

社会資本整備の世代間厚生分析

- 世代重複型応用一般均衡モデルの開発と応用 -

長岡技術科学大学 インフラ計画研 岩上一騎

指導教官 長岡技術科学大学 松本昌二

鳥取大学 小池淳司

1. はじめに

高齢社会の急速な進展と財政状況の悪化はわが国の社会経済環境を特徴づける顕著な現象である。これらの影響は社会資本整備の分野にも及んでおり、費用負担の世代間不公平、また公共事業の財政破綻などの形で顕在化している。そこで、社会資本投資に対する予算配分の効率性、世代間公平性が社会的に強く求められ、これらを評価指標に加えた政策評価手法が必要とされてきている。

政策の評価手法の一つに応用一般均衡モデル(CGE)がある。CGEモデルとは財政学・計量経済学^{1)・2)}の分野で発展してきたモデルであり、政策の効果を経済厚生の変化として定量的に評価することができる。しかし、CGEモデルは静学モデルであるため動学的な経済状態の変化をモデルで考慮することは基本的に不可能である。一方、動学的な経済状態の変化をモデルに反映させることができる手法に世代重複(OLG)モデル³⁾がある。このモデルは景気予測や金融政策の分析などマクロ経済政策への適用を対象として発展してきた。このモデルでは世代を明示しているため世代間厚生分析をおこなうことが可能であるが、社会資本投資に焦点を当てた研究はほとんどみられない。このような背景のもと本研究では社会資本整備を対象とした世代重複型応用一般均衡モデルの構築を試み、社会資本整備の最適投資政策ルール of 分析を行うことを目的としている。

具体的には、経済状態の変化を逐次モデルに反映させるため社会資本ストックおよび民間資本ストックを企業の行動、世帯の行動、政府の行動にとりこみモデルの定式化をおこなう。企業の行動では政府による社会資本ストックを生産要素の一つとすることで社会資本投資の増加による企業の生産性向上を表現する。また、社会資本整備の財源として公債発行を想定し公債のメカニズムに

よる世代間所得移転の効果を考慮する⁴⁾。さらに社会資本の維持管理費用を想定しているため、維持費用の増加に伴い世帯の公共サービス消費量が減少することを表現できている。最後に、マクロ集計的な経済データを用い、社会資本整備の最適投資政策ルールの実証分析を行い、政策変化における社会的厚生の変化および社会経済状況の変化と社会資本の最適投資政策ルール of 関係を分析し、今後の社会資本投資水準に関して考察を加える。

2. モデルの構築

2-1 モデルの前提条件

$j \in J = \{1, \dots, j, \dots, 3\}$ 財の種類を表すラベル

$i \in I = \{1, \dots, i, \dots, I\}$ 生産要素種類を表すラベル

$s \in S = \{1, \dots, s, \dots, S\}$ 生存期間を表すラベル

$t \in T = \{1, \dots, t, \dots, T\}$ 時点を表すラベル

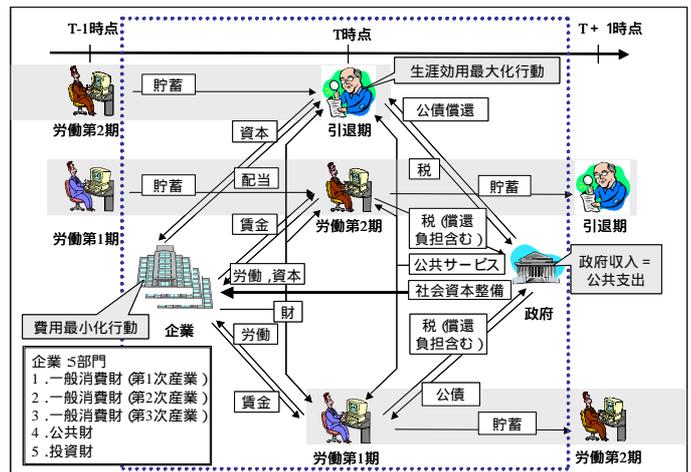


図 - 1 モデルの概略

モデル構築に関して次のような仮定をおく。

- 1) 経済主体は企業、世帯、政府の3主体より構成されている。企業は3種類の一般消費財、公共財、投資財毎にそれぞれ存在する。世帯は3期間生存するも

のとし各時点(時点 t)において3つの世代が重複して存在すると仮定する。

- 2) 企業は資本と労働，社会資本ストックを生産要素として生産をおこなう。また，その行動は費用最大化行動にしたがう。
- 3) 世帯は1世代で代表的な世帯を想定する。また世帯は3期間生存するものとし，労働期と仮定する2期間において，企業に生産要素を提供し対価を受け取る。この所得より，生産された財サービスの消費，貯蓄および投資行動をおこなう。生存最初期には政府が発行する公債を購入し，生存最終期に償還される。これらの行動は生涯効用最大化行動にしたがう。
- 4) 政府がおこなう社会資本整備は社会資本ストックとなり直接企業の生産関数に影響する。
- 5) 市場は一国で閉じているものとする。また，市場は各時点において均衡状態にある。

2 - 2 企業の行動モデル

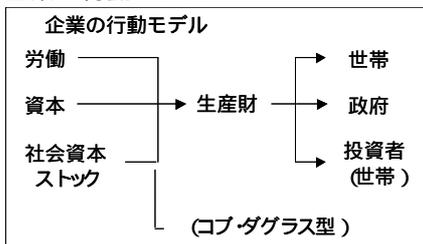


図 - 2 企業の生産関数構造

一般消費財 $j \in J(1,2,3)$ と公共財 ($j = 4$)，投資財 ($j = 5$) を生産する企業 j は労働量，資本量，社会資本ストックより構成される生産要素 f_{ij} を用いて，図 - 2 に示すコブ・ダグラス型の生産技術にしたがって財 Q_j を生産する。この生産関数を用いて，企業の費用最小化行動は以下のような生産容量一単位あたりの粗要素費用最小化行動として捉えることができる。

$$\min [w_1 \cdot f_{1j} + w_2 \cdot f_{2j}] \quad (1)$$

$$s.t. \quad Q_j(f_{1j}, f_{2j}) = 1 \quad (2)$$

ただし， w_1 ：労働賃金率 w_2 ：資本のレント

生産関数は図 - 2 より以下のように定式化できる。

$$Q_j = f_j \left[\prod_{i=1}^2 f_{ij}^{a_{ij}} \right] \quad (j=1, \dots, 5) \quad (3)$$

ただし，

f_j ：企業の生産要素の効率パラメータ

a_{ij} ：企業の生産要素のシェアパラメータ

さらに社会資本の効率パラメータを社会資本ストックの関数として以下のように定式化する。これは社会資本ストックが新古典派成長理論における技術水準を説明していることを意味している。

$$f_j'(f_{3j}) = f_j f_{3j}^{a_{3j}} \quad (4)$$

ただし，

f_j ：生産技術の効率パラメータ

a_{3j} ：生産技術のシェアパラメータ

ここで生産要素を $i=1$ ：労働力， $i=2$ ：資本， $i=3$ ：社会資本ストックとする。

2 - 3 世帯の行動モデル

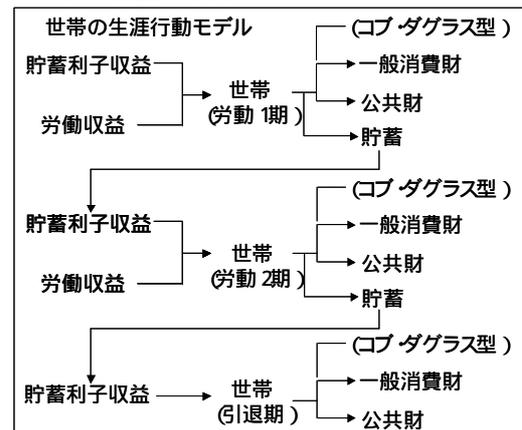


図 - 3 代表的世帯のモデル構造

世帯は図 - 3 の構造にしたがい労働の対価として得た所得と資本収入から，一般消費財 ($j=1,2,3$) と政府により供給される公共財 ($j=4$) の消費と貯蓄を行う。また世代 t における代表的世帯の生涯効用 U_t は生存期間 s 期間 ($s=1,2,3$) の消費水準 C_s に依存するものと考え，その和を生涯効用と仮定する。ここで生涯効用関数を以下のように相対的危険回避度一定型で定式化する。

$$U_t = \sum_{s=1}^3 (1+d)^{-(s-1)} \frac{C_s^{1-g}}{1-\frac{1}{g}} \quad (5)$$

ただし，

g ：世帯の異時点間の代替弾力性

d ：世帯の異時点間の時間選好率

C_s ：世代 t の生存期間 s における消費量

また世帯生存期間 3 期間のうち最初の 2 期間を労働期と仮定し、労働期においては労働供給の対価として得た所得の一部を将来のために貯蓄する。その所得を消費と貯蓄・投資行動に振り分ける。3 期間目には引退し、貯蓄の元利合計をすべて消費する。ここでは次世代に対し資産を残さない利己的行動を仮定する。また世帯は労働 1 期目において公債を購入し、2 期後(引退期)に償還される。本研究では公債償還の費用を他世代が負担する(政府に徴収される)と仮定し、公債の世代間所得移転効果を表現する。労働期および引退期の予算制約と生涯の予算制約は以下ようになる。

$$V = \max U(C_1, \dots, C_s) \quad (6)$$

$$s.t. \sum_{s=1}^3 \frac{(1+t_c)q_s C_s}{(1+r)^{s-1}} = \sum_{s=1}^2 \frac{(1-t_p)w_1 L_s}{(1+r)^{s-1}} + \sum_{s=1}^2 \frac{T_s}{(1+r)^{s-1}} \quad (7)$$

労働期予算制約 $s=1,2$

$$(1+t_c)q_s C_s = (1+r)S_s + (1-t_p)w_1 L_s - S_s - B_s - T_s \quad (8)$$

引退期予算制約 $s=3$

$$(1+t_c)q_s C_s = (1+r)S_s + (1+r)^2 B_s \quad (9)$$

ただし、

- V : 間接効用関数
- U : 世帯の生涯効用
- L_s : 世帯の生存期間 s 期間労働保有量
- B_s : 世帯の生存期間 s 期間公債購入量
- S_s : 世帯の生存期間 s 期間貯蓄量
- T_s : 世帯の生存期間 s 期間での償還負担一括税
- t_c : 消費税率
- t_p : 労働所得税率
- r : 時間割引率

以上の制約条件と効用関数のもとで最大化問題を解くと各生存期間での消費量が求まる。

$$C_{s+1} = \left(\frac{q_s}{q_{s+1}} \right)^{\beta} \left(\frac{1+r}{1+d} \right)^{\beta} C_s \quad (10)$$

次に各生存期間 s 期間 ($s=1,2,3$) における財消費の効用については以下のように最大化問題を定式化する。

$$C_s = \prod_{j=1}^4 X_{j,s}^{I_j} \quad (j=1, \dots, 4) \quad (11)$$

$$s.t. \quad q_s C_s = \sum_{j=1}^4 (1+t_c) p_{j,s} X_{j,s} \quad (12)$$

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 1 \quad (13)$$

ただし、

- $X_{j,s}$: 世帯の第 j 個別消費財需要量
- I_j : 世帯の消費に関する調整シェアパラメータ
- I_4 : 世帯の公共サービス消費シェアパラメータ
- t_c : 消費税率
- t_p : 労働所得税率
- $p_{j,s}$: 第 j 財個別消費財価格
- q_s : 合成消費財価格

以上の消費に関する効用関数の最大化問題を解くと次のような第 j 消費財の需要関数が得られる。

$$X_{j,s} = \frac{I_j}{1-I_4} \frac{q_s C_s}{p_{j,s}} = I_j' \frac{q_s C_s}{p_{j,s}} \quad (14)$$

ただし、 I_j' : 世帯の消費に関するシェアパラメータ

2 - 4 政府の行動モデル

政府は利子所得税、給与所得税、消費税による税収と公債発行から収入を得て、公共支出に充てるものとする。支出の内訳は世帯の公共(政府)サービス消費、新規社会資本整備、維持管理費用の 3 つと仮定する。

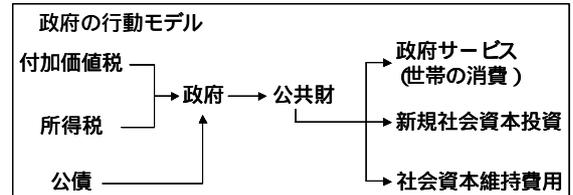


図 - 4 政府の行動モデル

第 t 時点における政府収入 R_t は以下の式で示される。

$$R_t = \sum_{i=t+1}^{t+3} \sum_{j=1}^3 N_i t_c q_i X_{j,t} + \sum_{i=t+1}^{t+3} N_i t_p w_1 L_i + t_y w_2 \sum_{i=t+1}^{t+3} N_i S_{i,t-1} + B_t \cdot L_t \quad (15)$$

ただし、

- N_t : t 時点の各世代の人口
- L_t : t 時点の各世代の労働供給量
- B_t : t 時点の公債発行量
- $X_{j,t}$: t 時点の第 j 消費財の最終需要量
- $S_{i,t-1}$: 各世代の資本供給量
- w_1 : 労働賃金率
- t_y : 所得税率
- q_t : 合成消費財価格

政府は得られた税収を社会資本整備、公共サービス(公

共財供給),維持管理費用の3つにそれぞれ配分するため政府の需要は(17), (18), (19)の3つに分けられる.

$$X_{4,t} = \frac{R_t}{p_{4,t}} \quad (16)$$

$$X_{4h,t} = (1 - e_1 - e_1 \cdot e_2) R_t \quad (17)$$

$$\Delta G_t = e_1 \cdot \frac{R_t}{p_{4,t}} \quad (18)$$

$$M_t = e_1 \cdot e_2 \cdot \frac{R_t}{p_{4,t}} \quad (19)$$

ただし,

e_1 : 社会資本ストックのパラメータ

e_2 : 維持管理費用のパラメータ

$X_{4,t}$: t時点の政府の公共財消費量

$X_{4h,t}$: t時点の世帯の公共財(サービス)消費量

ΔG_t : t時点の新規社会資本ストック量

M_t : t時点の維持管理費用

$p_{4,t}$: t時点の公共財価格

R_t : t時点の政府公共支出

社会資本ストックは時点毎に蓄積され,時間経過に応じて資本価値が減耗するものと仮定する.蓄積と資本減耗の式を以下に示す.

$$G_{t+1} = \Delta G_t + (1 - q)G_t \quad (20)$$

ただし,

q : 社会資本の減耗率

G_t : t時点の社会資本ストック

G_{t+1} : t+1時点の社会資本ストック

2 - 5 経済均衡の条件

本研究では企業の生産関数を規模に関して収穫一定と仮定しているため,企業は常に需要に見合うだけの生産を行う.消費財市場($j=1,2,3$),公共財市場($j=4$),投資財市場($j=5$)の3市場を想定し,それぞれの均衡条件を示す.

$$Q_{j,t} = \sum_{s=t+1}^{t+3} X_{j,t,s} N_t \quad (j=1,2,3) \quad (21)$$

$$Q_{4,t} = X_{4,t} = \frac{R_t}{p_{4,t}} \quad (j=4) \quad (22)$$

$$Q_{5t} = \frac{\sum_{s=t+1}^{t+3} N_t I_t}{p_{5,t}} \quad (j=5) \quad (23)$$

ただし,

I_t : t時点での各世代の投資量

$p_{5,t}$: t時点での投資量価格

よって以下の生産要素市場のみが均衡条件として成立する.

$$\sum_{j \in J} w_1 [Q_j D_{l_j}(w_1, w_2)] = \sum_{t=t+1}^{t+3} N_t L_t \quad (24)$$

$$\sum_{j \in J} w_2 [Q_j D_{k_j}(w_1, w_2)] = \sum_{t=t+1}^{t+3} N_t K_t \quad (25)$$

ただし,

L_t : t時点での各世代の労働供給量

K_t : t時点での各世代の資本供給量

この2式は生産要素財価格(w_1, w_2)が未知数であるため,均衡計算の実施で均衡価格を求めることができる.

2 - 6 厚生計測

各世代の生涯効用を集計し,社会的厚生を求める.厚生を計測するときの割引率として社会的割引率を用い,社会的厚生を式(26)のように定義した.ここでは生涯効用を集計できる世代t+3からモデルが定常状態となった場合に生存する世代Tまでの各世代生涯効用を集計した.

$$W = \sum_{t=t+3}^T \frac{U_t}{(1+r)^t} \quad (26)$$

ただし,

W : 社会的厚生

U_t : 各世代の生涯効用

r : 時間割引率

3. 数値シミュレーション

3 - 1 シミュレーションの仮定

- ・マクロ集計された日本全体を対象とする.
- ・企業の産業区分を5部門(第1次産業,第2次産業,第3次産業,公共財,投資財)とする.
- ・毎時点一定量の公債を発行することで,一定の新規社会資本整備を行うとする.

3 - 2 データセット

本研究では応用一般均衡モデルに基づいて定式化を行っているため,基準年において観察された経済状態を均衡状態と仮定し,この均衡状態と整合的なモデルのパラメータを求める必要がある.そのパラメータはキャリブ

レーションと呼ばれる手続き¹⁾によって導出される。なお、モデル内のデータセットとその出典については下記の表 - 1 にまとめた。

表 - 1 パラメータと変数の出典

パラメータ	出典
d : 世帯の生涯効用に関する時間選好率	既存研究 ⁵⁾
g : 世帯の効用に関する異時点間代替弾力性	既存研究 ⁵⁾
l_j' : 世帯の消費に関するシェアパラメータ	産業連関表 ⁹⁾
l_4 : 世帯の公共サービス消費のシェアパラメータ (=0.4)	設定変数 (任意)
a_{ij} : 企業の生産要素のシェアパラメータ	産業連関表 ⁹⁾
a_{3j} : 企業の生産技術のパラメータ	既存研究 ¹⁰⁾
f_j' : 企業の生産要素の効率パラメータ	産業連関表 ⁹⁾
e_1 : 社会資本ストックのシェアパラメータ	既存研究 ⁶⁾
e_2 : 維持管理費用のシェアパラメータ	既存研究 ⁸⁾
q : 社会資本の減耗割合	既存研究 ⁷⁾
n : 人口成長率	既存研究 ⁵⁾
G_t : 社会資本ストック	既存研究 ⁶⁾
$S_{t,t-1}$: 世帯の貯蓄量 = 次期の民間資本	産業連関表 ⁹⁾

3 - 3 計算結果

社会的厚生を評価指標として最適政策ルールを求めるための数値分析をおこなった。CASE0にて社会的厚生を最大化する最適政策ルールの存在を確認したあと、表 - 2 のケース設定にて最適政策ルールの挙動を分析した。CASE1は効用関数の公共サービス消費シェアパラメータの変化、CASE2は公債発行水準の変化、CASE3は人口参入率の変化、CASE4は社会的割引率の変化、CASE5は財政に占める維持管理費用の変化である。CASE4を除くこれらの結果を図 - 5から図 - 9に表した。

表 - 2 シミュレーションの想定ケース

	公共サービス消費シェア	公債発行水準	人口参入率	時間割引率	維持管理費用シェア
CASE0	固定	固定	固定	固定	固定
CASE1	変化	固定	固定	固定	固定
CASE2	固定	変化	固定	固定	固定
CASE3	固定	固定	変化	固定	固定
CASE4	固定	固定	固定	変化	固定
CASE5	固定	固定	固定	固定	変化

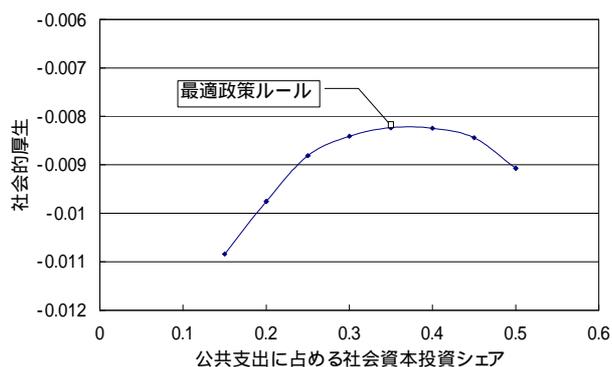


図 - 5 CASE0結果

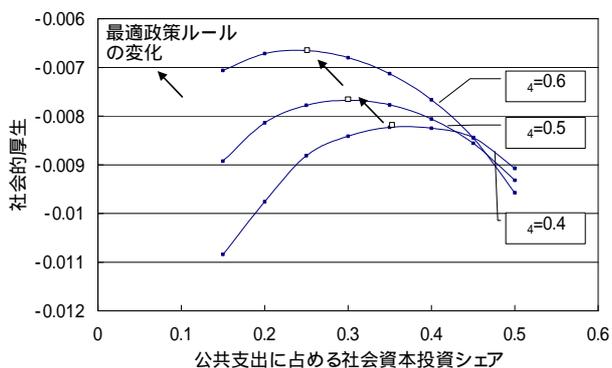


図 - 6 CASE1結果

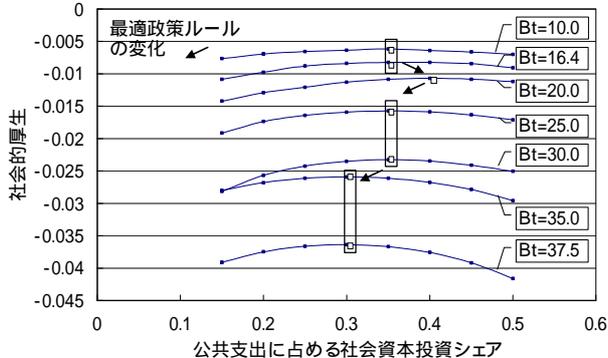


図 - 7 CASE2結果

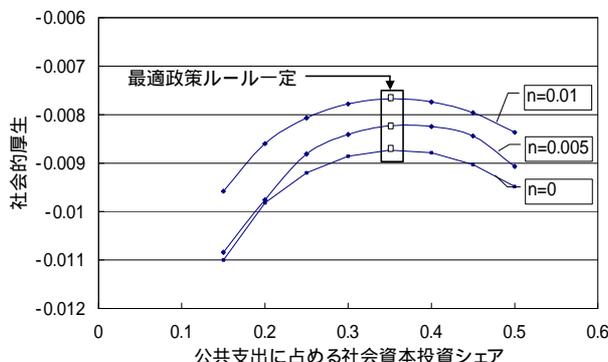


図 - 8 CASE3結果

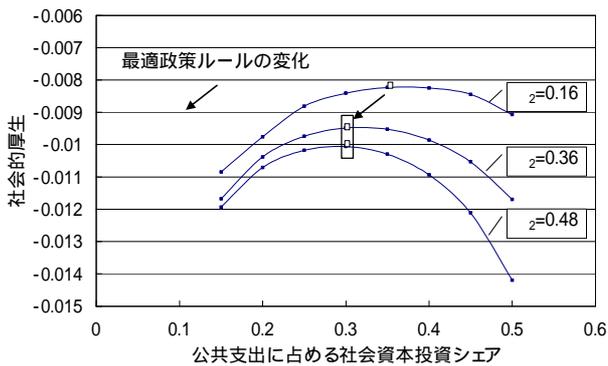


図 - 9 CASE5結果

CASE1は効用関数の公共サービス消費シェアが変化した場合である。この結果は、福祉政策などのフローの政策を世帯がより選考した場合、社会資本整備の政策ルールを低くする必要があることを意味している。

CASE2は公債発行水準が変化した場合である。この結果は、公債発行水準が比較的小さい場合には世代間の所得移転効果のみが働き、 $H7$ の公債発行水準 $B_t = 16.4$ より大きいときに最適政策ルールが増加する以外には社会資本整備の政策ルールはほとんど変更する必要が無いことを意味している。一方、公債発行額が大きくなると、将来の財政への影響が過大となり、社会資本整備の政策ルールを低下させる必要があることを意味している。

CASE3は人口参入率が変化した場合である。この結果は、人口参入率が変化しても政策ルール(財政支出に占める社会資本整備の割合)を変更する必要が無いことを意味する。一方、額ベースでは、社会資本整備の整備水準を人口参入率、すなわち人口成長に比例して変更する必要があることを意味している。

CASE5は維持管理費用が変化した場合である。この結果は、震災直後のように、耐震整備など社会資本整備の維持管理費用が増加した時には、社会資本整備の投資政策ルールを低下させる必要があることを意味している。

4. おわりに

本研究では社会資本整備を対象とした世代重複型応用一般均衡モデルを構築した。また実証分析として、新規社会資本整備水準量を決定する際の最適政策ルールの分析をおこなった。モデルの定式化において、企業の行動、

世帯の行動に社会資本ストックなどの動学変数のメカニズムを明示的に取り込んだことにより社会資本ストックの効果が世帯および企業の主体的行動に影響することを消費量、資本量、財価格の変化などを通じて表現できることがわかった。同時に世帯の効用関数に公共財(サービス)消費を取り込むことで公共サービスと社会資本整備に関する代替関係を明示できた。またこのモデルを用いることで従来のモデルが表現できない社会資本投資量の変化に伴う世帯の生涯効用変化を表現し、計測することができた。本研究の成果は、社会資本投資政策ルールの最適点が存在することおよび社会経済状態の変化と最適投資政策ルール変化の関係を明らかにしたことである。

【参考文献】

- 1) J.B.Shoven and J. Whalley : Applying General Equilibrium , Cambridge University Press, 1992 (「応用一般均衡分析：理論と実際」, 小平裕訳, 東洋経済新報社, 1993)
- 2) 市岡修：応用一般均衡分析, 有斐閣, 1991
- 3) 橋本恭之：他部門多世代重複モデルによる税制改革の分析, 関西大学経済論集, 経済研究, 1977
- 4) 井堀敏之：公共経済の理論, 有斐閣, 1996
- 5) 橋本恭之, 上村敏之：村山税制改革と消費税複数税率化の評価, 日本経済研究, No.34, 1998
- 6) 経済企画庁総合計画局：日本の社会資本 - 21世紀へのストック -, 東洋経済新報社, 1998
- 7) 本間正明・跡田直澄研究室：最適社会資本配分 - 21世紀に適した日本型社会資本整備 -, ISFJ論文, 2000
- 8) 建設省建設政策センター：わが国経済社会の長期展望と社会資本整備のあり方に関する研究, PRCNOTE23号, 1999.3
- 9) 総務庁：平成7年度産業連関表, 総務庁, 1995
- 10) 小池淳司・上田孝行・伊藤克彦：社会資本ストック整備効果計測に関する研究 - 応用一般均衡モデルと生産関数アプローチによる理論的・実証的比較, 土木計画学研究・講演集, Vol.24, CD-ROM, 2000