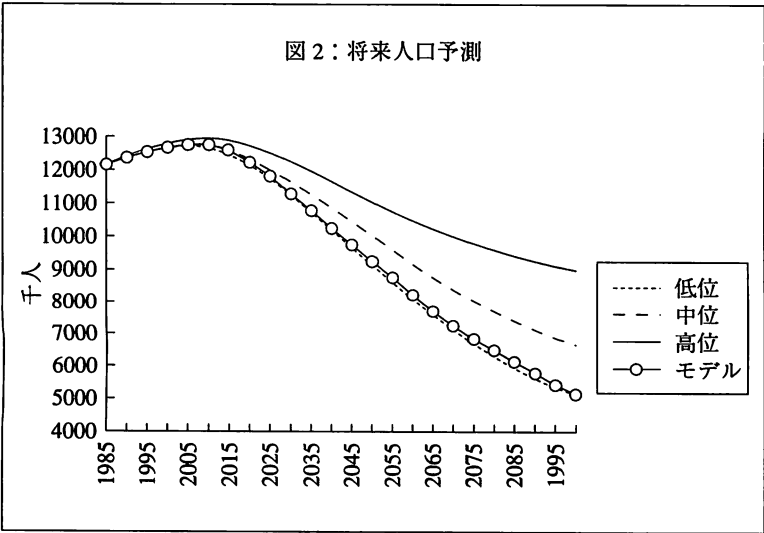
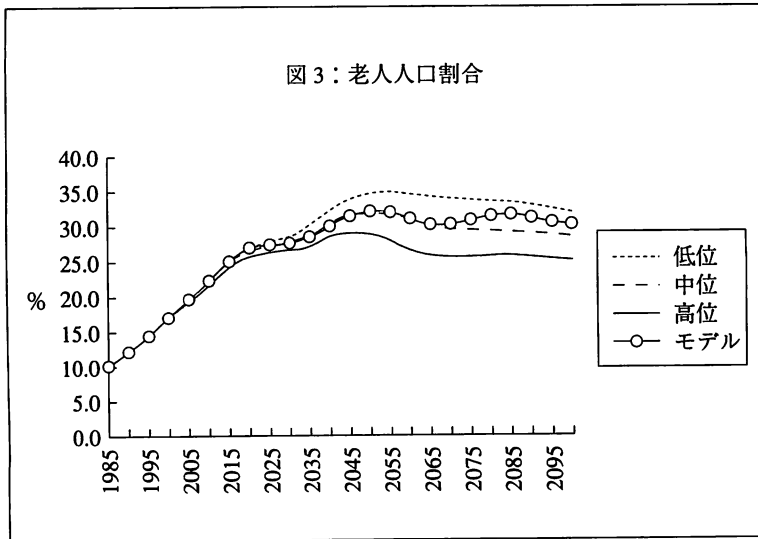


図2：将来人口予測





人口のピークとなるが、その後人口は減り続け100年後にはほぼ半分になると予想される。人口維持のためには何らかの対策が必要と考えられるが、ここでは取り扱わない。また図 3 では老年（65歳以上）人口割合の比較を示す。

3 一般均衡モデル

ここでは前節での人口構造モデルを外生的確率変数として、一般均衡 OLG モデルを構成していく。 $c_{i,t}$ を第 t 期に生まれた経済主体の年齢階級 i の一人当たりの消費とすればこの経済主体の死ぬまでの期待総効用は

$$\sum_{i=1}^I (\prod_{j=1}^i s_j) \beta^i u(c_{i,t})$$

となる。ここで

$$u(c) = \frac{c^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

とする。 β は時間選好率, γ は相対的危険回避度をあらわすパラメータである。 $a_{i,t}$ を第 t 期にうまれた経済主体の年齢階級 i の一人当たりの資産とすればこの経済主体の予算制約式は $a_{1,t} = a_{I+1,t} = 0$ とし, $i=2, \dots, I$ で

$$c_{i,t} + s_i a_{i+1,t} = R_{t+i-1} a_{i,t} + (1 - \tau_{t+i-1}) W_{t+i-1} e_i + B_{t+i-1}$$

となる。ここで R は利子率, e は労働の効率性, W は効率あたりの賃金とする。さらに τ は年金保険率, B は年金給付額である。

各経済主体を年齢階級を幼年期 ($i=1, \dots, I_1$), 壮年期 ($i=I_1+1, \dots, I_2$), 老年期 ($i=I_2+1, \dots, I$) に区分する。幼年期には意思決定能力がないとする。つまり $a_1=0$ 及び $i=1, \dots, I_1$ に関して $c_i = a_{i+1} = 0$ である。老年期には労働の効率性がなく年金生活を送るとする。つまり $i=I_1+1, \dots, I_2$ に関して $e_i=0$ である。

年金は2種類の賦課方式を考える。ケース1は, 年金保険率を一定 ($\tau_t = \tau$) として, 年金給付額を変化させる場合である。つまり

$$B_t \sum_{i=I_2+1}^I \mu_{i,t} = \tau W_t \sum_{i=I_1+1}^{I_2} \mu_{i,t} e_i$$

となるように B_t を定める場合である。しばしば多くの一般均衡 OLG モデルで用いられている。次にケース2は, 年金給付額を平均年収の100xパーセントをある程度保証して, つまり $B_t = \frac{1}{I_2 - I_1} x W_t \sum_{i=I_1+1}^{I_2} \mu_{i,t} e_i$ として,

$$\tau_t W_t \sum_{i=I_1+1}^{I_2} \mu_{i,t} e_i = B_t \sum_{i=I_2+1}^I \mu_{i,t}$$

となるように τ_t を定める場合である。Cooley and Soares [2] はこの二つのケースが同時に満たすように, 均衡を定義しているが, われわれのモデルは一方を固定化している。

生産部門はコブダグラス関数によって記述できるとする。第 t 期の総生

産額は

$$Y_t = AK_t^\theta L_t^{1-\theta}$$

である。ここで K_t, L_t は第 t 期の総資本、総労働投入量である。このとき完全競争下での利子率と効率あたりの賃金はそれぞれ

$$R_t = 1 - \delta + A \left(\frac{L_t}{K_t} \right)^{1-\theta}, \quad W_t = A \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\theta$$

となる。

これらをもとにそれぞれのケースの均衡を定義する。

定義： ケース 1 の逆向競争均衡 (Recursive competitive equilibrium) とは τ を所与として次の条件を満たす評価関数 (value functions) $\{V_i(a, \mu, z)\}_{i=1}^{I+1}$ と意思決定関数 (decision rules) $\{c_i(a, \mu, z)\}_{i=1}^I, \{a'_i(a, \mu, z)\}_{i=1}^{I+1}$ と政策関数 (policy function) $B(a, \mu, z)$ と価格関数 (pricing functions) $R(a, \mu, z), W(a, \mu, z)$ と集計関数 (aggregate functions) $K(a, \mu, z), L(a, \mu, z)$ によって構成される。

1. 評価関数と政策関数は $a_1=0$ 及び $i=1, \dots, I_1$ に関して $V_i=c_i=a_{i+1}=0$ であり、 $i=I_1+1, \dots, I$ に関しては次の動的計画問題によって得られる。

$$V_i(a_i, \mu, z) = \max_{c_i, a'_i} u(c) + \beta_s E(V_{i+1}(a'_i, \mu', z')), \quad V_{I+1}=0$$

ただし、制約条件はつぎの通りである。

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \mu' \\ z' \end{pmatrix} &= \Gamma \begin{pmatrix} \mu \\ z \end{pmatrix} + \nu', \\ c_i + s_i a'_i &= R a_i + (1-\tau) W e_i \quad (i=I_1+1, \dots, I_2) \\ &= R a_i + B \quad (i=I_2+1, \dots, I), \\ B &= \frac{\tau W \sum_{i=I_2+1}^{I_2} \mu_i e_i}{\sum_{i=I_2+1}^I \mu_i}, \\ a'_i &= a_{i+1}. \end{aligned} \tag{1}$$

2. 集計関数は次によって定められる。

$$K(a, \mu, z) = \sum_{i=1}^I \mu_i a_i, L(a, \mu, z) = \sum_{i=1}^I \mu_i e_i.$$

3. 価格関数は次によって定められる。

$$R(a, \mu, z) = 1 - \delta + A \left(\frac{L}{K} \right)^{1-\theta}, W(a, \mu, z) = A \left(\frac{K}{L} \right)^{\theta}.$$

4. 資源の分配は実現可能 (feasible) である。つまり

$$\sum_{i=1}^I \mu_i (c_i + s_i a_i) = (1 - \delta)K + AK^{\theta} L^{1-\theta}.$$

定義： ケース 2 の逆向競争均衡 (Recursive competitive equilibrium) とは式 (1) のかわりに次の式におきかえたケース 1 の条件を満たす評価関数 (value functions) $\{V(a, \mu, z)\}_{i=1}^I$ と意思決定関数 (decision rules) $\{c_i(a, \mu, z)\}_{i=1}^I, \{a'_i(a, \mu, z)\}_{i=1}^I$ と政策関数 (policy functions) $\tau(a, \mu, z)$, $B(a, \mu, z)$ と価格関数 (pricing functions) $R(a, \mu, z)$, $W(a, \mu, z)$ と集計関数 (aggregate functions) $K(a, \mu, z)$, $L(a, \mu, z)$ によって構成される。

$$B = \frac{1}{I_2 - I_1} x W \sum_{i=I_1+1}^{I_2} e_i,$$

$$\tau = \frac{B \sum_{i=I_2+1}^{I'} \mu_i}{W \sum_{i=I_2+1}^{I_2} \mu_i e_i}$$

以上の定義を満たすような均衡を見つけるために、次節で係数を特定化して計算する。計算方法は Hansen-Prescott [4] のアルゴリズムを修正したやり方で、基本的に Rios-Rull [8] の補論に書かれているものとはほぼ等しい。簡単にその手順を述べると次のようになる。

ステップ 1 Gauss-Seidel 法等により定常解を見つける。

ステップ 2 効用関数を定常解上で 2 次形式に近似した動的計画問題にする。

ステップ 3 ある評価関数列をあたえる。

ステップ 4 それらをもとに動的計画問題を解き、意思決定関数等を求める。

ステップ 5 それらをもとに新たに評価関数列を求める。

ステップ 6 以前の価値関数列と新たな価値関数列とを比較し、ほぼ一致していたらここで計算を終えるが、そうでなければ価値関数列を更新してステップ 4 に戻る。

4 カリブレーション

ケース 1 とケース 2 の年金制度についてベビーブームが発生したときのそれぞれの世代の厚生を比較する。はじめに日本の実際のデータをもとに各係数を特定化してモデルを解く。前述の人口構造モデルをつかうので $I=18$ で $I_1=3, I_2=13$ とする。さらに人口構造モデルの Γ のなかの ρ 以外の諸変数を成長率（最大固有値）で除することによって、人口成長率がゼロになるように基準化する。また初期状態の人口は 1 に基準化する。

平成 8 年度家計調査年報第 7 表 (p189) の 1996 年の世帯主の年齢階級別一世帯当たり年平均 1 ヶ月の実収入より $e_i (i=1, \dots, 18)$ を計算する。このときデータでは 24 歳以下については同じに扱われているので $e_1=e_2=e_3=0, e_4=e_5$ とする。また 65 歳以上の実収入は無視して $e_i=0 (i \geq 14)$ とする。また $\sum_{i=1}^I \mu_i e_i = 1$ となるように基準化する。

労働分配率は $1-\theta=0.66$ とする。減価償却率は $\delta=0.1$ （5 年分）とする。時間選好率は $\beta=0.9$ （5 年分）とする。相対的危険回避度は $\sigma=1.5$ とする。 $A=1$ に基準化する。これらの値はしばしば用いられる値である。両ケースの定常状態が同じになるように $x=0.6, \tau=0.324$ とする。このときの定常状態年金は 0.636、定常利率は 1.29（年間約 6 パーセント）、定常効率あたり賃金は 0.62 である。人口の初期状態を 1950 年として、そのとき 6.5 パーセントの人口ショックをあたえる。ただ 1950 年の各世代別の資産についてわからないので、定常状態と仮定している。図 4 は利率の変化である。ケース 1 とケース 2 ではほとんど違いがないので、煩雑にならないようにケース 1 だけ図示する。1955 年からの高い利率が下が

図4：利子率

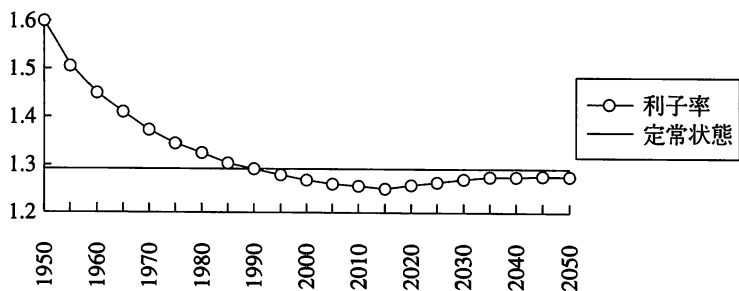
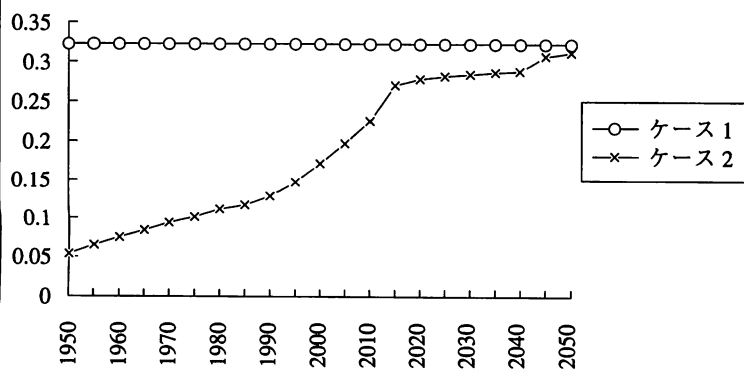


図5：保険率



って定常状態に近づいている。実際これほど高い利子率（年間12パーセント）であったかどうかは若干疑問が残るが、利子率が下がっている現状は反映している。さらにこのモデルの示すところによれば、最初高かった利子率が定常利子率に近づくときに、一度定常状態を下回っていることである。2005年頃がもっとも低くなる。図5は保険率の変化である。ケース1は固定である。ケース2では最初の頃の低い保険率が示されている。最初は所得の5パーセントにすぎなかった保険率がぐんぐん上昇している。

それぞれのケースの各世代の総効用を表1にまとめる。われわれのモデルでは14歳まで消費ゼロを仮定しているので、総効用は

$$\sum_{i=1+1}^I (\prod_{j=1}^{i-1} s_j) \beta^{i-1} u(c_{i,t})$$

として計算する。定常状態の時の総効用は-17.73である。ケース1の時には1990年生まれの人が一番効用が高く、ケース2の場合には1955年生まれの人が効用が高くなっている。

このように、年金制度の扱い方によって、ベビーブームの評価が大きく違っていく。年金制度の扱い方によって、ベビーブームの評価が大きく違っていく。従来の年金を含んだモデルは多くはケース1を採用しているが、ショックに対する反応や世代別総効用を見る限り、ケース2のほうが現実を反映しているように思える。ベビーブーマーおよびその後10年の間に生まれた世代の総効用がもっとも高くなっている。さらに総効用は後の世代になればなるほど低くなっている。

さて次にケース2に限って若干の感度分析を行う。その結果は表2にまとめられる。パラメータの1つを変化させた次の6つのケースを考える。ケースAとして $x=0.5$ の場合を考える。年金支給額を平均年収の半分に減らした場合である。ケースBとして $\beta=1.1$ の場合を考える。時間選好率を1以上にした場合である。これは、経済主体は後の消費に十分重きを置くことを意味する。無間期間生存するモデルではこのとき解が存在しないが、OLGモデルは有限期間であるのでこの時でも解を持ちうる。ケー

表1 2つの制度のもとでの厚生費用

生まれた年	ケース 1	ケース 2
1935	-19.069	-16.420
1940	-18.789	-16.266
1945	-18.561	-16.161
1950	-18.354	-16.096
1955	-18.142	-16.061
1960	-17.960	-16.065
1965	-17.809	-16.107
1970	-17.694	-16.187
1975	-17.615	-16.305
1980	-17.568	-16.450
1985	-17.537	-16.611
1990	-17.525	-16.780
1995	-17.531	-16.950
2000	-17.552	-17.103
2005	-17.591	-17.198
2010	-17.625	-17.276
2015	-17.649	-17.345
2020	-17.663	-17.408
2025	-17.667	-17.469
2030	-17.668	-17.532

スCとして $\sigma=0.8$ の場合を考える。相対的危険回避度をより中立的($\sigma=0$)にした場合である。ケースDとして $\sigma=2.5$ の場合を考える。相対的危険回避度をより回避的にした場合である。ケースEとして $\delta=0.2$ の場合を考える。減価償却率を20パーセント（5年）にした場合である。ケースFとして $\theta=0.3$ の場合を考える。労働分配率が70パーセントに増えた場

表 2：感度分析

生まれた年	ケース A	ケース B	ケース C	ケース D	ケース E	ケース F
1935	-16.286	-44.569	36.571	-8.983	-17.265	-16.034
1940	-16.108	-44.677	36.673	-8.627	-17.065	-15.903
1945	-15.980	-44.833	36.734	-8.369	-16.936	-15.820
1950	-15.887	-45.044	36.763	-8.185	-16.857	-15.775
1955	-15.822	-45.314	36.762	-8.050	-16.818	-15.761
1960	-15.795	-45.629	36.729	-7.985	-16.823	-15.782
1965	-15.803	-45.966	36.666	-7.988	-16.871	-15.838
1970	-15.846	-45.311	36.575	-8.061	-16.960	-15.929
1975	-15.923	-45.644	36.457	-8.209	-17.091	-16.055
1980	-16.026	-46.946	36.321	-8.412	-17.254	-16.207
1985	-16.144	-47.232	36.174	-8.644	-17.435	-16.374
1990	-16.270	-47.509	36.026	-8.903	-17.625	-16.546
1995	-16.399	-47.767	35.884	-9.183	-17.813	-16.716
2000	-16.516	-47.988	35.762	-9.450	-17.980	-16.867
2005	-16.592	-48.141	35.688	-9.618	-18.082	-16.957
2010	-16.654	-48.261	35.629	-9.757	-18.165	-17.030
2015	-16.707	-48.367	35.575	-9.881	-18.239	-17.096
2020	-16.755	-48.464	35.525	-9.990	-18.308	-17.158
2025	-16.799	-48.555	35.477	-10.093	-18.375	-17.218
2030	-16.844	-48.646	35.428	-10.202	-18.444	-17.281
定常状態	-16.996	-48.913	35.270	-10.506	-18.672	-17.478

合を考える。これらのケースについての生まれた年別の総効用を表 2 にまとめる。ケース B, C, D 以外は先の結果と変わらない。これより示されることは、経済主体が後の消費に重きを置くほど、もしくは危険中立的な行動をとるほど、ベビーブーマーもしくはそれ以前の人の効用が高くなる

ことである。もちろんこれらの感度分析によって定常利子率などが変化している。しかし、ここでは深く立ち入らない。

5 結 論

この章はまず戦後のベビーブームを確率ショックと解釈して、確率的一般均衡 OLG モデルを構築して、2つの年金制度のもとでのベビーブームによる各世代の厚生と比較等をおこなった。我々のモデルでは年金制度の設定の仕方によってベビーブームによる各世代の厚生が変わってくる。ただ、より日本の現状を説明していると思われるほうでは、ベビーブーマーもしくはその後10年の間に生まれた世代の厚生がもっとも高くなっており、その後、効用はだんだん下がっていくことが示されている。

最後に今後の課題をいくつかあげる。まずモデルの精緻化である。われわれのモデルは基本的には世代内では同質経済である。実際、世代内の所得格差が年齢と共に増加しているという現状がある。さらに税金の問題は一切捨象しているので、人口構造と税制との関連も重要な研究課題である。われわれのモデルは年金制度（賦課方式）をある意味で義務化している。Cooley and Soares [2] は彼らの意味での民主制度下ではベビーブームによって年金制度（賦課方式）は維持不可能といっている。

最後に、この章では厚生比較をおこなっているが、政策提言はしていない。目下、年金制度の民営化をふくめて制度改革が活発に議論されている。こうした点を考慮したモデル作りが望まれる。これらのことはすべて、今後の課題である。

参考文献

- [1] A. J. Auerbach and L. J. Kotlikoff. *Dynamic Fiscal Policy*. Cambridge University Press, 1987.
- [2] T. F. Cooley and Soares. Will social security survive the baby boom? *Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol. 45, pp.89-

121, 1996.

- [3] L. M. Cubeddu. The intra-generational redistributive effects of social security. Universitat Pompeu Fabra, 1996.
- [4] Gary D. Hansen and Edward C. Prescott. Recursive methods for computing equilibria of business cycle models. In Thomas F. Cooley, editor, *Frontiers of business cycle research*, chapter 2. Princeton University Press, 1995.
- [5] H. Huang, S. Imrohoroglu, and T. J. Sargent. Two computations to fund social security. *Macroeconomic Dynamics*, Vol. 1, No. 1, pp. 7-44, 1997.
- [6] A. S. Imrohoroglu, S. Imrohoroglu, and D. H. Joines. A life cycle analysis of social security. *Economic Theory*, Vol. 6, pp. 83-114, 1995.
- [7] R. D. Lee. Forecasting birth in post-transition population: Stochastic renewal with serially correlated fertility. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 69, pp. 607-617, 1974.
- [8] José Víctor Ríos-Rull. Population changes and capital accumulation: The aging of the baby boom. Graduate School of Industrial Administration, Carnegie Mellon University, April 1992.
- [9] 田辺栄治, 金子能宏, 林文子. 『年金の経済分析』. 東洋経済新報社, 1996.
- [10] 本間正明, 跡田直澄, 岩本康志, 大竹文雄. 高齢化社会と年金制度. 浜田宏一, 黒田昌裕, 堀内昭義 (編), 『日本経済のマクロ分析』, 第6章. 東京大学出版会, 1987.