

社会資本整備の長期的費用負担に関する動学分析*

On the Long-term Financing Scheme of Infrastructure Management *

橋本政晶**・石倉智樹***

By Masaaki Hashimoto**・Tomoki Ishikura ***

1. 序論

(1) 本研究の目的と背景

今後我が国では急速な少子高齢化・人口減少化が予想されている。平成20年には人口の自然減が過去最大の5万1000人となり、本格的な人口減少社会に突入していることを印象付けた。

人口減少はマクロ経済に多くのマイナスの影響を与える。一つは労働や資本といった生産要素の減少である。特に少子高齢化を伴う人口減少の場合、高齢者の割合の増加によって貯蓄率が減少することが予想される。実際、1980年時点で22.6%であった総貯蓄率（総貯蓄を総可処分所得と年金基金年金準備金の変動の和で除したもの）は2008年時点で9.51%まで減少している。¹⁾

人口減少に伴う労働や資本といった生産要素の減少は家計の所得水準を低下させると共に政府の税収の減少をもたらす、財政政策の自由度を奪う危険性がある。これはインフラ投資に対しても大きな影響を与えると考えられる。実際、平成17年度国土交通白書の「社会資本の維持管理・更新投資の見通し」によると、現在の社会資本投資減少のペースが続けば2020年ごろには既存インフラのうち更新できない部分が発生するという予測シナリオも存在する。

一方で社会資本の費用負担という側面に着目すると、社会資本はそのストック効果を通じて数十年にわたり人々の経済活動を支え、それを利用する世代に対して便益を与える。そのため、建設国債の発行により将来世代に社会資本整備費用の一部を転嫁させる公債方式が一般に正当化されている。つまり、公債方式は受益者負担原則に素直に従った費用負担方式であると言える。しかし、高度経済成長期以降の大規模な公共投資により平成20年度の段階で建設国債の残高は235.7兆円と巨大な額となっている。²⁾また、高度経済成長期に蓄積した社会資本の老朽化が進み、今後一層社会資本投資に占める維持管理費用の増大が予想される。これらは将来世代の負担が増大する要因となり、経済が縮小する可能性が高い中、

*キーワード：世代重複モデル、世代間公平

**学生員、

東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

(東京都文京区本郷7-3-1、

E-mail: m.hashimoto@trip.t.u-tokyo.ac.jp)

***正員、博(情)、

東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

(Tel: 03-5841-0566

E-mail: ishikura@csur.t.u-tokyo.ac.jp)

世代間の不均衡を生み出す危険性があるという指摘もある。従って、今後どの程度の公債発行を通して社会資本投資を行うことが効率性や公平性の観点から正当化されるのかということに対する議論が必要であろう。

以上の背景を踏まえ、本研究では社会資本投資を通じて各世代が享受する効用とそれに伴う費用負担を考慮したうえで、公平性の観点から人口減少社会に対応した長期的な社会資本整備政策を導くことを目的とする。

2. 既存研究のレビュー

世代間の費用負担については、公的年金や健康保険といった社会保障の分野に関して多くの研究の蓄積がある。効率性及び公平性の観点から年金制度の分析を行った例には、公的年金の制度改革案として四つのシナリオを比較した橋本・中居(2002)、基礎年金の国庫負担部分の割合を3分の1から2分の1に引き上げた場合の影響を効率性及び世代間公平性の観点から分析した金子・中田・宮里(2003)などがある。また、上村(2004)のように世代間費用負担に着目し、賦課方式を前提とした年金制度の縮小化、さらに民営化や積み立て方式への完全移行の分析を行った例もある。

一方で社会資本を対象とし、かつ公平性の観点に着目した研究としては、多部門の世代重複型一般均衡モデルを構築して社会資本の最適投資水準を分析した小池・岩上・上田(2003)³⁾がある。同論文においては、各世代の効用水準から導かれる社会厚生関数を定式化することで世代間公平性の議論を行っている。また、社会資本を家計の効用に影響する生活基盤型と生産性に影響する生産基盤型とに分類し、社会資本投資による世代間公平への影響を分析した川出・別所・加藤(2003)⁴⁾においても建設国債発行による各世代の厚生水準の変化を分析している。一方、世代間の費用負担に着目した研究としては、二期間世代重複モデルを構築して解析的な分析を行った小池・広瀬(2008)⁵⁾や、世代間の費用負担方式に着目した分析を行った越智(2008)⁶⁾が挙げられる。但し以上二つの研究はあくまで静学的な定常状態分析であり、将来にわたる世代の受益と負担を包括的に扱うことはできず、世代間公平性の議論には用いることができない。

本研究ではこれらの先行研究を踏まえ、数理モデルを用いて世代間公平に対する影響の分析を行う。具体的には社会資本を生産活動の一要素とする世代重複モデルを構築し、社会資本整備に伴う各世代の受益と負担とを動的に定量化することで世代間公平性の分析を行う。

3. 世代重複モデルの構築

(1) モデルの基本的な仮定と変数の設定

本章で用いる世代重複モデルに登場する各主体の関係を整理したものが下図である。

各経済主体間の関係(賦課方式の場合)

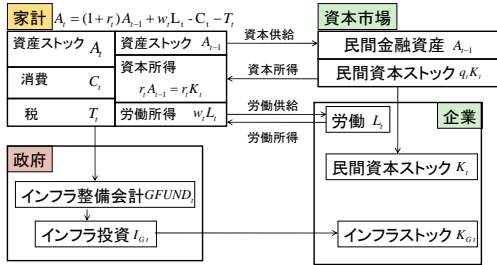


図-1 本章で用いるモデルの概要

本章で構築する世代重複モデルの基本的な仮定は以下のように整理することができる。

- ① 閉じた経済であり、多国間の資本や労働の移動及び交易は存在しない。
- ② 生産される財は一種類であり、家計の消費や民間資本投資、そして社会資本投資に用いられる。
- ③ 家計と企業は均質性を持ち、代表的な家計及び代表的企業のみが存在するとしている。
- ④ 家計は企業に対する労働供給及び資本供給の対価として所得を得る。
- ⑤ 家計は一定期間生存し、各期の消費から得られる生涯の通時的な効用を最大化するように各期の消費、貯蓄行動を決定する。ただし、生存期間のうち一定の勤労期間には労働収入を得るが、以後の老年期には労働供給を行わない。
- ⑥ 企業は労働・民間資本・社会資本を生産要素とし、利潤を最大化するように各生産要素を投入する。
- ⑦ 政府は社会資本投資のみを行うものとし、税収等による政府歳入をすべて社会資本投資に充てる。

本章で構築する世代重複モデルで用いる変数の定義は表1の通りである。

(2) 家計の行動

各世代は、労働所得、資本所得からなる所得を予算制約として、消費から得られる効用を通時的に最大化する。家計は65期間生存し、最初の44期間を勤労期として、そして残りの人生を老年期として過ごす。家計に遺産動機はないと仮定しているため、家計は最終期において貯蓄をすべて使い果たす。

i世代(i年に経済に登場する世代)の行動は次のように定式化することができる。

$$\max_{c_{i,j}} U_i = \frac{1}{1-\gamma} \sum_{j=1}^{65} \beta^{j-1} c_{i,j}^{1-\gamma} \quad (3.1)$$

但し、 U_i : 各世代の通時的効用、 γ : 異時点間の代

表-1 世代重複モデルにおける各変数の設定

主体	変数	内容
家計	U_i	i世代G年に経済に登場する世代の生涯効用
	γ	異時点間の代替弾力性の逆数
	β	家計の主観的割引率
	$c_{i,j}$	i世代のj期における消費
	$a_{i,j}$	i世代がj期末に保有する金融資産
	A_t	t期末に家計が保有する総金融資産
	τ_{ct}	t期における消費税率
企業	$e_{i,j}$	i世代のj期における労働力率
	r_t	t期における利率
	w_t	t期における賃金所得率
	α	民間資本の分配パラメータ
	β	社会資本の生産性パラメータ
	I_t	t期における民間資本投資
	K_t	t期首における民間資本ストック
	ε	民間資本の減耗率
	π_t	t期における利潤
	κ	民間資本のストック調整費用係数
	q_t	t期におけるトービンのq
政府	I_{Gt}	t期における社会資本投資額
	K_{Gt+1}	t期首における社会資本ストック
	ε_P	社会資本の減耗率
	κ_G	社会資本のストック調整費用係数
	T_t	t期における税収
	D_t	t期末における公債発行残高

替弾力性の逆数、 β : 家計の主観的割引因子、 $c_{i,j}$: i世代のj期における消費量である。

家計の資産ストックに関する制約式は次の式で表すことができる。

$$a_{i,j} = a_{i,j-1}(1+r_t) + w_t e_{i,j} - (1+\tau_{ct})c_{i,j} \quad (3.2)$$

但し、 $a_{i,j}$: i世代のj期末における資産、 τ_{ct} : 消費税率、 $e_{i,j}$: 家計の労働力率、 r_t : t期における資本収益率、 w_t : t期における労働賃金率である。 $e_{i,j}$ に関しては次式が成立する。

$$e_{i,j} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, 44) \quad (3.3)$$

$$e_{i,j} = 0 \quad (j = 45, 46, \dots, 65)$$

(3.2)式を制約式として効用最大化問題を解くと、以下の消費の流列が得られる。

$$c_{i,j} = [\beta(1+r_t)]^{\frac{1}{\gamma}} \left\{ \frac{1+\tau_{ct-1}}{1+\tau_{ct}} \right\}^{\frac{1}{\gamma}} c_{i,j-1} \quad (3.4)$$

なお、世代間の効用水準を比較するための指標として、基準世代と比較した相対的な厚生水準を表す指標であるEIを用いる。EIは次式で定義する。

$$U(c_i) = U(c_B \cdot EI_i) \quad (3.5)$$

但し c_B は基準世代の消費量である。ちなみに次章で行う分析では前期定常状態の世代を基準世代として計算している。公平性の比較を行う上では、各世代が享受する効用に見合うだけの税負担を支払っている状態を公平性の一つの基準と想定し、次式で定義される公平性指標を用いている。

$$\frac{EI_i}{\left(\frac{Gtax_i}{Gtax_B}\right)} \quad (3.6)$$

但し、 $Gtax_i$ は世代 i が生涯に支払う税を i 期の価値で評価したものである。

(3) 企業の行動

企業の行動に関しては、Fehr, Jokisch and kotlikoff (2003)⁹を参考にしてている。

企業の生産関数は、家計が供給する資本 K_t と労働 L_t 、そして政府が整備する生産型社会資本 K_{Gt} を生産要素とするコブ=ダグラス型生産関数で表される。

$$Y_t = F(L_t, K_t, K_{Gt}) = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha} K_{Gt}^\beta \quad (3.7)$$

民間資本と社会資本はそれぞれ各期の投資額だけ蓄積すると共に、それぞれ固有の減耗率で減耗していくものとする。

$$K_{t+1} = I_t + (1 - \varepsilon)K_t \quad (3.8)$$

$$K_{Gt+1} = I_{Gt} + (1 - \varepsilon_p)K_{Gt}$$

企業は次式で定義される企業価値を最大化するような行動をとり、利潤を出資者である家計に対して分配する。但し、 π_t は企業の毎期の利潤である。

$$\max \Pi = \sum_{t=0}^{\infty} \left[\left(\prod_{i=0}^t \frac{1}{1+r_i} \right) \cdot \pi_t \right] \quad (3.9)$$

$$s.t \quad K_{t+1} = I_t + (1 - \varepsilon)K_t$$

$$\pi_t = F(L_t, K_t, K_{Gt}) - I_t - C(I_t, K_t) - w_t L_t \quad (3.10)$$

但し、 $C(I_t, K_t)$ はストック調整費用である。ストック調整費用は民間資本の整備に伴うコストであり、既存の民間資本を取り払うのに必要なコストを表していると解釈できる。

企業価値最大化問題のラグランジアンは次式で表すことができる。

$$L(I_t, K_t, L_t) = \sum_{t=0}^{\infty} \left[\left(\prod_{i=0}^t \frac{1}{1+r_i} \right) \cdot [F(L_t, K_t) - I_t - C(I_t, K_t) - w_t L_t + q_{t+1} \{I_t + (1 - \varepsilon)K_t - K_{t+1}\}] \right] \quad (3.11)$$

q_t は資本の生み出す限界利潤の当該期価値を表している。ここではストック調整費用の関数 $C(I_t)$ を次のように特定する。

$$C(I_t) = \frac{\kappa}{2} \cdot \left(\frac{I_t}{K_t} \right) \cdot I_t \quad (3.12)$$

ラグランジアンを各変数で微分することにより、次の三つの必要条件を得ることができる。

$$q_{t+1} = 1 + \kappa \left(\frac{I_t}{K_t} \right) \quad (3.13)$$

$$q_t r_t = \frac{\partial F}{\partial K_t} + \frac{\kappa}{2} \left(\frac{I_t}{K_t} \right)^2 + (q_{t+1} - q_t) - \varepsilon q_{t+1} \quad (3.14)$$

$$w_t = \frac{\partial F}{\partial L_t} \quad (3.15)$$

q_t は資本の生み出す限界利潤を表しており、一般にトービンの q と呼ばれている。資本に関して市場均衡が成立している場合にはトービンの q が資本整備の限界費用と一致する。従って、 q_t は資本1単位の価格を意味している。

(4) 政府の行動

政府の行動はインフラ整備のみを考慮する。政府は税収 T_t と公債発行収入を用いて社会資本整備を行う。従って社会資本投資水準に関して次の式が成り立つ。右辺第二項が負の場合には公債の償還を行っていることになる。

$$I_{Gt} = T_t + \{D_t - (1+r_t)D_{t-1}\} \quad (3.16)$$

民間資本投資と同様、社会資本投資についてもストック調整費用 $C(I_{Gt})$ が発生すると仮定する

$$C(I_{Gt}) = \frac{\kappa_G}{2} \cdot \left(\frac{I_{Gt}}{K_{Gt}} \right) \cdot I_{Gt} \quad (3.17)$$

家計は自身の所有する金融資産の一部を政府に対する貸付、つまり公債として保有するとともに、残りの資産を企業に対して投資する。従って、公債方式の下での資本市場均衡及び財市場均衡はそれぞれ以下の式で表される。

$$q_t K_t + D_{t-1} = A_{t-1} \quad (3.18)$$

$$Y_t = C_t + I_t + I_{Gt} \quad (3.19)$$

(5) 数値計算の方法

数値計算を用いた世代重複モデルの解法に関してはAuerbach and Kotlikoff(1987)¹⁰においてガウス・ザイデル法を用いたシミュレーション方法が解説されており、本論文においてもこれと同じ方法を用いる。この方法では始めに定常状態を計算し、これを初期状態としてその後の移行過程を計算する。同シミュレーション手法については佐藤・中東・吉野(2004)⁹、本間・跡田・大竹(1988)⁶、上村(2002)⁷に詳しい。

4. 世代重複モデルによる数値シミュレーション結果

(1) 人口シナリオ及びパラメータの設定

本論文のモデルにおける外生パラメータは特に断らない限りは川出・別所・加藤(2003)⁹を参考にし、表-2の値を用いている。但し、例外的に γ については貞宏・島澤(2001)⁹を参考にしている。

各期における人口については国立社会保障・人口問題研究所(2006)『日本の将来推計人口』¹⁰の出生中位・死亡中位シナリオのデータ及び同研究所の『将来推計人口データベース』¹¹を参考にし、各期に経済に登場する人

口を推定して人口シナリオを設定した。各期の勤労世代人口、引退世代人口及び総人口のトレンドを図-2に示す。

表-2 パラメータの設定

変数	意味	値
ρ	家計の主観的割引率	0.02
γ	家計の異時点間の代替弾力性の逆数	1.2
α	生産関数のパラメータ	0.25
β	生産関数のパラメータ	0.12
ε	民間資本の減耗率	0.05
ε_G	社会資本の減耗率	0.0448
τ_{c_t}	消費税率	0.20
κ	民間資本のストック調整費用係数	0.5
κ_G	社会資本のストック調整費用係数	1.0

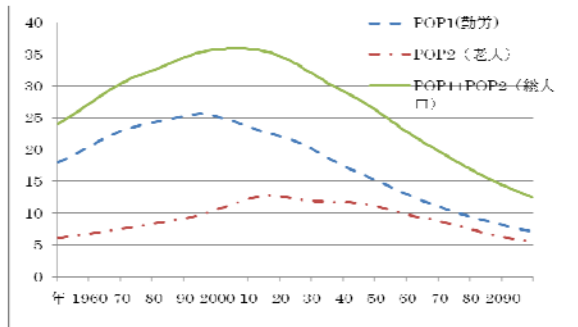


図-2 人口シナリオ

(2) 基本シナリオでの結果

本項では二種類の投資水準決定方式について以上で概説した計算を行い、基本シナリオにおける結果について説明すると共に投資水準決定方式間の違いについて考察する。第一は消費税率を固定して税収をインフラ投資に充てる方法（税率外生型）であり、第二はインフラ投資水準を外生的に与え、消費税率を内生的に決定する方法（税率内生型）である。税率内生型では人口一人当たりのインフラ投資水準を外生的に与えている。なお、比較のため税率内生型のシナリオを与える際には社会資本ストックの初期値及びピーク時ストック量が税率外生型の計算結果とはほぼ等しくなるようにインフラ投資水準を決定している。従って、二種類の投資水準決定方式間でのGDPの推移はほぼ等しくなる（図-3）。一方、各世代の厚生水準や生涯税負担に着目すると費用負担方式間で差が確認される（図-4、図-5）。

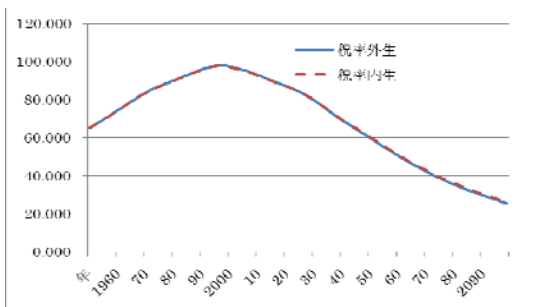


図-3 GDPの推移

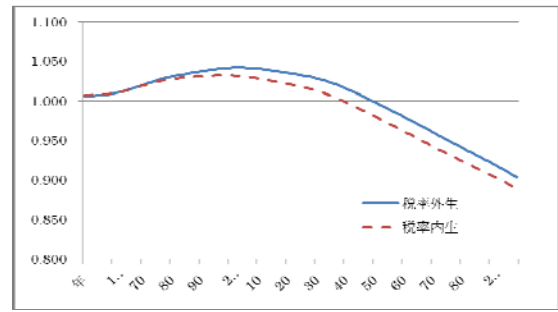


図-4 厚生指標 (EI) の推移

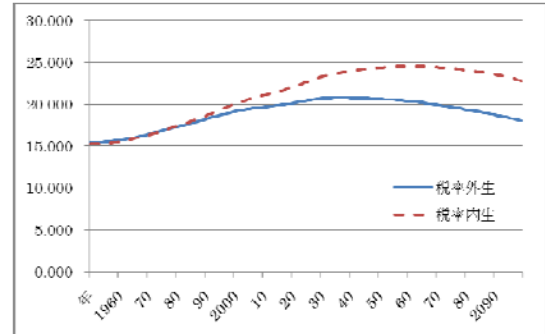


図-5 生涯税負担の推移

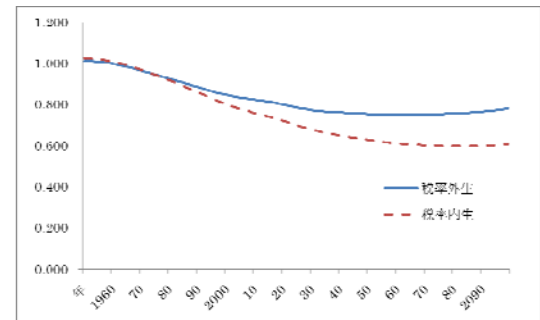


図-6 受益負担比の推移

図-4、図-5より税率外生型の方が将来に渡って各世代の税負担が軽くなり、各世代の厚生水準が高くなることが見て取れる。つまり、人口減少社会においてこれまでの人口一人当たりインフラ投資水準を保とうとするならば税負担の上昇が避けられず、将来世代の厚生水準の低下を招く可能性があると考えられる。その結果、受益負担比に着目すると税率外生型の方が人口減少に伴う下降幅が小さく、世代間において平準化されていることが分かる（図-6）。

(3) インフラ投資水準の変化による影響

前節の税率内生型においてはインフラ投資額が各期の人口に比例するとして計算を行った。本節ではインフラ投資水準の人口に対する弾力性を設定し、人口減少に伴い一人あたりのインフラ投資額が増加、あるいは減少する場合の厚生や公平性に対する影響の分析を行う。

本節の分析では2010年以前の一人インフラ投資水準を一定とし、次式で与える。

$$I_{G_t} / POP_t = \lambda \quad (4.1)$$

また、2010年以降のインフラ投資水準を次式で与える。

$$I_{G_t} / POP_t = \lambda \cdot (POP_t / POP_{2010})^\sigma \quad (4.2)$$

但し、 λ 及び σ は定数、 POP_t はt期における総人口である。 σ が正の場合、人口減少に伴って一人当たりの社会資本投資額は減少する。一方、 σ が負の場合は増加する。

σ に適当な値を与え、税率内生型のモデルを用いて社会資本ストックの推移を求めた(図4-5)。2010年以降の一人当たり社会資本投資額は σ が正(0.2)のシナリオでは減少、 σ が負(-0.2)のシナリオでは増加、そして σ がゼロのシナリオでは一定である。 σ が負の場合に社会資本ストックが最大になる。

次に各世代の家計の生涯税負担に着目すると、一人当たり社会資本投資額が最大となる σ が0.2の場合に生涯税負担が最大になる(図-8)。その結果、厚生水準は σ が0.2の場合に最大となっている(図-9)。以上の結果より受益と負担の比を比較すると、 σ が負の場合に最も世代間の公平性が平準化されていることが分かる(図-10)。

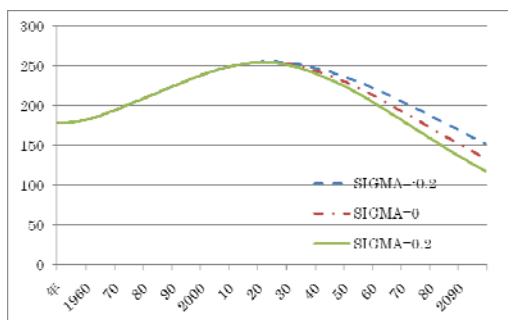


図-7 社会資本ストックの推移

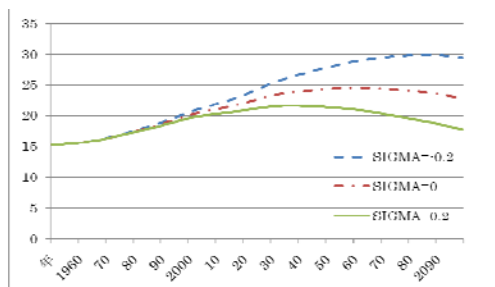


図-8 生涯税負担の推移

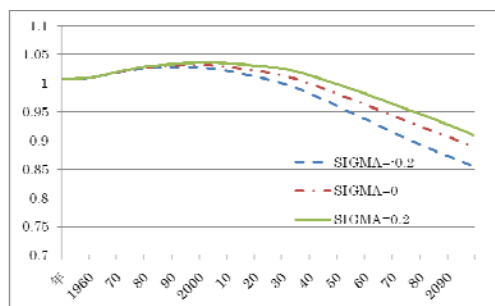


図-9 厚生水準の推移

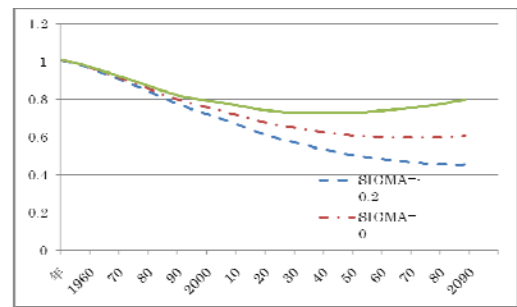


図-10 受益負担比の推移

(4) 公債発行水準の変化による影響

本節では人口減少期において公債発行残高を増加、あるいは減少させた場合を想定したシミュレーションを行い、効率性や公平性への影響について分析を行う。公債発行残高はその民間金融資産に対する比率を外生的に与えることによって操作している。以下、発行残高維持シナリオではその比率を0.1に保つ。発行残高拡大シナリオでは2010年からの30年間に於いて比率を0.1から0.2に拡大する。一方、公債発行残高縮小シナリオでは同じ期間において比率を0.1から0に縮小するものとする。なお、計算では消費税率が一定と仮定して社会資本投資額を内生的に決定している。

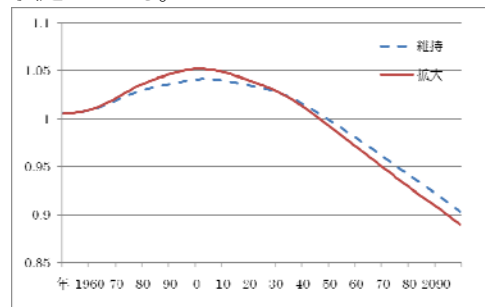


図-11 各世代の厚生指標

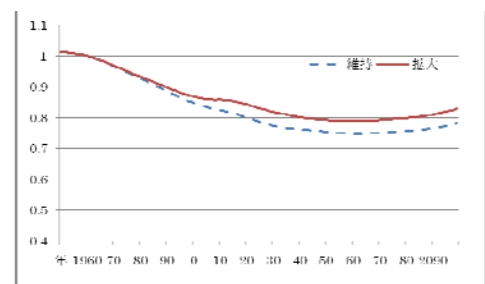


図-12 各世代の受益負担比(定常状態世代=1)

図-11は二つのシナリオの下で各世代の厚生水準を示す公平性指標EIをプロットしている。この図から分かることは、当該期世代の効用水準の上昇が比較的短期間しか持続せず、発行残高の拡大が続く2030年代ではすでに二つのシナリオの厚生水準が逆転することである。これは、公債発行水準の拡大により民間資本の蓄積が阻害されてしまうからである。つまり、公債発行水準の拡大は当該期の世代に対しても資本ストックの減少という形で負担を与えているということが確認できる。一方、受益と負担のバランスに着目した図-12を見ると、タイムラグを伴うものの公債発行水準を拡大することによって各世代の受益負担比の格差が縮小することがわかる。ただし、

公債発行残高を拡大する世代だけでなく、将来の世代にわたって受益負担比の上昇が見られることに注意すべきである。

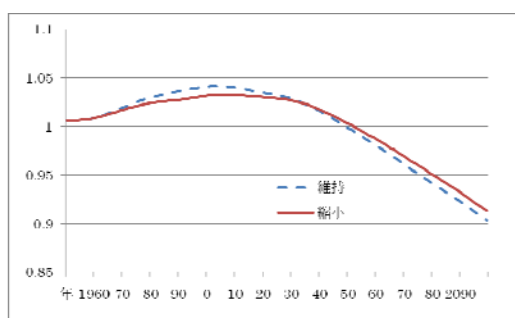


図-13 各世代の厚生指標

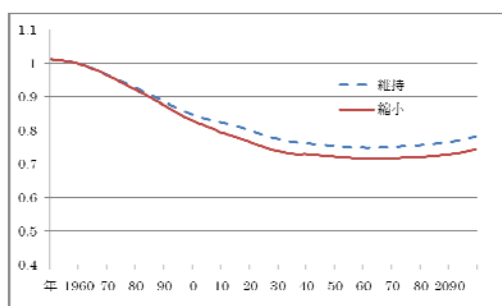


図-14 各世代の受益負担比 (定常状態世代=1)

図-13及び図-14は公債発行水準を縮小した場合と維持した場合を比較したものである。図-13より効率性の観点からすれば、公債発行水準の縮小に伴う償還費用は民間資本の蓄積を促進する効果によって比較的短期間で相殺されることが分かる。一方で図-14から受益負担比を読み取ると、公債発行水準の縮小によって全ての世代について税負担に対する受益の比の値が低下し、本計算例では1を大きく下回る水準となった。そして、将来の世代になるほど、受益負担比が小さく、すなわち費用負担に対する受益の大きさが小さくなっている。従って、公債発行水準を低下させることは効率性の観点からは正の効果が期待されるものの、人口減少局面では、世代間の受益負担比の格差を拡大させる可能性がある。

5. 結論と今後の課題

本研究では社会資本投資により各世代が享受する効用とそれに伴う費用負担を考慮したうえで、公平性の観点から今後の人口減少社会に対応した長期的な社会資本整備政策を導くことを目的とし、社会資本を生産要素の一つとする世代重複モデルの構築及び分析を行った。

モデルの定式化においては社会資本が企業の生産活動に影響を与えると仮定することで、家計の所得水準や資本価格への影響を通じて厚生水準を変化させるという関係を定式化することができた。また、社会資本整備に対する世代間の費用負担を明示的に導入することにより、各世代が社会資本整備事業に対して支払う生涯の費用負担額を計測することが可能となった。本研究の成果は、世代重複モデルを動的に解くことで政府の社会資本整備政策が各世代の家計の厚生と負担額に与える影響を明

らかにしたことである。また、公平性の指標については、本研究では、一つの仮説的な考え方を採用したが、未だ広く合意が得られる統一的指標が存在しないものであることに注意が必要である。

参考文献

- 1) 内閣府：「平成20年度国民経済計算（平成12年度基準・93SNA）」第一部フロー編、2. 制度部門別所得支出勘定、(5) 家計（個人企業を含む）
- 2) 財務省：「最近20年間の各年度末の公債残高の推移」
<http://www.mof.go.jp/jouhou/kokusai/siryou/zandaka01.pdf>
- 3) Fehr, Jokisch and Kotlikoff (2003), "The Developed World's Demographic Transition - The Roles of Capital Flows, Immigration, and Policy", NBER Working Paper No. 10096.
- 4) Auerbach and Kotlikoff (1987), "Dynamic Fiscal Policy", Cambridge University Press.
- 5) 佐藤・中東・吉野(2004)、「財政の持続可能性に関するシミュレーション分析」、『財務省財務総合政策研究所フィナンシャル・レビュー』November-2004。
- 6) 本間・跡田・大竹(1988)、「高齢化社会の公的年金の財政方式：一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」、『大蔵省財政金融研究所フィナンシャル・レビュー』March-1988
- 7) 上村(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(東洋大学)』, 2002.
- 8) 川出・別所・加藤(2003)、「高齢化社会における社会資本・部門別社会資本を考慮した長期推計」 ESRI Discussion Paper Series No.64
- 9) 貞宏・島澤(2001)、「財政の持続可能性と必要なプライマリー黒字について」
- 10) 国立社会保障・人口問題研究所、『将来推計人口データベース』
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Mainmenu.asp>
- 11) 国立社会保障・人口問題研究所、『人口統計資料集(2010)』
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Popular/Popular2010.asp?chap=0>