

人口減少経済におけるインフラの同時期老朽化と補修計画に関する一考察

鳥取大学大学院 学生会員 ○端詰将範
 鳥取大学工学部 正会員 横松宗太
 鳥取大学工学部 正会員 喜多秀行

1. はじめに

今後わが国では人口減少に伴う税収の減少から財政難が予想される。また、高度経済成長期に整備された多くのインフラストラクチャ（以下、インフラと略記する）が同時期に老朽化して補修の必要性に直面する。この結果、今後財源予算において、インフラ補修費用の占める割合が増加するものと考えられる。またインフラは一般の工業製品とは異なり1回建設されその後適切な管理がなされると、長い期間サービスを提供する。そのため世代間で費用を配分する方法が問題となる。今後インフラ管理においては効率的な分野への新規投資が必要とされるだけでなく、既存ストックを維持管理しながら最大限有効に活用し、必要な更新投資を実施しなければならない。本研究では、生存する世代が入れ替わることを考慮した動学的マクロ経済モデルを用いて複数のインフラの補修計画と世代間費用配分ルールが社会厚生にどのような影響を及ぼすのかを分析する。とりわけ人口減少率と世代間財政移転コストがインフラ管理戦略に与える影響について分析を行う。

2. モデル

人口が $n(=(N_{t+1}-N_t)/N_t < 0)$ のマイナス成長を続ける経済において、企業の生産性を向上させる複数の生産インフラを管理する問題を考える。インフラの質的水準 $\bar{G}$ は社会的生産資本として生産過程に与えられ、企業の生産性を向上させるものとする。企業の生産関数は労働人口・資本・インフラ水準によって表されるとする。

$$F_t = F_t(N_t, K_t, \bar{G}) \quad (1)$$

N_t は t 期の労働水準を表し世代 t の人口に一致する。 K_t は資本である。生産関数は資本と労働に関して一次同次と仮定する。またインフラは無限期間サービスを提供し、社会的生産資本としてのインフラの機能は変化しないものと仮定する。またインフラの除却は考えないものとする。本モデルにおいてインフ

ラ j への補修行動を δ_t^j により表す。 t 期インフラ j を補修するのであれば δ_t^j に 1 を与え、補修しないのであれば 0 を与える。個々のインフラの劣化過程は時間に関して確定的であるとし、補修後の経過期間 Z_t により表現する。 Z_t は t 期の期末の劣化状態を表す。補修が行われると次期の期初には劣化レベルは 0 と新品の状態に戻り、期末にかけて劣化レベルは 1 になると仮定する。また補修コスト $C(Z)$ は劣化レベルに関して逓増すると仮定する。

$$C'(Z) > 0, \quad C''(Z) \geq 0$$

また任意の劣化レベル Z のインフラを補修の場合に固定費用 k が発生すると仮定する。

個人は 2 期間（若年期と老年期）生存し、ある期には 2 世代（若年世代と老年世代）が共存する世代重複モデルを応用する。個人は人生の前半（若年期）に労働し、賃金 w を受け取り納税後の残りを貯蓄する。

$$s_t + \tau_t^y = w \quad (2)$$

以下、下付きの t は期を表し、上付きの y は若年期、 o は老年期を表す。 s_t は t 期の個人あたりの貯蓄を表し、 τ は税を表す。本モデルでは簡単化のため若年期の消費は行わないものと仮定する。また後半（老年期）では若年期での貯蓄を切り崩して納税後の残りを消費すると仮定する。

$$x_{t+1} + \tau_{t+1}^o = (1+r)s_t \quad (3)$$

r は純利子率である。(2)(3)から個人の消費 x_{t+1} は次式のように表される。

$$x_{t+1} = (1+r)(w - \tau_t^y) - \tau_t^o \quad (4)$$

政府は每期、若年世代と老年世代からインフラ補修のための税収 B_t を得る。

$$B_t = N_{t-1}\tau_t^o + N_t\tau_t^y \quad (5)$$

N_{t-1} は $t-1$ 期に生まれた世代の人口であり、 N_t は t 期に生まれた世代の人口を表す。また、インフラ管理において毎期の複数のインフラ補修における支出は次式のようになる。

$$\Gamma_t = \sum_j \delta_t^j C(Z_t^j) \quad (6)$$

税収は補修が行われない期には維持補修基金に積み立てられる。もし基金残高で補修費用を賄えない場合は公債を発行して企業から借り入れることによって補修費用を調達する。政府のインフラ補修財政は次式のように表される。

$$M_{t+1} = (1+r)M_t + B_t - \Gamma_t - \eta|M_t| \quad (7)$$

M_t は t 期期初におけるインフラの補修基金残高を表す。 $\eta|M_t|$ は公債の発行や貸付に伴う財政運営コストを表す。 η は目減り率を意味するパラメータである。インフラ管理者である政府は計画期間($t=1,2,\dots,T$)の全ての家計の消費の現在価値の和が最大になるように複数のインフラの補修タイミングと税の決定を行う。インフラ管理問題は次式のような社会厚生関数最大化問題として表される。

$$\begin{aligned} \max_{\{\delta_t^j\}_{(j=1,2)}\{r\}\{t\}} & \sum_{t=0}^{T-1} \rho^{t+1} N_t x_{t+1} \\ \text{subject to} & Z_T \leq \bar{Z}, \quad M_T \geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

ρ は一期間あたりの割引因子である。前者の制約条件は劣化レベル Z が最終期 T において、ある一定の値以下にするためのものである。後者は最終期に補修基金が非負でなければならないことを意味している。

3. 数値シミュレーション

2つのインフラを補修する問題を考える。初期時点においてインフラ1の劣化状態は0、インフラ2の劣化状態は1とする。ここでは補修戦略の代替案を以下の3つに限定する。すなわち①独立戦略(個々のインフラごとに求めた最適補修スケジュールをそのまま実行する戦略)、②同調戦略(2つのインフラの補修を時間的に集中して行う戦略)、③ずらし戦略(2つのインフラ補修のタイミングを最も分散させる戦略)について考える。そして課税ルールについては i) 世代間費用配分に衡平制約がある場合(全ての世代から同額の税を徴収する方法)、ii) ない場合(補修が行われる期では補修が行われない期の2倍の税を支払う)について分析を行う。補修戦略と課税方法の場合分けを表-1に示す。また(パラメータの値) 財政移転コスト η と人口成長率 $n(<0)$ に対応した最適戦略を図-1に示す。世代間衡平制約のあ

る課税ルール i) の下では世代間移転コストを少なくするために、インフラの補修タイミングを時間的に分散させることが効果的である戦略領域が広いことがわかる。また、いずれの課税ルールの下でも財源の世代間移転コストが大きいときは、世代間で資金を移転させないような戦略が採択され、小さいときには将来の人口減少を見越して、早期に補修を集中的に行うような戦略が採択される。なお、今回の数値計算において期間を有限期間と設定したが、計画期間が無限期間であり、かつ世代間財源移転コスト $\eta=0$ のときには独立戦略が最適な補修ルールとなる。

表-1 補修行動と課税ルール

(ケース1)		独立戦略									
		1期	2期	3期	4期	5期	6期	...	21期		
補修行動(インフラ1)		0	0	0	1	0	0	...	0		
補修行動(インフラ2)		0	0	1	0	0	0	...	0		
課税ルール i)		τ_1	τ_1	τ_1	τ_1	τ_1	τ_1	...	τ_1		
課税ルール ii)		τ_2	τ_2	$2\tau_2$	$2\tau_2$	τ_2	τ_2	...	τ_2		
(ケース2)		同調戦略									
		1期	2期	3期	4期	5期	6期	...	21期		
補修行動(インフラ1)		0	0	1	0	0	0	...	0		
補修行動(インフラ2)		0	0	1	0	0	0	...	0		
課税ルール i)		τ_3	τ_3	τ_3	τ_3	τ_3	τ_3	...	τ_3		
課税ルール ii)		τ_4	τ_4	$2\tau_4$	τ_4	τ_4	τ_4	...	τ_4		
(ケース3)		ずらし戦略									
		1期	2期	3期	4期	5期	6期	...	21期		
補修行動(インフラ1)		0	0	0	1	0	0	...	0		
補修行動(インフラ2)		0	1	0	0	0	1	...	0		
課税ルール i)		τ_5	τ_5	τ_5	τ_5	τ_5	τ_5	...	τ_5		
課税ルール ii)		τ_6	$2\tau_6$	τ_6	$2\tau_6$	τ_6	$2\tau_6$	...	τ_6		

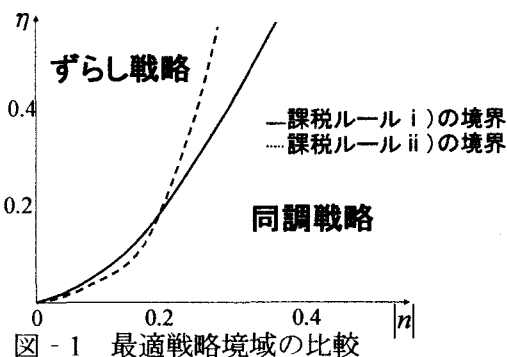


図-1 最適戦略境域の比較

4. おわりに

本研究では人口減少経済における複数のインフラの補修計画を分析するための最も単純なモデルを定式化することを試みた。数値計算を通じて、維持補修基金の運営環境と補修戦略の間の基本的関係について確認することができた。今後の課題として、劣化過程の不確実性を考慮したインフラ管理問題への拡張が必要である。