

動学的一般均衡モデルによる社会資本投資政策 の世代別帰着便益分析

瀬木 俊輔¹・小林 潔司²

¹正会員 京都大学経営管理大学院 (〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)
E-mail: segi.shunsuke.6e@kyoto-u.ac.jp

²フェロー会員 京都大学経営管理大学院 (〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)
E-mail: kobayashi.kiyoshi.6n@kyoto-u.ac.jp

本研究は、政府の長期的な予算制約と社会資本の劣化速度を考慮した、世代重複モデル型の動学的一般均衡モデルを構築した。その上で、社会資本の投資政策と長寿化政策、および、その資金の調達方法が、世代別の厚生に与える影響を分析した。また、将来の人口動態や技術水準の推移に応じた社会的割引率の調整について、動学的効率性と世代別の厚生への影響の観点から考察を行った。数値計算による分析の結果、将来の人口や技術水準が低く推移する際には金利が低下するが、この金利を社会的割引率として費用便益分析を行うことにより、動学的効率性・世代間公平性の改善が期待される、といった知見が得られた。

Key Words : *dynamic general equilibrium model, overlapping generations model, intergenerational distribution of benefit, cost benefit analysis*

1. はじめに

今後の日本では、人口の減少と高齢化の進展に伴い、国・地方の財政的な制約が厳しくなっていくことが予想されている。勤労者世代の人口の減少が税収の増加を困難にするとともに、高齢者世代の人口の増加は高齢者に給付される社会保障費の増加をもたらす。このように厳しい財政的な制約の中で、社会資本投資事業の効果を詳細に評価すること、そして、必要な事業であればその財源を適切な手段により確保していくことが、今後ますます重要になっていくと考えられる。

社会資本は一般に長い耐用年数を持っており、投資事業により整備された社会資本は、除却もしくは更新されるまでの数十年以上の期間にわたり、便益を生み出し続ける。したがって、投資事業の便益は非常に幅広い世代に対して、異なる割合で帰着することになる。また、投資事業の費用は、その調達方法（税金、起債、基金等）に依存して、世代ごとに異なる割合で帰着する。この便益と費用の世代別の帰着分布が、社会的な公正性の観点から見て望ましくない場合には、投資事業の費用の調達方法を工夫することにより、公正性の高い便益の世代間配分を実現することが求められると言える。そのためには、社会資本投資事業、および、その費用の調達方法が、世代別の厚生に与える影響を評価する必要がある。同様の議論は、社会資本の長寿化事業についても成立する。社会資本に対する長寿化事業は、更新費用の低減や資本ストックの増加等を

通じて将来世代の厚生を増加させる¹⁾。よって、長寿化政策についても、その便益の世代別の帰着分布の性質について、費用の調達方法と併せて評価する必要があると言える。

また、投資事業の便益は長期間にわたり発生するため、事業の便益の割引現在価値は、社会的割引率の値に大きく依存する。したがって、適切な社会的割引率を用いなければ、動学的効率性の観点から必要な事業を不要と評価する可能性がある。しかし、人口の減少と高齢化の進展に伴い経済環境が変化する中で、過去の異なる経済環境の下で定められた割引率が、効率性の観点から見て適切となる保証は無い。効率性の高い社会資本投資政策の実施のためには、人口減少・高齢化社会における社会的割引率の調整について議論する必要がある。また、この際、そのような調整の妥当性について、世代間公平性の観点から検討を行うことも必要である。

社会資本投資事業の便益やその空間的な帰着分布の評価に関しては、従来より、空間的应用一般均衡 (SCGE) モデルを用いた分析が行われてきた。しかしながら、社会資本投資事業の便益の世代別の帰着分布に関して動学的一般均衡 (DGE) モデルを用いて分析を行った研究は限られている。本研究は、政府の予算制約を明示的に考慮した、世代重複モデル型の動学的一般均衡モデルを構築する。その上で、社会資本の投資政策と長寿化政策、および、その資金の調達方法が、世代別

の厚生に与える影響を分析する。また、将来の人口動態や技術水準の推移に応じた社会的割引率の調整について、動学的効率性と世代間公平性の観点から分析を行う。分析は数値シミュレーションにより行うが、その際、現実の日本の社会経済データを用いてパラメータ設定を行う。以下、**2.**では、本研究の基本的な考え方を述べる。**3.**では、分析に用いるモデルの定式化を行う。**4.**では、社会資本の投資政策と長寿命化政策の純便益の世代別の帰着分布に関する分析を行う。**5.**では、将来の人口動態や技術水準の推移に応じた効率的な社会的割引率の調整について分析するとともに、このような割引率の調整が各世代の厚生に与える影響について、世代間公平性の観点から考察を行う。

2. 本研究の基本的な考え方

(1) 動学的一般均衡モデルの概要

従来より、社会資本投資事業の経済的な便益を評価する手段として応用一般均衡 (CGE) モデルが活用されてきた。特に、地域間物流や地域間人流を表現した空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルは、政策が地域別・産業別の経済活動に与える影響や、政策実施の便益の空間的な帰着分布を分析可能であるため、交通整備事業をはじめとする社会資本投資事業の効果の分析に利用されている^{2), 3)}。応用一般均衡モデルは、静学的なモデルと動学的なモデルに分類することが可能であり、後者は特に動学的応用一般均衡 (DCGE) モデルと呼ばれることがある⁴⁾。動学的応用一般均衡モデルは、内生変数の時間的推移を分析可能な応用一般均衡モデルであり、経済成長や資本蓄積、人口構成の変遷など、動学的な現象を考慮したうえで政策の評価を行うことが可能なモデルである。

DCGE モデルは、将来時点の社会経済環境に関する変数が現在時点の主体 (家計や企業等) の行動に影響を与えるモデルと、そうでないモデルに分けることができる^{4), 5)}。前者は rational expectations (合理的期待) モデルや forward looking モデルと呼ばれる。また、後者は recursive dynamic (逐次動学) モデルや backward looking モデルと呼ばれる。合理的期待モデル、逐次動学モデルともに、様々な動学的応用一般均衡モデルが開発されており、社会資本投資政策の評価にも応用されている。例えば、檜垣ら³⁾は逐次動学の動学的 SCGE モデルを用いて、港湾整備の便益評価を行っている。また、小池ら⁶⁾は、合理的期待の CGE モデルを用いて、社会的に最適な社会資本投資水準に関する分析を行っている。

合理的期待を採用した動学的一般均衡モデルは、家計が無限の計画期間を持つモデルと、有限の計画期間

を持つモデルに分類できる。前者は、古典的な Ramsey モデル⁷⁾と同様に、王朝型の効用関数を持つ家計を想定している。すなわち、家計は自らの子孫の効用も考慮して消費・貯蓄の意思決定を行うと仮定する。後者は世代重複モデルであり、家計は自らの子孫の効用は考慮せずに消費・貯蓄の意思決定を行うと仮定する。伴⁴⁾は前者の枠組みを用いて、多地域の DCGE モデルを開発している。世代重複型の一般均衡モデルは、人口構成の変遷に関わる経済問題を分析する際に多用されている。例えば、De Nardi et al.⁸⁾は、世代重複型の一般均衡モデルを用い、人口の減少と高齢化が進行する社会における社会保障制度と税制について分析を行っている。こうした研究で採用されているモデルの多くは、産業を一部門に集約化したモデルであり、応用一般均衡モデルではない (動学的一般均衡モデルや DGE モデルと呼ばれる)。ただし、多部門の産業を表現した世代重複型 CGE モデルも開発されている^{6), 9)}。世代重複型の DGE モデルには、政策の実施が各世代の家計の厚生に与える影響を明示的に評価可能であるという利点が存在する。本研究では、産業を一部門に集約化した世代重複型 DGE モデルを用いて、社会資本投資政策の純便益の世代別の帰着分布に関する分析を行う。

(2) 世代間会計と本研究の分析の関係

経済学の分野においては、世代間会計 (generational accounting) と呼ばれる財政の持続可能性を分析する手法が存在する¹⁰⁾。この手法は、政府の通時的な予算制約が満たされるという前提の下で、現在から将来にわたる各世代の税金の純負担額 (生涯に政府に支払う税金と政府から受け取る給付の差額の割引現在価値の総額) を計算するものであり、Kotlikoff¹¹⁾によって開発された。この手法を用いると、社会保障制度や税制について、財政の持続可能性や世代間公平性の観点から議論を行うことができる。この手法は、日本をはじめとする多くの国の政府機関により、財政の持続可能性の分析に応用されている¹²⁾。

本研究は、世代間公平性の観点から社会資本投資政策の世代別帰着便益を分析するという意味では、世代間会計と似た視点を持っている。しかし、世代間会計は本研究の分析に用いることはできない。世代間会計は、経済活動や家計・企業の行動に関するモデルを必要とせず、政府の通時的な予算制約式のみから世代別の税金の純負担額を計算する。これは、手法の扱いやすさや客観性の観点からは長所となるが、同時に手法の適用限界をもたらす。社会資本投資政策の便益は、生産性の向上による国民所得の増加や、生活環境の向上による国民の厚生増進の形で現れる。これらの便益は、経済活動や家計の選好を表現するモデルを用いなければ

ば評価することができない。また、社会資本投資は生産性の向上による国民所得の増加を通じて、税収の増加等をもたらす。政府の通時的な予算制約にも影響を及ぼす。世代間会計では、このような影響を評価することもできない。社会資本投資政策の純便益の世代別の帰着分布を分析するためには、本研究が分析に用いる DGE モデルのように、社会資本の効果を明示的に表現した経済モデルが必要となる。

(3) 世代重複型 DGE モデルと社会資本投資政策分析

世代重複型の DGE モデルを用いて社会資本投資政策を分析した研究としては、小池ら⁶⁾と川出ら¹⁴⁾が存在する。小池らのモデルは多部門 DCGE モデルであり、川出らのモデルは一部門 DGE モデルである。どちらの研究においても、数値シミュレーションにより分析が行われている。小池らは社会厚生関数を定義し、社会的に最適な社会資本投資ルールについて分析を行っている。ただし、政策が世代別の厚生に与える影響については分析していない。川出らは公共投資・公債残高・税率の時間推移についていくつかの外生的なシナリオを設定し、経済活動や家計の厚生水準をシナリオ間で比較している。その上で、増税により公共投資を増やす場合、現在世代は課税のコストを払う一方で社会資本の便益を十分受けられずに亡くなってしまったため、生涯効用が低下するのに対して、将来世代はコストを負担せずに社会資本の便益を受けるため、生涯効用が増加することを示している。

本研究では、社会資本投資政策と事業費用の調達方法（増税・起債・基金の積み立て）の組み合わせにより、社会資本投資政策の純便益の世代別の帰着分布がどのように変化するかを詳細に分析する。世代重複型の DGE モデルにおいては、公債の発行により将来世代から現在世代への所得移転を行うことや、基金の積み立てにより現在世代から将来世代への所得移転を行うことができる¹⁵⁾。川出ら¹⁴⁾も、財政赤字を伴う公共投資が各世代の厚生に与える影響を分析しているが、ここでは、発行した公債を償還せずに公債残高を一定に保つような政策が考えられている。その結果、財政赤字を伴う公共投資が現在世代の厚生を改善する一方で、将来世代の厚生を犠牲にするとともに、将来世代の厚生の世代間格差を拡大することを示している。しかし、これは数値シミュレーションのシナリオに依存した結果であると考えられる。財政赤字を伴う社会資本投資が将来世代の厚生を改善するか否かは、公債残高や発行された公債の返済計画に依存する。実際、本研究の分析事例においては、財政赤字を伴う社会資本投資が将来世代の厚生を改善することが示される。また、本研究では、社会資本の長寿命化政策についても、その

純便益の世代別の帰着分布を分析する。その上で、社会資本投資政策と長寿命化政策の純便益の世代別の帰着分布の性質について、将来世代ほど長寿命化政策の便益を大きく受けるという点において、類似性があることを指摘する。

また、本研究は、社会的割引率の調整に関する分析を行う。社会資本の生み出す便益の大きさは、投資事業の費用の調達方法だけではなく、将来の人口構成や技術水準の推移にも依存する。人口減少や高齢化が進行する場合や、技術革新が進まない場合には、将来の生産活動が低下するために社会資本の生み出す便益も低下する。効率性の観点からは、純便益が正ではない投資事業は行うべきではないから、人口や技術水準が低く推移する想定の下では、高く推移する想定の場合と比較して社会資本投資の水準を減らすことが適切となる。しかし、人口や技術水準が低く推移する場合には、将来世代の厚生水準も低下することに注意する必要がある。社会資本投資の便益の想定が低いからといって、社会資本投資を安易に大きく減らせば、将来世代は生産活動の低下による厚生の低下に加え、社会資本ストックの減少による厚生の低下も受けることになる。瀬木・小林¹³⁾は、世代間公平性の観点から、このような将来世代の厚生の低下を抑えるべきという考えに立つのであれば、社会的割引率を下げ、将来の便益を高く評価する必要があることを議論している。本研究は、内生的に定まる利子率を社会的割引率として用いて費用便益分析を行うことにより、効率性の観点から望ましいだけでなく、将来世代の厚生の低下を抑えるような社会資本投資政策が実施されることを指摘する。

以上のように、社会資本の長寿命化政策の純便益の世代別の帰着分布や、将来の人口構成と技術水準の推移に応じた社会的割引率の調整に関して分析や考察を行った研究は、筆者らの知る限り存在しない。

3. モデルの定式化

(1) 人口動態

時間を $t = 0, 1, 2, \dots$ のように離散的に表現する。1 期間は 1 年に相当する。 $t = 0$ は現在時刻を表す。ある時刻 t において国内に存在する家計は、その年齢 s に応じて、 $s = 0, 1, 2, \dots, J$ の $J + 1$ 種類の家計に分類される。年齢 $s = 0$ は、家計が経済活動に参入する年齢を表す（個人が出生した年齢ではない）。年齢 $s = J$ は、家計が生存できる限界の年齢であり、この年齢の家計はその年の期末に確実に死亡する。また、年齢が $s < J$ の家計であっても、その年の期末に一定の確率で死亡する。ある時点において年齢 0 である家計が、年齢 s ($0 \leq s \leq J + 1$) になるまで生存し続けられる確率

を Φ_s と表す。医療技術の進歩による平均寿命の増加は考えず、 Φ_s は通時的に一定の値を取ると仮定する。定義上、 Φ_s は以下の条件を満たす必要がある。

$$1 = \Phi_0 \geq \Phi_1 \geq \Phi_2 \geq \dots \geq \Phi_J > \Phi_{J+1} = 0 \quad (1)$$

時刻 t において年齢 s である家計の人口を $N_{s,t}$ で表す。この人口は十分に大きく、各年齢の家計の総人口の推移過程には不確実性が存在しないとする。時刻 t において年齢 s である家計の人口のうち、期末に死亡せずに来年度の期首を迎えることができる家計の割合は Φ_{s+1}/Φ_s と表すことができる。よって、年齢別の家計の総人口の推移に関して、以下の式が成立する。

$$N_{s+1,t+1} = \frac{\Phi_{s+1}}{\Phi_s} N_{s,t} \quad (0 \leq s \leq J) \quad (2)$$

初期時刻 $t = 0$ における年齢別の家計の人口 $\{N_{s,0}\}_{s=0}^J$ 、および、 $t = 1$ 以降における年齢 0 の家計の人口 $\{N_{0,t}\}_{t=1}^{\infty}$ は外生的に与えられる。 $N_{s,t}$ ($1 \leq s \leq J, t \geq 1$) については、外生的に与えられる人口を基に、式 (2) を用いて計算される。

人口動態に関する集計的な数値として、総人口と高齢者人口の定義を行う。時刻 t における総人口 TN_t は、その時刻における家計の総数に一致する。

$$TN_t = \sum_{s=0}^J N_{s,t} \quad (3)$$

この総人口の定式化は、経済活動に参入していない個人の人口を無視している。家計は年齢 $s = R$ ($0 < R \leq J$) に退職し、それ以降の年齢においては労働力の供給を行わない。労働力の供給を行わない家計を高齢者の家計として定義し、高齢者の家計の総数を高齢者人口として定義する。このとき、時刻 t における高齢者人口 EN_t は、

$$EN_t = \sum_{s=R}^J N_{s,t} \quad (4)$$

と表すことができる。

(2) 家計の行動

年齢が $0 \leq s < R$ の家計の所得は、労働力の供給により得られる賃金、政府から給付される社会保障費、遺産相続の三つから構成される。家計は、これらの所得から消費活動への支出を行うとともに、余った所得を貯蓄する。この関係を、以下の予算制約式により表す。

$$\begin{aligned} & \omega_{s,t} + (1 - \tau_{w,t})e_s w_t + ss + beq_t \\ & = (1 + \tau_{c,t})c_{s,t} + \frac{\omega_{s+1,t+1}}{1 + r_t} \quad (0 \leq s < R) \end{aligned} \quad (5)$$

この予算制約式は、時刻 t において年齢 s の家計の1期間の予算制約式を表す。 $\omega_{s,t}$ は時刻 t において年齢 s の家計の保有資産額を表す。 w_t は時刻 t において労働力1単位の供給に対して支払われる賃金を表す。家計が保有する労働力は年齢によって異なる。 e_s は年齢 s の

家計が保有する労働力を表す外生的な定数である。 $\tau_{w,t}$ は時刻 t において賃金に課税される所得税率を表す。 ss は年齢に依存せず給付される社会保障費を表す。この社会保障費の金額は通時的に一定である。 beq_t は時刻 t における家計の遺産相続額を表す。本研究のモデルにおいては、家計が一定の確率で死亡するため、死亡した家計の資産が遺産として他の家計に相続される。この遺産は、全ての家計が均等に相続するとし、その金額を beq_t で表す。 beq_t の決まり方については、後に定式化を行う。 $c_{s,t}$ は時刻 t において年齢 s の家計の消費額を表す。 $\tau_{c,t}$ は時刻 t において消費に課税される消費税率を表す。 r_t は時刻 t における金利を表す。 $\omega_{s+1,t+1}/(1 + r_t)$ は、時刻 t の期末において年齢 s の家計が保有する資産額を表す。この資産には r_t の金利が付くため、翌年の時刻 $t+1$ において年齢 $s+1$ となった家計は $\omega_{s+1,t+1}$ の金額の資産を保有することになる。このように、本研究では、金利の受取・支払いを明示的に表さない予算制約式の定式化を用いる¹⁶⁾。

年齢が $R \leq s \leq J$ の高齢者の家計の所得は、政府から給付される社会保障費と遺産相続の二つから構成される。家計は、これらの所得と蓄積した資産から消費活動への支出を行う。この関係を、以下の予算制約式により表す。

$$\begin{aligned} & \omega_{s,t} + ss + sse + beq_t \\ & = (1 + \tau_{c,t})c_{s,t} + \frac{\omega_{s+1,t+1}}{1 + r_t} \quad (R \leq s \leq J) \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、 sse は高齢者に対してのみ支給される社会保障費を表す。この社会保障費の金額は通時的に一定である。高齢者の家計も勤労者世代の家計と同様に、年齢に依存せず給付される社会保障費 ss を受け取る。 sse の値を正に設定することにより、高齢者人口の増加による社会保障費の給付額の増加を表現することができる。年齢 0 の家計は、資産を保有しない状態で経済活動に参入する。また、年齢 J の家計は、保有する資産を全額消費に支出する（負債を抱えている場合には負債を全額返済する）。よって、以下の式が成立する。

$$\omega_{0,t} = 0 \quad (7a)$$

$$\omega_{J+1,t+1} = 0 \quad (7b)$$

時刻 t において年齢 j の家計は、以上の予算制約に関する条件の下で、以下の期待生涯効用 $U_{j,t}$ を最大化するように現在から将来にわたる消費額の流列を決定する。

$$U_{j,t} = E \left[\sum_{s=j}^J \beta^{s-j} u(c_{s,t+s-j}, gp_{t+s-j}) \right] \quad (8)$$

ここで、 β は家計の効用の割引因子を表す定数であり、 $\beta > 0$ を満たす。関数 u は家計の1期間の効用を表す関数である。 gp_t は、時刻 t における単位人口当たりの

社会資本ストックであり、時刻 t における国内の総社会資本ストックを G_t とするとき、以下の式で表される。

$$gp_t = \frac{G_t}{TN_t} \quad (9)$$

家計の効用関数に社会資本ストックが入っているのは、社会資本に家計の効用を直接的に増加させる厚生効果¹⁷⁾が存在すると仮定していることによる。道路の整備により私的トリップが行いやすくなる便益や、公園の整備によりレクリエーションの質が向上する便益などは、社会資本の厚生効果を表す。単位人口当たりの社会資本ストックを用いている理由は、混雑効果を簡便に表現することである。混雑効果の存在により、効率的な社会資本水準は人口の減少に伴い減少する。本章は、家計の 1 期間の効用関数を以下のように定式化する。

$$u(c, gp) = \begin{cases} \ln(c - \psi) + \gamma \ln gp, & (\sigma = 1) \\ \frac{(c - \psi)^{1 - \sigma} gp^{\gamma(1 - \sigma)} - 1}{1 - \sigma}, & (\sigma \neq 1) \end{cases} \quad (10)$$

ここで、 σ は家計の異時点間の代替の弾力性の逆数を表す正の定数である。 ψ は生活に必要な最低限度の消費額を表す定数である。 γ は社会資本の厚生効果の大きさを表す定数である。式 (8) の E は、期待値を取る記号を表す。家計は死亡した時刻以降の効用を得ることができないため、家計の生涯効用には不確実性が存在する¹⁵⁾。現時点において年齢 j の家計が年齢 s になるまで生存し続けられる確率は Φ_s / Φ_j であるから、式 (8) の右辺の期待値を評価すると、 $U_{j,t}$ は以下のように表すことができる。

$$U_{j,t} = \sum_{s=j}^J \beta^{s-j} \frac{\Phi_s}{\Phi_j} u(c_{s,t+s-j}, gp_{t+s-j}) \quad (11)$$

以下では、家計の予算制約に関する条件の下で、式 (11) により表される期待生涯効用を最大化するような消費額の流列を求める。式 (5), (6) により表される予算制約を、一つの予算制約式に統合すると、以下の式が得られる。

$$\begin{aligned} & \omega_{j,t} + PI_{j,t} \\ & = \sum_{s=j}^J \rho_{t,t+s-j} (1 + \tau_{c,t+s-j}) c_{s,t+s-j} \end{aligned} \quad (12)$$

ここで、 $\rho_{t,\tau}$ は、時刻 t の消費財の価値を基準にしたときの時刻 τ ($\tau \geq t$) の消費財の価値を表す変数であり、

$$\rho_{t,\tau} = \begin{cases} 1, & (\tau = t) \\ \prod_{i=t}^{\tau-1} \frac{1}{1+r_i}, & (\tau > t) \end{cases} \quad (13)$$

と表される。式 (12) の右辺は、家計の生涯の消費額の割引現在価値の総和を表す。また、 $PI_{j,t}$ は、家計の生涯の所得の割引現在価値の総和を表し、

$$\begin{aligned} PI_{j,t} & = \sum_{s=j}^{R-1} \rho_{t,t+s-j} [(1 - \tau_{w,t+s-j}) \\ & \cdot e_s w_{t+s-j} + ss + beq_{t+s-j}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + \sum_{s=R}^J \rho_{t,t+s-j} [ss + sse + beq_{t+s-j}] \\ & (0 \leq j < R) \end{aligned} \quad (14a)$$

$$\begin{aligned} PI_{j,t} & = \sum_{s=j}^J \rho_{t,t+s-j} [ss + sse + beq_{t+s-j}] \\ & (R \leq j \leq J) \end{aligned} \quad (14b)$$

と表される。式 (12) を用いると、家計の効用最大化問題は、

$$\begin{aligned} & \max_{\{c_{s,t+s-j}\}_{s=j}^J} U_{j,t} \\ & s.t. (12) \end{aligned} \quad (15)$$

と表される。この解を求めると、

$$\begin{aligned} & c_{s,t+s-j} \\ & = \frac{\omega_{j,t} + PI_{j,t} - \sum_{i=j}^J \rho_{t,t+i-j} (1 + \tau_{c,t+i-j}) \psi}{\sum_{i=j}^J \rho_{t,t+i-j} (1 + \tau_{c,t+i-j}) X_{t,i,j}} \\ & \cdot X_{t,s,j} + \psi \end{aligned} \quad (16)$$

が得られる。ただし、 $X_{t,s,j}$ は、

$$\begin{aligned} X_{t,s,j} & = \left[\beta^{s-j} \frac{\Phi_s}{\Phi_j} \left(\frac{gp_{t+s-j}}{gp_t} \right)^{\gamma(1-\sigma)} \right. \\ & \left. \cdot \frac{1}{\rho_{t,t+s-j}} \frac{1 + \tau_{c,t}}{1 + \tau_{c,t+s-j}} \right]^{\frac{1}{\sigma}} \end{aligned} \quad (17)$$

と表される。家計は式 (16) に従い、消費・貯蓄を行う。

(3) 遺産

時刻 t における遺産の総額 Beq_t は、時刻 $t-1$ の期末から時刻 t の期首にかけて死亡する家計が保有していた資産の総額に等しい。時刻 $t-1$ において年齢が $s-1$ ($1 \leq s \leq J-1$) であった家計のうち、時刻 $t-1$ の期末から時刻 t の期首にかけて死亡する家計の人口は $N_{s-1,t-1} - N_{s,t}$ であるから、

$$\begin{aligned} Beq_t & = \sum_{s=1}^J (N_{s-1,t-1} - N_{s,t}) \omega_{s,t} \\ & = \sum_{s=1}^J \left(\frac{\Phi_{s-1}}{\Phi_s} N_{s,t} - N_{s,t} \right) \omega_{s,t} \\ & = \sum_{s=1}^J \left(\frac{\Phi_{s-1}}{\Phi_s} - 1 \right) N_{s,t} \omega_{s,t} \end{aligned} \quad (18)$$

が成立する。遺産の総額の一部は政府により相続税として徴収される。時刻 t における相続税率を $\tau_{b,t}$ で表す。このとき、時刻 t において家計が相続する遺産の総額は $(1 - \tau_{b,t}) Beq_t$ と表すことができる。時刻 t において生存している全ての家計は同一の遺産額 beq_t を相続するので、

$$beq_t = \frac{(1 - \tau_{b,t}) Beq_t}{TN_t} \quad (19)$$

が成立する。

(4) 企業の行動

国内に存在する企業を一つの代表的企業に集計化して表す。企業の生産する財は、消費財としても投資財としても利用することができる。この財を価値尺度財とする。企業は労働力と民間資本を投入してこの財を生産する。この企業の生産技術は、労働力と民間資本について収穫一定である。また、社会資本には企業の生産性を高める生産力効果が存在し、社会資本ストックが多いほどこの効果は強くなる。以上の前提の下に、この企業の生産技術を表す生産関数を次のように定式化する。

$$Y_t = G_t^{\alpha_g} K_t^{\alpha_k} (A_t L_t)^{1-\alpha_k} \quad (20)$$

ここで、 Y_t は時刻 t における財の生産量を表す。 Y_t は時刻 t の GDP (国民総生産) も表す。 K_t は時刻 t における民間資本ストックを表す。民間資本は企業が所有しており、企業は所有する民間資本を全て生産活動に投入する。 L_t は時刻 t における企業の労働力の投入量を表す。 A_t は時刻 t における企業の技術水準を表し、外生的に与えられる。時間の経過に伴い A_t を外生的に増加させることにより、ハロッド中立型の技術進歩を表現することができる。 α_k は $0 < \alpha_k < 1$ を満たす定数である。 α_g は社会資本の生産力効果の大きさを決める定数であり、 $G_t^{\alpha_g}$ は社会資本の生産力効果を表す。

時刻 t における企業の利潤 π_t は、財を売って得られる収入 Y_t から、労働力の対価として支払う賃金 $w_t L_t$ を差し引いた金額となる。

$$\pi_t = Y_t - w_t L_t \quad (21)$$

この利潤の一部は法人税として政府に徴収される。また、利潤の一部は企業の民間投資に充てられる。残りの利潤は、配当として企業の所有者である株主に配分される。時刻 t における企業の配当総額 Dev_t は、次のように表される。

$$Dev_t = \pi_t - \tau_{k,t}(\pi_t - \delta_k K_t) - I_t^k \quad (22)$$

ここで、 $\tau_{k,t}$ は時刻 t における法人税率を表す。 δ_k は民間資本の減耗率を表す定数であり、 $\delta_k K_t$ は民間資本ストックの減耗を表す。法人税は企業の利潤に対して課されるが、企業が所有する民間資本の減耗は利潤から控除される。よって、企業から徴収される法人税額は、式 (22) の右辺第 2 項により表される。 I_t^k は時刻 t における民間投資額を表す。

時刻 $t = \tau$ を基準にしたときの企業の配当の割引現在価値の総額 Π_τ は、以下のよう表される。

$$\begin{aligned} \Pi_\tau &= \sum_{t=\tau}^{\infty} \rho_{\tau,t} Dev_t \\ &= \sum_{t=\tau}^{\infty} \rho_{\tau,t} [(1 - \tau_{k,t}) \{G_t^{\alpha_g} K_t^{\alpha_k} (A_t L_t)^{1-\alpha_k} \\ &\quad - w_t L_t\} + \tau_{k,t} \delta_k K_t - I_t^k] \end{aligned} \quad (23)$$

Π_τ は、時刻 $t = \tau$ における企業の株式の時価総額となる。一般的な DGE モデルにおいては、企業は Π_τ を最大化するように、生産・投資の流列に関する意思決定を行う¹⁶⁾。しかし、4. で述べるが、そのような定式化を行うと、モデルの出力結果のうち、金利か民間投資水準のどちらかが現実と大きく乖離してしまう。そこで本章では、企業は Π_τ ではなく、以下の $\tilde{\Pi}_\tau$ を最大化するように行動すると仮定する。

$$\tilde{\Pi}_\tau = \sum_{t=\tau}^{\infty} \left(\frac{1}{1+rp} \right)^{t-\tau} \rho_{\tau,t} Dev_t \quad (24)$$

ここで、 rp は企業が民間投資を行う際の事業リスクの大きさを表す正の定数とする。 $rp = 0$ のとき、 $\tilde{\Pi}_\tau$ は Π_τ に一致する。企業は、賃金 w_t と金利 r_t の流列を所与として、 $\tilde{\Pi}_\tau$ を最大化するように、労働力の投入量と民間投資額の流列を決定する。この最大化問題は次のように定式化される。

$$\begin{aligned} \max_{\{L_t, I_t^k, K_{t+1}\}_{t=\tau}^{\infty}} \quad & \tilde{\Pi}_\tau \\ \text{s.t.} \quad & \end{aligned} \quad (25a)$$

$$K_{t+1} = I_t^k + (1 - \delta_k) K_t \quad (25b)$$

式 (25b) は、民間資本ストックの蓄積過程を表す式である。時刻 $t = 0$ における民間資本ストック K_0 は外生的に与えられる。最大化問題 (25a) の一階の最適化条件より、賃金と金利に関する条件式が導かれる。

$$w_t = (1 - \alpha_k) G_t^{\alpha_g} A_t^{1-\alpha_k} \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^{\alpha_k} \quad (26a)$$

$$\begin{aligned} 1 + r_t &= \frac{1}{1+rp} \left[1 + (1 - \tau_{k,t+1}) \right. \\ &\quad \left. \cdot \left\{ \alpha_k G_{t+1}^{\alpha_g} \left(\frac{A_{t+1} L_{t+1}}{K_{t+1}} \right)^{1-\alpha_k} - \delta_k \right\} \right] \end{aligned} \quad (26b)$$

式 (26b) は、時刻 t の金利 r_t に応じて、企業が時刻 $t+1$ の民間資本ストック K_{t+1} を決めることを表している。 $rp = 0$ のときには、企業は投資の機会費用である金利よりも高い収益率をもたらす事業に投資を行うため、金利 (左辺) と税引き後の投資収益率 (右辺) は一致する。一方、 $rp > 0$ のときには、金利と rp の和よりも高い収益率をもたらす事業でなければ、企業は投資を行わない。そのため、 $rp = 0$ のときよりも投資需要が減り、金利と投資収益率の間に乖離が生じる。

(5) 政府の行動

政府は税金を徴収して社会資本投資、社会資本の維持管理、政府消費、社会保障費の給付を行う。また、公債の発行や政府資産の積み立てを行うことも可能である。政府の 1 期間の予算制約式は以下のよう表される。

$$\Omega_t^g + TAX_t = I_t^g + m_t G_t + gc \cdot TN_t$$

$$+ss \cdot TN_t + sse \cdot EN_t + \frac{\Omega_{t+1}^g}{1+r_t} \quad (27)$$

ここで、 TAX_t は時刻 t における税金の徴収総額であり、以下のように表される。

$$TAX_t = \tau_{c,t} \sum_{s=0}^J N_{s,t} c_{s,t} + \tau_{w,t} w_t L_t + \tau_{k,t} (\pi_t - \delta_k K_t) + \tau_{b,t} Beq_t \quad (28)$$

Ω_t^g は時刻 t における政府の純資産額（負の場合は純債務額）を、 I_t^g は社会資本投資額を、 $m_t G_t$ は社会資本の維持管理費用を、 $gc \cdot TN_t$ は政府消費額を表す。 m_t は、時刻 t における単位社会資本ストック当たりの維持管理費用を表す。 gc は単位人口当たりの政府消費額を表す定数である。政府消費額は総人口に比例して変化すると仮定している。

時刻 $t = 0$ から無限の将来までの政府の予算制約式 (27) を一つの予算制約式に統合すると、以下の式が得られる。

$$\begin{aligned} & \Omega_0^g + \sum_{t=0}^{\infty} \rho_{0,t} \cdot TAX_t \\ & = \sum_{t=0}^{\infty} \rho_{0,t} [I_t^g + m_t G_t + gc \cdot TN_t \\ & \quad + ss \cdot TN_t + sse \cdot EN_t] \\ & \quad + \lim_{t \rightarrow \infty} \rho_{0,t+1} \Omega_{t+1}^g \end{aligned} \quad (29)$$

式 (29) の右辺の最終項は 0 でなければ均衡が求められない。よって、政府の予算制約には以下の条件が課される。

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \rho_{0,t+1} \Omega_{t+1}^g = 0 \quad (30)$$

政府は式 (29)、(30) の予算制約を満たすように、税率と社会資本投資額 I_t^g 、単位社会資本ストック当たりの維持管理費用 m_t の流れの決定を行う。政府には目的関数が存在せず、これらの変数の流れは外生的に与えられる。初期時刻 $t = 0$ における政府の純資産額 Ω_0^g は外生的に与えられる。

(6) 社会資本ストックの蓄積過程

社会資本ストックは政府の社会資本投資に伴い蓄積する。その蓄積過程の定式化には、瀬木・小林¹⁾ が定式化したマルコフ・ビンテージモデルを用いる。まず、国内に存在する社会資本を、その劣化状態に応じて \bar{s} 種類に分類し、 $s = 1, 2, \dots, \bar{s}$ とラベルを付ける。このラベルを劣化ビンテージと呼ぶ。ビンテージ $s = 1$ の社会資本は、新規投資もしくは更新直後の最も健全な状態の社会資本である。ビンテージ s の大きい社会資本は、より劣化の進行した社会資本となる。ビンテージが \bar{s} の社会資本は、劣化が極限まで進行し供用が不可能となった社会資本である。社会資本はビンテージが

\bar{s} に達すると除却される。時刻 t におけるビンテージ s の社会資本ストックを $g_{s,t}$ で表す。国内の総社会資本ストックは、供用される社会資本ストックの総和（粗資本ストック）に一致すると仮定し、

$$G_t = \sum_{s=1}^{\bar{s}-1} g_{s,t} \quad (31)$$

が成立するとする。式 (8)、(20) は、社会資本の厚生効果や生産力効果が、社会資本のビンテージに依存しないと仮定していることを意味する。

社会資本のビンテージは時間の経過に伴い、不確実性を伴って増加する。時刻 t においてビンテージ s ($1 \leq s < \bar{s}$) の社会資本が、時刻 $t+1$ においてビンテージ j ($s \leq j \leq \bar{s}$) の社会資本に変化する確率を $\phi_{s,j}^g(m_t)$ で表す。定義上、

$$\sum_{j=s}^{\bar{s}} \phi_{s,j}^g(m_t) = 1 \quad (32)$$

が成立しなければいけない。確率 $\phi_{s,j}^g(m_t)$ ($s < j \leq \bar{s}$) は、時刻 t における単位社会資本ストック当たりの維持管理費用 m_t を増やすことにより減らすことができる。この定式化により、社会資本の長寿命化政策を表現することができる。

各ビンテージの社会資本は十分に多く、個々の社会資本の劣化過程には不確実性が存在するが、ビンテージ別の社会資本ストックの推移過程には不確実性が存在しないとする。ビンテージが $1 < s < \bar{s}$ の社会資本ストックは、以下の式に従い推移する。

$$g_{s,t+1} = \sum_{j=1}^s \phi_{j,s}^g(m_t) g_{j,t} \quad (1 < s < \bar{s}) \quad (33)$$

ビンテージが \bar{s} の社会資本は除却されるので、その資本ストックは定義されない。ビンテージが $s = 1$ の社会資本ストックは、以下の式に従い遷移する。

$$g_{1,t+1} = I_t^g + \phi_{1,1}^g(m_t) g_{1,t} \quad (34)$$

初期時刻 $t = 0$ におけるビンテージ別の社会資本ストック $\{g_{s,0}\}_{s=1}^{\bar{s}-1}$ は外生的に与えられる。

(7) 初期時刻における家計の保有資産

本研究が定式化するモデルは閉鎖経済モデルであり、外国との資金の貸借は存在しない。したがって、家計が保有する資産は、企業の株式と公債から構成される。よって、時刻 t において家計が保有する資産総額について、以下の式が成立する。

$$\sum_{s=1}^J N_{s,t} \omega_{s,t} + Beq_t = \Pi_t - \Omega_t^g \quad (35)$$

Π_t は企業の株式の時価総額であり、 $-\Omega_t^g$ は政府の純債務額（すなわち、公債残高）である。左辺第 1 項は、時刻 $t-1$ から時刻 t にかけて死亡しなかった家計が保有する資産総額であり、左辺第 2 項は、死亡した家計が

保有する資産総額である。式 (35) に式 (18) を代入すると、次の式を得る。

$$\sum_{s=1}^J \frac{\Phi_{s-1}}{\Phi_s} N_{s,t} \omega_{s,t} = \Pi_t - \Omega_t^g \quad (36)$$

初期時刻において家計が保有する資産 $\{\omega_{s,0}\}_{s=1}^J$ は外生的に与えられるが、その際には式 (36) が $t=0$ において成立するように与えなければいけない。本研究では、 $\{\omega_{s,0}\}_{s=1}^J$ を以下のように与える。

$$\omega_{s,0} = \theta_s (\Pi_0 - \Omega_0^g) \quad (37)$$

ここで、 θ_s は $\omega_{s,0}$ が資産総額 $\Pi_0 - \Omega_0^g$ に占める割合である。本研究では、 $\{\theta_s\}_{s=1}^J$ を外生的に与える。

(8) 均衡条件

各時刻 t において、生産された財は消費、民間投資、社会資本投資、社会資本の維持管理、政府消費に使用される。よって、以下の式が成立する。

$$Y_t = \sum_{s=0}^J N_{s,t} c_{s,t} + I_t^k + I_t^g + m_t G_t + gc \cdot TN_t \quad (38)$$

また、各時刻 t において、企業による労働力の投入量 L_t は、家計による労働力の総供給量に等しい。よって、以下の式が成立する。

$$L_t = \sum_{s=0}^{R-1} N_{s,t} e_s \quad (39)$$

以上により、モデルが完成する。

(9) 家計厚生金の評価

本研究において、社会資本投資や税率といった政府の政策変数の流れは外生的に与えられる。この外生的に与えられた政策変数の流れを所与として、家計や企業の行動、および、均衡が定まる。与えられる政策変数の流れが異なれば、実現する均衡や世代別の家計の厚生は異なったものとなる。二つの政策変数の流れ A と B があるとき、この流れを A から B に変更することによって、各世代の家計が受ける厚生の変化を金銭の尺度で表すことを考える。

時刻 t において年齢 j の家計が、期待生涯効用 $\bar{U}_{j,t}$ を得るために必要とする生涯の支出総額の割引現在価値のうち、最小の値を支出関数 $E_{j,t}(\bar{U}_{j,t}, \{\rho_{t,t+s-j}(1 + \tau_{c,t+s-j})\}_{s=j}^J, \{gp_{t+s-j}\}_{s=j}^J)$ で表す。支出関数 $E_{j,t}$ は、以下の支出最小化問題を解くことにより得られる。

$$\begin{aligned} & E_{j,t}(\bar{U}_{j,t}, \{\rho_{t,t+s-j}(1 + \tau_{c,t+s-j})\}_{s=j}^J, \\ & \quad \{gp_{t+s-j}\}_{s=j}^J) \\ & = \min_{\{c_{s,t+s-j}\}_{s=j}^J} \rho_{t,t+s-j}(1 + \tau_{c,t+s-j}) \\ & \quad \cdot c_{s,t+s-j} \quad (40a) \\ & s.t. \end{aligned}$$

$$U_{j,t} = \bar{U}_{j,t} \quad (40b)$$

この支出関数を用いると、政策変数の流れを A から B に変更することにより、時刻 t において年齢 j の家計が受ける厚生の変化の金銭尺度は、補償変分 $CV_{j,t}$ として、

$$\begin{aligned} CV_{j,t} & = E_{j,t}(U_{j,t}^B, \{\rho_{t,t+s-j}^B(1 + \tau_{c,t+s-j}^B)\}_{s=j}^J, \\ & \quad \{gp_{t+s-j}^B\}_{s=j}^J) - E_{j,t}(U_{j,t}^A, \\ & \quad \{\rho_{t,t+s-j}^A(1 + \tau_{c,t+s-j}^A)\}_{s=j}^J, \{gp_{t+s-j}^A\}_{s=j}^J) \quad (41) \end{aligned}$$

と表すことができる。ここで、変数の上付きの添え字 Z は、政策変数の流れ Z の下での均衡における変数であることを示している。 $CV_{j,t}$ は、政策変数の流れを A から B に変更した後に、家計の期待生涯効用を政策の変更前の水準に戻すために家計から徴収する必要がある金額を、時刻 t における財の価値を基準に評価したものである。このような便益指標は、De Nardi et al.⁸⁾ においても用いられている（ただし、De Nardi らの研究においては等価変分が使われている）。

全ての世代の家計について補償変分を合計すれば、政策変更の純便益を金銭の単位で表すことができる。この純便益 TCV は、

$$TCV = \sum_{s=1}^J N_{s,0} \cdot CV_{s,0} + \sum_{t=0}^{\infty} \rho_{0,t} N_{0,t} \cdot CV_{0,t} \quad (42)$$

と表される。 $CV_{0,t}$ は時刻 t の財の価値を基準にした金額であるため、時刻 0 の財の価値を基準にした金額に直すためには、 $\rho_{0,t}$ を掛けて割り引く必要がある。

4. 社会資本投資政策の世代別帰着便益に関する分析

本章では、社会資本の投資政策と長寿命化政策の世代別帰着便益に関する分析を行う。分析に当たっては、現実の日本の社会経済データを用いてパラメータ設定を行う。初期時刻 $t=0$ は 2010 年を表すとする。定常状態に収束する経路を求めるため、時刻 $t=120$ 以降においては、経済に参入する家計人口 $N_{0,t}$ と技術水準 A_t が一定に留まると仮定する。

(1) 外生変数の設定

家計が経済活動に参入する年齢 $s=0$ は、20 歳を表すとする。家計が退職する年齢は 65 歳とし、 $R=45$ と設定する。家計が確実に死亡する年齢は 110 歳とし、 $J=90$ と設定する。

年齢 0 の家計が年齢 s まで生存できる確率 $\{\Phi_s\}_{s=0}^{120}$ は、厚生労働省の第 21 回生命表 (2010 年)¹⁸⁾ を用いて、性別の生存数を合成することにより設定した (図-1)。

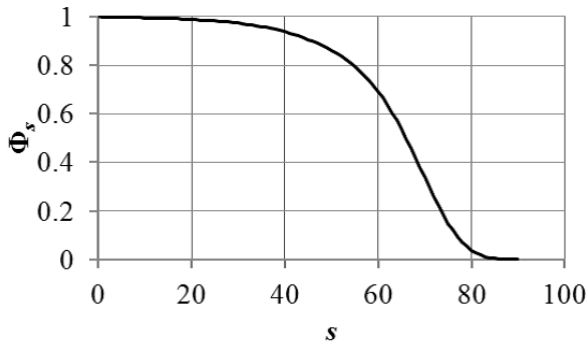


図-1 $\{\Phi_s\}_{s=0}^{120}$ の設定

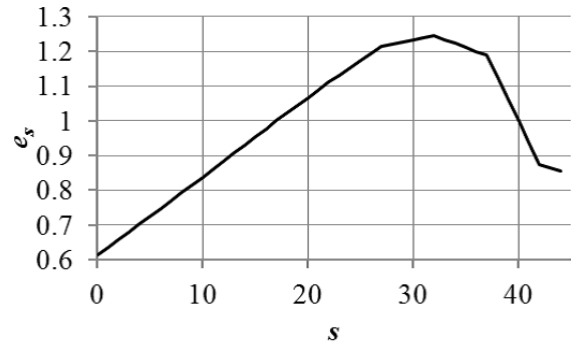


図-3 $\{e_s\}_{s=0}^{44}$ の設定

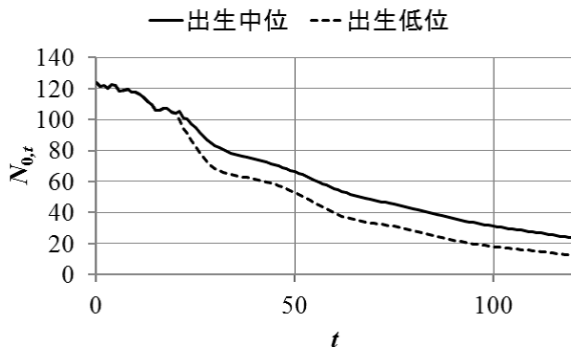


図-2 $\{N_{0,t}\}_{s=0}^{120}$ の設定

表-1 既存研究による生産関数 $Y_t = G_t^{\alpha_g} K_t^{\alpha_k} (A_t L_t)^{\alpha_l}$ の推計結果

研究	推計期間	α_g	α_k	α_l
浅子, 坂本 ²⁴⁾	1977-84	0.177	0.165	0.715
岩本ら ²⁵⁾	1966-84	0.18	0.25	0.43
大河原 ²⁶⁾	1980-93	0.111	0.343	0.657
遠藤 ²⁷⁾	1975-98	0.097	0.381	0.616
塚井ら ²⁸⁾	1975	0.112	0.423	0.577
	1985	0.120	0.447	0.553
	1995	0.083	0.467	0.533

初期時刻 $t = 0$ における年齢別の家計の人口 $\{N_{s,0}\}_{s=0}^J$ 、および、時刻 $t = 1$ から $t = 20$ までの年齢 0 の家計の人口 $\{N_{0,t}\}_{s=0}^J$ は、総務省の 2010 年の人口推計¹⁹⁾ を用いて設定した。時刻 $t = 21$ から $t = 120$ までの年齢 0 の家計の人口 $\{N_{0,t}\}_{s=21}^{120}$ については、国立社会保障・人口問題研究所の日本の将来推計人口²⁰⁾ 掲載の「死亡中位・出生中位」、および、「死亡中位・出生低位」の二つの推計結果を用いる。各推計結果の出生数を利用して、 $\{N_{0,t}\}_{s=21}^{120}$ を図-2 のように設定した。時刻 $t = 121$ 以降の年齢 0 の家計の人口 $\{N_{0,t}\}_{s=121}^{\infty}$ については、 $N_{0,t} = N_{0,120}$ ($t \geq 120$) が成立すると仮定する。なお、 $N_{s,t}$ の単位は万人である。

年齢 s の家計が保有する労働力 $\{e_s\}_{s=0}^{44}$ は、厚生労働省の賃金構造基本統計調査 (全国)²¹⁾ の年齢階層別賃金を用いて設定した (図-3)。

家計の異時点間の代替の弾力性の逆数を表すパラメータ σ は 1 に設定した。この値は多くの研究で使われる値である²²⁾。生活に必要な最低限度の消費額 ψ は 120 万円とし、 $\psi = 0.012$ (兆円/万人) と設定した。社会資本の厚生効果の大きさを表す γ については、唐木ら¹⁷⁾ による推計結果を利用し、 $\gamma = 0.127$ と設定する。

生産関数のパラメータ α_k は、理論上、 $1 - \alpha_k$ が GDP に占める労働分配率になることから計算する。2011 年度国民経済計算確報²³⁾ 掲載のデータを用いて、2001 年

から 2011 年の労働分配率を計算し、 $\alpha_k = 0.34$ と設定した。社会資本の環境創出効果の大きさを決めるパラメータ α_g については、都道府県別のクロスセクションデータやパネルデータを利用して、 $Y_t = G_t^{\alpha_g} K_t^{\alpha_k} (A_t L_t)^{\alpha_l}$ の形式の生産関数の推計を行った既存研究のうち、統計的に有意な推定結果を得ているもの (表-1) を参考に、 $\alpha_g = 0.13$ と設定した。

民間資本の減耗率 δ_k は、2011 年度国民経済計算確報を用いて、2002 年から 2011 年の民間部門の固定資産と固定資本減耗の比を計算し、 $\delta_k = 0.091$ と設定した。

時刻 t においてビンテージ s ($1 \leq s < \bar{s}$) の社会資本が、時刻 $t + 1$ においてビンテージ j ($s \leq j \leq \bar{s}$) の社会資本に変化する確率 $\phi_{s,j}^g(m_t)$ は、

$$\phi_{s,j}^g(m_t) = \frac{[\lambda(m_t)]^{j-s}}{(j-s)!} \exp[-\lambda(m_t)] \quad (s \leq j < \bar{s}) \quad (43a)$$

$$\phi_{s,\bar{s}}^g(m_t) = 1 - \sum_{j=s}^{\bar{s}-1} \phi_{s,j}^g(m_t) \quad (43b)$$

と設定した。 $\lambda(m_t)$ は、 m_t の単調減少関数である。この関数の下では、 m_t と $\lambda(m_t)$ が通時的に一定である場合、社会資本の寿命の期待値は $(\bar{s} - 1)/\lambda(m_t)$ と表される。また、残存関数 (新規投資・更新後の経過時間と社会資本の残存率の関係を表す関数)²⁹⁾ の形状は、

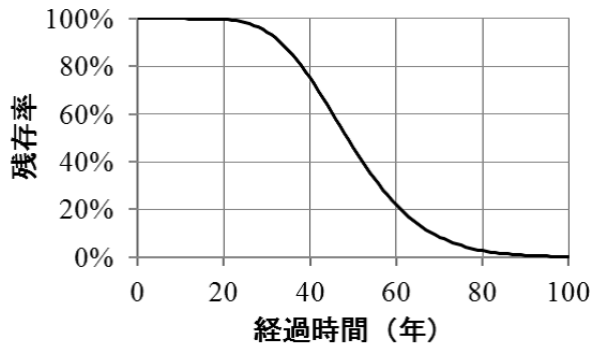


図-4 $\bar{s} = 14$ のときの残存関数の形状

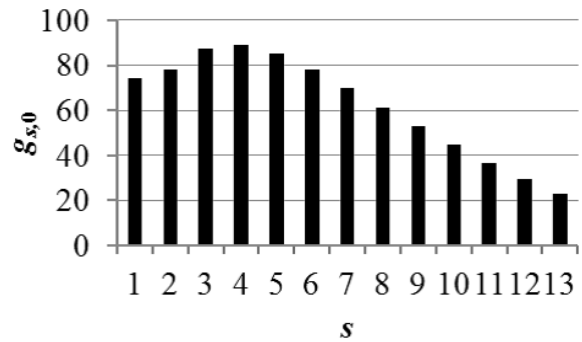


図-5 $\{g_{s,0}\}_{s=1}^{13}$ の設定

$\bar{s} = 2$ のとき指数分布型となり、 \bar{s} が大きくなるにつれて一括除却型 (サドンデス) に近づく。本研究では、残存関数の形状が、形状係数 4 のワイブル分布に近くなるように $\bar{s} = 14$ と設定した。形状係数 4 のワイブル分布型の残存関数は、日本の社会資本 2012²⁹⁾ において、粗社会資本ストックの推計に用いられているものである。 $\bar{s} = 14$, $\lambda(m_t) = 0.26$ (期待寿命 50 年) のときの残存関数を図-4 に示す。

$\lambda(m_t)$ の値について、本研究では二つの値のみを想定する。一つは、「長寿命化事業が行われていない場合」の値であり、 $\lambda(m_t) = 13/46$ と設定する。もう一つは、「長寿命化事業が行われている場合」の値であり、 $\lambda(m_t) = 13/55.2$ と設定する。このとき、各ケースにおいて、社会資本の期待寿命はそれぞれ 46 年、55.2 年となる。46 年という数字は、日本の社会資本 2012 に掲載されている部門別の社会資本の平均耐用年数を、2009 年度末の粗資本ストックの分野別の比率を使って加重平均した数値である。また、各ケースにおいて、社会資本ストック 1 単位当たりの維持管理費用 m_t はそれぞれ 0.013, 0.0143 と設定した。すなわち、 m_t を恒常的に 10% 増やすことにより、社会資本の平均耐用年数を 20% 増やすことができると考えた。0.013 という数値は、国土交通白書平成 17 年度³⁰⁾ 掲載のデータを参考に設定した。まず、国土交通省所管のインフラの更新・新設費用のデータと、日本の社会資本 2012 掲載の社会資本全体の更新・新設費用のデータを比較し、国土交通省所管のインフラのシェアを 43.9% と考えた。その後、国土交通省所管のインフラの維持管理費用と災害復旧費用を、国土交通省所管の概算のインフラストックで除算し、直近 10 年間の平均値を取ることで 0.013 を得た。

初期時刻 $t = 0$ における民間資本ストック K_0 は、2011 年度国民経済計算確報掲載の 2009 年期末の民間の固定資本資産額を用い、 $K_0 = 925$ と設定した。また、初期時点 $t = 0$ におけるビンテージ別社会資本ストック $\{g_{s,0}\}_{s=1}^{13}$ は、日本の社会資本 2012 掲載の 1953 年度以降の実質新設改良費を積み上げることで計算し、

図-5 のように設定した。

技術水準 A_t の流れについては、「技術進歩がある場合」と「無い場合」の 2 つのケースを考える。どちらのケースにおいても、初期時刻 $t = 0$ における技術水準 A_0 は等しく $A_0 = 0.0122$ と設定した。技術進歩が無い場合には、 A_t は通時的に A_0 と同じ値を取り続けるとする。一方、技術進歩がある場合には、 $0 \leq t \leq 119$ の間は、 $A_{t+1} = 1.0109A_t$ に従い技術水準が向上し、 $t \geq 120$ においては、 A_t は通時的に A_{120} と同じ値を取り続けるとする。 A_0 の値と技術進歩率 1.09% は、2011 年度国民経済計算確報、および、日本の社会資本 2012 掲載の 2002 年から 2010 年のデータを用いて計算した。

社会保障費については、国立社会保障・人口問題研究所の資料³¹⁾、および、2011 年度国民経済計算確報掲載のデータを参考に、 $ss = 0.0001$, $sse = 0.0085$ と設定した。これらの数値は、中央政府・地方政府が負担する社会保障費用であり、年金などの社会保障基金が負担する社会保障費は含まれない。人口 1 人当たりの政府消費支出 gc については、2011 年度国民経済計算確報掲載の中央政府・地方政府の最終消費支出から固定資本減耗を差し引いた値を参考に、 $gc = 0.0034$ と設定した。設定の際には、社会資本の維持管理費用が政府消費に含まれることを考慮している。税率については、賃金に課税される所得税と法人税は通時的に一定とし、 $\tau_{w,t} = \tau_{k,t} = 0.1$ と設定する。この値は、2011 年度国民経済計算確報掲載の所得・富等に課される経常税のデータを参考に設定している。相続税率についても通時的に一定とし、 $\tau_{b,t} = 0.04$ と設定する。シミュレーションに当たっては、政府予算を均衡させるために消費税率を内生的に変化させるため、消費税率については特に設定を行わない。

初期時刻 $t = 0$ における政府資産については、 $\Omega_0^g = 0$ と設定する。後に見るように、社会資本投資事業の費用調達手法が各世代の厚生に与える影響を分析する際には、 Ω_t^g が最終的に 0 に戻るような政策経路を考えた方が分析が行いやすいため、このような設定を用いる。

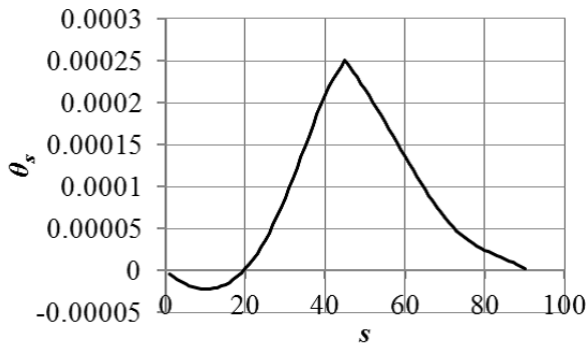


図-6 $\{\theta_s\}_{s=1}^{90}$ の設定

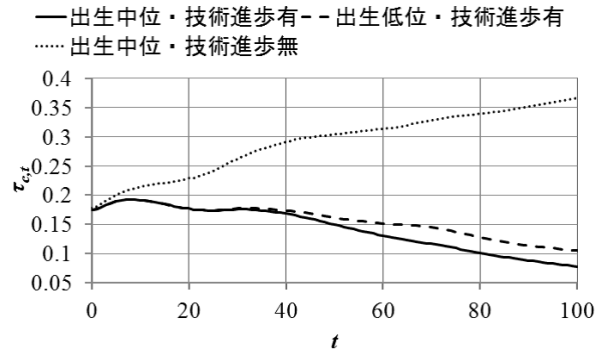


図-7 消費税率 $\tau_{c,t}$ の推移

また、 Ω_0^g を現実的な値に設定してシミュレーションを行う場合、モデル内の金利が4%程度になるようにパラメータを設定してシミュレーションを行うと、政府の利払い費用が現実よりも過大になってしまうという困難があることから、 $\Omega_0^g = 0$ という設定を用いる。

家計の効用の割引因子 β は 0.975、企業が民間投資を行う際の事業リスクの大きさを表す rp は 0.045 に設定した。このようにパラメータを設定した場合、 $K_0 = 925$ という設定の下で、 I_0^k の値を現実に近い値にすることができ、かつ、金利 r_t を概ね 4%程度で推移させることができる。式 (42) で定式化した便益指標は、金利を用いて将来の便益を割引く。そこで、金利が一般的に用いられる社会的割引率 4%に近くなるように設定を行っている。 $rp = 0, \beta = 0.975$ の場合には、金利 r_t は概ね 4%程度で推移するものの、 I_0^k が現実よりも過大となる。 $rp = 0$ の場合でも、 β を 0.975 よりも小さく設定すれば、 I_0^k の値を現実に近い値にすることができるが、その場合には、金利 r_t が 8%を越す非常に高い値で推移してしまう。

最後に、 $\omega_{s,0}$ が初期時刻 $t = 0$ における資産総額に占める割合 $\{\theta_s\}_{s=1}^{90}$ は図-6 のように設定した。これは、初期時刻における経済環境が永続すると仮定した場合の家計の資産蓄積行動をシミュレーションすることにより求めた。

(2) 社会資本投資事業の世代別帰着便益

本節では、人口推移は「出生中位」、技術水準の推移は「技術進歩有り」、長寿命化投資は行われぬ、というケースを考える。その上で、社会資本投資事業の世代別帰着便益について、事業費用の調達方法と関連付けて分析を行う。

世代別帰着便益の金銭評価額（補償変分）を計算するためには、基準となる政策の下での動学的経路が必要となる。ここでは、GDP Y_t と、社会資本投資額 I_t^g の比 I_t^g/Y_t が常に 4%になるように社会資本投資を行い、かつ、 Ω_t^g を常に 0 で推移させる（すなわち、政府

予算が消費税率の上下を通じて各期で均衡する）ような政策の下での動学的経路を、基準となる経路として考える。この基準となる経路における消費税率 $\tau_{c,t}$ を図-7 の「出生中位・技術進歩有」のグラフに示す。消費税率は $t = 8$ にピークを迎え、その後は減少し続ける。これは、 $t = 8$ までは高齢者数の増加速度が大きく、高齢者向けの社会保障費と政府支出を賄うための増税が必要になるのに対して、それ以降の時刻においては、高齢者数の増加が緩やかになるため、技術進歩に伴い財政に余裕が生じるためである。なお、消費税率が現実の値に比べてかなり高くなっているが、本研究では「生産・輸入に課される税」として消費税しか考慮しておらず、固定資産税等の税収が無いために、実際よりも消費税率を高く設定しないと財政が均衡しないことに注意する必要がある。また、社会資本投資額 I_t^g 、社会資本ストック G_t の推移を図-8 に示す。社会資本投資額 I_t^g の推移は GDP の推移と連動しており、 $t = 21$ までは労働力の減少を技術進歩により補うことにより GDP 成長が可能であるが、それ以降は労働力の減少速度が大きくなるため、GDP は減少に転じる。社会資本ストックは $t = 24$ をピークに減少に転じるが、これは社会資本投資額が減ることよりもむしろ、社会資本ストックの除却額が大きくなっていくことによる。社会資本ストックの除却額は $t = 0$ において 6.7 兆円であるが、 $t = 21$ においては 19.0 兆円まで増加する。また、期待生涯効用 $U_{0,t}$ の推移を図-9 の「出生中位・技術進歩有」のグラフに示す。期待生涯効用は単調に増加するが、これは技術進歩により国民一人当たりの GDP が増加していくことによる。

基準となる政策の比較対象となる政策として、 I_0^g が基準経路よりも 1 だけ多く、時刻 $t = 1$ 以降においては、 I_t^g が基準経路と等しい政策を考える。これにより、時刻 $t = 0$ における社会資本投資事業 1 兆円の限界的な効果を分析することができる。この事業資金の調達方法として、増税のみによる場合と、公債を発行して資金を調達する場合を考えよう。増税のみによる場合は、

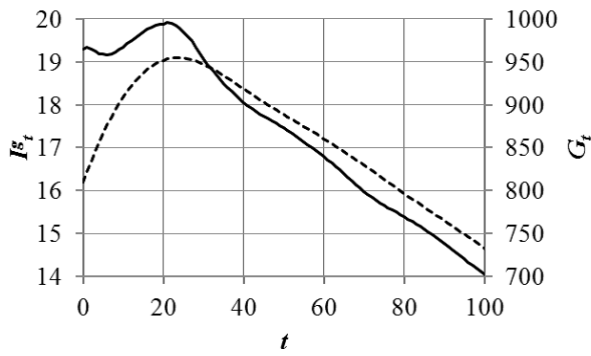


図-8 社会資本投資額 I_t^g ，社会資本ストック G_t の推移

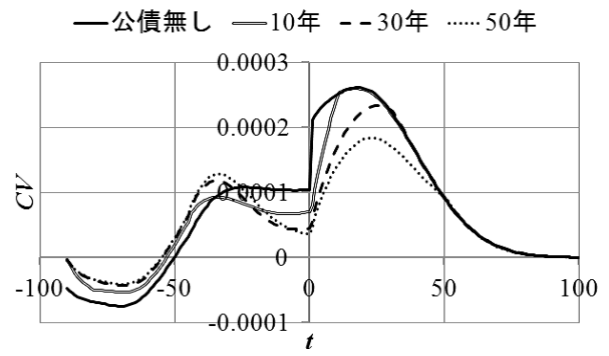


図-10 公債の償還期限と世代別帰着便益

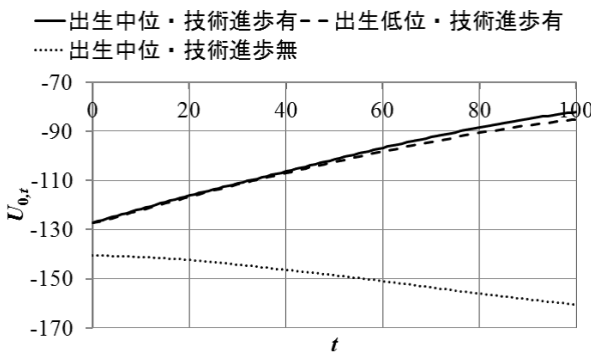


図-9 期待生涯効用 $U_{0,t}$ の推移

基準経路と同様に Ω_t^g を常に 0 で推移させる。公債を発行して資金を調達する場合は、 $t = 0$ において 1 兆円の財政赤字を発生させ、その後、定められた償還期限内に公債を償還する。この際、償還期限を T とするとき、 $\Omega_t^g = \Omega_1^g(T - t)/(T - 1)$ が成立するように公債を償還する。公債を発行しない場合（公債無し）と、公債を発行して特定の償還期限内に公債を償還する場合（10 年、30 年、50 年の 3 ケース）の各ケースにおける、世代別の補償変分を図-10 に示す。横軸は家計が経済に参入した時刻 t を表し、縦軸はその世代の家計 1 万人の補償変分を表している。なお、全ての事例において、政策変更の純便益は正となる。増税のみによる場合は 1.18 兆円、起債を行う場合は、償還期限に応じて、10 年の場合は 1.03 兆円、30 年の場合は 0.98 兆円、50 年の場合は 0.97 兆円となる。

図-10 より、増税のみにより事業資金を調達する場合、 $t = -51$ 以前に経済に参入した世代（すなわち、時刻 $t = 0$ において 71 歳以上の世代）は、事業の実施により不利益を被ることが確認できる。これは、 $t = -51$ 以前に経済に参入した世代は、増税により社会資本整備の費用を負担するにもかかわらず、社会資本整備の便益を十分に受ける前に亡くなるためである。一方、それ以外の世代の家計は全て便益を受ける。これは、川出ら¹⁴⁾の示した結果と同じものである。 $t = 0$ と $t = 1$

の世代の間で、投資事業から受ける便益が不連続に変化しているが、これは、 $t = 0$ 以前の世代が社会資本整備費用を負担するのに対して、 $t = 1$ 以降の世代は負担しないことによる。また、享受する便益は将来世代の方が大きく、 $t = 20$ 付近の世代が最大の便益を受ける。公債を発行する場合には、社会資本整備の費用の一部を $t = 1$ 以降の世代にも負担させることができるが、その場合の世代別帰着便益の変化は単純なものではない。公債の発行により厚生が改善されるのは、現在世代（ $t = 0$ 時点で経済に参入している世代）の中でも年齢の高い世代であり、年齢の低い世代の厚生はむしろ悪化する。これは、年齢の低い世代が将来の公債の償還費用を負担するためである。公債の発行は、現在世代内でも、年齢の低い世代から高齢の世代に所得移転をもたらす。公債の償還期限を延ばすと、より遠い将来の世代にも事業費用を負担させることができる。ただし、事業の実施により損失を被る世代の厚生は改善は、公債の償還期限を延ばすにつれて小さくなり、最終的に厚生は改善は停止する。また、公債の償還期限を 30 年から 50 年に増やした際に、目に見える厚生は改善が見られるのは $t = -10$ から -40 の世代であり、それ以前の世代の厚生はほとんど変化しない。これは、公債の発行のみを通じて所得移転を行える世代間の距離に限界があることを示している。

公債を発行する場合には、特に $t = 0$ 付近の世代に費用が集中しがちであることに注意する必要がある。これは、この付近の世代が公債の償還費用を最も多く負担することになるためである。この事例では、公債を発行する場合であっても、事業の実施により $t = 0$ 世代の厚生は改善するが、他の事例では悪化する場合もあると考えられる。その場合には、全世代の厚生を改善するためには、公債の発行を控え、増税により資金を調達する等の政策が必要となる。

次に、事業費用を基金により調達する場合の世代別帰着便益への影響を見るため、 I_{50}^g が基準経路よりも 1 だけ多く、それ以外の時刻においては、 I_t^g が基準経路

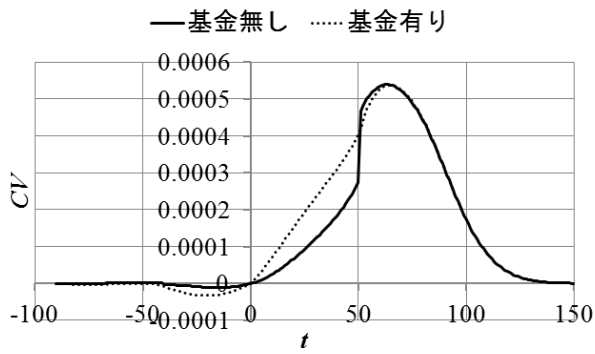


図-11 基金の積み立てと世代別帰着便益

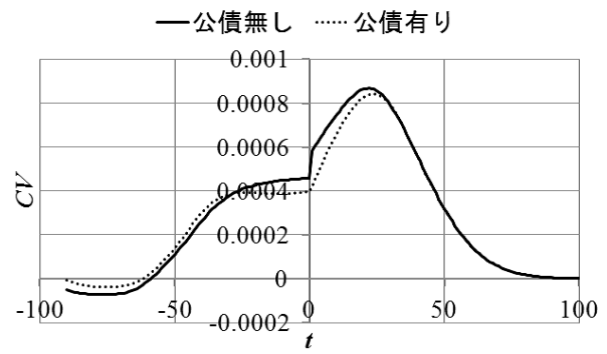


図-12 一時的な長寿命化事業の世代別帰着便益

と等しい政策を考える。図-11は、事業費用を全て増税により賄う場合（基金無し）と、1兆円の基金を積み立ててそれを取り崩す場合（基金有り）の世代別の補償変分を示したものである。基金を積み立てる場合には、 $\Omega_t^g = 0.02t$ ($0 \leq t \leq 50$) が成立するように基金を積み立てている。なお、政策変更の純便益は、増税のみによる場合は0.148兆円、基金の積み立てを行う場合は0.162兆円となる。図-11より、基金を積み立てることにより、 $t = 0$ から $t = 50$ の世代の事業費用の負担が軽減され、厚生が改善していることが確認できる。一方、 $t = -1$ 以前の世代については、基金を積み立てるための費用を負担するために厚生が悪化する。

このように、基金の積み立てを行うことにより、現在世代に将来の社会資本投資事業の費用を負担させ、将来世代の厚生を改善することができる。ただし、将来世代は社会資本投資事業から便益を受ける主体であるうえ、図-9に示した通り、将来世代の厚生水準（期待生涯効用）は現在世代よりも高いため、この事例では基金の積み立てを行う積極的な理由は見出しにくい。世代間公平性の観点から、基金の積み立てを行うことが望ましい状況としては、将来世代の厚生水準が現在世代よりも低下するケースが考えられる。図-9の「出生中位・技術進歩無」のグラフは、本項の事例とは異なり、技術進歩が無い場合の期待生涯効用 $U_{0,t}$ の推移を示している。この事例では、将来世代の厚生が現在世代よりも低下する。このような状況においては、世代間公平性の観点から、基金の積み立てを検討する必要があると考えられる。

(3) 社会資本長寿命化政策の世代別帰着便益

本節では、社会資本の長寿命化政策について、その純便益の世代別の帰着分布を分析する。本節では常に、人口推移が「出生中位」、技術水準の推移が「技術進歩有り」のケースを想定する。また、基準経路は、長寿命化政策を一切行わず、 I_t^g/Y_t を4%、 Ω_t^g を0で推移させる政策の下での動学的経路とする。

まず、長寿命化事業の限界的な効果を分析するため、初期時刻 $t = 0$ においてのみ長寿命化事業を行い (m_0 を0.0143にし)、それ以外の時刻 t においては長寿命化事業を行わない (m_t を0.013にする) という政策を考える。より現実的な、全ての時刻において長寿命化事業を行う政策の効果については、後に分析を行う。長寿命化事業を行う場合、将来の社会資本ストックが増えてGDPと税収が増加する。この税収の増分を社会資本投資に充てれば、さらに大きな便益が発生するが、この便益については考えず、純粋な長寿命化事業の効果のみに着目する。そこで、本研究の分析では常に、社会資本投資額 I_t^g の推移が基準経路と同じであると仮定する。長寿命化事業を行う場合、時刻 $t = 0$ の維持管理費用が $(0.0143 - 0.0130)G_0$ だけ増加する。この増加額、すなわち、長寿命化事業の実施費用を増税のみによって賄う場合と、起債によって賄い30年かけて償還する場合の世代別の補償変分を図-12に示す。なお、事業実施の純便益は、公債を発行しない場合は4.69兆円、発行する場合は4.47兆円となる。図-12から確認できるように、長寿命化事業の世代別帰着便益は、図-10に示された社会資本投資事業の世代別帰着便益と似た性質を持っている。現在世代のうち、高齢の世代は事業の実施により不利益を被る。また、まだ経済に参入していない世代の多くが正の便益を受ける。公債を発行した場合の帰着便益の変化についても、前項で分析した結果と同じである。公債の発行により、現在世代のうち、高齢の世代の費用負担を軽減できるが、事業の実施により損失を被る世代の厚生変化を正にすることはできない。また、公債を発行する場合には、特に $t = 0$ 付近の世代に費用が集中しがちである。

次に、長寿命化事業の現実的な効果を分析するために、全ての時刻において長寿命化事業を行う場合を考える。事業費用を全て増税によって賄う場合と、 $t = 0$ から $t = 10$ までは起債によって賄い、 $t = 40$ に公債を完済する場合の世代別の補償変分を図-13に示す。長寿命化事業の純便益は、公債を発行しない場合は144

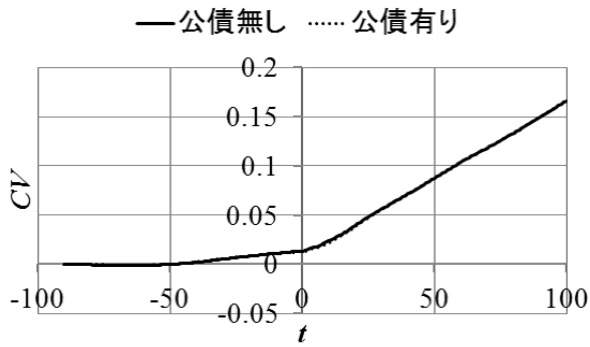


図-13 永続的な長寿命化事業の世代別帰着便益

兆円，発行する場合は 143 兆円となる。図-13 からは読み取りにくいですが，各世代の期待生涯効用は， $t = -60$ 付近で負の極小値を取り，それよりも t が大きい領域では単調に増加し続ける。この原因の一つは，長寿命化事業実施により，時間が経過するほど社会資本ストックが増加することである。もう一つの原因は，時間が経過するほど，技術進歩により社会資本ストックを増やす限界的な便益が大きくなることである。公債を発行する場合としない場合の間にほとんど違いは読み取れないが，発行する場合には現在世代のうち，高齢の世代の厚生が改善され，現在世代の若年の世代から公債が完済される時刻までの世代の厚生が悪化する。ただし，現在世代のうち，高齢の世代の厚生は負のままである。

以上の結果より，本研究が設定したパラメータの下では，長寿命化事業を将来にわたって行う場合，将来世代ほど大きな便益を享受すると言える。したがって，長寿命化事業のもたらす便益を公平に分配するという観点からは，起債により現在世代の費用の一部を将来世代に移転することが正当化されうると言える。また，この結果は，長寿命化事業を行う費用を直ちに増税により賄うことが困難である場合には，一時的な資金調達手法として公債を用いても問題は少ないことを示している。公債の発行後も，ほぼ全ての世代が便益を享受することは変わらないためである。

5. 人口・技術推移と将来世代の厚生

本章では，4. で分析した事例と比較して，人口や技術水準の推移が低い事例を分析する。その上で，将来の人口動態や技術水準の推移に応じた効率的な社会的割引率の調整について分析するとともに，このような割引率の調整が各世代の厚生に与える影響について，世代間公平性の観点から考察を行う。

まず，将来の技術水準が 4. で分析した事例よりも低い事例として，人口推移は「出生中位」，技術水準の

推移は「技術進歩無し」，長寿命化事業は行われぬ，というケースを取り上げる。前節と同様に， I_t^g/Y_t が常に 4% になるように社会資本投資を行い，かつ， Ω_t^g を常に 0 で推移させるような政策の下での動学的経路を基準経路とする。この基準経路上の消費税率 $\tau_{c,t}$ ，および，期待生涯効用 $U_{0,t}$ の推移を，図-7 と図-9 の「出生中位・技術進歩無し」のグラフに示す。「出生中位・技術進歩有」の事例と比較すると，消費税率は高く，期待生涯効用は低く推移している。さらに，時間の経過に伴い消費税率が増加，期待生涯効用が減少している。この理由は二つ存在する。一つは，高齢化の進行により，勤労世代一人が負担する高齢者向けの社会保障費と政府支出が増えることである。もう一つは，本研究のモデルでは，付加価値の生産関数（式 (20)）が労働力と資本ストックについて規模に関する収穫逓増を示すことである。このような生産関数を用いる場合，長期的には，労働力一単位当たりの平均生産性が，総労働力の大きさに依存して大きくなる³²⁾。したがって，総人口が低い経路では，国民一人当たりの GDP が低下することになる。「技術進歩有」のケースでは，技術進歩によりこれらの負の効果が打ち消されるため，時間の経過に伴い家計の期待生涯効用が増加する。

次に，将来の人口が 4. で分析した事例よりも低い事例として，人口推移は「出生低位」，技術水準の推移は「技術進歩有」，長寿命化事業は行われぬ，というケースを考える。同様に， I_t^g/Y_t が常に 4%， Ω_t^g が常に 0 の政策の下での動学的経路を基準経路とする。この基準経路上の消費税率 $\tau_{c,t}$ ，および，期待生涯効用 $U_{0,t}$ の推移を，図-7 と図-9 の「出生低位・技術進歩有」のグラフに示す。やはり，「出生中位・技術進歩有」の事例と比較すると，消費税率は高く，期待生涯効用は低く推移している。ただし，人口の減少による負の効果は技術進歩により打ち消されるため，時間の経過に伴い家計の期待生涯効用が増加する点は「出生中位・技術進歩有」の事例と同じである。

さて，「出生中位・技術進歩無し」と「出生低位・技術進歩無し」の事例では，「出生中位・技術進歩有」の事例と比較して，将来世代の厚生が低下する。特に，「出生中位・技術進歩無し」の事例では，時間の経過に伴い家計の期待生涯効用が低下するため，将来世代は現在世代と比較しても厳しい環境に置かれると言える。世代間公平性の観点から，このような将来世代の厚生低下を抑える一つの方策として，社会資本投資事業を行うことが考えられる。前節で見たように，社会資本投資事業は将来世代の厚生を改善する効果を持つからである。しかし，「出生低位」や「技術進歩無し」のケースでは，「出生中位・技術進歩有」のケースと比較して，将来の生産活動が低下するため，社会資本の生み出す便

益も低下してしまう。効率性の観点からは、純便益が正の事業に投資を行うべきであるから、「出生低位」や「技術進歩無」の事例を将来の経路として想定する場合には、「出生中位・技術進歩有」の事例を将来の経路として想定する場合よりも、社会資本投資事業を減らすことが適切となる。実際に分析を行うと、補償変分の総和で評価した純便益を最大化するような政策を考えると、「出生中位・技術進歩有」のケースの方が、「出生低位」や「技術進歩無」のケースよりも社会資本投資額が大きくなることを確認できる。例えば、純便益を最大化するような I_t^g/Y_t の比を探索すると、「出生中位・技術進歩有」のケースは 8.1%、「出生中位・技術進歩無」のケースは 7.3%、「出生低位・技術進歩有」のケースは 7.9%、となる。

しかし、本研究では、補償変分の総和で評価した純便益を用いて社会資本投資事業の評価を行う場合、世代間公平性の観点からも、ある程度、望ましい社会資本投資が行われることを指摘する。「技術進歩無」や「出生低位」の事例では、内生的に定まる金利が低下するため、純便益の割引現在価値の減少が抑えられている。図-14 は、本節で取り上げる三つのケースの基準経路における金利 r_t の推移を示したものである。「技術進歩無」や「出生低位」の事例では、「出生中位・技術進歩有」の事例よりも、金利 r_t が低く推移していることを確認できる。図-15 は、この金利低下の仕組みを模式的に示したものである。縦軸は金利 r を、横軸は資本市場における資金の需要量・供給量 Q を表す。右下がりの実線 D は企業の当初の資金需要曲線を、右上がりの曲線 S は家計の当初の資金供給曲線を表す（政府の資金需要・供給は無視している）。実線 D と実線 S の交点は資本市場の需給が一致する当初の均衡点を表し、この均衡点における金利が当初の金利となる。「技術進歩無」や「出生低位」の事例では、生産性の低下により収益性の高い投資機会が減り、資金需要が低下するため、需要曲線 D は左方にシフトし、需要曲線 D' に変化する。同時に、生産性の低下により家計の所得が減るため、資金供給も低下する。ただし、将来の厳しい環境を予見した現在世代は、貯蓄による資金供給をそれほど低下させないため、供給曲線 S の左方へのシフトは抑えられ、変化後の供給曲線は S' となる。その結果、資本市場の需給が一致する均衡点（曲線 D' と S' の交点）における金利は低下する。補償変分の総和は、将来の便益を金利 r_t により割引いて評価するため、「技術進歩無」や「出生低位」の事例では、将来の便益の割引が少なくなる。結果として、純便益の割引現在価値の減少が抑えられる。資源の効率的利用の観点から社会的割引率を設定する場合、投資の機会費用である金利を用いるのが適切である³³⁾ から、内生的に定まる金利

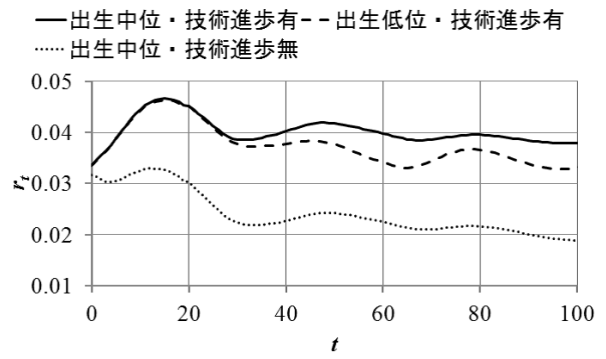


図-14 将来の人口・技術と金利の推移の関係

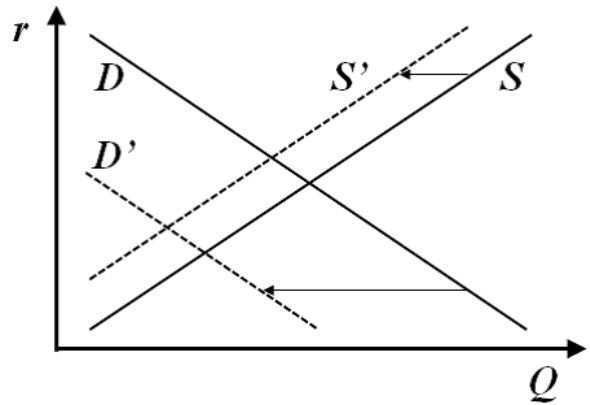


図-15 資金の需要・供給の変化による金利の低下

を割引率に用いて社会資本投資事業の評価を行うことにより、効率性の観点から望ましい社会資本投資が行われるのみならず、将来世代の厚生低下を抑えるという観点からも、ある程度、望ましい社会資本投資が行われると言うことができる。ここで、図-14、図-15に示される割引率（金利）の調整は、世代間公平性に配慮して行われているわけではないことに注意する必要がある。本研究のモデルにおいて、金利は、自らの子孫の効用を考慮しない家計の貯蓄行動を通じて決定される。将来の厳しい環境が予想される場合には、家計はその環境に備えた貯蓄行動を行う。その結果、投資の機会費用である金利が低下する。

逆に言えば、将来の人口や技術水準に依存した金利の変化を考慮せず、固定された割引率を用いて社会資本投資事業の評価を行うことは、効率性の観点から問題があるのみならず、将来世代の厚生にも悪影響を及ぼす可能性がある。この点を分析するために、将来の人口や技術水準に依存した金利を割引率として用いる場合と、固定された割引率を用いる場合の間で、純便益の評価額にどれだけの差が出るのかを分析する。前節と同様に、特定の時刻 j における社会資本投資額 I_j^g を 1 だけ増やし、時刻 j における社会資本投資事業 1

兆円の限界的な純便益を計算する。ただし、補償変分の総和は、将来の人口や技術水準に依存した金利を割引率として用いなければ計算ができない。そこで、以下のような簡便な手法を用いて投資事業の便益を評価する。まず、時刻 t における投資事業の便益 B_t を、

$$B_t = \alpha_g G_t^{\alpha_g - 1} K_t^{\alpha_k} (A_t L_t)^{1 - \alpha_k} \Delta G_t + \sum_{s=0}^J N_{s,t} \frac{u_{gp}(c_{s,t}, gp_t)}{u_c(c_{s,t}, gp_t)} \Delta gp_t \quad (44)$$

と表す。 ΔG_t , Δgp_t はそれぞれ、投資事業を実施した場合の時刻 t における G_t , gp_t の増分を表す。例えば、時刻 0 において I_t^g を 1 増やした場合には、 G_1 が 1 増加するため、 $\Delta G_1 = 1$ となる。また、 u_c , u_{gp} はそれぞれ、効用関数 u の c , gp に関する偏導関数を表す。式 (44) の右辺第 1 項は、社会資本の生産力効果による時刻 t の GDP の増分を表す。また、右辺第 2 項は、社会資本の厚生効果による家計の効用水準の増分 $u_{gp} \Delta gp_t$ を、時刻 t の財の限界効用 u_c で除すことにより、金銭の単位で評価したものである。右辺を計算する際には、基準経路における変数の値を代入する。割引率の流列として $\{q_t\}_{t=0}^{\infty}$ を用いる場合、 B_t を用いると、投資事業の純便益 TNB は、

$$TNB = \sum_{t=0}^{\infty} \left[\prod_{\tau=0}^{t-1} \left(\frac{1}{1+q_\tau} \right) B_t \right] - \prod_{\tau=0}^{j-1} \left(\frac{1}{1+q_\tau} \right) \cdot 1 \quad (45)$$

と評価できる。ここで、式 (45) の右辺第 1 項は事業の便益の総和を表し、右辺第 2 項は事業の費用（時刻 j における 1 兆円の費用の増加）を表している。 TNB を用いて純便益を評価することにより、所与の割引率の流列 $\{q_t\}_{t=0}^{\infty}$ の下での純便益を計算することができる。本節では、「出生中位・技術進歩有」の基準経路における金利を割引率に用いて計算される TNB を TNB^{**} と定義する。また、純便益の計算対象となる事例の基準経路における金利を割引率に用いて計算される TNB を TNB^* と定義する。

表-2 は、「出生中位・技術進歩有」と「出生低位・技術進歩有」の各ケースについて、時刻 20 における社会資本投資 1 兆円の限界的な純便益を計算した結果を示したものである。また、表-3 は、「出生中位・技術進歩有」と「出生中位・技術進歩無」の各ケースについて、時刻 0 における社会資本投資 1 兆円の限界的な純便益を計算した結果を示したものである。全ての事例において、 TCV が TNB^* よりも高いが、これは消費税の分だけ家計が消費増加の便益を高く評価することによる。これらの表より、将来の人口や技術水準に依存した金利の変化を考慮せず、固定された割引率を用いて社会資本投資事業の評価を行うと、社会資本投資事業

表-2 時刻 20 における社会資本投資 1 兆円の限界的な純便益

計算方法	出生中位	出生低位
TCV	0.494	0.489
TNB^*	0.417	0.410
TNB^{**}	0.417	0.389

表-3 時刻 0 における社会資本投資 1 兆円の限界的な純便益

計算方法	技術進歩有	技術進歩無
TCV	1.17	1.30
TNB^*	1.02	1.07
TNB^{**}	1.02	0.75

の評価を低く評価してしまうことが確認できる。以上の結果より、人口減少や技術進歩の停滞が予見される社会において、固定された割引率を用いて社会資本投資事業の評価を行うと、効率性の観点から必要な社会資本が整備されないだけでなく、将来世代の厚生にも悪影響を及ぼす可能性があると言える。

また、この結果は、将来の人口構成や技術水準の想定に応じて、社会資本投資事業の純便益に関する感度分析を行う際に有用なものとなる。将来人口や技術水準が低く（高く）推移する想定の下では、社会資本が将来の各期に生み出す便益は低く（高く）なるが、同時に割引率も低く（高く）なる。結果として、将来の人口構成や技術水準の想定に応じた、純便益の割引現在価値の感度が低下する。この結果は、将来の人口構成や技術水準に関して不確実性が大きい環境において、特に有用なものであると考えられる。

6. おわりに

本研究は、政府の予算制約を考慮した、世代重複モデル型の動学的一般均衡モデルを構築した。その上で、社会資本の投資政策と長寿命化政策、および、その資金の調達方法が、世代別の厚生に与える影響を分析した。また、将来の人口動態や技術水準の推移に応じた社会的割引率の調整について、動学的効率性と世代間公平性の観点から考察を行った。分析の結果、限られたパラメータ設定の下ではあるが、以下のような知見を得ることができた。まず、社会資本の投資事業や長寿命化事業は、現在世代よりも将来世代に多くの便益をもたらす。その一方で、現在世代のうち高齢の世代は、事業の実施により損失を被る。起債による資金調達により、事業費用の一部を将来世代に転嫁することが可

能である。ただし、起債による資金調達、現在世代の若年の世代に事業費用の負担を集中させる傾向がある。基金の積み立てによる資金調達は、将来世代の厚生を改善する上で有用である。次に、将来の人口や技術水準が低く推移する際には、現在世代の家計が将来に備えた貯蓄行動を行う結果、金利が低下する。この金利を社会的割引率として費用便益分析を行うことにより、資源の効率的な活用の観点だけではなく、世代間公平性の観点からも、ある程度、望ましい社会資本投資政策が行われる。また、こうした社会的割引率の調整には、将来の人口構成や技術水準の想定に応じた、純便益の割引現在価値の感度を低下させるという効果が存在する。

本研究にはいくつかの課題が残されており、今後、解決していく必要がある。まず、本研究では分析の都合上、現実の公債残高を無視した他、外国との資金の貸借も考えなかった。今後の分析では、これらを考慮したモデル化が必要となる。その際、資産によって金利に差があることを考慮する必要がある。次に、本研究では 1 地域のモデルを考えたが、地域別・世代別の帰着便益を分析するために、多地域のモデルを構築する必要がある。その際、地域間の人口移動や、各地域の生産活動に関して規模に関する収穫逓増が働きうることを考慮した分析を行う必要がある。最後に、社会資本投資政策が産業別の生産活動に与える影響を分析するために、多部門の DCGE モデルを構築する必要がある。その際、部門別の人的資本の蓄積過程を考慮することにより、より有用な分析が可能になると考えられる。例えば、建設産業に従事する労働者の人的資本の蓄積過程を考慮することにより、社会資本投資事業の支出額の経年変動が人的資本の蓄積を阻害し、投資事業の費用を増加させるといった現象を考慮に入れたうえで、効率的な社会資本投資政策について分析することが可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 瀬木 俊輔, 小林 潔司: インフラの動学的投資政策と長寿命化便益, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.70, No.3, pp.179-197, 2014.
- 2) 小池淳司, 上田孝行, 宮下光宏: 旅客トリップを明示した SCGE モデルの構築とその応用, 土木計画学研究・論文集, Vol.17, pp.237-245, 2000.
- 3) 檜垣史彦, 水谷誠, 土谷和之, 小池淳司, 上田孝行: 準動学的 SCGE モデルによる国際物流需要予測および港湾整備の便益評価, 運輸政策研究, Vol.10, No.4, pp.21-32, 2008.
- 4) 伴金美: 日本経済の多地域動学的応用一般均衡モデルの開発 Forward Looking の視点に基づく地域経済分析, RIETI Discussion Paper Series 07-J-043, 2007.
- 5) Dixon, P.B. and Parmenter, B.R.: Computable General Equilibrium Modeling for Policy Analysis and Forecasting, in *Handbook of Computational Economics, Volume I* Edited by Amman, H.M., Kendrick,

- D.A. and Rust, J., North Holland, 1996.
- 6) 小池淳司, 岩上一騎, 上田孝行: 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 —, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.1, pp.155-162, 2003.
- 7) Ramsey, F.P.: A mathematical theory of saving, *The Economic Journal*, Vol.38, No.152, pp.543-559, 1928.
- 8) De Nardi, M., Imrohroglu, S. and Sargent, T.J.: Projected U.S. Demographics and Social Security, *Review of Economic Dynamics*, Vol.2, pp.575-615, 1999.
- 9) 木村真, 橋本恭之: 多部門世代重複モデルによる財政再建の応用一般均衡分析, 内閣府経済社会総合研究所 経済分析, 183 号, pp.1-24, 2010.
- 10) Auerbach, A.J., Gokhale, J. and Kotlikoff, L.J.: Generational Accounting: A Meaningful Way to Evaluate Fiscal Policy, *The Journal of Economic Perspectives*, Vol.8, No.1, pp.73-94, 1994.
- 11) Kotlikoff, L.J.: *Generational Accounting - Knowing Who Pays, and When, for What we Spend*, New York: Free Press, 1992.
- 12) Kotlikoff, L.J. and Raffelhuschen, B.: Generational Accounting Around the Globe, *The American Economic Review*, Vol. 89, No. 2, Papers and Proceedings of the One Hundred Eleventh Annual Meeting of the American Economic Association, pp.161-166, 1999.
- 13) 瀬木 俊輔, 小林 潔司: 人口減少・高齢化社会における人口構成の不変想定がもたらす計画論的バイアス, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.69, No.5, pp.205-216, 2013.
- 14) 川出真清, 別所俊一郎, 加藤竜太: 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, 2003.
- 15) Blanchard, O.J.: Debt, Deficits, and Finite Horizons, *The Journal of Political Economy*, Vol.93, No.2, pp.223-247, 1985.
- 16) Ginsburgh, V. and Keyzer, M.: *The Structure of Applied General Equilibrium Models*, MIT Press, 2002.
- 17) 唐木芳博, 奥原崇, 渡真利論, 朝日ちさと, 西畑 知明: 社会資本ストックの経済効果に関する研究 — 都市圏分類による生産力効果と厚生効果 —, 国土交通政策研究 第 68 号, 2006.
- 18) 厚生労働省: 第 21 回生命表 (完全生命表), 2012.
- 19) 総務省: 平成 22 年 10 月 1 日現在人口, 2011.
- 20) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の将来推計人口 (平成 24 年 1 月推計), 2012.
- 21) 厚生労働省: 賃金構造基本統計調査 (全国) (平成 24 年), 2013.
- 22) Heer, B., Maussner, A.: *Dynamic General Equilibrium Modeling Computational Methods and Applications 2nd Edition*, Springer, 2009.
- 23) 内閣府: 2011 年度国民経済計算確報.
- 24) 浅子和美, 坂本和典: 政府資本の生産力効果, 大蔵省財政金融研究所 フィナンシャル・レビュー, February, 1993.

- 25) 岩本康志, 大内聡, 竹下智, 別所正: 社会資本の生産性と公共投資の地域間配分, 大蔵省財政金融研究所 フィナンシャル・レビュー, December, 1996.
- 26) 大河原透: 地域経済発展と公共投資・社会資本ストック, 経済発展と地域経済構造 - 地域経済学的アプローチの展望 - 大野幸一編, pp.117-158, 2000.
- 27) 遠藤業鏡: 社会資本整備の政策評価, 日本政策投資銀行地域政策研究, Vol.4, 2002.
- 28) 塚井誠人, 江尻良, 奥村誠, 小林潔司: 社会資本の生産性とスピルオーバー効果, 土木学会論文集, No.716, IV-57, pp.53-67, 2002.
- 29) 内閣府政策統括官: 日本の社会資本 2012, 2012.
- 30) 国土交通省: 国土交通白書平成 17 年度, 2005.
- 31) 国立社会保障・人口問題研究所: 平成 21 年度社会保障給付費 (概要), 2011.
- 32) Romer, D.: *Advanced Macroeconomics Fourth Edition*, McGraw-Hill, 2012.
- 33) Arrow, K.J., Cline, W.R., Mäler, K.-G., Munasinghe, M., Squitieri, R. and Stiglitz, J.E.: Intertemporal Equity, Discounting, and Economic Efficiency, Chapter 4 in: Bruce, J.P., Lee, H. and Haites, E.F. (Eds.), *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 1996.

(? 受付)

ANALYSIS OF THE INTERGENERATIONAL DISTRIBUTION OF THE BENEFIT OF INFRASTRUCTURE INVESTMENT WITH A DYNAMIC GENERAL EQUILIBRIUM MODEL

Shunsuke SEGI and Kiyoshi KOBAYASHI

This study formulated a dynamic general equilibrium model with overlapping generations and long-run government budget constraint. With this model, this study examined how the policy of the investment and the life extension of infrastructures affects the welfare of individual generations, taking account of how the government raises the fund for the policy. This study also considered the adjustment of social discount rate from the viewpoint of dynamic efficiency and intergenerational equity. Numerical analysis of the model showed that the interest rate declines when the future population or technology level stagnates, and in this case, using this lower interest rate as the social discount rate for cost-benefit analysis will improve the dynamic efficiency and the intergenerational equity.