

平成 26 年度修士論文

社会資本の新設更新・維持管理政策 の世代間厚生分析

首都大学東京大学院
都市環境科学研究科 都市基盤環境学域
13885404 小木曾裕元
指導教員 石倉智樹 准教授

目次

第1章 序論	・・・ 2
1. 問題意識	
2. ライフサイクル一般均衡分析	
3. 社会資本分野におけるライフサイクル一般均衡分析の利用	
4. 本論文の目的	
5. 本論文の構成	
第2章 経済システム	・・・ 7
1. 経済システムの全体像	
2. 家計部門	
3. 企業部門	
4. 政府部門	
5. 市場均衡	
（補論1 社会資本への最適支出配分）	
（補論2 調整費用関数の作成）	
（補論3 各期の財市場の均衡の証明）	
第3章 分析モデル	・・・ 18
1. 分析モデルの全体像	
2. パラメータ設定	
3. 定常状態の計算方法	
4. 移行過程の計算方法	
第4章 社会資本の特性把握	・・・ 31
1. 支出の新設更新費・維持管理費への分割	
2. 調整費用の特性	
第5章 今後の日本に関する世代間厚生分析	・・・ 37
1. 前提条件	
2. 分析と結果	
分析① 基本的分析	
分析② タイミング	
分析③ 整備方針想定	
第6章 まとめ	・・・ 54
付録	
謝辞	

社会資本の新設更新・維持管理政策の世代間厚生分析

第 1 章 序論

第1章 序論

1. 問題意識

今後日本においては急激な人口減少が予想されている。国立社会保障・人口問題研究所（社人研）の推計¹⁾によると2060年には現在の7割以下となり、その後同様の低下を続けた場合、100年後の日本の総人口は現在の1/3までに減少する。これは様々な分野における懸念事項となっている。

一方で我々はこれまでの暮らしで、継続的に整備されてきた社会資本の恩恵の中で生活してきた。日本の社会資本ストックの推移は図1-1の通りで、推計方法による違いはあるが経済成長に伴って蓄積が進んできた。しかし近年では、高度成長期以降に急激に整備した社会資本の老朽化が問題視されており、図1-2の通り更新費・維持管理費の増大が予想されている。

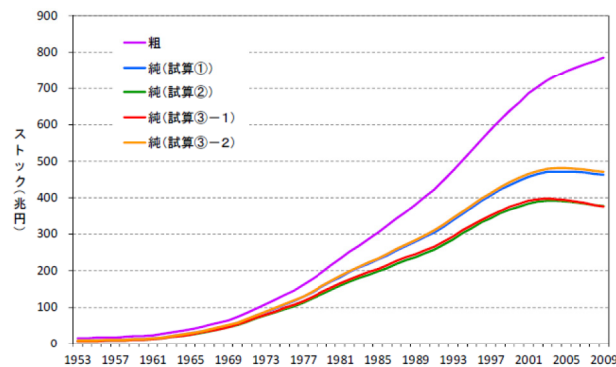


図1-1 社会資本ストックの推移（全国）²⁾

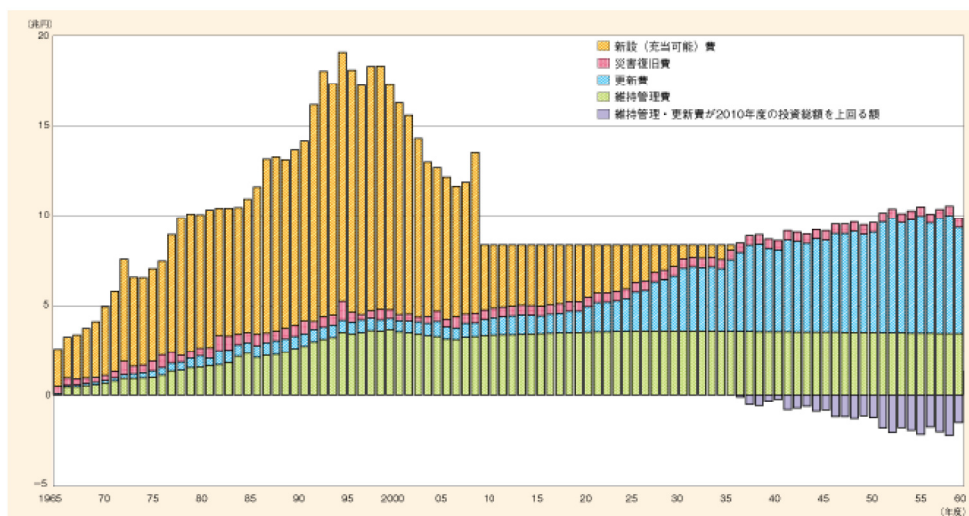


図1-2 従来通りの投資をした場合³⁾

そうしたなか、社会資本によるサービス水準をこれまでと同様に維持し続けるためには、人口の減少する今後も社会資本整備費を一定量供出し続けなければならない、国民一人一人に課される負担が増大していく可能性が高い。一方で国民の負担の上昇を抑えようとすれば、社会資本の水準は低下せざるを得ないと考えられる。

このように、これからの社会資本政策は世代間の受益と負担のバランスを不安定にする恐れがあり、今後の日本では政策の影響を国民各世代に着目して把握することが重要である。

2. ライフサイクル一般均衡分析

経済モデルのうち、一国内の経済の仕組みなど経済主体間を分析するためのモデルがマクロモデルである。その一つが 1965 年に Diamond によって開発された世代重複モデル (Overlapping Generations model) である。特徴は経済主体のうち家計を、最適化行動をとる世代の集合と表現する点である。

経済モデルは解析的分析を行うことで一般的な帰結を得ることが出来る。しかし世代重複モデルの場合は 2 世代より多く重複した場合の分析が困難である。また可能であっても解析的分析は経済の定常状態の分析であり、これはつまり人口動態が複雑に変化する状況の分析や長期的シナリオを用いた分析は行うことが出来ないことを意味している。

そうした複雑な分析が可能であるのが、世代重複モデルを数値解析によるシミュレーションモデルとする、Auerbach・Kotlikoff(1983)⁴⁾により開発された「ライフサイクル一般均衡分析」である（「世代重複型一般均衡シミュレーション」などと呼ぶ文献も多い⁵⁾）。日本では 1987 年の本間・跡田・岩本・大竹の年金に関する論文を皮切りに、社会保障の分野を中心に発展してきた。⁶⁾

3. 社会資本分野におけるライフサイクル一般均衡分析の利用

加藤(2000)⁷⁾では財政赤字や年金基金残高が国民や各世代効用に与える影響についてライフサイクル成長モデルを用いて分析している。定式化は年金部分に注力されているため社会資本に関してはシンプルな表現であった。公債に関わる政府支出に公的資本形成を含んでいるが、公的資本形成は経済に寄与せず行先の無い表現となっていた。

これを発展したものが加藤(2002)⁸⁾である。生産に寄与する生産型社会資本を導入したうえで、先の論文同様に財政赤字に関する分析を行っている。

川出・別所・加藤(2003)⁹⁾では同様の分析を、社会資本に生産基盤型と生活基盤型の 2 種類を考慮して行っている。生活基盤型は家計の効用に影響し、生産基盤型は企業の生産に影響するものである。

佐藤・中東・吉野(2004)¹⁰⁾は政府支出・税率のシナリオによる財政の持続可能性に関する

分析を行っている。ここで社会資本は政府支出の一定割合が投資され、企業生産に寄与する表現となっている。

このように社会資本を明示化したモデルによるライフサイクル一般均衡分析を行った既往研究は少なく、社会資本政策自体による世代間不公平を扱ったものはみられなかった。そこで小木曾ら(2013)¹¹⁾は社会資本整備のみを行う政府が存在するモデルにより、社会資本投資シナリオの違いによる各世代の負担と効用について分析を行った。

4. 本論文の目的

先に挙げた既往研究の社会資本の表現について、多少の違いはありながらも、概ね次式で表されるような蓄積過程が用いられていた。

$$KG_t = KG_{t-1}(1-\delta) + I_t \quad (1)$$

KG は社会資本ストック、 I は社会資本投資である (δ は減耗パラメータ)。つまり社会資本は投資 I で増加し、一定割合が減耗するという表現となっている。

ここで注目したいのは社会資本が変数 I のみでしか変化しない点である。既往研究では社会資本への支出について新設投資や維持管理などの支出項目の異質性を考慮していない。各支出は社会資本の蓄積に異なる効果を持つと考えられるため、その考慮は社会資本の推移形状を変え、世代間分析の結果に影響を与える可能性がある。

そこで本研究は社会資本の新設更新と維持管理の概念を導入したライフサイクル一般均衡分析の手法を構築し、今後の日本における社会資本政策の世代間厚生分析を行うことを目的とする。

5. 本論文の構成

第2章では、分析に用いる経済システムについて述べる。

第3章では、分析モデルについて述べる。

第4章では、社会資本に関する変更の特徴を移行過程分析によって確認する。

第5章では、人口減少下の日本における世代間厚生分析を行う。

第6章では、本論文のまとめを行う。

なお今後、「経済システム」とは数式により特定化された（定式化された）経済のことを、「分析モデル」とは経済システムを基に作成した数値計算プログラムのことを言う。

(第1章の参考文献)

- 1)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月推計の解説および参考推計（条件付推計），2012
- 2)内閣府：17部門の資本ストックの推移，日本の社会資本2012・第3章・第2節・図3-2，2012
- 3)国土交通省：従来通りの投資をした場合，平成23年度国土交通白書・第I部・第2章・第1節・6，2012
- 4)Alan J.Auerbach・Laurence J.Kotlikoff：National Savings, Economic Welfare, and the Structure of Taxation, 1983
- 5)川崎研一・島澤諭：一般均衡型世代重複シミュレーションモデルの開発 ― これまでの研究事例と今後の発展課題 ― ， ESRI Discussion Paper Series No.73, 2003
- 6)上村敏之：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28巻1号，2002
- 7)加藤竜太：我が国の高齢化移行と財政赤字，財政赤字の経済分析：中長期的視点からの考察・第3章，経済分析―政策研究の視点シリーズ16，経済企画庁経済研究所，2000
- 8)加藤竜太：高齢化社会における財政赤字・公共投資・社会資本，経済分析163号『財政赤字と経済活動：中長期的視点からの分析』第1章，内閣府経済社会総合研究所，2000
- 9)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
- 10)佐藤格・中東雅樹・吉野直行：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，2004
- 11)小木曾裕元・石倉智樹・小根山裕之・鹿田成則，社会資本の生産性を考慮した公共投資政策の世代別影響分析，第47回土木計画学研究発表会・講演集，2013

社会資本の新設更新・維持管理政策の世代間厚生分析

第2章 経済システム

第2章 経済システム

1. 経済システムの全体像

本研究の経済システムは木立(2009)¹⁾を参考に構築された小木曽ら(2013)²⁾の社会資本部分を改良したものをを用いる。

本研究の経済システムの概略は図 2-1 の通りである。海外とのやり取りを考えない閉鎖経済に家計・政府・企業の3つの経済主体が存在する。家計は世代に区分され、各世代は生涯効用に対する最適化行動を採る。政府は社会資本整備を行い、その財源は家計からの税により調達される。社会資本は企業の生産力に影響を及ぼし、間接的に家計の所得や消費にも影響する。

モデルの時間単位は1期=1年とする。よって世代は1年ごとに区分されている。

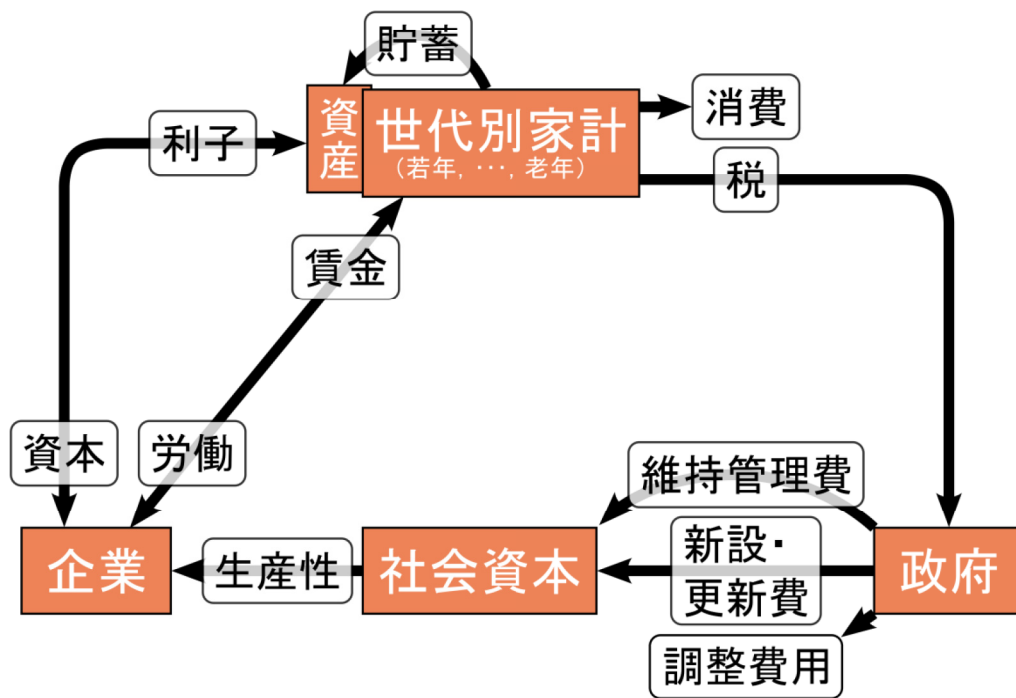


図 2-1 本研究の経済システム

2. 家計部門

家計は世代に区分されており、各世代の個人はライフサイクル仮説に従ったうえで、生涯効用を最大化するよう所得を計画的に消費していく。ライフサイクル仮説とは生涯消費は生涯所得に等しくなるというものであり、個人は獲得した所得をすべて自分自身で使い切ることが想定されている³⁾。

具体的には、個人は20歳（これを $j=1$ とする）で労働者として経済に参入し、労働所得を得て、将来の経済状況を考慮しながら一部を消費し、徴税された残りを貯蓄に回す。次期からは貯蓄に対する利子所得も加わる。ある年齢で引退してからは貯蓄を消費する。個人はみな共通の寿命（*life*）を知っており、死亡時（ $j=life$ ）には貯蓄を使い切る。

第 i 世代個人の生涯効用 U_i は各年齢 j での消費 c_j によって決定する次の汎用的な表現を用いる。

$$U_i = \sum_{j=1}^{life} (1+\rho)^{-(j-1)} \frac{c_{i,j}^{1-\gamma}}{1-\gamma} \quad (2)$$

将来に対する割引（時間選好率 ρ ）を考慮している。また各時点の効用関数には相対的危険回避度一定型（CRRA型）を用いている。 $1/\gamma$ は異時点間消費の代替弾力性と呼ばれるパラメータであり、消費の異時点間でのやりくりに関する家計の考え方を表している（ローマー(2010)⁴⁾）。本研究の場合は、後の(9)式の通り税率、利子率、時間選好への反応性を決定するものである。

個人の貯蓄 a は次の資産経路で表される。

$$a_{i,j} = a_{i,j-1}(1+r_{i+j-1}) + w_{i+j-1}e_j - c_{i,j}(1+\tau_{i+j-1}) \quad (3)$$

r は利子率、 w は賃金率、 τ は税率であり、これらは各期の経済状況により変化する。 e は年齢別の労働供給量であり、賃金率 w との積が賃金所得である。税は単純化のため消費量に比例した分が徴収されることとした。以上よりこの式は今期貯蓄が、前期貯蓄に利子と賃金の所得を追加して消費と税への支出を行った残りであることを表している。なお $a_{i,0} = a_{i,life} = 0$ である。

(2)式と(3)式を用いると家計の生涯効用最大化問題を考えることが出来る。それを解くことで家計の消費経路を導出することが出来る。

まず(3)式より、生涯の予算制約式を導出できる。

$$\sum_{j=1}^{life} \left[(1+\tau_{i+j-1}) \left\{ \prod_{m=1}^j (1+r_{i+m-1}) \right\}^{-1} c_{i,j} \right] = \sum_{j=1}^{life} \left[\left\{ \prod_{m=1}^j (1+r_{i+m-1}) \right\}^{-1} w_{i+j-1} e_j \right] \quad (4)$$

左辺が生涯支出、右辺が生涯収入であり、その現在価値が等しいことを表している。個人はこの制約の下で生涯効用を最大化するよう、各期の消費量を決定する。よって次の最大化問題を考える。

$$\max U_i = \sum_{j=1}^{life} (1+\rho)^{-(j-1)} \frac{c_{i,j}^{1-\gamma}}{1-\gamma} \quad (5)$$

$$s.t. \sum_{j=1}^{life} \left[(1 + \tau_{i+j-1}) \left\{ \prod_{m=1}^j (1 + r_{i+m-1}) \right\}^{-1} c_{i,j} \right] = \sum_{j=1}^{life} \left[\left\{ \prod_{m=1}^j (1 + r_{i+m-1}) \right\}^{-1} w_{i+j-1} e_j \right] \quad (4')$$

ラグランジュの未定乗数法を用いて一階の条件をまとめて表すと次のようになる．なお λ はラグランジュ乗数である．

$$-\nabla \left(\sum_{j=1}^{life} (1 + \rho)^{-(j-1)} u(c_{i,j}) \right) + \lambda \nabla \left(\sum_{j=1}^{life} \left\{ (1 + \tau_{i+j-1}) c_{i,j} - w_{i+j-1} e_j \right\} \left\{ \prod_{m=1}^j (1 + r_{i+m-1}) \right\}^{-1} \right) = \mathbf{0} \quad (6)$$

$$\left(\text{ただし } \nabla = \begin{bmatrix} \partial / \partial c_{i,1} \\ \vdots \\ \partial / \partial c_{i,life} \end{bmatrix} \text{ である.} \right)$$

これより任意の年齢 j について次の関係が成り立つ．

$$-(1 + \rho)^{-(j-1)} \frac{\partial u(c_{i,j})}{\partial c_{i,j}} + \lambda \left\{ 1 + \tau_{i+j-1} \right\} \left\{ \prod_{m=1}^j (1 + r_{i+m-1}) \right\}^{-1} = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, life) \quad (7)$$

このとき $j=1$ の場合，

$$\lambda = \frac{\partial u(c_{i,1})}{\partial c_{i,1}} \frac{1 + r_i}{1 + \tau_i} \quad (8)$$

が成り立つ．これを(7)式に用いて整理すれば，次の通りに $j=2$ 以降での消費を $j=1$ 時消費で表すことができる．

$$c_{i,j} = c_{i,1} \left[\frac{1 + \tau_i}{1 + \tau_{i+j-1}} \frac{\prod_{m=2}^j (1 + r_{i+m-1})}{(1 + \rho)^{j-1}} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (9)$$

($j \geq 2$ の場合に限る.)

これを予算制約式(4')へ代入することで，個人の $j=1$ 時消費が導出される．

$$c_{i,1} = \sum_{j=1}^{life} \left[\left\{ \prod_{m=1}^j (1 + r_{i+m-1}) \right\}^{-1} w_{i+j-1} e_j \right] \bigg/ \sum_{j=1}^{life} \left[(1 + \tau_{i+j-1}) \left\{ \prod_{m=1}^j (1 + r_{i+m-1}) \right\}^{-1} \left[\frac{1 + \tau_i}{1 + \tau_{i+j-1}} \frac{\prod_{m=2}^j (1 + r_{i+m-1})}{(1 + \rho)^{j-1}} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \right] \quad (10)$$

なお，ある期の家計の総消費は次式の通りである．

$$C_t = \sum_{j=1}^{life} N_{t-j+1} c_{t-j+1,j} \quad (11)$$

3. 企業部門

簡便の為、生産技術が規模に関して収穫一定であること、また資本と労働の市場は完全競争が成り立っていることを仮定する。

マクロの生産関数にはコブ＝ダグラス型生産関数を用いる。民間資本 K ・労働 L ・社会資本 KG を用いて、消費財にも資本財にもなる財を産出する。パラメータ B はスケールを、 α は生産の民間資本への分配率を表す。

$$Y_t = B \cdot K_t^\alpha (L_t KG_t)^{1-\alpha} \quad (12)$$

完全競争の仮定により、企業が利潤最大化を行うと利子率 r と賃金率 w は限界生産力に等しくなり以下が成り立つ。なお利子率と賃金率はそれぞれ資本と労働の 1 単位当たり費用である。

$$r_t = \frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = B \cdot \alpha K_t^{\alpha-1} (L_t KG_t)^{1-\alpha} \quad (13)$$

$$w_t = \frac{\partial Y_t}{\partial L_t} = B \cdot (1-\alpha) K_t^\alpha L_t^{-\alpha} KG_t^{1-\alpha} \quad (14)$$

企業の利潤 Π は次式で表される。規模に関して収穫一定の仮定により利潤はゼロに単純化される。

$$\Pi_t = Y_t - r_t K_t - w_t L_t = Y_t - B \cdot \alpha K_t^\alpha (L_t KG_t)^{1-\alpha} - B \cdot (1-\alpha) K_t^\alpha (L_t KG_t)^{1-\alpha} = 0 \quad (15)$$

4. 政府部門

政府は家計から徴収した税を財源に、社会資本整備のみを行うものとする。国債は発行しない。税率が毎年変化することとなるが、社会資本への支出額は現実でも毎年変化しており、社会資本整備分のみの税率だと考えれば不自然ではない。

政府収入 T は単純化し、家計の消費より税収として得るものとする。 τ は税率である。

$$T_t = \tau_t C_t \quad (16)$$

政府支出 G は新設更新費、調整費用、維持管理費の 3 つに配分する。

$$G_t = I_t + chousei_t + M_t (= T_t) \quad (17)$$

新設更新費と維持管理費は社会資本ストック KG を変化させるものである。社会資本ストックは石倉(2010)⁵⁾による次の蓄積方程式により推移するものとする。

$$KG_{t+1} = KG_t \left[\frac{M_t}{KG_t} \right]^\kappa + I_t \quad (18)$$

これは社会資本ストック KG に対する維持管理費 M の割合が小さいほど、社会資本の劣化・減失が大きくなることを表現したもので、維持管理費 M を政策変数とすれば維持管理に関

する政策方針が各世代に与える影響を分析することが出来る。新設更新費 I は既往研究と同様にストック増加に直接寄与する。

ここで本研究の社会資本の定式化では、最も効率的な投資配分 (I と M) を導出することが出来る。これを本章の補論1に記載する。

調整費用とは、資本の量を変化させる際にその購入費用 (I に相当する) のほかにかかると考えられるコストのことである。社会資本の分野では、浅子・野口(2002)⁶⁾は社会資本のトービンの q (=市場価値/再取得価格) を算出することで社会資本の資産評価を試みており、その過程で社会資本の調整費用について述べている。容易にイメージすることが出来ないとしながら「ダムや道路建設にともなう立ち退き費用」「空港の騒音防止費用」などを候補にあげている。また後述の通り内閣府の社会資本ストックは公的固定資本形成に準じたデータを用いて推計されているが、図2-2の通りここに用地費や補償費は含まれておらず、それらも調整費用の一部であると考えられる。既往研究ではこうした内容が考慮されていなかった。調整費用の導入により、これまで計上されていなかった費用が考慮され分析の正確性が増すほか、段階的新設と急激な新設との負担の違いが表現されることとなる。

本研究では調整費用を、浅子・野口(2002)における調整費用関数を元に作成した以下の式を用いる。パラメータは $a=2.610$, $b=2.059$ となっている。

$$chousei_t = KG_t \left\{ \left(\frac{a}{2} \right) \left(\frac{I_t}{KG_t} \right)^2 + b \frac{I_t}{KG_t} \right\} - I_t \quad (19)$$

上式は既存の社会資本ストック KG に対する新設費 I の比 (I/KG) の2次関数となっているが、これはペンローズ効果と呼ばれる資本の固定性により、資本の変化量に対し調整費用は漸増すると考えられているためである。 KG を固定したうえで I と調整費用の関係をグラフにすると図2-3のようになり、より多くの I にはより多くの調整費用が必要となる。

本章末尾の補論2に浅子・野口(2002)からの調整費用の作成について記載する。

	用地費・補償費	建設関連				機械・船舶 調達関連
		事務費	測量試験費 委託費	営繕費・工事費 宿舎費	本工事費	
(参考) 公共事業関係費予算	○	○	○	○	○	○
① 建設工事受注動態統計				○	○	
② 公共工事前払金保証統計			○	○	○	○
③ 建設総合統計				○	○	
④ 公的固定資本形成		○	○	○	○	○

図2-2 公共工事に関連する主な4統計の対象範囲⁸⁾

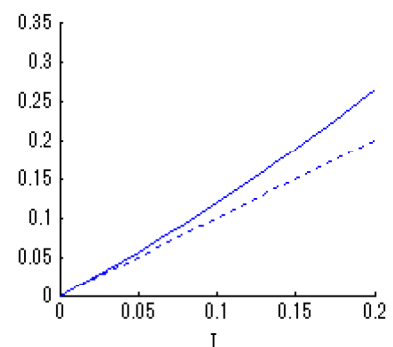


図2-3 $KG=1.0$ に固定したとき、 I と $chousei$ の関係

5. 市場均衡

労働 L と民間資本 K の各市場は需給が一致しているとする．また民間資本は家計の前期末貯蓄とする．

$$L_t = \sum_{j=1}^{life} N_{t-j+1} e_j \quad (20)$$

$$K_{t+1} = A_t = \sum_{j=1}^{life} N_{t-j+1} a_{t-j+1,j} \quad (21)$$

最後に，各期の財市場は均衡しており，次式の通り生産が消費と政府支出と民間投資の和に一致する．均衡の証明を補論 3 に記載する．

$$Y_t = C_t + G_t + (A_t - A_{t-1}) \quad (22)$$

(補論1 社会資本への最適支出配分)

本研究の社会資本の表現のように、社会資本ストックと新設・更新・維持管理の各支出との関係が明らかとなれば、ある年の最も効率的な投資配分を導出することが出来る。今期の社会資本ストック KG_t が既知であり政府支出 G_t を財政制約として定数としたとき、次期 KG_{t+1} を最も効率よく整備する I と M の配分は、次の最適化問題で表現される。

$$\max_{I_t, M_t} KG_{t+1} = KG_t \left[\frac{M_t}{KG_t} \right]^\kappa + I_t \quad (23)$$

$$s.t. \quad chousei_t = KG_t \left\{ \left(\frac{a}{2} \right) \left(\frac{I_t}{KG_t} \right)^2 + b \frac{I_t}{KG_t} \right\} - I_t \quad (24)$$

$$G_t = I_t + chousei_t + M_t \quad (25)$$

制約条件(24)式に(25)式を用いれば、 M は I で表せる。

$$M_t = G_t - KG_t \left\{ \left(\frac{a}{2} \right) \left(\frac{I_t}{KG_t} \right)^2 + b \frac{I_t}{KG_t} \right\} \quad (26)$$

よって最適化問題は KG_{t+1} に関する I のみでの最大化問題となる。

$$\max_{I_t} KG_{t+1} = KG_t \left[\frac{G_t - KG_t \left\{ \left(\frac{a}{2} \right) \left(\frac{I_t}{KG_t} \right)^2 + b \frac{I_t}{KG_t} \right\}}{KG_t} \right]^\kappa + I_t \quad (27)$$

I で微分すれば、

$$\frac{\partial KG_{t+1}}{\partial I_t} = \frac{KG_t}{KG_t^\kappa} \kappa \left(G_t - KG_t \left\{ \left(\frac{a}{2} \right) \left(\frac{I_t}{KG_t} \right)^2 + b \frac{I_t}{KG_t} \right\} \right)^{\kappa-1} \left(-KG_t \left\{ a \frac{I_t}{KG_t^2} + b \frac{1}{KG_t} \right\} \right) + 1 \quad (28)$$

であり、これがゼロとなるときの I が最適な新設更新費 I である。ただしパラメータ κ は(後述するが) 小数であるため、解析解を得るのは難しいため数値計算を用いることとなるが、複数の解が存在するので $G_t = I_t + chousei_t + M_t$ の成立などを確かめる必要がある。

(補論2 調整費用関数の作成)

浅子・野口(2002)の, 調整費用関数に関する記述は以下の通り.

- 既存の資本ストックに占める投資の割合 (=投資率) を z とする.
 - 投資率が z のとき, 投資に対して資本ストック 1 単位当たり $\phi(z)$ の費用が必要であるとする (すなわち $\phi(z)$ は投資の調整費用を含んだ総費用である).
- $$\phi(z) = \left(\frac{a}{2}\right)z^2 + bz \quad (29)$$
- パラメータは浅子・國則・井上・村瀬(1997)⁹⁾から得られる $a=2.610$, $b=2.059$ を用いる.

以上を踏まえ本研究へ適用する.

新設投資の総費用は, ストックを実際に増加させる投資費と調整費用に分けられる. これを次式で表す.

$$cost_t = I_t + chousei_t \quad (30)$$

社会資本ストックが KG 単位あるとき, 投資率 z で新設投資をするのに必要な総費用は次式となる.

$$cost_t = KG_t \cdot \phi(z_t) \quad (31)$$

投資率 z は次式で表される.

$$z_t = \frac{I_t}{KG_t} \quad (32)$$

以上を用いて, $cost$ についての次の等式が成り立つ.

$$I_t + chousei_t = KG_t \cdot \left\{ \left(\frac{a}{2}\right) \left(\frac{I_t}{KG_t}\right)^2 + b \frac{I_t}{KG_t} \right\} \quad (33)$$

これより $chousei$ に関する I と KG の関数が導出される.

$$chousei_t = KG_t \left\{ \left(\frac{a}{2}\right) \left(\frac{I_t}{KG_t}\right)^2 + b \frac{I_t}{KG_t} \right\} - I_t \quad (34)$$

(補論3 各期の財市場の均衡の証明)

剤市場の均衡条件は次式であった.

$$Y_t = C_t + G_t + (A_t - A_{t-1}) \quad (35)$$

この成立を証明する.

まず企業の利潤はゼロであり, 生産は利子と賃金に全て分配された. また政府支出は消費税に一本化していた. よって上式は次のように書き換えられる.

$$w_t L_t + r_t K_t = C_t + \tau_t C_t + (A_t - A_{t-1}) \quad (36)$$

資本 K_t を前期末貯蓄 A_{t-1} に書き換え, 整理すると次のようになる.

$$w_t L_t + (r_t + 1)A_{t-1} = (1 + \tau_t)C_t + A_t \quad (37)$$

以下, この式の成立を確認する.

左辺を個人単位に書き直すと次のようになる.

$$w_t L_t + (r_t + 1)A_{t-1} = w_t \sum_{j=1}^{life} (N_{t-j+1} e_j) + (r_t + 1) \sum_{j=1}^{life} (N_{(t-1)-j+1} a_{(t-1)-j+1,j}) \quad (38)$$

右辺を書き直すと次のようになる.

$$(1 + \tau_t)C_t + A_t = (1 + \tau_t) \sum_{j=1}^{life} (N_{t-j+1} c_{t-j+1,j}) + \sum_{j=1}^{life} (N_{t-j+1} a_{t-j+1,j}) \quad (39)$$

この右辺第2項は, 資産経路の方程式より次のように書き直せる.

$$\sum_{j=1}^{life} (N_{t-j+1} a_{t-j+1,j}) = \sum_{j=1}^{life} [N_{t-j+1} \{a_{t-j+1,j-1}(1 + r_t) + w_t e_j - c_{t-j+1,j}(1 + \tau_t)\}] \quad (40)$$

すると先の式は右辺第1項が消去され, 次のように整理される.

$$(1 + \tau_t)C_t + A_t = \sum_{j=1}^{life} [N_{t-j+1} \{a_{t-j+1,j-1}(1 + r_t) + w_t e_j\}] \quad (41)$$

これと先の式を比較すれば, $w_t e$ の項は明らかに一致し, また a の項は1年分ずれているが, 列記することで一致することが確認できる. すなわち財市場の均衡が確認された.

(第2章の参考文献)

- 1)木立力：少子高齢化の経済動学 ― 重複世代モデルの理論と展開 ― ，晃洋書房，2009
- 2)小木曾裕元・石倉智樹・小根山裕之・鹿田成則，社会資本の生産性を考慮した公共投資政策の世代別影響分析，第47回土木計画学研究発表会・講演集，2013
- 3)川崎研一・島澤諭：一般均衡型世代重複シミュレーションモデルの開発 ― これまでの研究事例と今後の発展課題 ― ，ESRI Discussion Paper Series No.73，2003
- 4)デビッド・ローマー：上級マクロ経済学 [原著第3版]，日本評論社，2010
- 5)石倉智樹：インフラ維持管理技術の変化によるマクロ経済的影響に関する基礎的モデル分析，土木計画学研究・論文集・vol.27・pp.33-40，2010
- 6)浅子和美・野口尚洋：社会資本の資産評価，経済研究 53(4)，2002
- 7)内閣府：日本の社会資本 2012，2012
- 8)国土交通省：今月のトピックス ～公共工事関連統計の見方と最近の動向～
- 9)浅子和美・國則守生・井上徹・村瀬英影：設備投資と土地投資：1977-1944，浅子和美・大瀧雅之編『現代マクロ経済動学』，東京大学出版会，1997

社会資本の新設更新・維持管理政策の世代間厚生分析

第 3 章 分析モデル

第3章 分析モデル

1. 分析モデルの全体像

ライフサイクル一般均衡分析は数値計算を用いることで、解析的分析では不可能なシナリオによる定量的分析が可能である。その数値計算の方法は、家計の将来予測の概念の与え方により大きく異なる。

本研究では木立(2009)¹⁾による「一時的均衡の概念」で予測を行う家計を想定し、その場合の数値計算を行う。一時的均衡の概念とは、ある期に最適化を行う世代が、次期以降の経済状況が今期と同等であると予想する考え方のことである。この場合、数値計算は定常状態に移行過程を接続させて行う。定常状態は経済が収束し安定した状態であり、その後のシナリオによる変化の初期状態となる。移行過程とは経済が変化し定常でない状態であり、シナリオを与え経済状況が変化している過程も含まれる。

「一時的均衡の概念」による分析モデルの全体像を図3-1に示す。

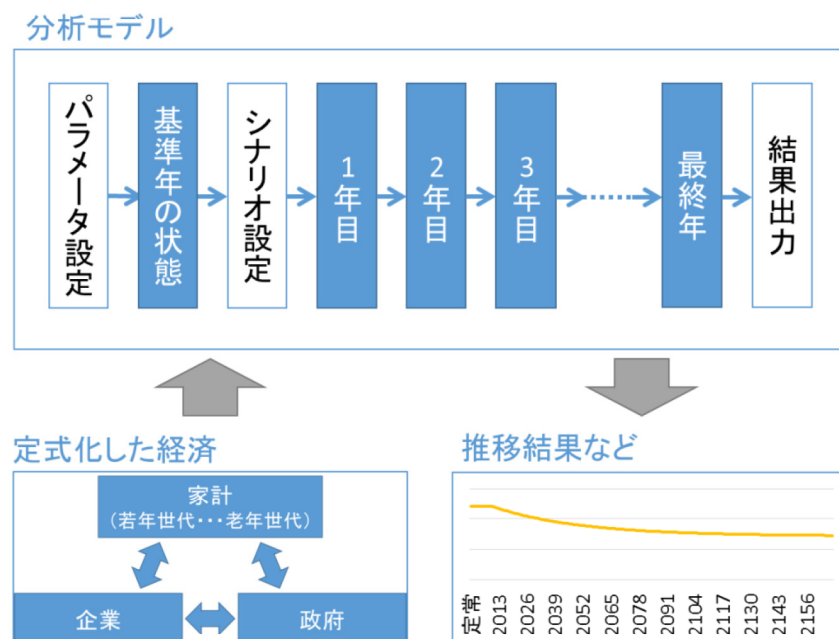


図3-1 一時的均衡の概念による分析モデル

2. パラメータ設定

ライフサイクル一般均衡分析の既存研究を整理した上村(2002)²⁾がパラメータ設定についてまとめている。これによれば、パラメータは既存研究の値を用いるものと逆算して求めるものが存在する。本研究と関わる部分を抜粋すると以下の通りである。

- 政府の税率等のパラメータについては、初期定常状態の経済において現実的で妥当だと考えられる平均税率を与えることになる。
- 人的資本プロファイルには、時間当たり賃金率の推計結果を用いることが多い。多くの場合、厚生労働省『賃金構造基本統計調査（賃金センサス）』の企業規模計・全労働者のデータを用いて、賃金率を年齢と勤続年数を説明変数として推定することで得られる。
- 効用関数のパラメータは、既存研究で利用された値を用いることが一般的である。
- 生産関数のパラメータは、初期定常状態で賃金率 $w=1$ とし、利子率には適当な値を与えて、現実経済の資本労働比率などを表現するパラメータを逆算して得られることが多い。

これを踏まえパラメータを設定する。本研究の経済システムに含まれるパラメータの一覧およびその値を表3-1に示す。

表3-1 パラメータ一覧

時間選好率	ρ	-0.03
異時点間消費の代替弾力性	$1/\gamma$	0.4
年齢別労働供給量	e_j	右図
家計個人の寿命	$life$	60
資本分配率	α	逆算
維持管理技術水準	κ	推定
調整費用関数のパラメータ	a	2.610
	b	2.059

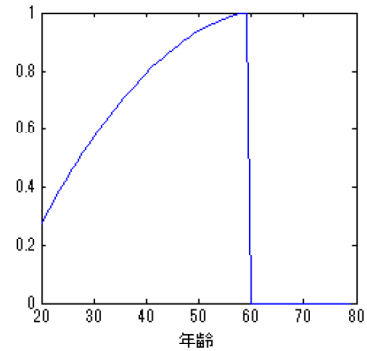


図 3-2 年齢別労働供給量 e_j

効用関数のパラメータ ρ , $1/\gamma$ は既存研究で紹介した佐藤・中東・吉野(2004)³⁾の値を利用した。年齢別労働供給量 e_j は佐藤・中東・吉野(2004)は上述のデータを用いて年齢と勤続年数の回帰式を作成していたため、これを 59 歳時 ($j=40$) を 1 となるよう基準化した次式を利用する。図 3-2 にこのグラフを示す。

$$e_j = \begin{cases} -0.87755 + 0.12567(j+19) - 0.00148(j+19)^2 + 0.06264(j-1) \Big/ e_{40} & (1 \leq j \leq 40) \\ e_j = 0 & (41 \leq j \leq 60) \end{cases} \quad (42)$$

寿命 $life$ は 20 歳 ($j=1$) に経済に参入し、79 歳 ($j=60$) を終えて経済から退出することを想定し独自に設定した。生産関数のパラメータである α は、後述の通り定常状態の設定時に

逆算した。κは知見が存在しなかったため後述の方法で推定した。調整費用関数のパラメータ a と b は、当関数の引用元である浅子・野口(2002)⁴⁾の値を用いた。

なお上村(2002)は税率を妥当だと考えられる初期値を設定しておくとして述べているが、社会資本のみによる税率は不明であり、本研究では α の逆算時に同時に算出した。

【κの推定について】

a. 推定方法

蓄積方程式は次式であった。

$$KG_{t+1} = KG_t \left[\frac{M_t}{KG_t} \right]^\kappa + I_t \quad (18)$$

推定には社会資本ストック KG ，社会資本投資 I ，維持管理費 M のデータを利用する。ある年から I と M のデータのみを用いて蓄積方程式で KG を蓄積させていき、式とデータでの KG の推移が最も近くなる（各年の差の二乗和を最小にする） κ を Excel のソルバーより求めた。

b. 使用データ

・内閣府『日本の社会資本 2012』（2005 年度基準）⁵⁾より

- | | | |
|-------------|---|-------|
| ①：ストック試算③－2 | } | 図 3-3 |
| ②：新設改良費（実質） | | |
| ③：災害復旧費（実質） | | |

・『国土交通白書 2012』（2010 年度基準）⁶⁾より

- | | | |
|---------|---|-------|
| ④：新設費 | } | 図 3-4 |
| ⑤：維持管理費 | | |
| ⑥：更新費 | | |
| ⑦：災害復旧費 | | |

・内閣府『2012 年度国民経済計算』⁷⁾の公的総固定資本形成のデフレーター

社会資本ストック KG については、内閣府のストック推計データを利用する。内閣府は社会資本ストックを図 3-3 の通り 3 つの概念（粗・純・生産的）で推定している。粗ストックは使用可能なストックの投資額を積算したもの、純ストックは使用可能なストックの残存価値を評価したもの、生産的ストックは使用可能なストックの能力量を評価したものである。ここで本文において「生産関数の投入要素として用いるべきはサービス量である。（略）そして、資本サービス量は生産的資本ストックから求めるべきものである」とあったため、用いるデータは生産的ストックのデータとした。さらに生産的ストックは経齢による効率性の低下を直線と双曲線の 2 種類の仮定の場合で推計しており、どちらを用いるかが問題

となる。ここで本文において社会資本に関してどちらが望ましいか「実証した研究は存在しない」としているが、「諸外国では双曲線関数を用いている国が多い」としており、本研究でも双曲線による低下を仮定したストックデータを用いた。

続いて蓄積方程式の I と M に用いる各年のデータについてだが、内閣府よりストックデータとともに公開されていたのは②の新設改良費と③の災害復旧費であり(図 3-3 に表示)、 I と M に直接用いることが出来ない。そこで②と③の合計額を I と M に対応するよう分割してパラメータ推定を行うこととした。この分割に国土交通白書の投資データ④・⑤・⑥・⑦(図 3-4)を用いる。

国土交通白書のデータは 2010 年度基準の実質値であったため、デフレーターを用いて 2005 年度基準に変換して用いた。ここで白書の投資額と内閣府の投資額データを比べると、図 3-5 および図 3-6 の通り形状は似ているが額に違いがあった。投資額の集計範囲が異なることなどが考えられるが、白書の集計方法の詳細は不明である。推移形状は似ていることより、本研究では投資内訳は内閣府と白書ともに同等であったと仮定する。

②と③の合計額の白書データによる分割の関係は図 3-7 の通りとした。以下この根拠について述べる。まずストック推計は内閣府の決算額のデータを用いているが、決算額データは次の 4 つに分類・定義されたうえで推計に含めるかを判断されている。

- 新設改良費：改築費、改良費および更新費等を合わせた費用。推計に使用。
- 維持補修費：日常的維持費と実質的改良更新費が含まれており、うち改良更新費のみを使用。
- 災害復旧費：復旧工事实施の直前に比べて固定資産が増加するもの。推計に使用。
- 用地費・補償費：公的固定資本形成の考えに準じて、推計の対象としていない。

ストックは各費用の積算に投資後の経年変化を考慮して推計している。ここで積算上、白書の④新設費・⑤維持管理費・⑥更新費の区別はされていない。よって維持管理費は蓄積方程式の関係が成り立つと仮定すれば、残る新設費と更新費は、蓄積方程式において区別されないと考えられる。災害復旧費はストック推計でさまざまな検討により積算に導入されているが、毎年の投資額のうちごくわずかであるため、今回は新設費・更新費と区別しなかった。

以上の手順により、蓄積方程式の I と M に用いる各年のデータを図 3-8 の通り作成した。

c. 推定結果

1965 年 KG を始点とし、作成した I と M のデータにより a. に記載した方法で κ を求めたところ、 $\kappa=0.00472$ となった。このときの推移比較を図 3-9 に示す。

この κ の値は蓄積方程式において、ある年に社会資本の 1% の維持管理費を用いたとき、翌年に 97.85% の社会資本が維持されるパラメータである。また 1% の額を固定して維持管理を続けた場合(400 兆円ある社会資本を 4 兆円で維持管理し続けた場合)、図 3-10 のように 35 年後に半減するような推移形状となる。

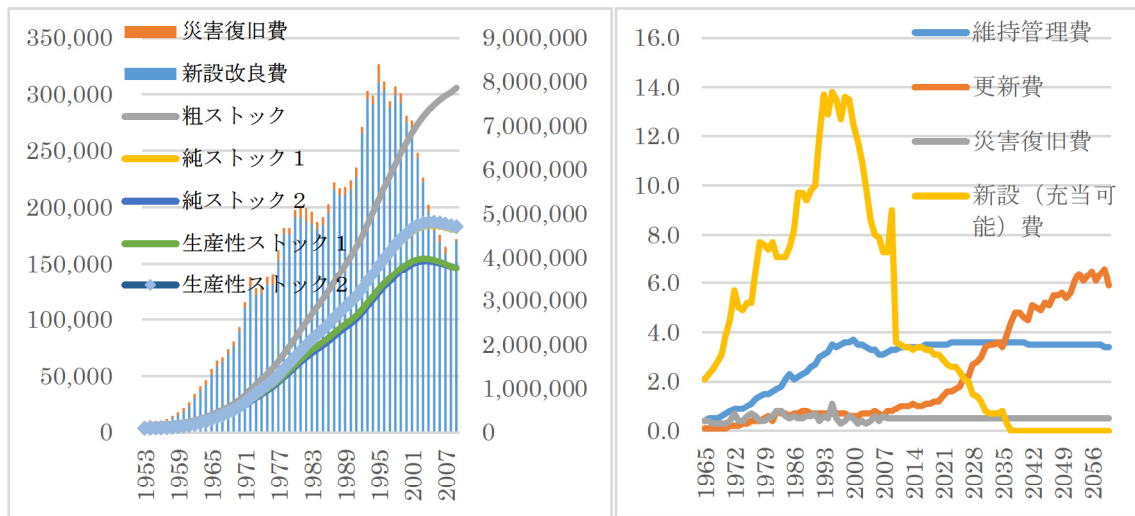


図 3-3(左) 内閣府『日本の社会資本 2012』より投資額(実質)および社会資本ストック推計(全国)⁵⁾

図 3-4(右) 『国土交通白書 2012』より従来通りの投資をした場合の推計⁶⁾

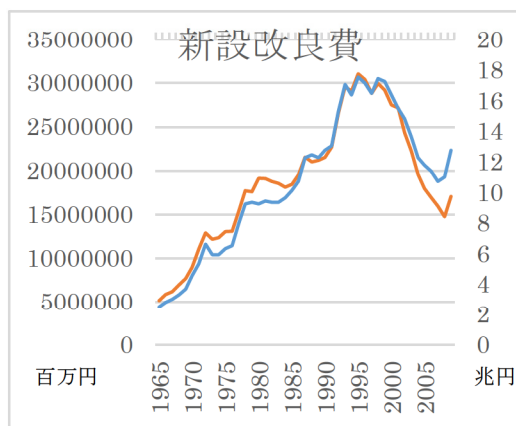


図 3-5 ②(左軸)と④+⑤+⑥(右軸)の推移比較

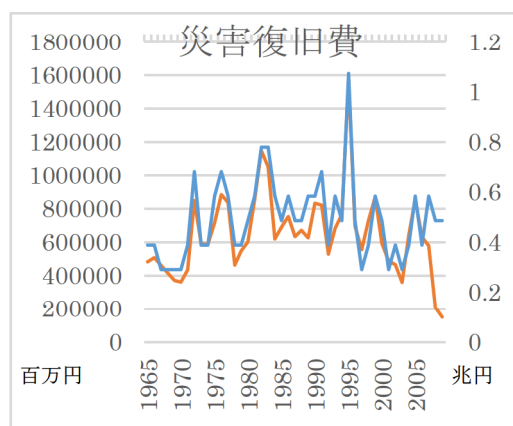


図 3-6 ③(左軸)と⑦(右軸)の推移比較

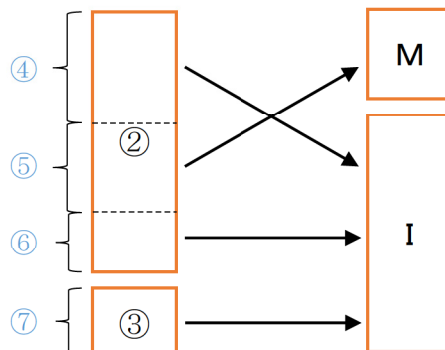


図 3-7 内閣府投資データの国土交通白書データによる分割

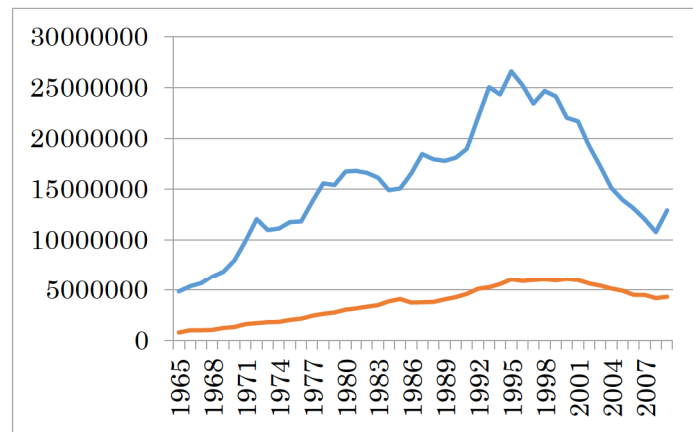


図 3-8 パラメータ κ 推定のために作成した I と M のデータ

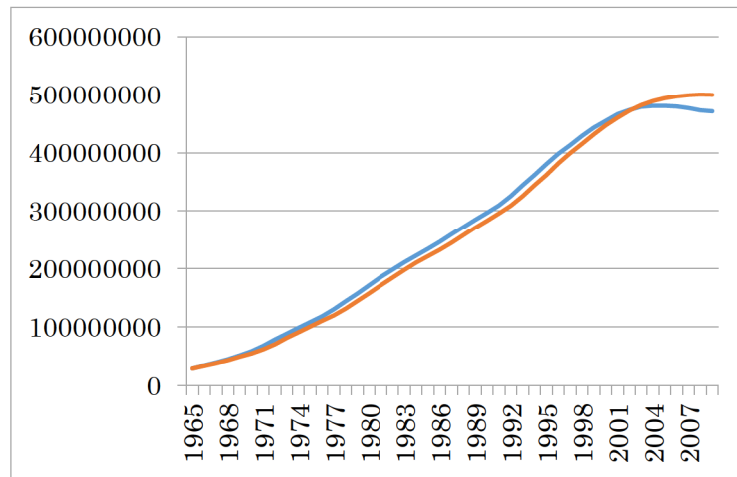


図 3-9 内閣府ストック推計と蓄積方程式での推移比較

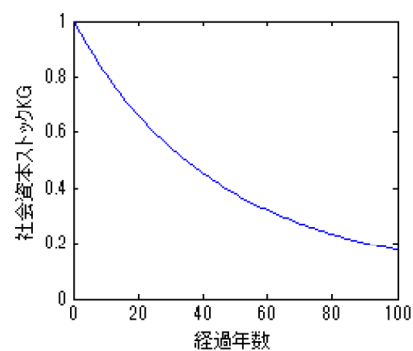


図 3-10 初年度社会資本ストック KG の 1%にあたる維持管理費を支出し続けた場合の KG の推移

3. 定常状態の計算方法

a. 本研究の定常状態の与件

定常状態の収束計算は設定したい与件による。本研究は経済の厳密な再現は目的としていないが、ある程度の現実的な設定を与えることで不自然な分析結果とならないようにした。本研究では社会資本の現実性を重視した。定常状態計算の大枠は佐藤・中東・吉野(2004)を参考にした。

後述の移行過程分析は 2010 年から開始することを見据えて、2009 年を定常状態と想定する。社会資本については、2005～2009 年の新設費＋更新費と維持管理費の比 ($I:M=1:0.3704$) による収束状態を定常状態とした。この設定について、近年の社会資本ストックの推移は安定しているため (図 3-9 を参照)、近年の投資配分 (新設費・更新費・維持管理費) による定常状態の設定は不自然ではないと考える。なお 5 年間の平均値としたのは 2009 年の新設費が突出していたためである。

また社会資本整備のための税率を現実的な値とするため、佐藤・中東・吉野(2004)も与件とした賃金率 $w=1.0$ と利子率 $r=0.01$ に加え、2009 年までの GDP と公的固定資本形成の比 ($Y:(I+M)=1:0.0734$) を与えた。

b. 定常状態の計算方法

上記の与件を満たす経済状況を求めるために、パラメータ B , α , および定常状態の各世代人口 N は内生とする。

定常状態は各種の経済変数が経時的に一定であるため、数式上の時間の添え字 t および各世代の添え字 i を省略して成立する経済状態を求めてゆく。

まず蓄積方程式

$$KG = KG \left[\frac{M}{KG} \right]^{\kappa} + I$$

に着目すれば KG は I と M の関数と見る事が出来る。ここで $I=1/0.3704 \times M$ より I は M で表す事が出来るので、 KG は M のみの関数として表す事が出来る。そして $chousei$, G , Y も M のみの関数として表す事が出来る。

次に生産関数

$$Y = B \cdot K^{\alpha} (L \cdot KG)^{1-\alpha}$$

に着目する。

Y と KG は先の過程により M で表される。

ここで生産関数の特性を用いる。本研究の経済では毎期の企業の利潤はゼロであり、生産は余すことなく資本分配率に応じて利子か賃金として支払われる。つまり

$$\begin{aligned} \alpha Y &= rK \\ (1-\alpha)Y &= wL \end{aligned}$$

が成り立つ．これより Y に関する等式を考えると

$$K = \frac{w}{r} \frac{\alpha}{1-\alpha} L$$

となり K は L の関数となる．

また $L = \sum_{j=1}^{life} N e_j$ であるため L は N の関数である．

ここで L について上式と生産の賃金配当分との等式を考えると，

$$\sum_{j=1}^{life} N e_j = \frac{(1-\alpha)Y}{w}$$

より

$$N = \frac{(1-\alpha)Y}{w \sum_{j=1}^{life} e_j}$$

となり， N は α で表すことが出来る．以上より生産関数は次の通り，より少ない変数の方程式として書き換えることができる．

$$Y(M) = B \cdot K(\alpha)^\alpha (L(\alpha) \cdot KG(M))^{1-\alpha}$$

これは M ， B ， α の満たすべき条件である．

続いて政府支出 $G = \sum_{j=1}^{life} N \cdot \tau \cdot c_j$ について着目する． G は M の関数であり， N は α の関数で

あった． τ は未決定の変数である．ここで c_j は

$$c_1 = \sum_{j=1}^{life} \left[\left\{ \prod_{m=1}^j (1+r) \right\}^{-1} w e_j \right] / \sum_{j=1}^{life} \left[(1+\tau) \left\{ \prod_{m=1}^j (1+r) \right\}^{-1} \left[\frac{1+\tau}{1+\tau} \frac{\prod_{m=2}^j (1+r)}{(1+\rho)^{j-1}} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \right] \quad (j=1)$$

$$c_j = c_1 \left[\frac{1+\tau}{1+\tau} \frac{\prod_{m=2}^j (1+r)}{(1+\rho)^{j-1}} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (j \geq 2)$$

であり，含まれる変数を全て挙げれば r ， w ， e_j ， τ ， ρ ， γ ，であり， ρ ， γ はパラメータ， e_j はデータ， r と w は与件なので， τ のみが未確定であり， c は τ の関数といえる．

よって政府支出についてまとめると

$$G(M) = \sum_{j=1}^{life} N(\alpha) \cdot \tau \cdot c_j(\tau)$$

となり， M ， α ， τ の満たすべき条件が導出される．

最後に民間資本 K について， $K = A = \sum_{j=1}^{life} N \cdot a_j$ である．ここで，

$a_i = a_{j-1}(1+r) + we_j - c_j(1+\tau)$ であり、 a_j は a_{j-1} 、 r 、 w 、 e_j 、 c_j 、 τ より決定する。 r 、 w 、 e_j は確定している。もし τ が決定すれば、全ての j に対して c_j が決定し a_j が決定する。

よって民間資本 K についてまとめると

$$K = \sum_{j=1}^{life} N(\alpha) \cdot a_j(\tau)$$

となり、 K は α と τ によって決定する。 K は先の過程で L にも関係しており、それと一致する必要がある。

以上より数値計算の手順としては、まず M を外生で与え、 Y と G までを計算する。次に α に初期値を与えると Y より N が算出される。この N により K が求まる。続いて τ に初期値を与え、 τ と N による G の成立を確かめる。 G が不成立だったら τ を変更する。 **τ の変更によっても G が成立しなかったら N を変更し、 G が成立するまでこれを繰り返す。** G が成立したらその時の τ と N の下で総資産 A による K (K' とする) を計算し、 K' と K の一致を確認する。一致していなかったら α を変更し、 K' と K が一致するまでこれを繰り返す。一致したとき、生産関数のパラメータ B を算出する。 $B>0$ だった場合、経済均衡が存在し成立したこととなり、この時の各変数の値が定常状態である。

c. 定常状態の計算結果

表 3-2 外生値 M と本研究の定常状態

(外生)維持管理費	各世代人口	生産関数のスケールパラメータ	資本分配率	GDP	民間資本	労働	社会資本	総消費	政府支出	新設費	調整費用	税率
M	N	B	α	Y	K	L	KG	C	G	I	$chou$	τ
0.1	0.16	0.0928	0.0992	5.04	50.03	4.54	12.07	4.38	0.66	0.27	0.29	0.152
1.0	1.55	0.0117	0.0992	50.4	500.3	45.4	120.7	43.8	6.64	2.70	2.94	0.152
10.0	15.5	0.0015	0.0992	504	5003	454	1207	438	66.4	27.0	29.4	0.152

※ 利子率 $r=0.01$ 、賃金率 $w=1.0$ は定数である。

外生値 M は上表の通り変数のスケールのみを変化させる。よって本研究では以後、定常状態は $M=1.0$ を与えた場合の状態を用いることとする。

定常状態の個人の収入経路・消費経路・負担経路を図 3-11、貯蓄経路を図 3-12 に示す(定常状態では、個人の行動は世代に関係なくみな同じである)。高齢での消費が多いため、消費に応じて徴収される税負担も高齢期で多くなっている。

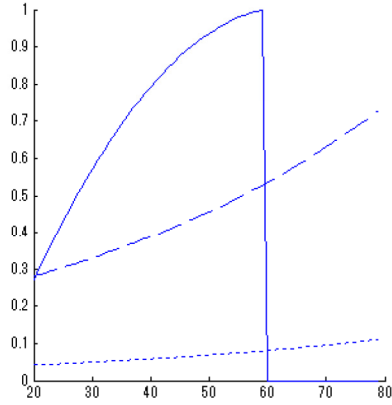


図 3-11(左) 定常状態での個人の年齢と収入・消費・税負担の関係

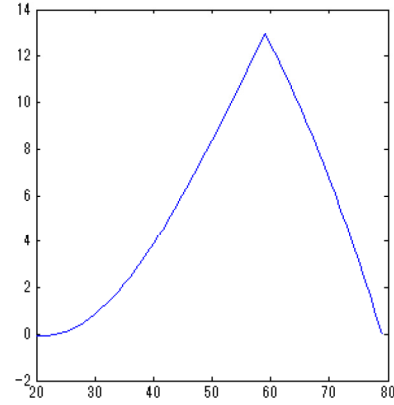


図 3-12(右) 定常状態での個人の年齢と貯蓄の関係

4. 移行過程の計算方法

a. 家計の生涯の途中での効用最大化

移行過程では経済状況が変化するため、家計は将来を踏まえて行動するにあたり、最適化行動を毎年立て直すこととなる。よって移行過程の数値計算を行うためには、生涯の途中での効用最大化を定式化する必要がある。

以下では第 i 世代が J 歳で計画を立て直す場合の導出を記述する。まず個人の生涯効用の最大化は次式で表される。

$$\max_{c_i} U_i = \sum_{j=J}^{life} (1+\rho)^{-(j-1)} u(c_{i,j}) \quad (43)$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & \sum_{j=J}^{life} \left[(1+\tau_{i+j-1}) \left\{ \prod_{m=1}^j (1+r_{i+m-1}) \right\}^{-1} c_{i,j} \right] \\ & = a_{i,J-1} + \sum_{j=J}^{life} \left[\left\{ \prod_{m=1}^j (1+r_{i+m-1}) \right\}^{-1} w_{i+j-1} e_j \right] \end{aligned} \quad (44)$$

ここで $a_{i,J-1}$ は計画変更直前期の期末貯蓄である。つまり今年以降の支出が、前年末の資産と今後の賃金と一致することを制約に、残りの生涯の効用最大化を考えている。

これを前章と同様に $c_{i,j}$ による U_i の最大化問題として解くと、以下の関係が導出される。

$$-(1+\rho)^{-(j-1)} \frac{\partial u(c_{i,j})}{\partial c_j} + \lambda \left\{ 1 + \tau_{i+j-1} \right\} \left\{ \prod_{m=1}^j (1+r_{i+m-1}) \right\}^{-1} = 0 \quad (j = J, J+1, \dots, life) \quad (45)$$

これより、各年齢 j での消費と今年の消費が導出される。

$$c_{i,j} = c_{i,J} \left[\frac{1 + \tau_{i+J-1} \prod_{m=J+1}^j (1 + r_{i+m-1})}{1 + \tau_{i+j-1} (1 + \rho)^{j-J}} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (43)$$

$$c_{i,J} = \frac{a_{i,J-1} + \sum_{j=J}^{life} \left[\left\{ \prod_{m=J}^j (1 + r_{i+m-1}) \right\}^{-1} w_{i+j-1} e_j \right]}{\sum_{j=J}^{life} \left[(1 + \tau_{i+j-1}) \left\{ \prod_{m=J}^j (1 + r_{i+m-1}) \right\}^{-1} \left[\frac{1 + \tau_{i+J-1} \prod_{m=J+1}^j (1 + r_{i+m-1})}{1 + \tau_{i+j-1} (1 + \rho)^{j-J}} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \right]} \quad (47)$$

b. 外生変数の決定

分析目的に応じ、シナリオとしたい変数を外生変数とする。外生変数の選び方によって計算方法は変わってくる。本研究では社会資本に関する支出の分割が特徴的であり、これを活用した分析を行いたい。よって外生変数は、各世代人口 N のほか、新設更新費 I 、維持管理費 M のあわせて3つとした。

c. 移行過程の計算方法

一時的均衡の移行過程計算は、前期から引き継ぐ変数を基に今期の経済の均衡計算を行う。本研究の経済システムの変数関係を下图に示す。

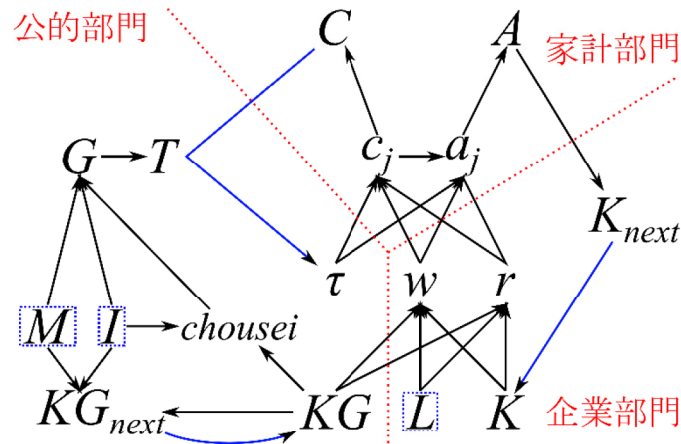


図 3-13 経済システムの変数関係

青い点線で囲んだ M と I および $L(=\Sigma Ne)$ はいずれもシナリオとした変数であり、既に決定している。また KG と K は前期の計算により KG_{next} と K_{next} として既に決定している。

よって計算手順としては、まず $KG_{next} \cdot chousei \cdot G \cdot T$ を計算する。次に w と r を計算する。次に $T=\tau C$ を満たす τ を求める。 τ が確定することで a が計算できる。最後に $A \cdot K_{next}$ を計算する。そして次期にうつり、以降繰り返す。

(第3章の参考文献)

- 1)木立力：少子高齢化の経済動学 ― 重複世代モデルの理論と展開 ―，晃洋書房，2009
- 2)上村敏之：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 28 巻 1 号，2002
- 3)佐藤格・中東雅樹・吉野直行：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，2004
- 4)浅子和美・野口尚洋：社会資本の資産評価，経済研究 53(4)，2002
- 5)内閣府：日本の社会資本 2012，2012
- 6)国土交通省：従来通りの投資をした場合，平成 23 年度国土交通白書・第 I 部・第 2 章・第 1 節・6，2012
- 7)内閣府：2012 年国民経済計算・デフレーター（公的総固定資本形成・連鎖方式・年度）

社会資本の新設更新・維持管理政策の世代間厚生分析

第4章 社会資本の特性把握

第4章 社会資本の特性把握

本研究は社会資本の支出項目が考慮されている特徴を有する。次章ではこの社会資本整備のための支出シナリオを様々に変えて分析していくことになる。そこで本章では分析の前に、本研究の社会資本の特性を把握する。

以下、第1節で維持管理費、第2節で調整費用に着目する。

1. 支出の新設更新費・維持管理費への分割効果

社会資本への支出総額が同じであっても、新設更新費と維持管理費の配分を変えることで政策方針の違いを表現することができる。本節では、新設更新重視および維持管理重視の各方針の違いをシナリオで表現し、世代間厚生分析における効果を確認する。

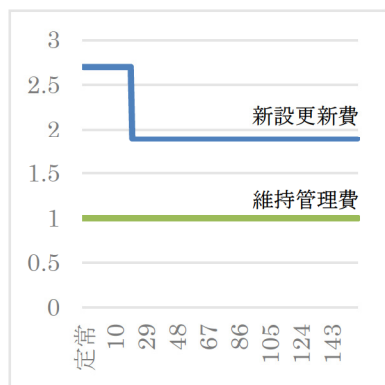


図4-1 新設更新重視ケースのシナリオ

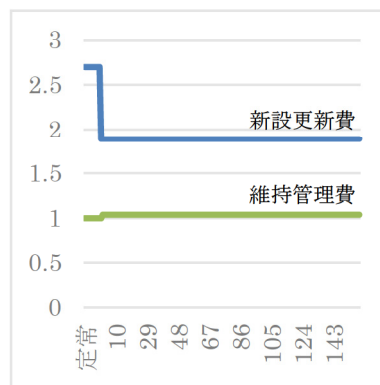


図4-2 維持管理重視ケースのシナリオ

100 世代分の分析を行う。よって分析期間は 159 年となる。

新設更新重視ケースは、20 年間新設更新費を保った後に 7 割に減少させるケースである。

維持管理重視ケースは、新設更新重視ケースが 20 年間保った分の新設更新費を 159 年間の維持管理費に均等に配分したケースである。これにより両ケースは 159 年間の政府支出が同じとなる。

なおこの分析では各世代人口は一定とし、調整費用は考慮しないものとする。

各ケースの社会資本・税率の推移結果は以下の通りとなった。

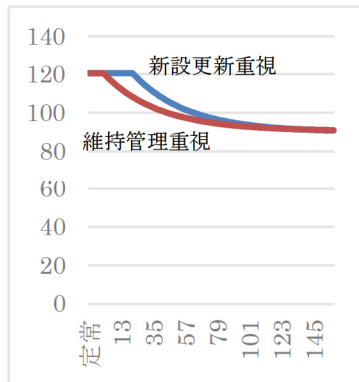


図 4-3 社会資本推移結果

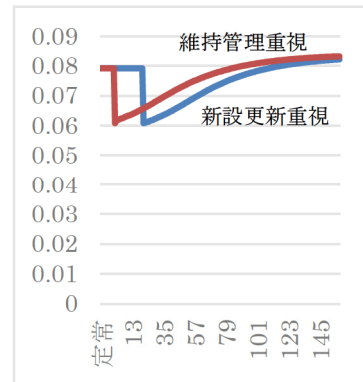


図 4-4 税率推移結果

新設更新費の減額から社会資本の低下が始まるが、この低下速度が消すにより違っている。維持管理重視ケースの方が低下速度が遅く、137 年目に社会資本の水準が逆転した。既存研究の社会資本の表現では、同水準の社会資本ストックは同じだけ減耗するため、維持管理方針を考慮することが出来なかった。

各年の維持管理費が上乗せされる分、移行開始後の 20 年以降の税率は維持管理重視ケースが上回る事となる。

各世代の生涯負担と生涯効用を抜粋すると、以下の通りとなった。なお第 1 世代とは移行第 1 年目に 20 歳となった世代、第 2 世代とは移行第 2 年目に 20 歳となった世代である。

新設更新重視ケースは冒頭世代が多く負担することで、むこう 100 世代の効用を高めることが出来ている。しかし分析範囲外の 100 世代目以降は、効用が逆転する可能性がある。

維持管理重視ケースはむこう 100 世代は効用が低くなってしまったが、社会資本水準が逆転する将来の世代では効用が高くなる可能背がある。

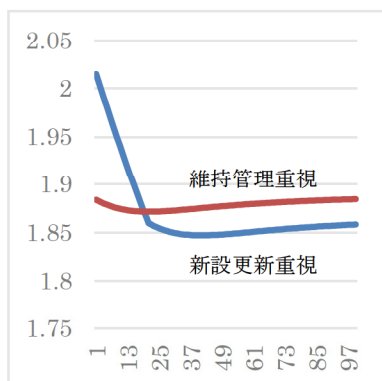


図 4-5 世代別個人の生涯負担

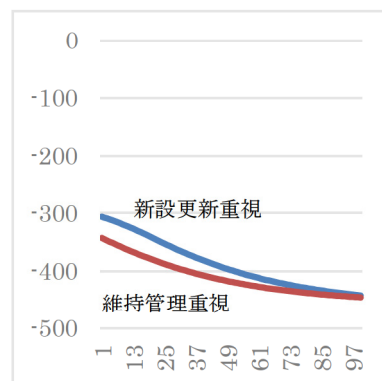


図 4-6 世代別個人の生涯効用

以上、維持管理費の違いによる分析の可能性について確認した。

2. 調整費用の特性

調整費用は資本の固定性を表現するものであり、これを導入することで資本の急激な変化に余分に費用がかかることとなる。この特性を確認する為に、新設更新費の増加速度に違いを与え、移行過程分析を行う。

分析期間は260年とし、その間の各世代人口と維持管理費は一定とする。

新設更新費を第70年目に1年で急増させるケース、60年目～79年目の20年かけて緩やかに増加させるケースの2ケースで分析を行った。両ケースともに増加終了後の新設更新費は同じであり、分析期間の総額も同じである。

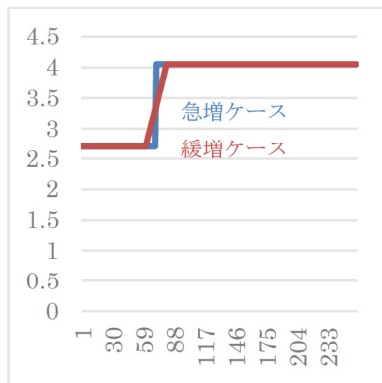


図 4-7 新設更新費シナリオ

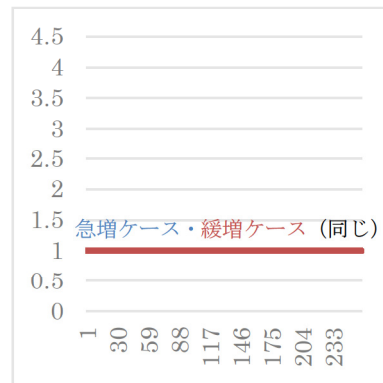


図 4-8 維持管理費シナリオ

このシナリオにより、社会資本は次のように推移した。細かいため差を右に表示する。

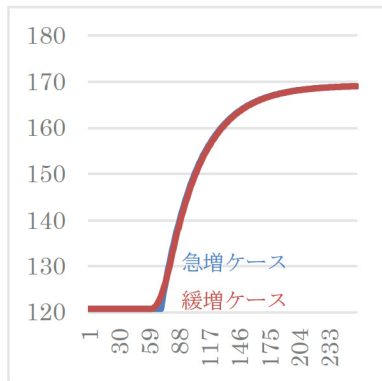


図 4-9 社会資本ストック推移結果

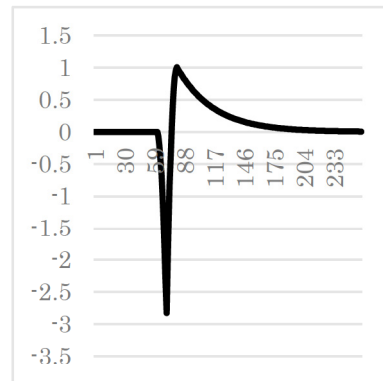


図 4-10 差（急増ケース－緩増ケース）

早くから新設更新費の増加が行われる緩増ケースの社会資本が先に増加する。その後急増ケースにより抜かれ、緩増ケースの新設更新費増加が完了してから徐々に両者は同じ社会資本の水準となってゆく。

これにより、調整費用の推移は次のようになった。

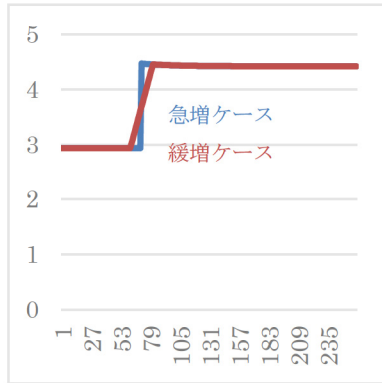


図 4-11 調整費用推移結果

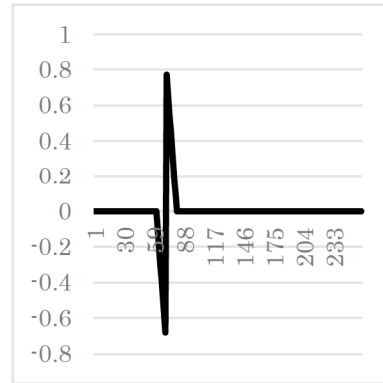


図 4-12 差（急増ケース－緩増ケース）

調整費用は「新設更新費／既存の社会資本ストック量」の 2 次関数で表される。よって新設更新費の増加により、どちらのケースも調整費用が増加する。また先の社会資本ストックの推移結果よりどちらのケースも社会資本は最終的に同じ水準になり、新設更新費も同額で支出し続けるため、最終的な調整費用も両ケースで同額となる。しかし急増ケースは、緩増ケースに比べ少ない社会資本を増加させるケースであるため「新設更新費／既存の社会資本ストック量」が大きい時期が続く、調整費用がより多くかかるケースとなっている。これは右図の調整費用の差が、急増前よりも急増後の方が大きいことから確認される。

最後に、これによる各世代個人への影響を次頁で確認する。

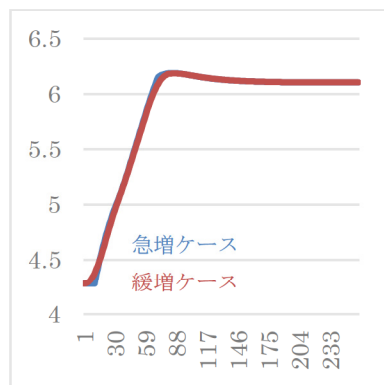


図 4-13 世代別個人の生涯負担

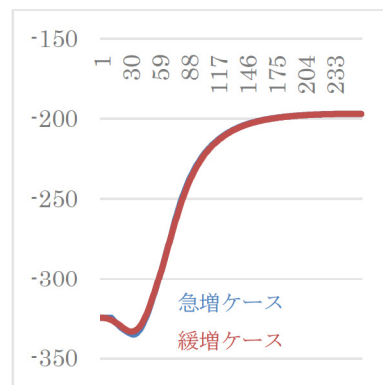


図 4-14 世代別個人の生涯効用

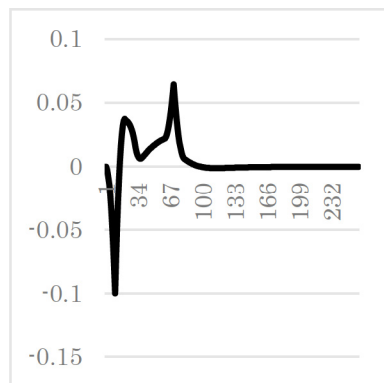


図 4-15 上図の差(急増ケース－緩増ケース)

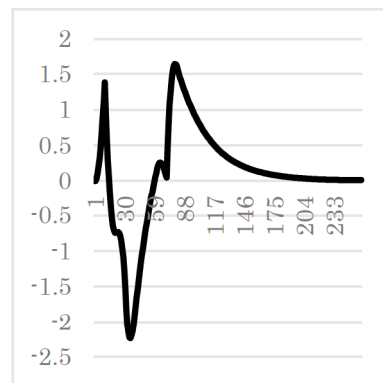


図 4-16 上図の差(急増ケース－緩増ケース)

生涯負担・効用ともにグラフ上でのケース差は微小であり，世代間厚生分析の結果に極端な影響を及ぼすものではない（用地費・保証費等の計上は行われているが）．しかし急増ケースと緩増ケースの差はかなり複雑となっている．

本研究の調整費用の影響は微小だったが，調整費用の再定義の如何によっては，世代間格差や順位を複雑に変更させる可能性がある．

社会資本の新設更新・維持管理政策の世代間厚生分析

第5章 今後の日本に関する 世代間厚生分析

第5章 今後の日本に関する世代間厚生分析

本研究の目的である、各種の社会資本政策シナリオによる今後の人口減少下の日本における世代間厚生分析を行う。

1. 前提条件

分析対象は、20歳となる年が2010年～2109年である100世代（1990年～2089年出生の100世代）とした。よってシナリオによる分析は2010年から2168年まで（2109年世代が死亡するまで）の計159年間を行う。2009年までは定常状態にあるとする。

シナリオは第3章で述べた通り、各世代人口 N 、新設更新費 I 、維持管理費 M の3つに与える。このうち各世代人口は以後全ての分析で同じシナリオを用いる。これは国立社会保障・人口問題研究所の出生数データ(2012)のスケールを調整した図6-1の通りである。なお2130年世代分からの出生数データは存在しなかったため各世代人口を一定と仮定している。これによる総人口推移を図6-2に示す。

分析は新設更新費と維持管理費の両シナリオを様々に変更して行った。分析は以下の3種類を行った。

分析①（基本的分析）・・・新設更新費と維持管理費を一定、および総人口同様に減少

分析②（タイミング）・・・新設更新費を一定期間増加させることを考える。そのタイミングを変え、影響を調べる。

分析③（整備方針想定）・・・新設更新と維持管理の分割を活用しながら、整備方針を独自に想定してシナリオを作成し分析する。

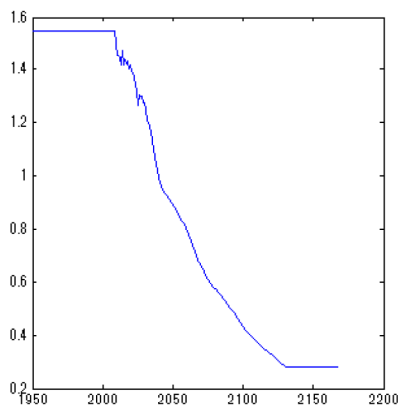


図6-1(左) 社人研データより設定した
各世代人口シナリオ

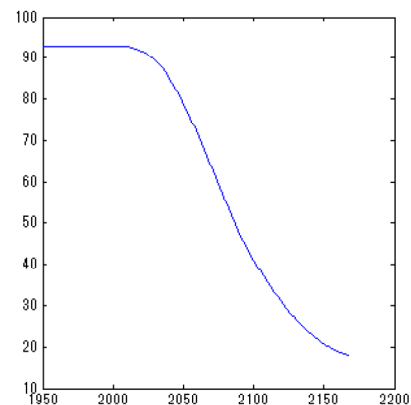


図6-2(右) 本研究での総人口推移

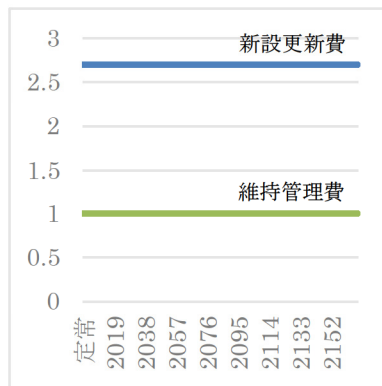
2. 分析と結果

(以下、一つの行に複数のグラフを羅列することから、煩雑化を防ぐためグラフ番号は省略する.)

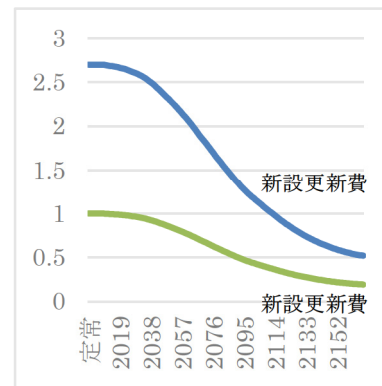
分析① 基本的分析

a. シナリオ

分析①は2つのケースを行った。各ケースの新設更新費、維持管理費シナリオは下図の通りである。



ケース 1 のシナリオ



ケース 2 のシナリオ

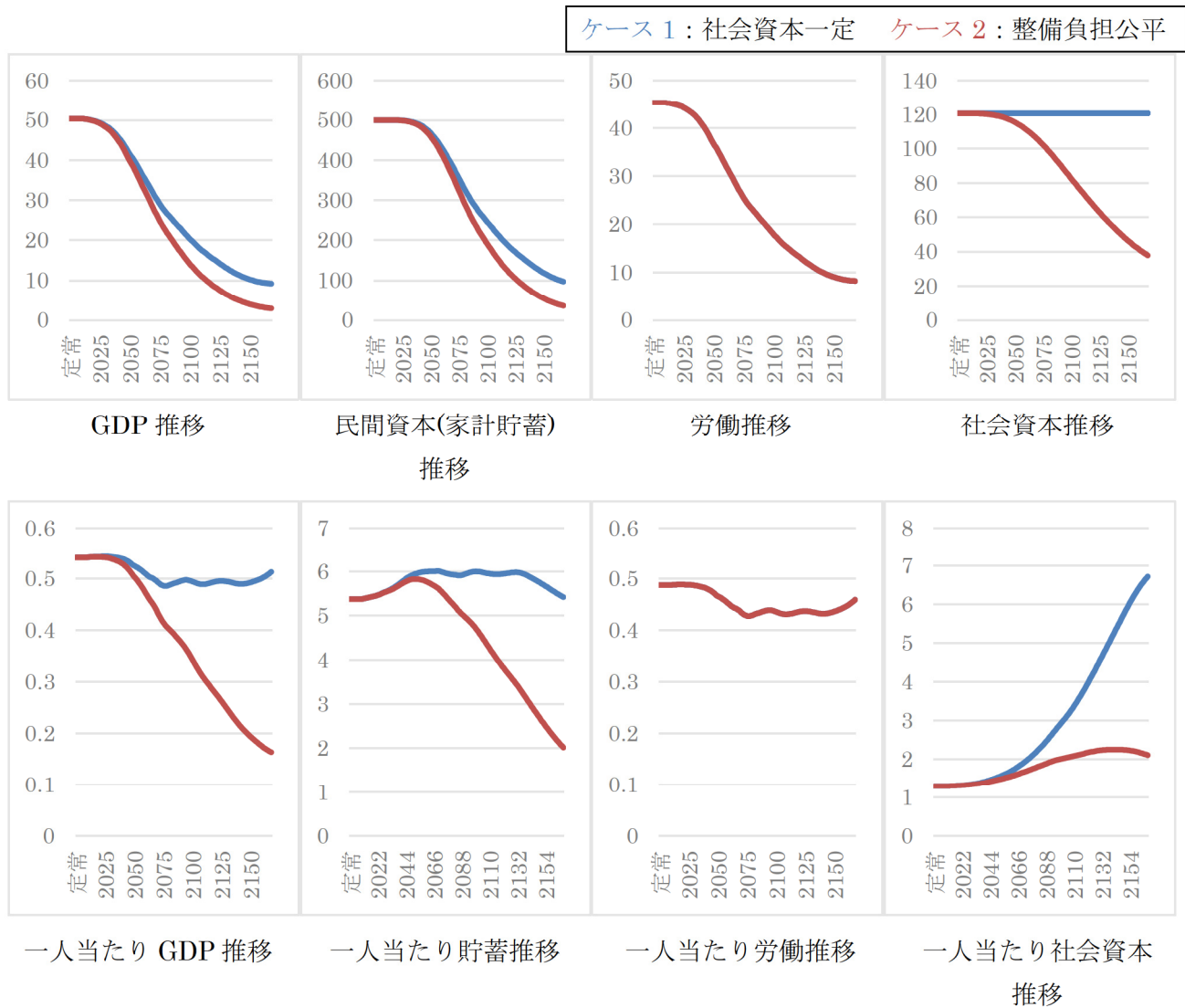
ケース 1 は、新設更新費・維持管理費ともに定常状態から一定に保つものである。これは社会資本を一定に保つことを想定した基本的ケースである。

ケース 2 は、新設更新費・維持管理費ともに総人口同様に減少させるものである。これは社会資本整備負担を公平的にすることを想定した基本的ケースである。

b. 分析結果

まず経済全体を捉えるマクロ変数の推移を見る。また人口減少下においては一人当たりでの値も重要であるため、各年の値をその年の総人口で割った結果も併せて表示する。

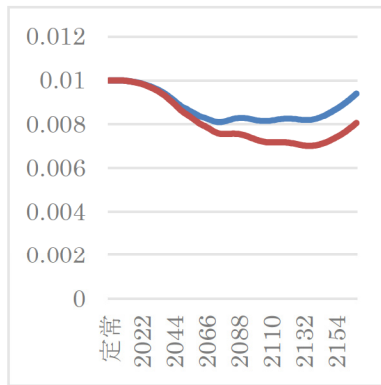
まず GDP と、その生産要素である民間資本・労働・社会資本の推移である。



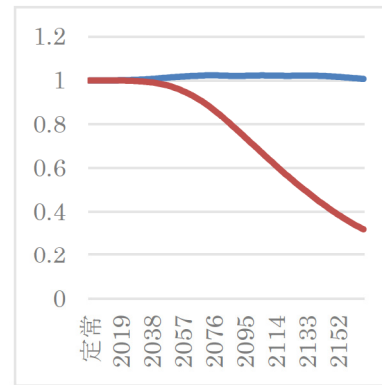
どちらのケースも労働の減少に始まり民間資本が減少することで GDP は減少の一途となっているが、社会資本を一定に保つケース 1 の方が GDP が高くなっている。これは社会資本による直接的な生産力向上の効果と、間接的な家計貯蓄増大の効果によるものと分かる。特にケース 1 の場合、一人あたりでは GDP はあまり低下しないし、一人当たり貯蓄はむしろ増加している。ただし一人当たり社会資本は後年では過剰に増大しており、社会資本量の不公平が発生していると言える。

一方ケース 2 では一人当たり GDP・一人当たり貯蓄は減少していき、個人の経済的自由度は低下している。しかし一人当たりの社会資本はあまり変化していない。

ケース1：社会資本一定 ケース2：整備負担公平



利率推移



賃金率推移

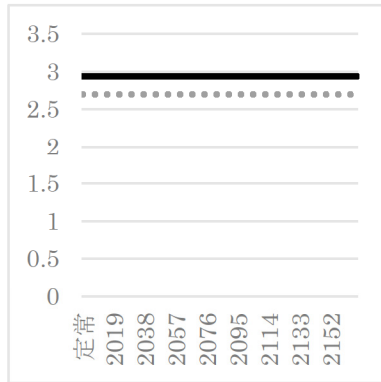
利率と賃金率の推移はこの通りであった。

利率は家計の貯蓄に影響する。社会資本が多いケースが上位となっている。

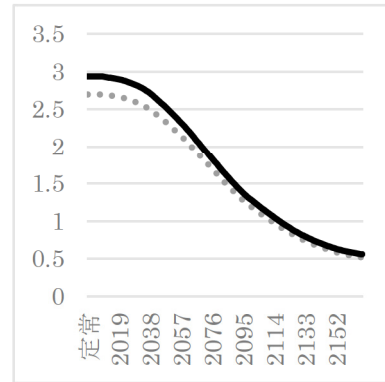
賃金率は60歳までの労働期の収入に影響する。ケース1は賃金率がほぼ一定なので、賃金収入の格差がほぼないといえる。

そして調整費用、政府支出、税率、総消費は以下の通りであった。

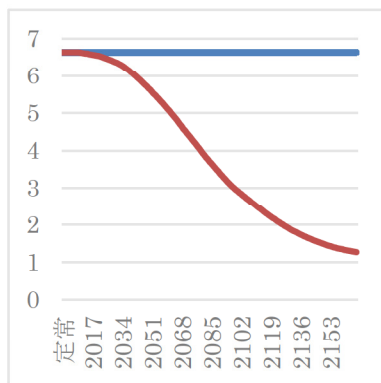
ケース1：社会資本一定 ケース2：整備負担公平



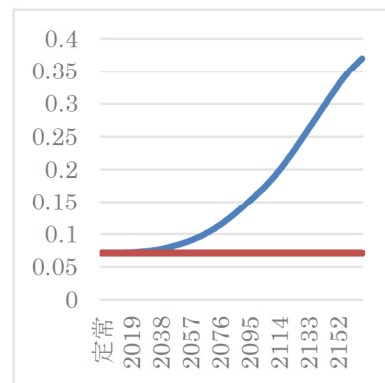
ケース1 調整費用推移



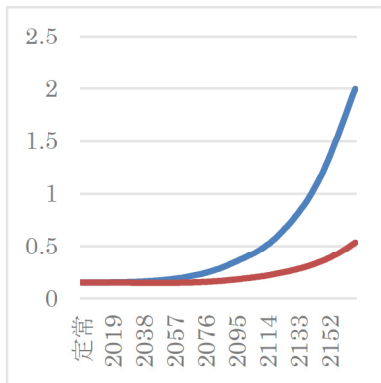
ケース2 調整費用推移



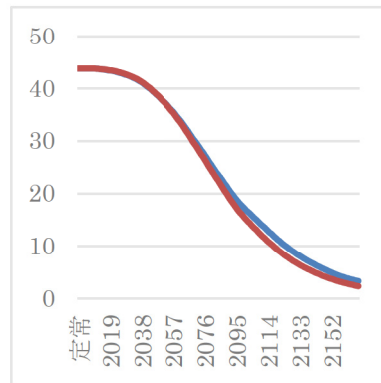
政府支出（家計負担）推移



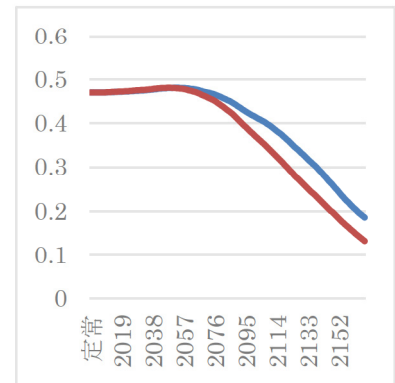
一人当たり政府支出（負担）推移



税率推移



総消費推移



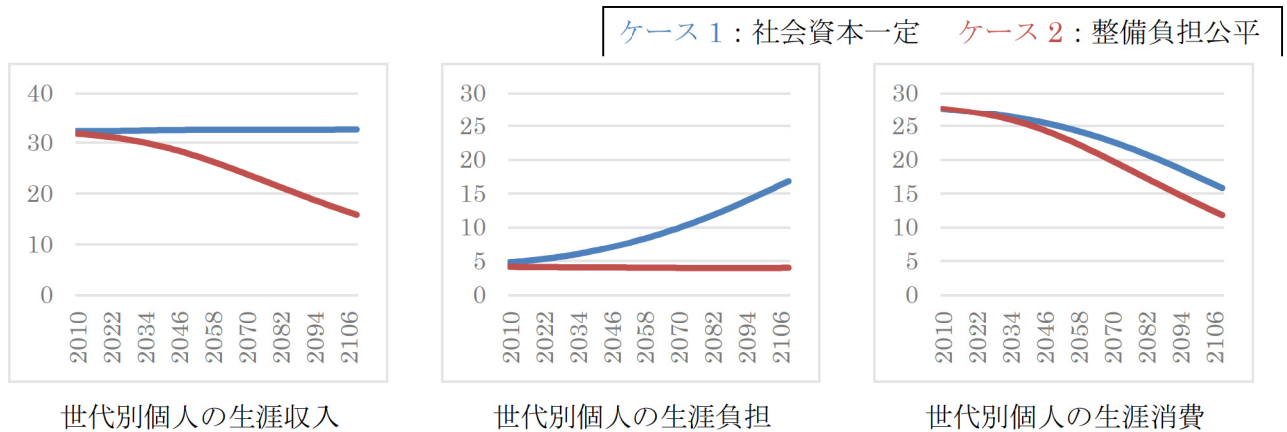
一人当たり消費推移

調整費用は新設費の推移におおむね則っている。急激な新設更新費の変化を行っていないため不規則的な変化もみられない。政府支出（家計負担）は各シナリオの通りに推移する。よって一人当たり負担を見れば、一定に支出し続けるケース1では人口減少に伴い増大し続け、人口同様に減らしてゆくケース2では一定となっている。ここで税率は、ケース1で上昇するのは自然だが（急激かつ税率1.0を超えているが、これはシナリオの極端さによる）、ケース2でも上昇している。人口同様に負担を減少させれば税率は上昇しないように思えるが、一人当たり消費が減少しているため、同じ税率では財源がさら

に縮小してしまうためである。

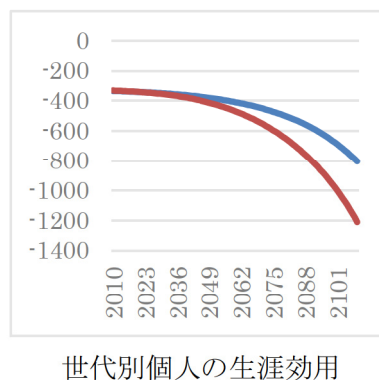
続いて各世代個人についての結果を見る。なお世代の呼び方は、これまでと同じく 20 歳になる年で世代を呼ぶこととする（例えば 2010 年世代とは、2010 年に 20 歳となる世代（1990 年出生世代）である）。

世代別の、個人の生涯収入・生涯負担・生涯消費は次の通りである。



ケース 1 は賃金率の経年推移が安定していたため、生涯収入の世代間格差が少ない。しかし後年世代になるほど税率の上昇により負担が大きいため、消費が後年世代ほど低水準となっている。今回のシナリオでは 100 年後総人口は 3 分の 1 程度となるが、これに関係して生涯負担も 3 倍程度にまで増大している。すなわち、社会資本を保ち賃金水準や一人当たり経済規模などが安定していても、負担の受け手が減少すれば後年世代ほど消費の自由度が低下することが示されている。

一方ケース 2 では賃金率や一人当たり経済規模が低下するため後年世代ほど収入が減少する。しかし生涯負担はほぼ一定であり、負担の世代間格差は少ない。だが今回の分析では、ケース 1 に比べさらに消費の自由度が低下する結果となった。



最後に各世代生涯効用である。生涯効用は各期の消費によって決まる。ケース 1 は税率が激しく上昇し現実的なシナリオ設定ではないが、それでもケース 2 よりも消費（厳密には消費経路）が高水準だったため、生涯効用が全世代で上回る結果となった。

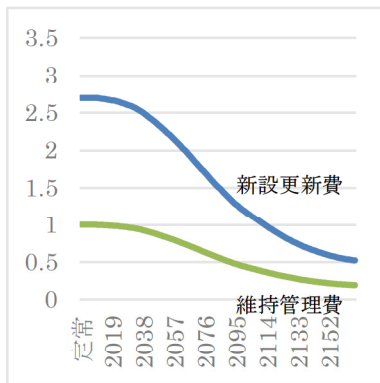
また世代間公平性の面でも、消費低下を抑制したケース 1 の効用格差の方が小さかった。

分析② タイミング

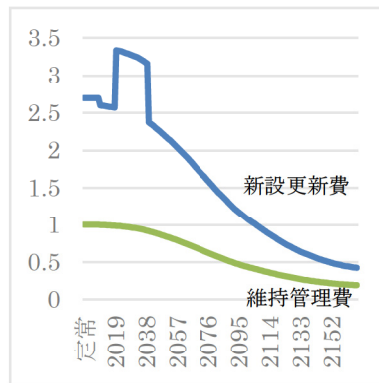
分析①より、社会資本は経済規模を押し上げる効果を持つためある程度高水準に整備されていることが望ましいが、人口が減少した将来の一人当たり負担を増大させることと、一人当たり社会資本が過剰となることが推察される、よって現実の社会資本は、“現在の水準よりは”と低下していくと思われる。

しかし社会資本の低下は将来世代の生活水準を低下させ、世代間格差を発生させた。そこで分析②では、社会資本への投資総額は一定に、投資時期を集中させることで世代間格差を是正できないがどうか、集中投資が世代間格差にどのような影響を与えるか分析する。

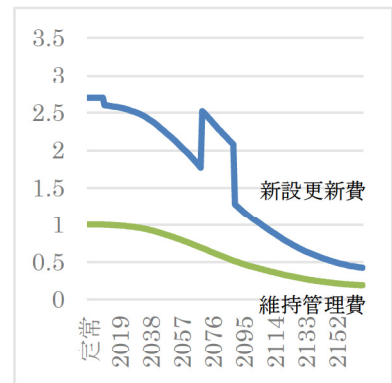
a. シナリオ



基本ケース(ケース 2)シナリオ



ケース 3 シナリオ



ケース 4 シナリオ

基本ケースに、分析①のケース 2（総人口同様減少）を用いる。ここでケース 2 の 2010 年の新設更新費を I_{2010} とおく。

ケース 3 は新設更新費を、人口の多い 2020 年からの 20 年間に集中投資させたケースである。

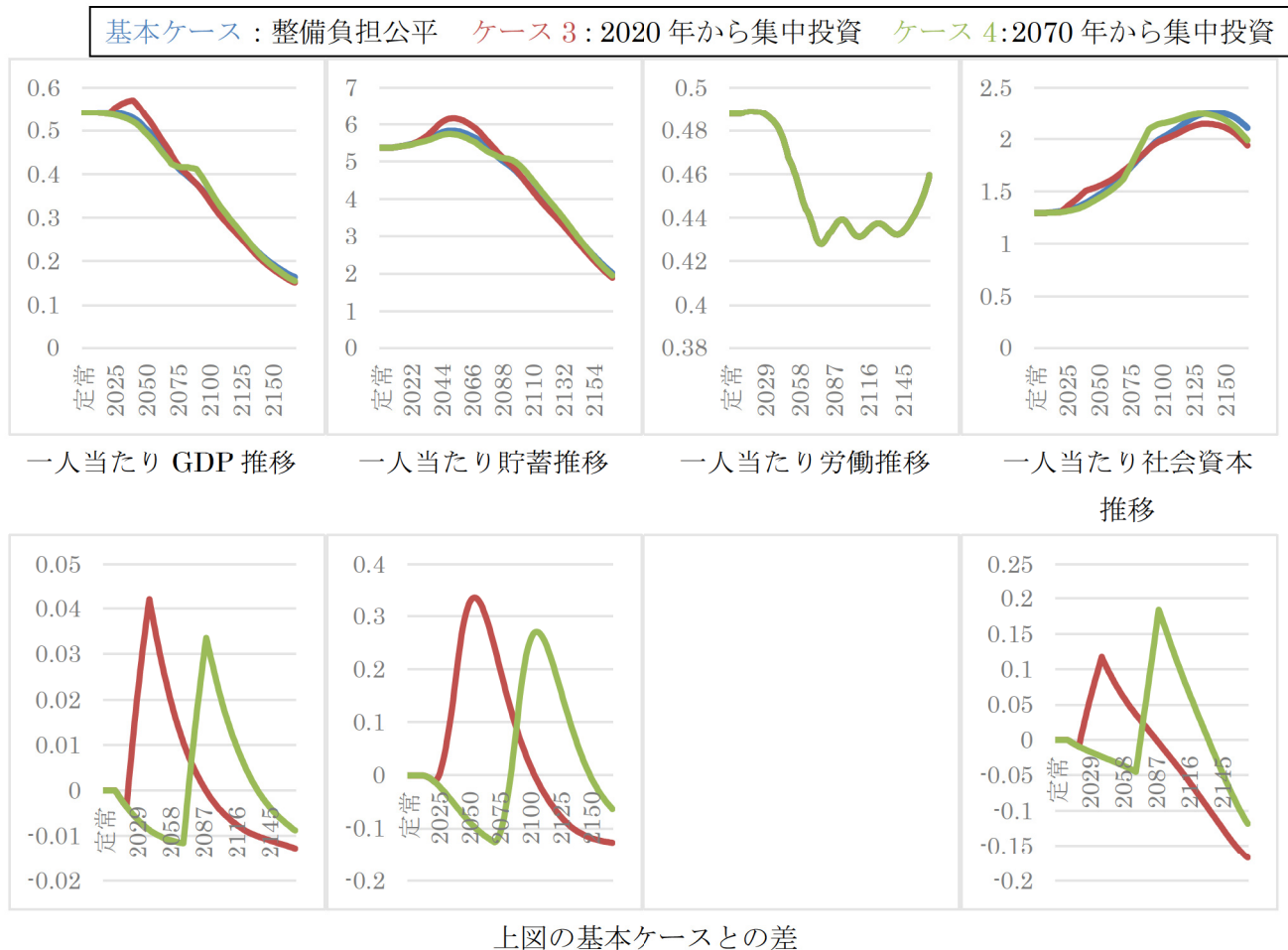
ケース 4 は新設更新費を、人口の減り始めた 2070 年からの 20 年間に集中投資させたケースである。

なお各ケースの維持管理費シナリオは全く同じである。また新設更新費は 159 年間の総額が基本ケースと同じになるよう、20 年間の集中投資分 ($I_{2010}/4 \times 20$) をその他 139 年間で均等に減額している。

b. 分析結果

分析結果をすべて掲載するとグラフの数が膨大となるので、ここでは世代間公平性に関係する一人当たりマクロ変数と各世代個人に関する変数に抜粋する。なお全ての分析結果は付録に掲載する。

まず GDP、民間資本、労働、社会資本の一人当たり推移である。



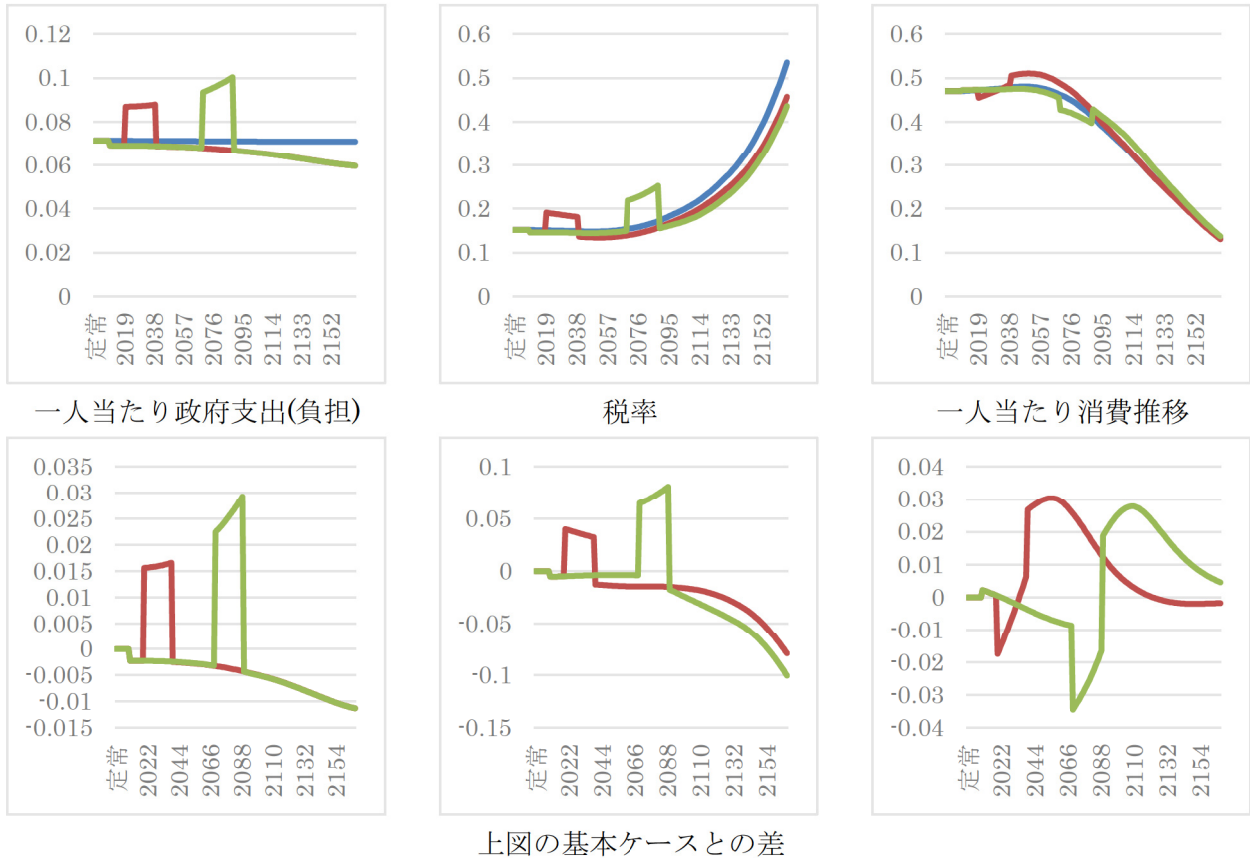
細かい変化が多かったので、基本ケース（ケース2）との差を表示してある。差が大きいほど基本ケースに比べその年の値が上昇していることを意味する。

分析①では一人当たり GDP は人口減少の影響が大きく、後年世代ほど低下していた。よってこれを時期により公平とするためには後年の GDP を押し上げるために、ケース4のように遅い時期の集中投資の方が望ましいと思われる。しかし同じ新設更新費の増加でも早い時期に行った方が一人当たり GDP の増加量は大きくなっているため、ケース4は効率性は悪いと言える。また一人当たり社会資本の格差を増長させることとなる。

さらに分析②では集中投資の時期以外は基本ケースより投資額が低くなるため、集中投資が終わりしばらくすると社会資本が基本ケースより低下し、一人当たり GDP など下方推移している。総投資額一定の集中投資は、格差を瀬瀬居させる目的であっても、また別の世代の受益と負担のバランスに影響を及ぼす。

政府支出(家計負担)・税率・総消費の一人当たり推移は以下の通りとなった。

基本ケース：整備負担公平 ケース3：2020年から集中投資 ケース4：2070年から集中投資

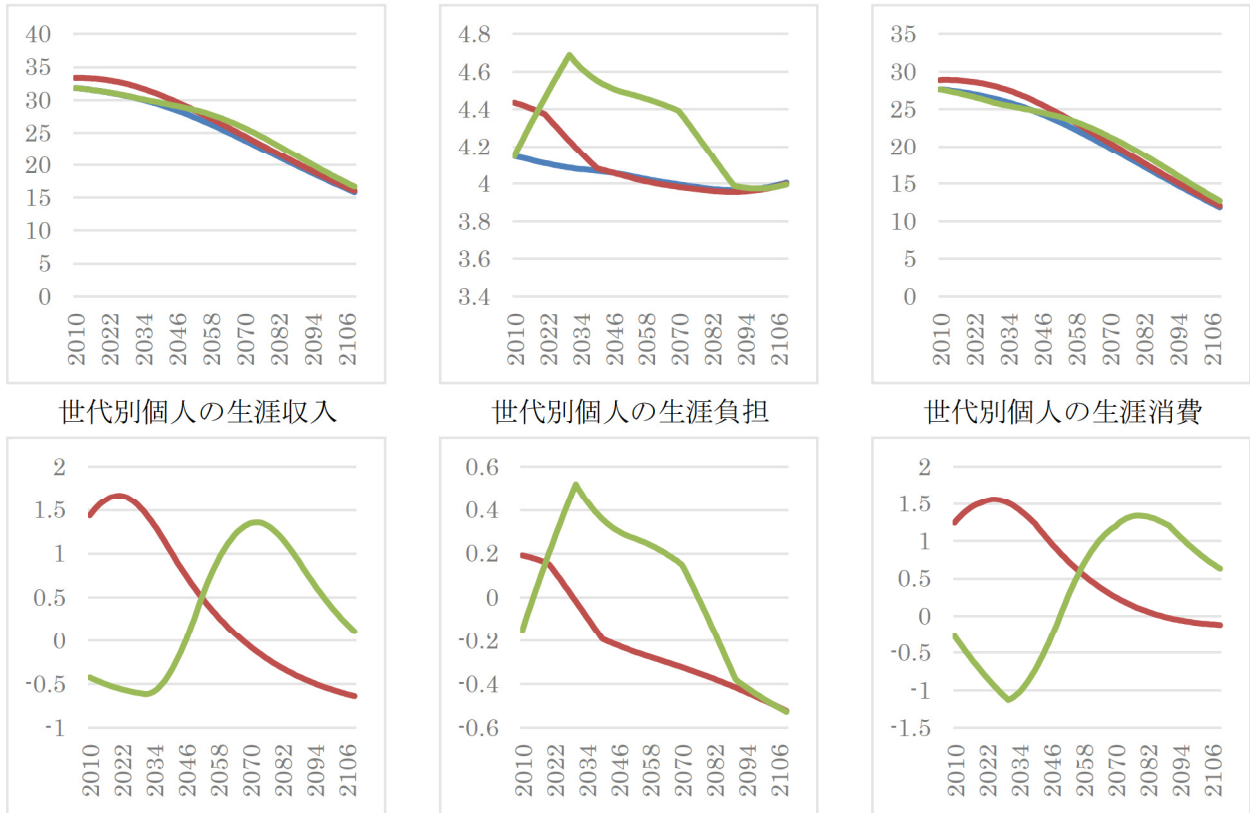


集中投資の増加額は同じなので、基本ケースに対する一人当たり負担増加は後年での増加の方が重い。集中投資の時期以外は政府支出が基本ケースより減額されるので負担は軽減する。税率はこの政府支出と、それにより増加した社会資本による所得増加、それに人口減少による負担の担い手の減少、とのバランスにより推移している。

一人当たり消費によれば、先の一人当たり GDP と同様、ケース4が時点間の格差を縮小させる結果となっている。基本ケースとの差を見ると、まず負担の増大のみが起こり消費が落ち込むが、社会資本ストックが徐々に増加するため消費が上昇していることが見て取れるが、効率性の面ではやはりケース3の方が優れており、一人当たり徴税分が少ないため消費の落ち込み幅が小さく、その後の上昇幅も賃金水準の向上により大きくなっている。

そして世代に着目していく。世代別個人の生涯収入、生涯負担、生涯消費は以下の通りである。

基本ケース：整備負担公平 ケース3：2020年から集中投資 ケース4：2070年から集中投資



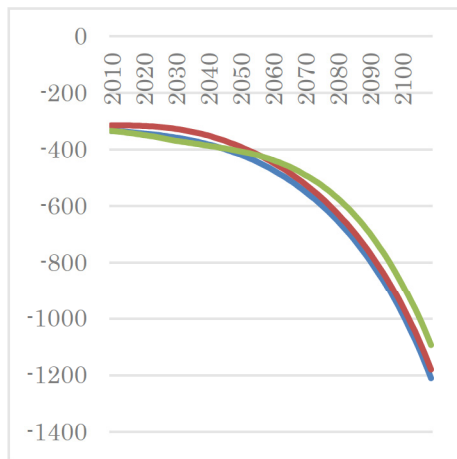
上図の基本ケースとの差

ケース4を見れば、集中投資は収入増加のピーク世代と負担増加のピーク世代が異なることがわかる。効用につながる生涯消費ではマイナス影響となる世代が生じている。なお負担増加が最大である世代は2030年世代である。これは引退時（60歳）に負担増加が始まり、社会資本増加による賃金上昇の恩恵を受けないためである。

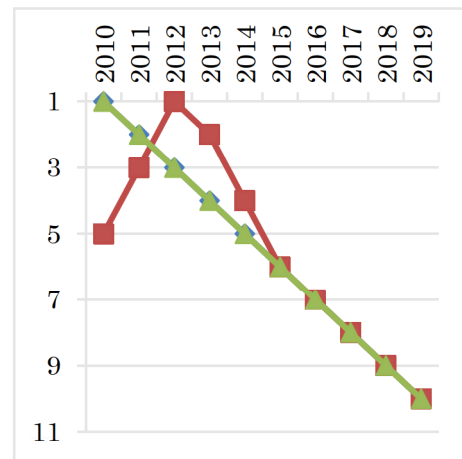
世代間格差の点では、効用となる消費に着目すると、ケース3は消費格差を拡大させケース4は縮小させた。ケース4は元々の消費が多かった世代にマイナス影響を与え、消費の少ない後年世代にプラスの影響を与えているためである。

一方で先ほどまで述べてきたとおり人口が多い時期の集中投資であるケース3は効率的であり、一人当たり負担増が小さく、消費増加量が多い。ケース4は、この効率的な投資の機会を奪うケースともいえる

基本ケース：整備負担公平 ケース3：2020年から集中投資 ケース4：2070年から集中投資



世代別個人の生涯効用



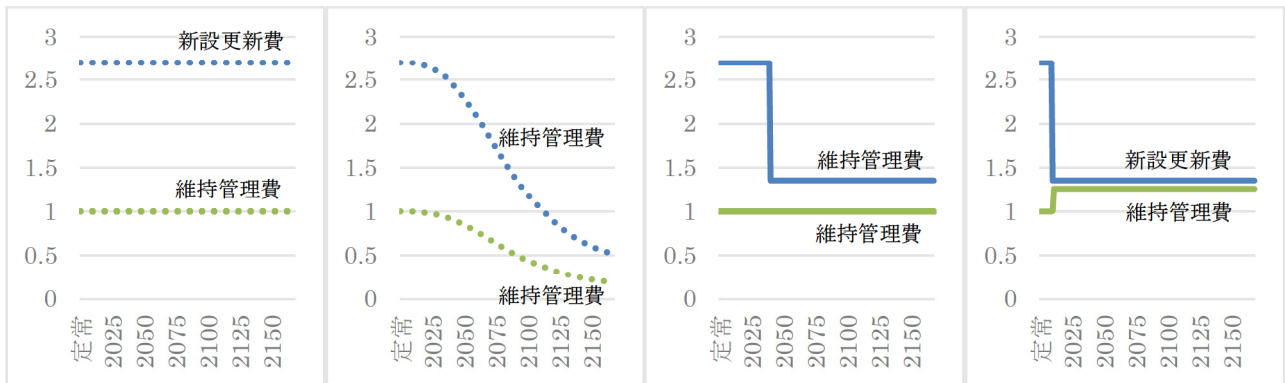
2010～2019年世代効用順位

最後に各世代の生涯効用への影響を見る。効用は消費に影響しているため、生涯消費と同様の推移形状となっている。ケース3は効用格差を拡大させ、ケース4は効用格差を縮小させている。また右図の通り、基本ケースでは世代と効用の関係は低下の一方だったが、ケース3では冒頭7世代の順位変動が生じている。

分析③ 整備方針想定

最後に、整備方針を任意に想定して分析を行った。

a. シナリオ



基本ケース 1 (ケース 1)・基本ケース 2 (ケース 2)・ケース 5・ケース 6 の各シナリオ

分析①のケース 1 とケース 2 を、比較対象の基本ケースとする。基本ケースの 2 つは点線で表示する。

ケース 1 は新設更新費・維持管理費ともに定常状態から一定に保つもの（社会資本を一定に保つための基本的ケース）、ケース 2 は新設更新費・維持管理費ともに総人口同様に減少させるもの（社会資本整備負担を公平的にするための基本的ケース）である。

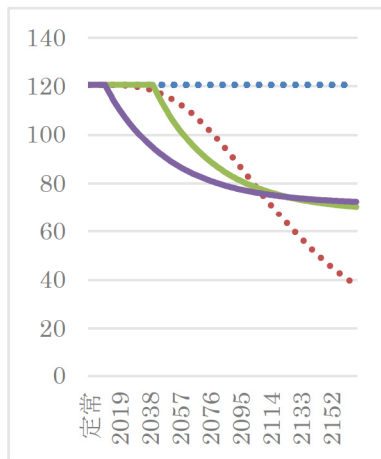
ケース 5 は、維持管理費は一定に保ち、新設更新費を 2040 年から半減するケースである。リニア等の現行の国家プロジェクト終了の後、人口減少を踏まえ新設を縮小する方針を想定している。

ケース 6 は、ケース 5 の新設更新費と維持管理費の 159 年間の総額を同じとし、2010 年から新設更新費を半減したときの余剰分を維持管理費に上乗せするケースである。税負担を軽減し現在の不況感を払拭する為に、社会資本の新設を抑制して維持管理を重視する方針を想定している。

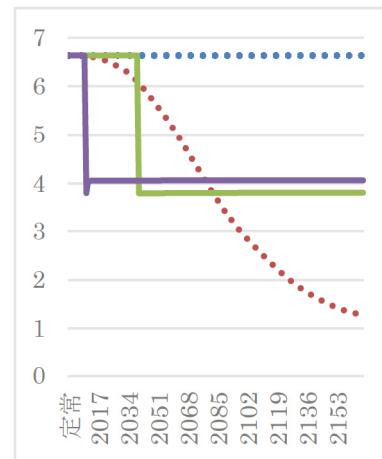
b. 分析結果

先に社会資本に関するマクロ変数の推移を確認する。

基本ケース 1：社会資本一定	基本ケース 2：整備負担公平
ケース 5：2040 年新設半減	ケース 6：維持管理重視



社会資本ストック推移



政府支出推移

社会資本の新設更新費を減らした瞬間から、社会資本ストックは低下を始める。先に減少し始めるケース 6 は 2040 年時点でケース 5 と大きな差が生じている。その後は維持管理費の違いにより社会資本ストックの減少速度が異なるため、2126 年に両者の推移が交わり、その後ケース 5 がわずかに高水準で推移する。

政府支出（整備負担）では、長期的には維持管理費が上乗せされるケース 6 の方が上方で推移する。

以後、各世代個人に関する変数に着目する（分析結果の全ては付録に掲載する）。

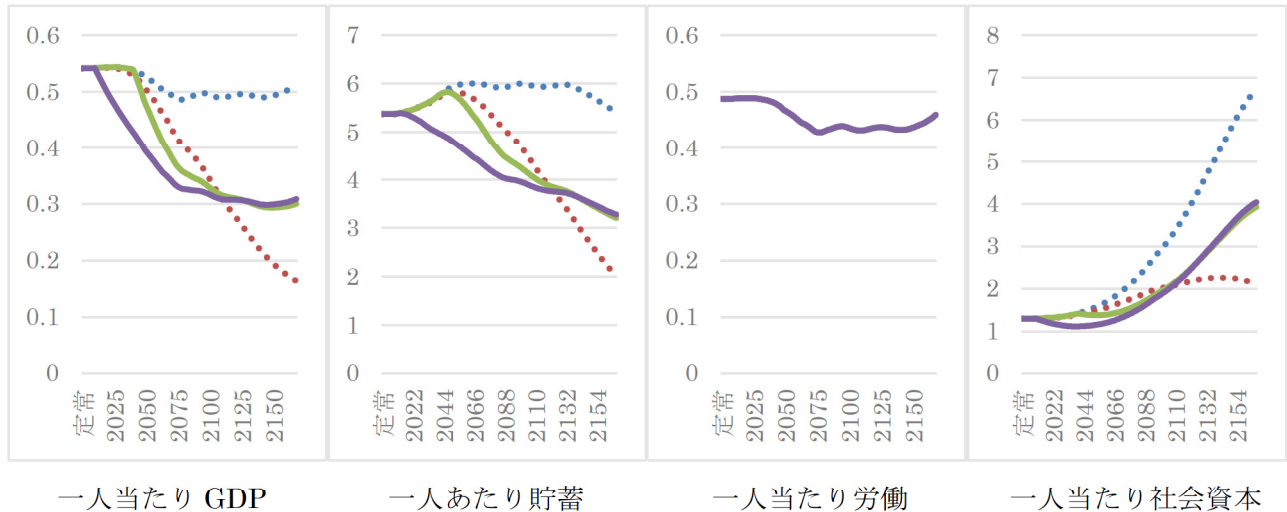
まず GDP、民間資本、労働、社会資本の一人当たり推移である。

基本ケース 1：社会資本一定

基本ケース 2：整備負担公平

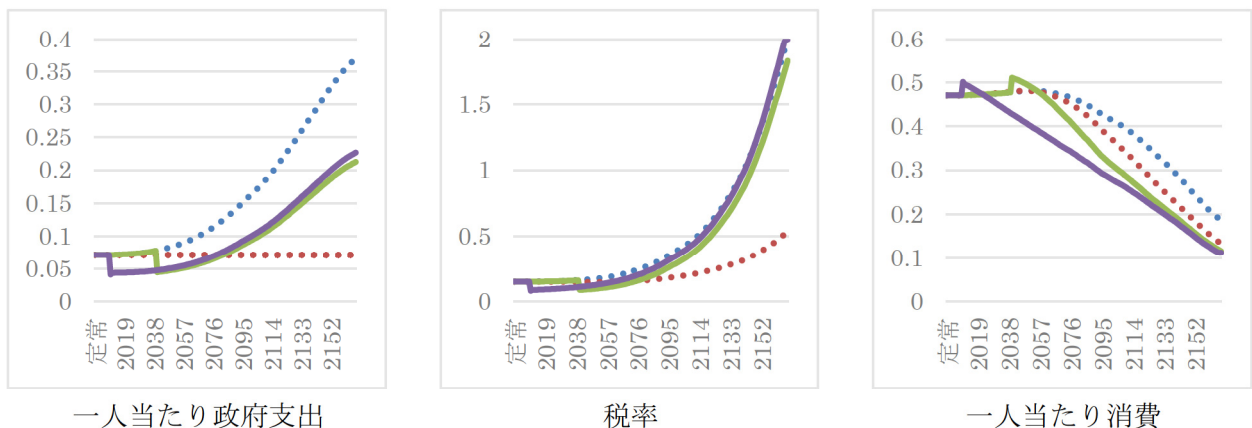
ケース 5：2040 年新設半減

ケース 6：維持管理重視



ケース 5 と 6 の社会資本推移の差は 2126 年までの水準の違いであり、それに応じて経済水準も推移している。社会資本が影響しない労働を除き、いずれも多くの期間でケース 5 が高位となっており、後の時期でケース 6 が逆転する。

次に一人当たり政府支出(負担)・税率・一人当たり消費である。



ケース 5 は 2040 年の支出減額により、上昇し始めていた税率を下げる事が出来る。しかしその後、人口減少と社会資本の低下により税率は大きく上昇する、消費の面では、減税により一時的に消費が増加するが、その後は基本の 2 ケースよりも低水準となった。

ケース 6 は 2010 年の支出減額により税率が下がるが、やはり人口減少と社会資本の低下により税率は大きく上昇、さらに維持管理費の上乗せが継続されていることで、ケース 5 よりも負担が重くなっている。消費も、一時的な増加の後、分析期間では 2168 年まで最低水準で推移した。

両ケースが、負担が重いケース1および社会資本が低いケース2よりも消費が低位で推移する理由は「賃金－負担」により説明できる。ケース1は一人当たり社会資本が非常に多いため賃金が大きく、ケース2は一人当たり負担が小さい。ケース5と6の両ケースはこれらよりも賃金が上昇しきらず、また負担が重いためと考えられる。

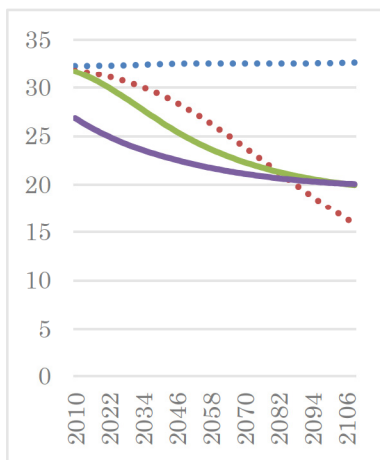
そして世代に着目していく。世代別個人の生涯収入、生涯負担、生涯消費は以下の通りである。

基本ケース1：社会資本一定

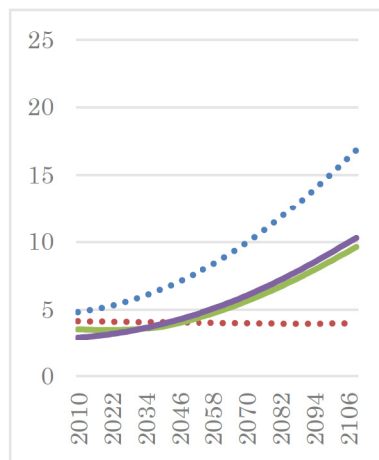
基本ケース2：整備負担公平

ケース5：2040年新設半減

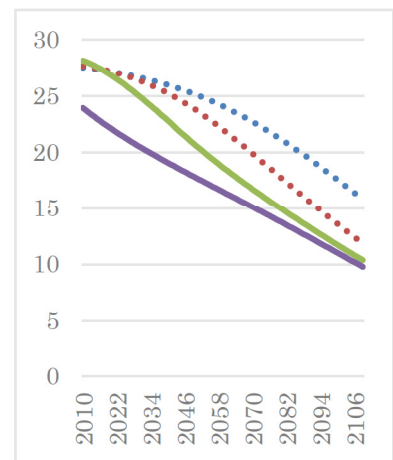
ケース6：維持管理重視



世代別個人の生涯収入



世代別個人の生涯負担



世代別個人の生涯消費

生涯収入は社会資本による賃金水準の影響が大きいため、概ね社会資本の推移形状同様となっている。そのため社会資本を一定に保つケース1が収入では高位である。ケース5と6は途中から基本ケースのどちらよりも社会資本の水準が低くなるため、収入も低下する。特に基本ケース2は、分析①において負担の少ないケースだったが、ケース5と6はそれよりも社会資本の水準が低位となる。つまり人口が多く一人当たり負担がそれほど重くない時期から社会資本整備を取りやめる、早い世代の負担減少のみに有利なケースだと言える。

両ケースは、生涯負担の形状が少し異なっている。より早くから新設を取りやめたケース6が早い世代の負担を抑えているが、長期的には維持管理費の上乗せにより負担が重くなっている。

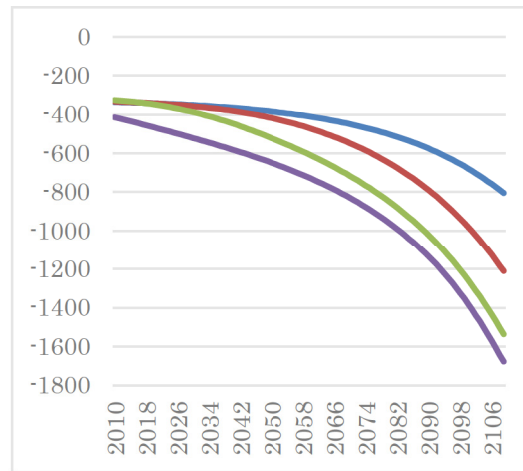
効用につながる生涯消費について、収入から負担を引いた残りが消費となることから、やはり多くの世代で収入が大きく低下したケース5と6は消費も少なくなっている。

基本ケース1：社会資本一定

基本ケース2：整備負担公平

ケース5：2040年新設半減

ケース6：維持管理重視



世代別個人の生涯効用

最後に各世代の生涯効用である。

やはりほぼ生涯消費と同様の形状となっており，形状に関する説明は先の生涯消費のところと同様だと考えられる．2013年世代まではケース5の方がわずかに有利となっているが，ほとんどの世代でケース1が最も効用が高い結果となった．ケース6は全ての世代でもっとも不効用なケースとなった．

社会資本の新設更新・維持管理政策の世代間厚生分析

第6章 まとめ

第6章 まとめ

本研究では、まず第2章で述べたような維持管理概念と調整費用が考慮された社会資本を含む経済システムの定式化を行い、それを基に第3章に述べた方法でライフサイクル一般均衡分析の分析モデルを構築した。第4章で分析モデルにおける維持管理概念と調整費用の特性を確認した。

そして第5章で、現実日本の状況下での各種のシナリオ分析を行った。その結果、世代間公平性を考慮した政策検討のための検討材料を作成することが出来た。なお結果の是非については本研究の対象外である。

以下、本研究に考えられる改善点について述べる。

まず国債の導入である。世代間に関する議論を行う際、国債による負担の平準化は重要な検討要件である。本研究でも、シナリオの極端さもあるが、国債発行が無かったことで税率が大きく上昇してしまった部分がある。国債の導入は分析を複雑にする可能性もあるが、目的に即して導入を検討すべきである。

次に調整費用と維持管理概念の精緻化である。本研究では調整費用が世代間厚生分析に与えた影響がわずかだったが、調整費用の定義によっては今後影響が変わってくる可能性がある。維持管理概念についても、 M/KG と I による蓄積方程式の変形により、より推移データとフィットする表現を検討することが望ましいと思われる。

また第3章で、ライフサイクル一般均衡分析では家計の将来予測に対する概念により計算方法が異なると述べたが、主流の方法は「完全予見の概念」によるものである。本研究でも完全予見型の分析モデルの構築を試みたが、難しかった。その理由は、移行過程の各期の計算時に家計の消費計算に生涯の要素価格（賃金率 w 、利子率 r 、税率 τ ）が必要となるが、これらは収束計算により求められる変数2つ（民間資本 K_t と税率 τ_t ）により決定されるために、2つの収束計算がうまく行われなくてはならないためである。具体的には、全移行期間の民間資本ベクトル \mathbf{K} に初期値を与えても、全期間で“税金＝政府支出”が成立する税率ベクトル $\boldsymbol{\tau}$ を計算できるか分からないうえに、計算できたとしてもベクトル \mathbf{K} は更新されるものであるため、また $\boldsymbol{\tau}$ を計算する必要がある、計算回数が膨大となる恐れがある。以上より考えられることは、完全予見型の分析モデルを構築する場合、消費の要素価格に複数の収束計算を関与させない方が計算が楽だということである。完全予見型モデルに変更する一つの可能性だが、税率をシナリオとして外生変数にしてしまえば、消費の要素価格に関わる収束計算が \mathbf{K} の1種類となり、 \mathbf{K} がシナリオにうまくフィットする値に落ち着くならば、モデル構築が可能である。なお本研究では新設更新費と維持管理費を完全に独立させてシナリオを与えることを重視したため、この方法はそれらシナリオの独立性を諦めることとなる。逆に新設更新費と維持管理費の独立したシナリオにより税率を内生に出来たのは、一時的均衡の概念を用いた本論文の特徴の一つだと考えられる。

社会資本の新設更新・維持管理政策の世代間厚生分析

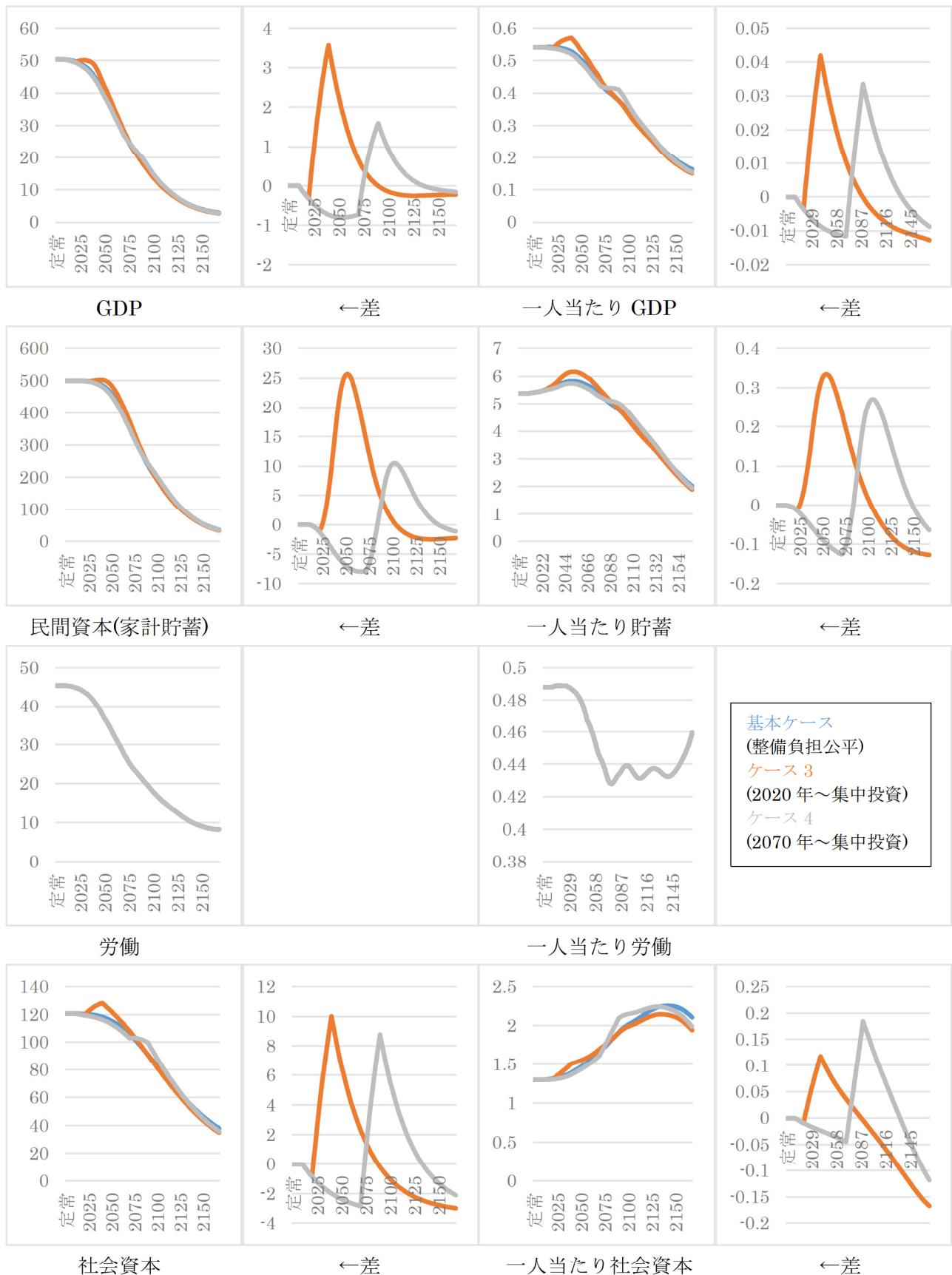
付録

1. 分析②の結果一覧
2. 分析③の結果一覧
3. 最適支出配分の経済効果
4. MATLAB ソース：分析モデル
5. MATLAB ソース：最適支出配分の経済

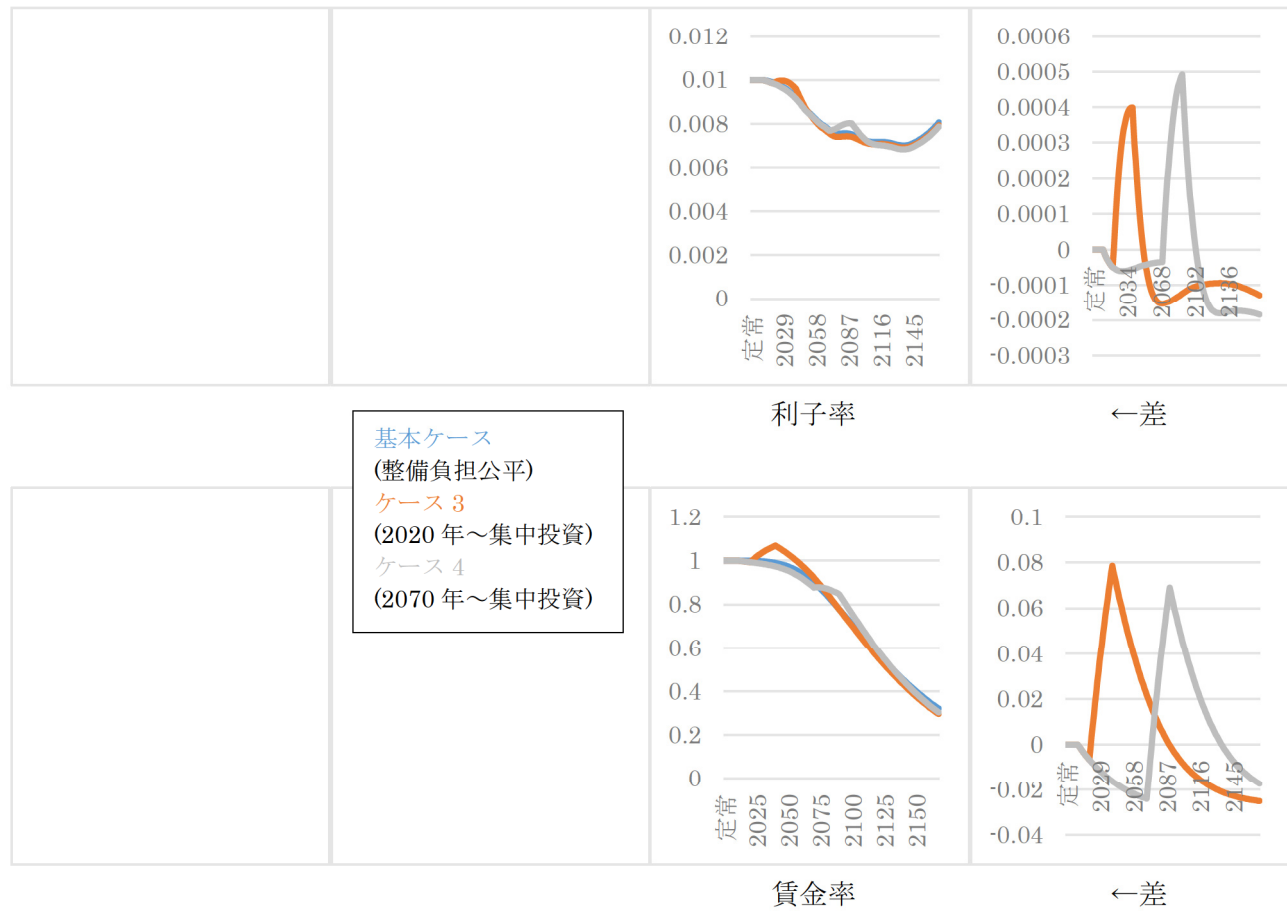
1. 分析②の結果一覧

(マクロ変数は一人当たりでも表示. また分析②は変化が細かいため, 基本ケースとの差も表示.)

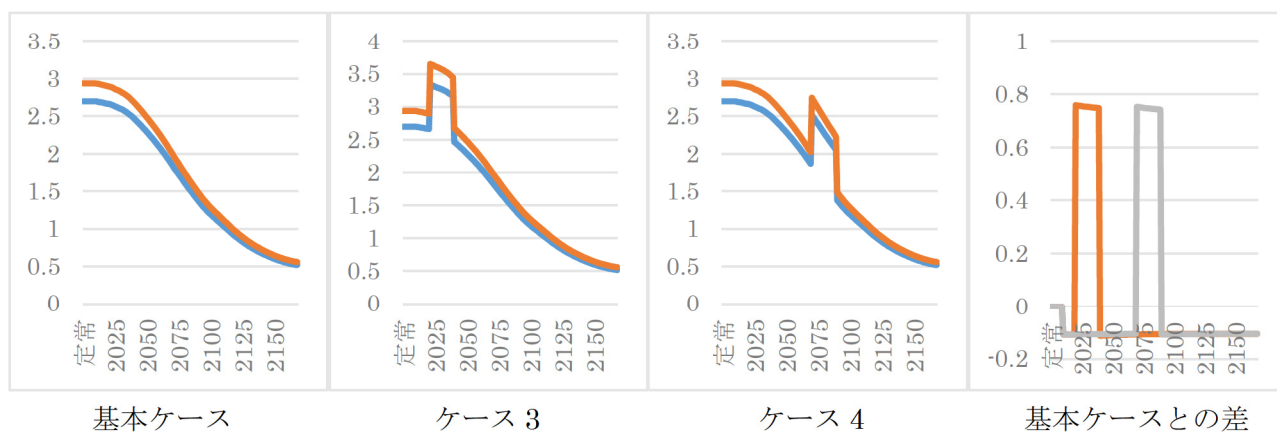
● GDP, 民間資本, 労働, 社会資本



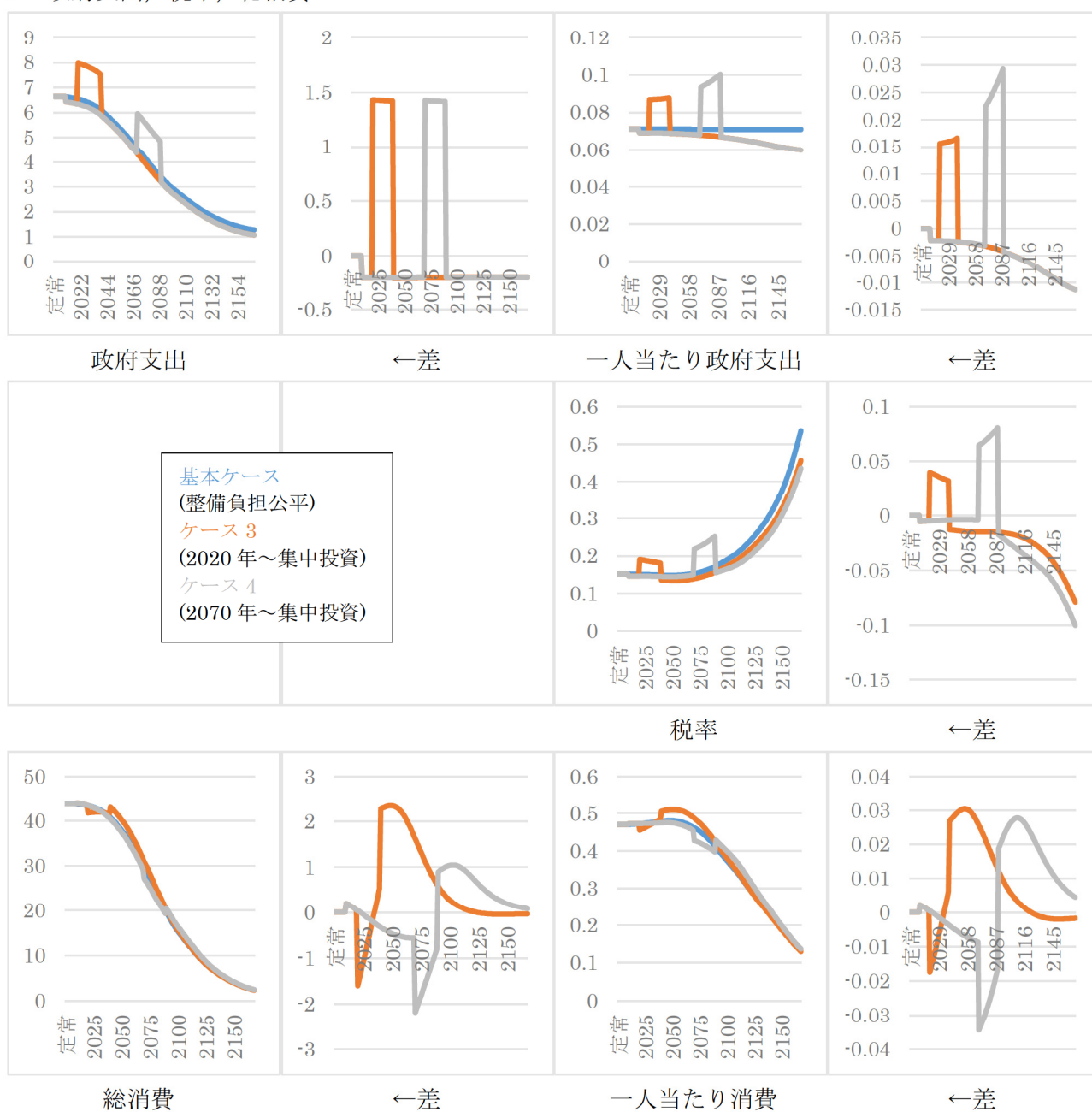
● 利子率，賃金率



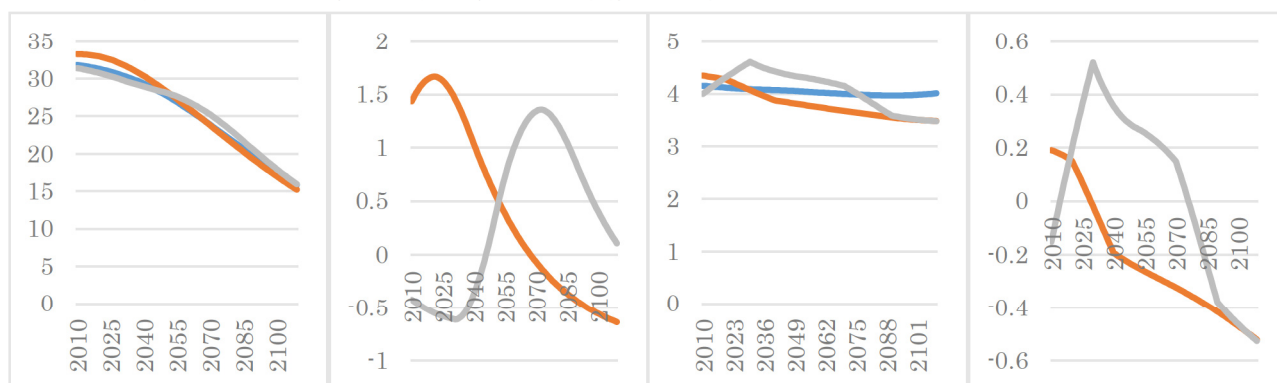
● 調整費用



● 政府支出, 税率, 総消費



● 世代別個人の生涯収入，生涯負担，生涯消費，生涯効用

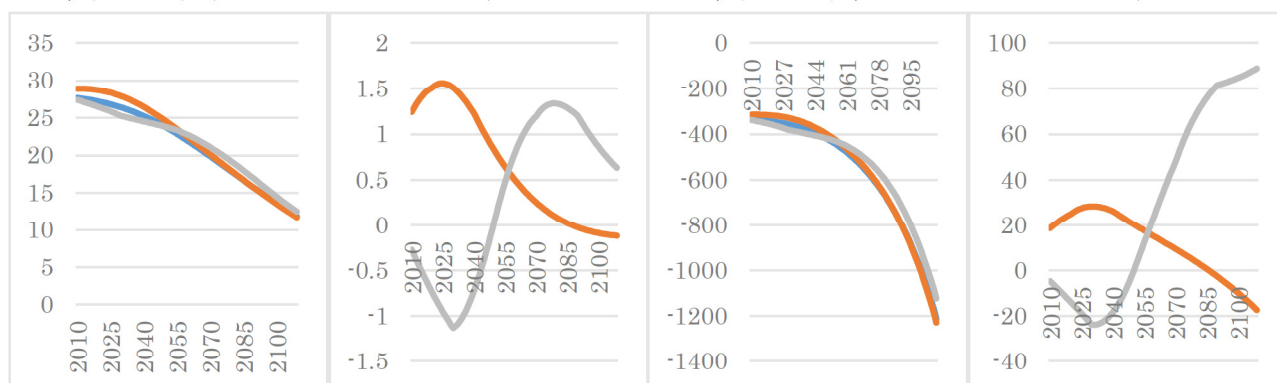


個人の生涯収入

← 差

個人の生涯負担

← 差



個人の生涯消費

← 差

個人の生涯効用

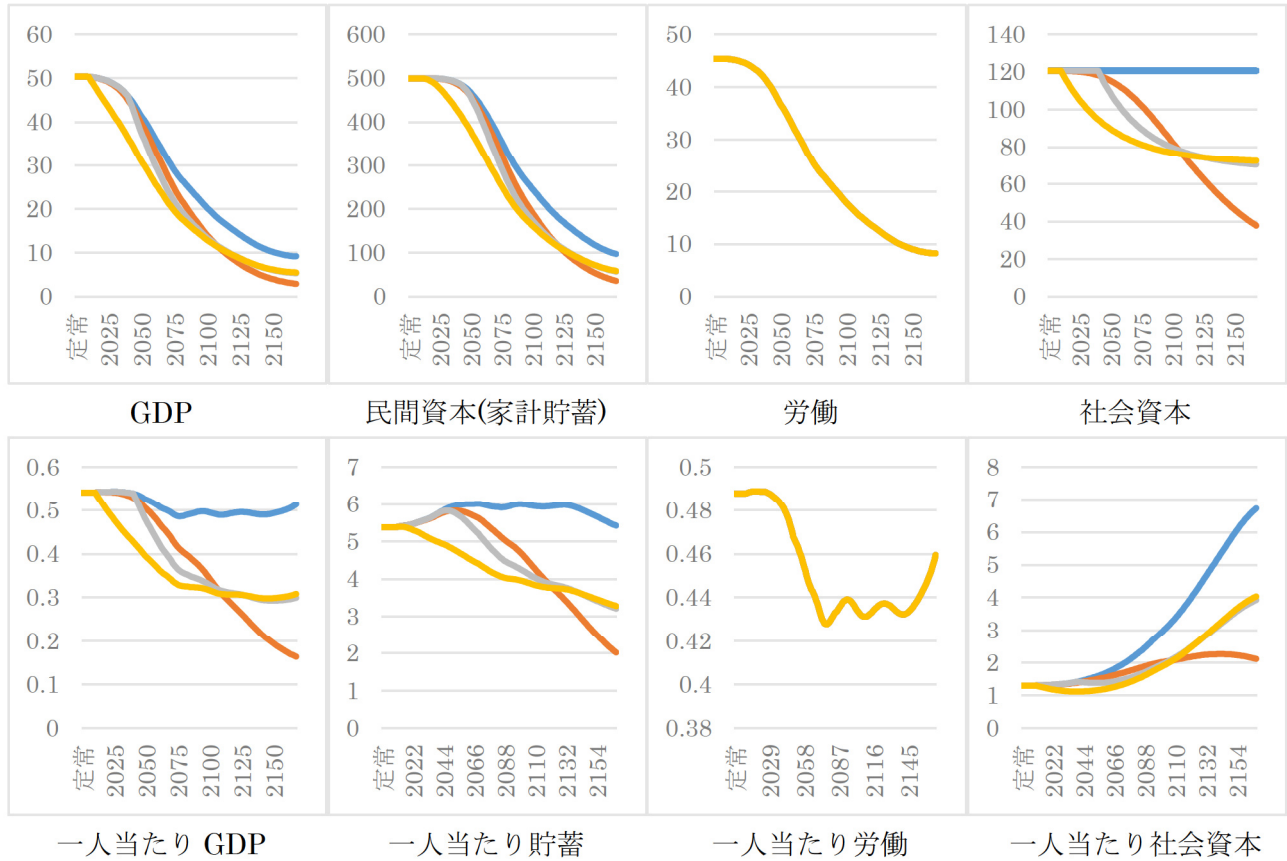
← 差

基本ケース
(整備負担公平)
ケース 3
(2020 年～集中投資)
ケース 4
(2070 年～集中投資)

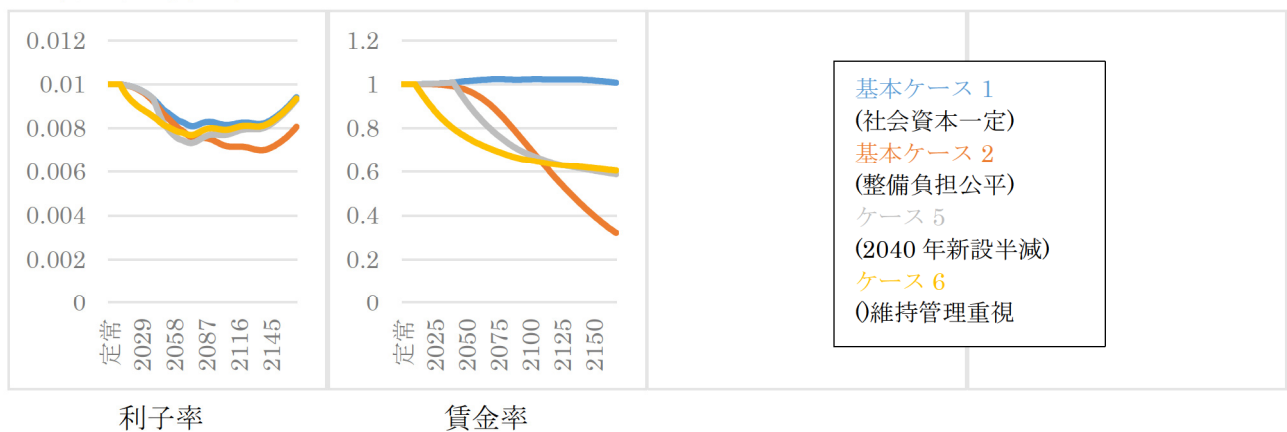
2. 分析③の結果一覧

マクロ変数，世代別変数の順に表示する．マクロ変数は一人当たりでも表示する．

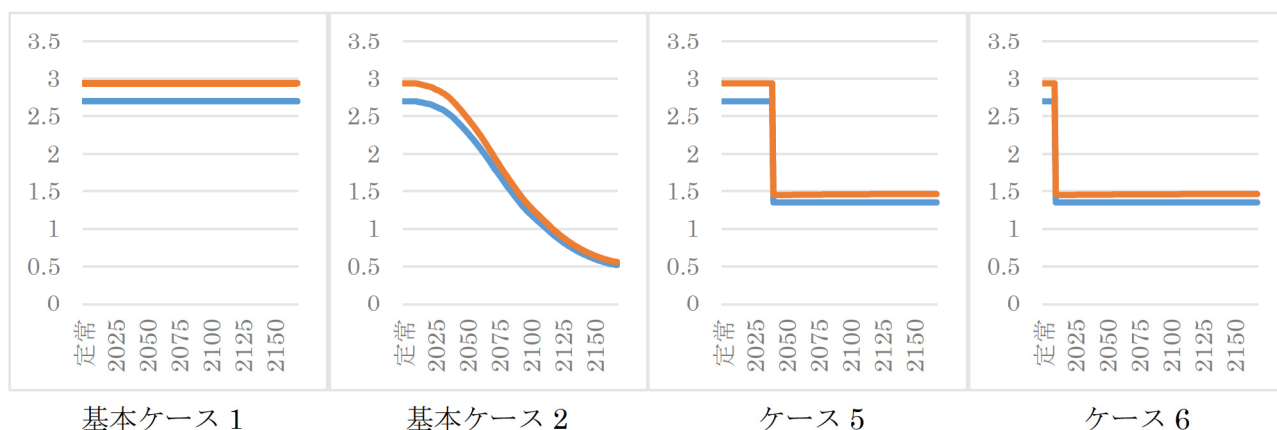
● GDP，民間資本，労働，社会資本



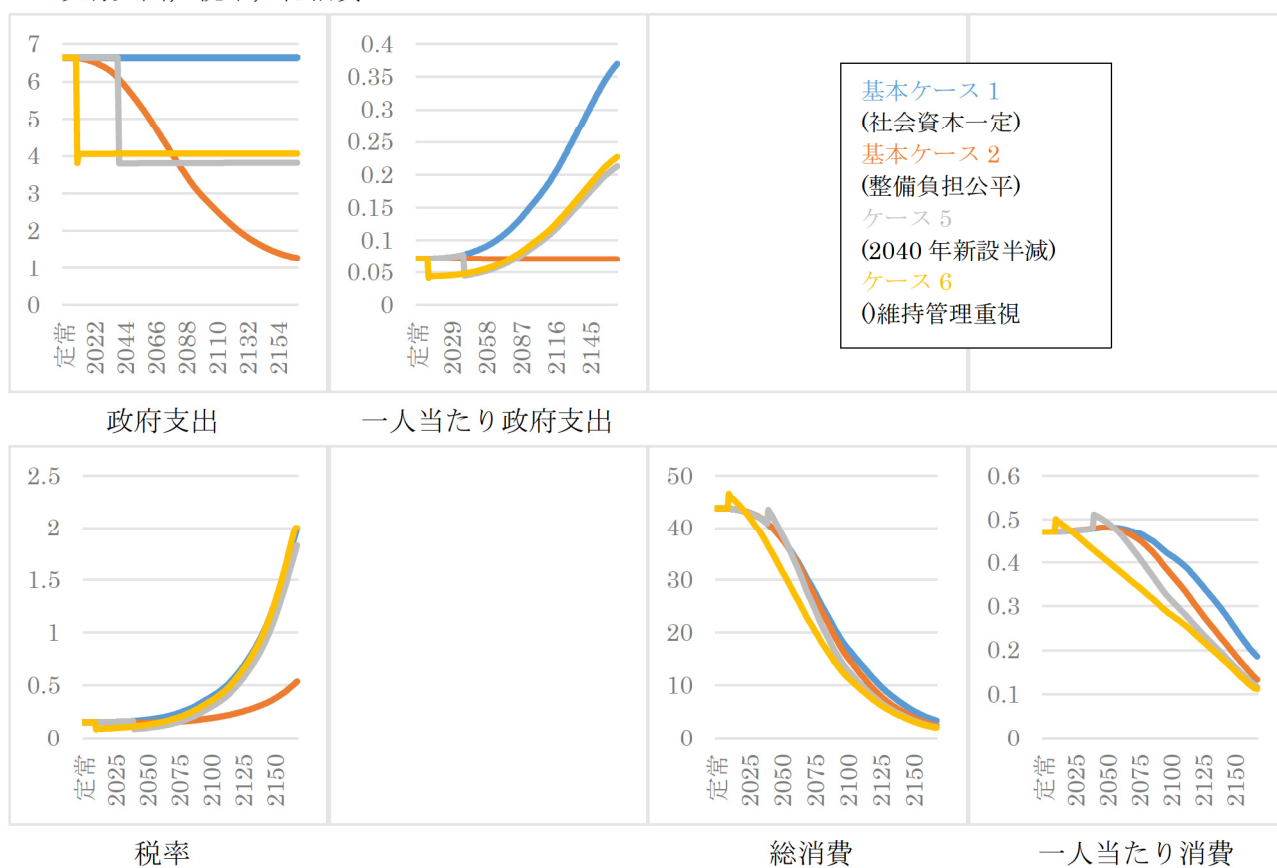
● 利子率，賃金率



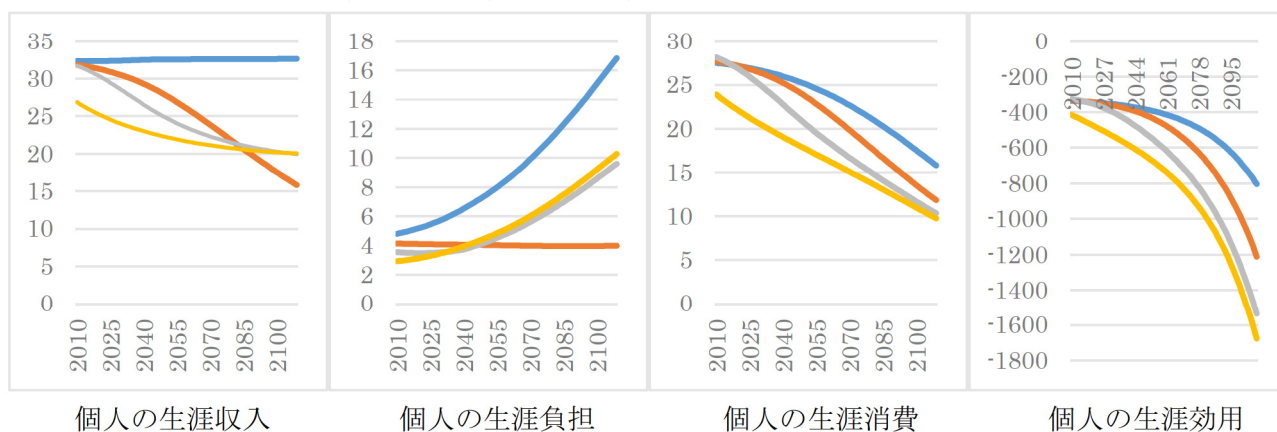
● 調整費用



● 政府支出，税率，総消費



● 世代別個人の生涯収入，生涯負担，生涯消費，生涯効用



基本ケース 1
(社会資本一定)
基本ケース 2
(整備負担公平)
ケース 5
(2040 年新設半減)
ケース 6
(維持管理重視)

3. 最適支出配分の経済効果

本研究の社会資本の表現のように各支出項目と社会資本ストックの関係が明確であれば、第2章の補論1で述べたように最適支出を導出することが出来る。支出とストックの関係がより精密になれば、支出変更のみによる社会資本水準向上と経済規模の拡大が可能となる。よってここでは、本研究の分析モデルの下で、最適配分を行ったときに経済がどのように変化しうるかを分析により把握する。

政府支出を一定に保ち、その内訳である新設更新費・調整費用・維持管理費の配分を変更する（うち調整費用は新設更新費によって決まるため、実際には新設更新費と維持管理費の配分を変更した）。

支出配分の違いのみの影響を調べるため、下表の変数は第3章で求めたものに固定する。

固定する変数値

各世代人口	N	1.551000668677341
スケールパラメータ	B	0.011665470392942
資本分配率	α	0.099246661793131
政府支出	G	6.637669481553738

分析は2つの条件で行う。1つは第3章で作成した2009年の日本を表現した定常状態である。もう1つは第2章の補論1に述べた最適支出配分による定常状態である。

下表が分析結果である。上段が2009年日本を定常状態として表現したときのもの、下段が最適支出配分による定常状態である。

最適な支出配分は若干の新設費を減らして維持管理費を増やしたところとなった。この場合社会資本水準が少し上昇したことで、経済規模が拡大している。さらに政府支出は同じであるので、税率は低下している。ちなみにGDPの0.229%の上昇を現実におきかえると、内閣府による2013年度名目GDPが483.1兆円であることを踏まえれば、1.106兆円の経済規模上昇に相当する。

なお今回は分析を行わなかったが、支出配分を最適な配分から遠ざけるほど、社会資本の水準が最適な状態から低下し、それに応じて経済規模が低下する。

配分変更の定常状態分析結果

(外生)政府支出	新設更新費	維持管理費	GDP	民間資本	労働	社会資本	総消費	調整費用	利子率	賃金率	税率
G	I	M	Y	K	L	KG	C	$chousei$	r	w	τ
6.64	2.6998	1.0000	50.4058	500.2605	45.4	120.6880	43.7681	2.9379	0.01	1.0000	0.1517
	2.6140	1.1817	50.5211	501.4054	45.4	120.9642	43.8835	2.8420	0.01	1.0023	0.1513
マクロ変数の変化率：			0.229%	0.229%	0%	0.229%	0.264%				

4. MATLAB ソース：分析モデル

```
%% 準備と初期定常状態計算のセクション
% セクションは以下の3つ.
%   ・準備と初期定常状態計算のセクション
%   ・移行過程計算のセクション
%   ・結果まとめとグラフ化のセクション

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%                                     準備                                     %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% ここでは、計算フィールドの初期化と分析全般に関わる設定を行う。

%% 変数を消去する.
clear all % 変数allを消去する.
clear all % 全ての変数を消去する.

% グラフを消去する.
for zxcv = 1:10
    figure(zxcv)
    clear Marker
    clear Linestyle
    clf
    close(zxcv)
end

%% パラメータや分析全般に関わる変数を設定する.
rho = -0.03 ; % 時間選好率
gamma = 2.5 ; % 1/gammaが異時点間の代替弾力性
life = 60 ; % 家計の寿命長
kappa = 0.00472 ; % 社会資本の維持管理技術水準
aa = 2.610 ; % 浅子・野口の調整費用のパラメータ（aは貯蓄に使用）
b = 2.059 ; % 浅子・野口の調整費用のパラメータ
epsilon = 0.000000001 ; % 収束計算の許容誤差
move = 159 ; % 移行期間計算の長さ

% 年齢別労働供給量
e = [] ;
for j = 1:40
    e(j) = -0.87755+0.12567*(j+19)-0.00148*(j+19)^2+0.06264*(j-1) ;
end
e(1:40) = e(1:40)/max(e) ;
e(41:60) = 0.0 ;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%                                     初期定常状態                                     %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% 2009年の日本を定常状態として表現する.
%%% 式の意味は修論本体を参照してください.

%% 初期定常状態の与件
w = 1.0 ; % 賃金率
r = 0.01 ; % 利子率
p1 = 0.3704 ; % 新設更新費Iと維持管理費Mの2005～2009年の比（I:M = 1:p1）
p2 = 0.0734 ; % GDPと公的資本形成の戦後の比（Y:(I+M) = 1:p2）
M = 1 ; % 維持管理費（このモデルでは維持管理費が経済の規模を左右する.）

%% まず社会資本に関する変数を確定する.
I = 1/p1*M ; % 新設更新費

%% 既知のIとMにより、社会資本の定常水準KGを求める.
% 非線型方程式を数值的に解く. そのため、まずゼロとなるべき式funを定義する.
fun = @(KG) KG*(M/KG)^kappa+I-KG ;
```



```
% 関数fzeroがfunをゼロとするKGを計算してくれる。
KG = fzero(fun, (I+M)*60) ;

%%%%% あとは調整費用と政府支出を計算する。
chousei = KG*(aa/2*(I/KG)^2+b*I/KG)-I ; % 調整費用
G = I+chousei+M ; % 政府支出

%%%%% GDPが確定する。
Y = (I+M)/p2 ; % GDP

%%%%% これより、定常状態となるalphaとtauの組み合わせを求める。
%%%%% といっても、 $\alpha$ と収束すべきKとの関係は単調なので特殊な探索法ではない。
% alphaの改善回数
v = 0 ;
% alphaの搜索範囲
alpha_l = 0.0 ; alpha_h = 1.0 ;

% 収束計算開始
for loop = 1:1000
    v = v+1 ;

    % alphaの改善
    alpha = (alpha_l+alpha_h)/2 ;

    % 定常状態の各世代人口
    N = Y*(1-alpha)/sum(e) ;

    % 総労働
    L = N*sum(e) ;

    % 民間資本
    K = 100*alpha/(1-alpha)*L ;

    % tauとtau×Cのグラフ化（Gとtau×Cは一致しうるか確認）
    bunnki = 0 ;
    if bunnki == 1
        zxcv = [] ; vvv = 0 ; zzzz = 0.01:0.01:10.0 ;
        for tau = zzzz
            vvv = vvv+1 ;

            % j=1歳時の消費cを計算。
            upper = 0 ; lower = 0 ;
            for j = 1:life
                upper = upper+e(j)/(1+r)^(j-1) ;
                lower = lower+(1+tau)/(1+r)^(j-1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
            end
            c = [] ;
            c(1) = w*upper/lower ;

            % j=2歳時以降の消費cを計算。
            for j = 2:life
                c(j) = c(1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
            end

            % 総消費と税収を計算。
            C = sum(N.*c) ;
            zxcv(vvv) = C*tau ;
        end

        % 既知のGとC*tauの交差関係をプロット。
        figure(v)
        hold on
        plot(zzzz, G)
        plot(zzzz, zxcv)
```

```
hold off
end

% 上のグラフ化により税率tauと税収の関係は単調だったので、
% 特殊な探索方法を利用せず2分法によりtauを求める。

% tauの搜索範囲
tau_l = 0.0 ; tau_h = 2.0 ;

% 政府支出Gと税収C*tauが一致するtauを求める。
for loop_b = 1:100

    % tauの精度向上
    tau = (tau_l+tau_h)/2 ;

    % j=1歳時の消費cを計算。
    upper = 0 ; lower = 0 ;
    for j = 1:life
        upper = upper+e(j)/(1+r)^(j-1) ;
        lower = lower+(1+tau)/(1+r)^(j-1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
    end
    c = [] ;
    c(1) = w*upper/lower ;

    % j=2歳時以降の消費cを計算。
    for j = 2:life
        c(j) = c(1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
    end

    % 総消費Cを計算
    C = sum(N.*c) ;

    % 政府支出と税収の関係により、税率を更新する。
    if G/tau-C > epsilon
        tau_l = tau ;
    elseif G/tau-C < -epsilon
        tau_h = tau ;
    else
        break
    end
end

% 各世代の資産aを計算
a = [] ;
a(1) = w*e(1)-c(1)*(1+tau) ;
for j = 2:life
    a(j) = a(j-1)*(1+r)+w*e(j)-c(j)*(1+tau) ;
end

% 民間資本を計算
Knew = sum(N.*a) ;

% 収束誤差を記録
delta(v) = Knew-K ;

% 民間資本Kの収束状態により、alphaを更新する。
if delta(v) > epsilon
    alpha_l = alpha ;
elseif delta(v) < -epsilon
    alpha_h = alpha ;
else
    break
end
end
```

```
% 正しく収束したか、迷ったりしていないかプロットにより確認する.  
figure(10)  
plot(delta)
```

```
% 最後にスケールパラメータBを計算して、定常状態が確定する.  
B = 1.0/((1-alpha)^(1-alpha)*alpha^alpha*100^alpha*KG^(1-alpha)) ;
```

```
%% 移行過程計算のセクション  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
%%                               移行過程                               %%%  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
%% 一時的均衡の概念により、一期一期計算してゆく.
```

```
%%  まず移行過程のシナリオを設定する.
```

```
% 初期定常状態の各世代人口  
t_N = [] ;  
pop_bunki = 0 ;  
if pop_bunki == 0 % 通常用（各世代人口はシナリオで変化）  
  
    % Excelの各世代人口シナリオをインプット  
    [all] = xlsread('number_of_birth_New') ;  
    data = all(1:(life+move), 6) ;  
  
    % 1:lifeは定常状態の値を入力.  
    t_N(1:life) = N ;  
  
    % 移行期間の各世代人口を、定常状態の世代人口との比として設定.  
    for i = 1:move  
        t_N(life+i) = N*data(life+i)/data(life) ;  
    end
```

```
elseif pop_bunki == 1 % 特殊用（各世代人口は一定）
```

```
    % 移行期間の各世代人口は、初期定常状態と同じとする.  
    t_N(1:(life+move)) = N ;
```

```
end
```

```
% 各世代人口をプロット.  
plot(1950+(0:(life+move-1)), t_N)
```

```
% 総人口推移をプロット  
t_allN = [] ;  
t_allN(1:life) = sum(t_N(1:life)) ;  
for i = 1:move  
    t_allN(life+i) = sum(t_N(i+(1:life))) ;  
end  
plot(1950+(0:(life+move-1)), t_allN)
```

```
% 移行期間の新設更新費Iと維持管理費Mのシナリオ  
t_I = [] ; t_M = [] ;
```

```
% 1:lifeは初期定常状態の値を入力  
t_I(1:life) = I ; t_M(1:life) = M ;
```

```
% Excelのシナリオをインプット  
[all] = xlsread('scenario_of_translandM_New') ;
```

```
% インプットしたシナリオの種類により、分岐を選択.  
bunki = 0 ;  
if bunki == 0 % シナリオは初期定常状態との比  
    for i = 1:move
```

```

        t_I(life+i) = I*all(i,2) ;
        t_M(life+i) = M*all(i,3) ;
    end
elseif bunki == 1 % シナリオを直接、値で指定
    t_I(life+(1:move)) = all(1:move,4) ;
    t_M(life+(1:move)) = all(1:move,5) ;
elseif bunki == 2 % シナリオは総人口と同様に変化
    for i = 1:move
        t_I(i+life) = t_I(life)*...
            sum(t_N(i+(1:life)))/sum(t_N(1:life)) ;
        t_M(i+life) = t_M(life)*...
            sum(t_N(i+(1:life)))/sum(t_N(1:life)) ;
    end
end

%%%% 初期定常状態の値の入力
t_Y = [] ; t_K = [] ; t_L = [] ; t_C = [] ; t_A = [] ;
t_G = [] ; t_chousei = [] ; t_KG = [] ;
t_r = [] ; t_w = [] ; t_tau = [] ; t_c = [] ; t_a = [] ;
t_Y(1:life) = Y ; t_K(1:life) = K ; t_L(1:life) = L ; t_C(1:life) = C ;
t_A(1:life) = K ; t_G(1:life) = G ; t_KG(1:life) = KG ; t_chousei(1:life) = chousei ;
t_r(1:life) = r ; t_w(1:life) = w ; t_tau(1:life) = tau ;
for i = 1:life
    for j = 1:(life+1-i)
        t_c(i,j) = c(j) ;
        t_a(i,j) = a(j) ;
    end
end

%%%% 移行期の計算開始！！
tautau = [] ; % tau収束のチェック用
differ = [] ; % tau収束のチェック用
for x = life+1:life+move % x: 移行各期を示す。
    disp(' 移行期計算中 [期] ')
    disp(x-life)

    % 前期の投資行為により、今期(x期)の社会資本が変化した。
    t_KG(x) = t_KG(x-1)*(t_M(x-1)/(t_KG(x-1)))^kappa+t_I(x-1) ;

    % 今期(x期)の投資行為
    t_chousei(x) = t_KG(x)*(aa/2*(t_I(x)/t_KG(x))^2+b*t_I(x)/t_KG(x))-t_I(x) ;
    t_G(x) = t_I(x)+t_M(x)+t_chousei(x) ;

    % 労働・資本をここで確定する。
    t_L(x) = 0 ;
    for j = 1:life
        t_L(x) = t_L(x)+t_N(x-j+1)*e(j) ;
    end
    t_K(x) = t_A(x-1) ;

    % 収束計算には関係ないが、ついでに生産も計算しておく。
    t_Y(x) = B*t_K(x)^alpha*(t_L(x)*t_KG(x))^(1-alpha) ;

    % 以下tauの収束計算 (tauが確定すれば今期の経済が確定する)
    tau_l = 0.0 ; tau_h = 2.0 ; % 搜索範囲
    for loop = 1:100

        % tauの精度向上
        t_tau(x) = (tau_l+tau_h)/2 ;
        % tauを記録する (収束状況の確認用)
        tautau(x-life, loop) = t_tau(x) ;

        % 賃金率・利子率
        t_w(x) = B*(1-alpha)*t_K(x)^alpha*t_L(x)^(-alpha)*t_KG(x)^(1-alpha) ;
    end
end

```

```
t_r(x) = B*alpha*t_K(x)^(alpha-1)*(t_L(x)*t_KG(x))^(1-alpha) ;
```

```
% 今期の要素価格等が今後も一定とする（一時的均衡（静学予見）の仮定）
```

```
int = x+(0:life) ;  
t_w(int) = t_w(x) ;  
t_r(int) = t_r(x) ;  
t_tau(int) = t_tau(x) ;
```

```
% 各世代個人の今期の消費の計算
```

```
for i = (x-(life-1)):x
```

```
    % 各世代の今期の年齢
```

```
    J = -i+1+x ;
```

```
    % 今期の消費を計算する.
```

```
    if J <= 1
```

```
        J = 1 ;
```

```
        upper = 0 ;
```

```
    else
```

```
        upper = t_a(i, J-1) ;
```

```
    end
```

```
    lower = 0 ;
```

```
    for j = J:life
```

```
        rishi = 1 ;
```

```
        for m = J:j
```

```
            rishi = rishi*(1+t_r(i+m-1)) ;
```

```
        end
```

```
        if j > J
```

```
            riisi = rishi/(1+t_r(i+J-1)) ;
```

```
        else
```

```
            riisi = 1 ;
```

```
        end
```

```
        upper = upper+t_w(i+j-1)*e(j)/rishi ;
```

```
        lower = lower+(1+t_tau(i+j-1))/rishi*...  
            ((1+rho)^(J-j)*riisi*(1+t_tau(i+J-1))/...  
            (1+t_tau(i+j-1)))^(1/gamma) ;
```

```
    end
```

```
    t_c(i, J) = upper/lower ;
```

```
% 今期以降(J歳以降)の消費を求める.
```

```
    if J < life
```

```
        for j = (J+1):life
```

```
            rishi = 1 ;
```

```
            for m = (J+1):j
```

```
                rishi = rishi*(1+t_r(i+m-1)) ;
```

```
            end
```

```
            t_c(i, j) = t_c(i, J)*((1+rho)^(J-j)*rishi*...  
                (1+t_tau(i+J-1))/(1+t_tau(i+j-1)))^(1/gamma) ;
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
t_C(x) = 0 ;
```

```
for j = 1:life
```

```
    t_C(x) = t_C(x)+t_N(x-j+1)*t_c(x-j+1, j) ;
```

```
end
```

```
% 税収と政府支出が一致しているか確認する.
```

```
differ(x-life, loop) = t_tau(x)*t_C(x)-t_G(x) ;
```

```
if differ(x-life, loop) > epsilon
```

```
    tau_h = t_tau(x) ;
```

```
elseif differ(x-life, loop) < -epsilon
```

```
    tau_l = t_tau(x) ;
```

```
else
```

```
    break
```

```

end
end
% ここまでで、今期（x期）のtau決定！！！！

% 今期の各個人の貯蓄 a の計算
t_a(x, 1) = t_w(x)*e(1)-t_c(x, 1)*(1+t_tau(x)) ;
for j = 2:life
    t_a(x-j+1, j) = t_a(x-j+1, j-1)*(1+t_r(x))...
        +t_w(x)*e(j)-t_c(x-j+1, j)*(1+t_tau(x)) ;
end

% 今期の家計貯蓄を計算する。
t_A(x) = 0 ;
for j = 1:life
    t_A(x) = t_A(x)+t_N(x-j+1)*t_a(x-j+1, j) ;
end

% もし家計貯蓄が負になったら計算は続行できない。
if t_A(x)<0
    danger = input(' 貯蓄が負に！！') ;
end

% 期(x)が一つ次へ進む。
end
disp(' 移行期の計算：終了')
disp(' program end')
% 移行過程（一時的均衡）の計算終了

%% 結果まとめとグラフ化のセクション
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                                     分析結果計算                                     %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% グラフ化したい期間数
show = 100 ;
if show>move
    show = move ;
end

% グラフのx軸用。
area1 = 2000:2109 ; lim1 = [2000, 2110] ; zone1 = life+(-9:show) ;
area2 = 1980:2089 ;
lim2 = [1980, 2090] ;

% figure(1)を2*6に分け、グラフをまとめて表示する。
figure(1)

subplot(2, 6, 1)
hold on
plot(area1, t_G(zone1), ' .')
plot(area1, t_I(zone1), ' -')
plot(area1, t_M(zone1), ' :')
plot(area1, t_chousei(zone1), ' -.')
title(' 公的支出[.]・新設[-]・維持管理[:]・調整費[-.]')
xlim([lim1])

subplot(2, 6, 2)
hold on
plot(area1, t_Y(zone1), ' -')
title(' 総生産 Y')
xlim([lim1])
% ylim([0, 50])

subplot(2, 6, 3)

```



```

hold on
[hAx,hLine1,hLine2] = plotyy(area1,t_w(zone1),area1,t_r(zone1)) ;
title(' 貸金率[-], 利子率[:]')
xlim([lim1])
set(hLine1,'LineStyle','-')
set(hLine2,'LineStyle',':')
set(hAx(1),'xlim',[lim1])
set(hAx(2),'xlim',[lim1])
% set(hAx(1),'ylim',[0,50])
% set(hAx(2),'ylim',[0.05,0.08])

subplot(2,6,4)
hold on
plot(area1,t_tau(zone1),'-')
title(' 税率  $\tau$  ')
xlim([lim1])
% ylim([0,0.15])

i_bdn = [] ;
for i = 1:life+move
    i_bdn(i) = 0 ;
    for j = 1:life
        i_bdn(i) = i_bdn(i)+t_c(i,j)*t_tau(i+j-1) ;
    end
end
subplot(2,6,5)
hold on
plot(1990:2089,i_bdn(life+(1:show)),'.')
title(' 世代別個人の負担総額')
xlim([1990,2090])
% ylim([0,300])

i_csp = [] ;
for i = 1:life+move
    i_csp(i) = sum(t_c(i,:)) ;
end
i_U = [] ;
for i = 1:life+move
    i_U(i) = 0 ;
    for j = 1:life
        i_U(i) = i_U(i)+(1+rho)^(-(j-1))*t_c(i,j)^(1-gamma)/(1-gamma) ;
    end
end
subplot(2,6,6)
hold on
[hAx,hLine1,hLine2] = plotyy(1990:2089,i_csp(life+(1:show)),1990:2089,i_U(life+(1:show))) ;
title(' 世代別個人の生涯消費[.]・生涯効用[+]')
set(hLine1,'LineStyle','.')
set(hLine2,'LineStyle','+')
set(hAx(1),'xlim',[1990,2090])
set(hAx(2),'xlim',[1990,2090])
% set(hAx(1),'ylim',[0,2000])

subplot(2,6,7)
hold on
plot(area1,t_KG(zone1),'-')
title(' インフラ水準 KG')
xlim([lim1])
% ylim([0,40])

subplot(2,6,8)
hold on
plot(area1,t_K(zone1))
title(' 民間資本 K')

```

```
xlim([lim1])
% ylim([0, 200])

subplot(2, 6, 9)
hold on
plot(area1, t_L(zone1))
title('労働 L')
xlim([lim1])

subplot(2, 6, 10)
figure('position', [100 100 350 350])
f = [] ;
hold on
for x = 1:10
    f(x) = plot(20:79, t_c(life-9+10*x, :)) ;
    set(f(x), 'color', (x-1)*0.1*[1 1 1])
end
% title('消費の流列 (10世代ごと, 黒→白')
ylim([0, 0.8])

subplot(2, 6, 11)
f = [] ;
hold on
for x = 1:10
    f(x) = plot(20:79, t_a(life-9+10*x, :)) ;
    set(f(x), 'color', (x-1)*0.1*[1 1 1])
end
% title('貯蓄の流列 (10世代ごと, 黒→白')
%ylim([-100, 400])

i_tax = [] ;
for i = 1:life+move
    for j = 1:life
        i_tax(i, j) = t_c(i, j)*t_tau(i+j-1) ;
    end
end
subplot(2, 6, 12)
figure('position', [100 100 350 350])
f = [] ;
hold on
for x = 1:10
    f(x) = plot(20:79, i_tax(life-9+10*x, :)) ;
    set(f(x), 'color', (x-1)*0.1*[1 1 1])
end
%title('税負担の流列 (10世代ごと, 黒→白')
ylim([0, 0.2])

% 以上でfigure(1)の表示分を終了.

% 各期tauの収束の正しさのチェック
figure(2)
clf
for x = 1:25
    y = 4*x ;
    subplot(5, 5, x)
    plot(tautau(y, :))
end

% 移行第1期世代の賃金収入と税率の推移.
figure(3)
xxx = t_w(life+(1:life)).*e(1:life) ;
vvv = t_tau(life+(1:life)) ;
hold on
plot(xxx)
```

```
plot(vvv)

% 10世代毎の消費の流列
figure(4)
figure('position',[100 100 350 350])
f = [] ;
hold on
for x = 1:10
    f(x) = plot((2010:2069)+10*(x-1), t_c(life-9+10*x, :)) ;
    set(f(x), 'color', (x-1)*0.1*[1 1 1])
end
% title('消費の流列 (10世代ごと, 黒→白')
ylim([0, 0.8])
xlabel('年')

% 10世代毎の税負担の流列
figure(5)
figure('position',[100 100 350 350])
f = [] ;
hold on
for x = 1:10
    f(x) = plot((2010:2069)+10*(x-1), i_tax(life-9+10*x, :)) ;
    set(f(x), 'color', (x-1)*0.1*[1 1 1])
end
%title('税負担の流列 (10世代ごと, 黒→白')
ylim([0, 0.2])
xlabel('年')
grid on
```

5. MATLAB ソース：最適支出配分の経済

```
%% 準備～初期定常状態計算終了までのセクション
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% 準備
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
clear all
clear all
for zxcv = 1:10
    figure(zxcv)
    clear Marker
    clear Linestyle
    clf
    close(zxcv)
end
rho = -0.03 ;
gamma = 2.5 ;
life = 60 ;
e = [] ;
for j = 1:40
    e(j) = -0.87755+0.12567*(j+19)-0.00148*(j+19)^2+0.06264*(j-1) ;
end
e(1:40) = e(1:40)/max(e) ;
e(41:60) = 0.0 ;
epsilon = 0.00000001 ;
move = 159 ;
kappa = 0.00472 ;
aa = 2.610 ;
b = 2.059 ;

%%%%%%%% 2009年日本を定常状態と想定したときの定常状態計算.
w = 1.0 ;
r = 0.01 ;

M = 1 ;
I = 1/0.3704*M ;
fun = @(KG) KG*(M/KG)^kappa+I-KG ;
KG = fzero(fun, (I+M)*60) ;
chousei = KG*(aa/2*(I/KG)^2+b*I/KG)-I ;
G = I+chousei+M ;

Y = (I+M)/0.0734 ;

v = 0 ;
alpha_l = 0.0 ; alpha_h = 1.0 ;
for loop = 1:1000
    alpha = (alpha_l+alpha_h)/2 ;
    v = v+1 ;

    N = Y*(1-alpha)/sum(e) ;
    L = N*sum(e) ;
    K = 100*alpha/(1-alpha)*L ;

    bunnki = 0 ;
    if bunnki == 1
        zxcv = [] ; vvv = 0 ; zzzz = 0.01:0.01:10.0 ;
        for tau = zzzz
            vvv = vvv+1 ;
            upper = 0 ; lower = 0 ;
            for j = 1:life
                upper = upper+e(j)/(1+r)^(j-1) ;
                lower = lower+(1+tau)/(1+r)^(j-1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
            end
        end
    end
end
```

```

c = [] ;
c(1) = w*upper/lower ;
for j = 2:life
    c(j) = c(1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
end
G = sum(N.*c) ;
zxcv(vvv) = G*tau ;
end
figure(v)
hold on
plot(zzzz, G)
plot(zzzz, zxcv)
hold off
end

tau_l = 0.0 ; tau_h = 2.0 ;
for loop_b = 1:100
    tau = (tau_l+tau_h)/2 ;
    upper = 0 ; lower = 0 ;
    for j = 1:life
        upper = upper+e(j)/(1+r)^(j-1) ;
        lower = lower+(1+tau)/(1+r)^(j-1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
    end
    c = [] ;
    c(1) = w*upper/lower ;
    for j = 2:life
        c(j) = c(1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
    end
    G = sum(N.*c) ;
    if G/tau-C > 0
        tau_l = tau ;
    elseif G/tau-C < 0
        tau_h = tau ;
    else
        break
    end
end

a = [] ;
a(1) = w*e(1)-c(1)*(1+tau) ;
for j = 2:life
    a(j) = a(j-1)*(1+r)+w*e(j)-c(j)*(1+tau) ;
end
Knew = sum(N.*a) ;
delta(v) = (Knew-K)/M ;

if delta(v) > epsilon
    alpha_l = alpha ;
elseif delta(v) < -epsilon
    alpha_h = alpha ;
else
    break
end

end
figure(10)
plot(delta)

B = 1.0/((1-alpha)^(1-alpha)*alpha^alpha*100^alpha*KG^(1-alpha)) ;

%% 最適支出配分に変更する
figure(1)
KGN = [] ;
for lpp = 1:1000
    fun = @(I) KG/(KG^kappa)*kappa*(G-KG*(aa/(2*KG^2)*I^2+b/KG*I))^(kappa-1)...

```

```

        *(-KG*(aa*I/(KG^2)+b/KG))+1 ;
I = fzero(fun,G/3) ;
chousei = KG*(aa/2*(I/KG)^2+b*I/KG)-I ;
M = G-I-chousei ;
KGN(lpp) = KG*(M/KG)^kappa+I ;
if KGN(lpp)-KG < epsilon
    break
end
KG = KGN(lpp) ;
end
plot(KGN)

Knew = [] ;
for loplop = 1:1000
    r = B*alpha*K^(alpha-1)*(L*KG)^(1-alpha) ;
    w = B*(1-alpha)*K^alpha*L^(-alpha)*KG^(1-alpha) ;

    tau_l = 0.0 ; tau_h = 2.0 ;
    for loop_b = 1:100
        tau = (tau_l+tau_h)/2 ;
        upper = 0 ; lower = 0 ;
        for j = 1:life
            upper = upper+e(j)/(1+r)^(j-1) ;
            lower = lower+(1+tau)/(1+r)^(j-1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
        end
        c = [] ;
        c(1) = w*upper/lower ;
        for j = 2:life
            c(j) = c(1)*((1+r)/(1+rho))^(j-1)/gamma ;
        end
        C = sum(N.*c) ;
        if G/tau-C > 0
            tau_l = tau ;
        elseif G/tau-C < 0
            tau_h = tau ;
        else
            break
        end
    end
end

a = [] ;
a(1) = w*e(1)-c(1)*(1+tau) ;
for j = 2:life
    a(j) = a(j-1)*(1+r)+w*e(j)-c(j)*(1+tau) ;
end
Knew(loplop) = sum(N.*a) ;
if abs(Knew(loplop)-K) < epsilon
    break
end
K = Knew(loplop) ;
end
plot(Knew)

Y = B*K^alpha*(L*KG)^(1-alpha) ;

```


謝辞

本論文を執筆するにあたり、様々な方々から多大なるご指導・ご協力を頂きました。この場を借りてお礼を述べさせていただきます。

指導教官である石倉智樹先生には、研究の全体的な流れから細かいところまでご指導頂きました。自分が調べても中々分からなかった経済モデルを扱ううえでの暗黙の了解などを、先生の一言で解決できたことはとても多かったです。B4の研究開始から3年間、本当にお世話になりました。小根山裕之先生には、中間発表などで研究の根本に関するご質問をして頂いたことで、より深いところを考えるきっかけを与えてくださいました。先生方のご指導がなければこの論文を書くことはできなかったと思います。本当にありがとうございます。また、宇治公隆先生には副査をつとめて頂き、審査やご助言を頂きました。ありがとうございます。

研究室同期の、小沢赳丈君、木村祐太君、辻裕之君、津田祥樹君、山本浩平君、山崎隼人君、渡邊全君とはお互いに切磋琢磨しながら研究を進めていくことが出来ました。同期の空気感に、研究で行き詰った僕は何度も助けられました。また、卒論を共にした花岡洋介君、馬場隼哉君は中間発表などで遠くからかけつけ、助言をしてくれました。みんな本当にありがとう。

昨年退官された鹿田成則先生とはご相談や研究に関する議論をさせていただき、それらは研究を行ううえでの糧となりました。本当にありがとうございました。

今年修了された Viengnam さん、ドクターの亀岡弘之さん、M1の岡本ありささん、小鷹英和君、鈴木勇氣君、鈴木裕司君、吉川光志君にはゼミや中間発表の際に、多くの助言を頂きました。M1の皆様には授業や研究室行事の幹事等でお忙しい中、相談に載って頂き感謝しています。B4の鴨志田龍君、木津佑介君、桜庭太郎君、左近翔君、佐藤悠貴君、シュケイクンさん、藤井修平君、横山純也君とはともに締め切りに追われながら研究を進めていきました。秘書の渡辺良子さんには、研究室運営のサポートをしていただきました。皆様本当にありがとうございました。

研究室で共に過ごした卒業生の猪原さん、稲葉さん、小澤さん、斎藤さん、酒井さん、佐藤さん、田中さん、西村さんにも大変お世話になりました。

研究室以外でもまた多くの方々から励ましの言葉を頂きました。本当に感謝しております。

最後になりますが、これまで僕を支えてくれた母と家族に感謝の意を示します。

平成 27 年 2 月 18 日 小木曾裕元