

# 公的資金の限界費用を考慮した 道路メンテナンスの最適長期補修施策

河野 達仁<sup>1</sup>・嶋 万希音<sup>2</sup>・柘津 知広<sup>3</sup>・水谷 大二郎<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 東北大学教授 大学院情報科学研究科 人間社会情報科学専攻  
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)  
E-mail: kono@plan.civil.tohoku.ac.jp (Corresponding Author)

<sup>2</sup>非会員 中央復建コンサルタンツ株式会社  
(〒533-0033 大阪府大阪市東淀川区東中島4-11-10)  
E-mail: shima\_m@cfk.co.jp

<sup>3</sup>正会員 東北大学 大学院情報科学研究科 人間社会情報科学専攻  
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)  
E-mail: nezu.tomohiro.q5@dc.tohoku.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 東北大学助教 大学院工学研究科 土木工学専攻 (同上)  
E-mail: daijiro.mizutani.a5@tohoku.ac.jp

橋梁など道路の老朽化対策については、ライフサイクルコストの低減や効率的かつ持続可能な維持管理を実現する予防保全によるメンテナンスへ早期に移行するため、計画的に対策が講じられている。しかしながら、国や地方自治体（以降、道路管理団体）には財政制約があり、維持修繕費の支出に占める割合が大きくなると、教育など他の支出に対する影響や、新たな財源確保のための課税や公債の発行などの追加的財政収入により生じる死荷重といった公的資金の限界費用（MCF）を考慮する必要がある。本研究では、内生的に変化するMCFを考慮して、毎期の橋梁点検に基づいた効率的な補修割合を連続的に決定し、社会厚生最大化となる道路メンテナンスの最適補修施策を提示する。その結果、最適補修施策は、時間割引率が低い時、事後保全を必ずしも全て実施することではなく、予防保全と事後保全を計画的に組み合わせて行うことが最適となった。

**Key Words :** *optimal maintenance & rehabilitation, preventive maintenance, corrective maintenance, marginal cost of funds, social welfare*

## 1. はじめに

我が国の橋梁などの道路インフラについては、高度経済成長期に建設されたものが多く、特に、橋梁については、全国約72万橋のうち、7割以上となる約51万橋が市町村道にあり、建設後50年を経過した橋梁の割合は、2030年代には50%を超える見込みである。深刻化するインフラへの対応は喫緊の課題である。「荒廃するアメリカ」の教訓を踏まえ、道路社会資本の安全安心を守り、良好なインフラを次世代へと継承する責務がある。

2013年の道路法改正を受け、2014年度から道路管理者は全ての橋梁等の道路構造物について、健全度の診断をするため、5年に1回の頻度で点検を実施することが省令、告示により義務付けられた。2014年度から2018年度の5年間で概ね全ての橋梁等の点検が完了し、2019年

度から2巡目の点検が開始されている中、予防保全による道路インフラの老朽化対策を図るため、各道路管理者はメンテナンスサイクル（点検・診断・措置・記録）の構築に取り組んでいる。

一方、厳しい財政制約の下、道路管理団体の道路関係予算は減少する一方、維持管理費の予算に占める割合は、年々高まっている。道路管理団体の予算に占める補修費用の割合が高くなると他の公共支出を圧迫するため、財政制約を考慮し、最適な予算配分が重要になる。

Smilowits & Madanat (2000)<sup>2)</sup>は財政制約を考慮し、複数橋梁について、補修費用を最小化している。しかし、彼らの財政制約は橋梁の補修にかかる費用の上限値と下限値を外生的に与えるというものである。この方法では全橋梁を対象とした場合でも、道路管理団体の支出対象全ての予算配分の最適化にはならない。財政制約の影響を

考慮するには、全ての収支を対象とする必要がある。

道路管理団体の財政制約を考慮すると公的資金の限界費用（以降、MCF : Marginal Cost of Funds）が社会厚生に影響を与える。例えば、財政収入額が変わらない場合は、補修費用の増減に伴うその他の公共財への支出の増減で家計の効用が変化する。その時の公共財への支出額の変化に対する効用の変化の割合がMCFである。特に、財政制約が厳しい地方自治体ではその他の公共財への支出の便益が高く、予算を減少させた支出項目の限界便益がかなり大きいことが想定される。また、課税による死荷重損失は一括固定税あるいは価格非弾力的な財に対する税以外の全ての税で発生するため、税の歪みを与件として分析することは重要である。なお、本研究では、税制や税率を変更せずに最適補修施策を決定する状況を想定する。

MCFを考慮した公共政策についての研究は既に多数行われている。Parry & Bento (2001)<sup>3)</sup>では混雑税収入の用途によって社会厚生が大きく変わることが示されている。このように公共政策の最適化においてMCFの考慮が重要である。

しかしながら、補修施策に関してMCFを考慮した研究は、橋梁の最適補修施策を決定した河野ら(2021)<sup>4)</sup>に限られる。河野ら(2021)<sup>4)</sup>では多数の橋梁を持つ都市を想定し、性質が異なる2種類の橋梁群の健全度分布が定常であるもとの最適補修施策を決定した。ここで、長期的には、今後の補修施策により橋梁の健全度分布が定常になることは考えられるものの、現在は劣化が進んでいる橋梁が多く、定常に至るまで一定の時間が必要と考えられる。

每期、健全度分布が変わるような状態においてはMCFも每期変動し、補修施策も変わりうる。劣化した橋梁が多いと補修費用が高くなり、MCFが上昇することが考えられる。一方、劣化した橋梁が少ないとMCFが大きく上昇しないと考えられる。このように、変動する健全度分布に対してMCFを考慮して長期的に最適補修施策を決定する必要がある。

健全度分布、MCF、補修施策に每期の変動が生じる場合には、世代間の公平性が損なわれないよう留意する必要がある。Barro(1974)<sup>5)</sup>は世代重複モデルを用いて、公債が家計に与える影響を世代間で分析している。本研究でも非定常の補修費用が世代間に与える影響の違いを検討するため、世代重複モデルを用いて世代間の公平性を検討する。

本研究では、MCFを考慮して社会厚生を最大化する長期最適補修施策を橋梁を対象として検討する。家計のモデルに世代重複モデルを利用し、補修施策によって社会厚生が変化する動学的経済モデルを示す。1巡目の点検で判定区分Ⅲの割合が高い新潟県を対象に行った数値

分析の結果、判定区分Ⅲの橋梁を50%の割合で補修していくことに加え、時間割引率が低い時、判定区分Ⅱの橋梁のうち、幅員が5m以上で道路ネットワークへの影響が大きい橋梁を優先的に補修していくことが、最適となった。社会厚生最大化の観点からは、判定区分Ⅳを生じさせないことに留意しながら、事後保全を一定の割合で進めていくとともに、時間割引率が低い時は、予防保全と事後保全を組み合わせることで計画的に推進することが最適となる。さらに最適補修施策において、将来世代が現世代よりも効用が高いことが示された。

以下、2. では本研究で用いたモデルを記述する。3. では2. のモデルを用いて数値分析を行い、補修対象とする橋梁群に依存する健全度分布の初期値や、健全度の遷移確率といった行政固有の条件が最適補修施策に与える影響を解析的および数値的に示す。

## 2. モデル

ある行政区画を対象に分析を行う。対象行政区画内には性質の異なる2種類（以降では $K \in \{A, B\}$ と示す）の橋梁を設定する。時点 $t$ を離散として動学的経済モデルを設定し、社会厚生を考える。

### (1) 橋梁の劣化と補修

本研究では津田ら(2005)<sup>6)</sup>を参考にマルコフ過程で劣化過程を表現する。橋梁の健全性の判定区分は道路橋定期点検要領<sup>7)</sup>に基づき、4段階の離散的健全度で表す。健全な状態を判定区分Ⅰとし、予防保全段階を判定区分Ⅱ、早期措置段階を判定区分Ⅲ、緊急措置段階を判定区分Ⅳとする。

全ての橋梁を每期点検し、各橋梁群の判定区分別に補修割合を決定する。緊急措置段階である判定区分Ⅳの橋梁は全て補修する。判定区分Ⅱ、判定区分Ⅲの橋梁に対しては補修する割合 $\delta_{m,t}^K$ （判定区分 $m$ の $K$ 橋を補修する割合）を決定する。補修割合 $\delta_{m,t}^K$ をもとに橋梁が補修されるため橋梁の補修行列 $\pi_t^{K+}$ は $\delta_{m,t}^K$ に依存する。

補修を每期行う一方で橋梁の劣化も進展していく。劣化を表現する劣化行列 $\pi^{K-}$ は橋梁の種類ごとに異なるものの、時間的変化はなく橋梁群固有の値である。每期、補修行列と劣化行列に従い、健全度分布が推移する。

補修費用は補修前健全度分布を用いて表現される。健全度分布に補修割合 $\delta_{m,t}^K$ と補修単価をかけ、橋梁数で乗じたものの総和が補修費用となる。

### (2) 家計の設定と行動

行政区画内に居住する家計は自動車で2種類の橋梁を利用する。橋梁の交通量は非弾力的である。また、補修工事を行う際は、補修前の判定区分に応じて迂回が発生

する。

家計のモデルでは世代重複モデルを利用する。本研究では5年を1期とし、7期ずつ若年期と高齢期を経験する。t期に生まれた第t世代はt+7期に生まれる第t+7世代を子として設け、高齢期の終わりに第t+7世代の子に遺産をのこす。

第1～7世代の各1世帯とその親や子（直系血族を含む世帯）を1つの家系とする。家系 $i \in \{1, 2, 3, \dots, I\}$ は異質であり、効用関数および所得が異なる。

各世帯は若年期に労働し、賃金を収入として高齢期に向けた貯蓄を行う。高齢期は労働せず、若年期に貯めた貯蓄と、親から受け取る遺産を収入として、自身の子世代に遺産をのこす。

家計は所得制約と時間制約のもとで効用を最大化する行動を行う。所得制約としては収入に若年期の労働収入と親からの遺産、前期の貯蓄があり、支出として合成財消費、交通の費用、迂回費用、来期への貯蓄、子への遺産、労働所得税、個人住民税を考える。時間制約としては余暇時間と交通の時間、迂回の時間に若年期のみ労働時間を加えた時間の合計が利用可能時間に一致する。

効用関数はBarro(1974)<sup>9)</sup>に基づき、交通による効用と余暇時間による効用、公共財への支出による効用、合成財消費による効用、さらに次世代の効用を考えた効用関数とした。この効用関数は合成財消費について線形の準線形効用関数であるため、異質性を考えても同質な家計と同様に効用の集計が可能である。本研究では社会厚生を、計画期間内に家計が得る効用の総和と定義する。

### (3) 政府の設定と行動

政府は財政制約と橋梁の健全度分布がマルコフ過程に従うという制約のもとで社会厚生を最大化するように橋梁の補修割合と公共財への支出額 ( $G_t$ ) を決定する。財政制約として補修費用と公共財への支出が税込と補助金の総和を上回らないとしている。

最適化問題のラグランジュ関数が式(1)である。ここで  $\sum_{t=1}^T \tilde{V}_t^i$  は全家計の効用の総和である。

$$\begin{aligned} \Phi = & \sum_{i=1}^I \tilde{V}_T^i + \sum_{t=1}^T \left( \frac{1}{\bar{r}} \right)^{t-1} \left[ \sum_K \lambda_t^K \left( \sum_m W_{m,t}^{K-} - 1 \right) \right. \\ & + \sum_K \sum_n \mu_{n,t}^K \left( W_{n,t+1}^{K-} - \sum_m \pi^{K-}[n|m] \pi^{K+}[n|m, \delta_{m,t}^K] W_{m,t}^{K-*} \right) \\ & \left. + \varphi_t \left( \sum_{i=1}^I \left( (\bar{\tau}_i + \bar{\tau}_{c,y}) L_t^{i*} + \bar{\tau}_{c,o} \right) + \bar{R}_t - G_t - \sum_K C_t^K \right) \right] \end{aligned} \quad (1)$$

$\bar{r}$  : 粗利率 (= 利率+1)

$\lambda_t^K, \mu_{n,t}^K, \varphi_t$  : 社会厚生最大化の各制約式に関するラグランジュ乗数

$W_{m,t}^{K-}$  : t期のK橋において健全度mの橋が占める割合

$\bar{\tau}_i$  : 労働所得税率

$\bar{\tau}_{c,y}, \bar{\tau}_{c,o}$  : 若年期, 高齢期の市民税率

$L_t^{i*}$  : t期における家系iの1家計の最適化された労働時間

$\bar{R}_t$  : t期の補助金

$\sum_K C_t^K$  : t期の補修費用総額

公共財への支出について式(1)の一階条件をとると、式(2)が得られる。

$$7I \left[ \frac{\partial p_y^i(G_t)}{\partial G_t} + \frac{\partial p_o^i(G_t)}{\partial G_t} \right] = \varphi_t \quad (2)$$

$p_y^i(G_t), p_o^i(G_t)$  : 各家計での  $G_t$  についての効用関数 ( $G_t$  に関して逓減)

式(2)の左辺は公共財への支出 ( $G_t$ ) の限界費用の総和である。右辺は財政制約の厳しさを表現するラグランジュ乗数である。すなわち、 $\varphi_t$  は公共財への支出の社会的限界費用 (MCF) を示す。

## 3. 数値分析事例

### (1) 数値分析の設定

本研究では、時間変数を含む数値計算であり、最適化する変数の数が膨大なため、Gurobi Optimizationを用いて、補修割合を連続変数として数値分析を行った。

数値分析に使用するパラメータは新潟県を想定してキャリブレーションした。新潟県管理橋梁のうち幅員が5m以上はA橋、5m未満はB橋と設定した。迂回に要する時間や金銭的費用はメンテナンス費用に比較して微小であると仮定し、考慮しないこととした。補修施策を決定する期間は30期間 (150年間) とし30期分の社会厚生を計算した。

劣化確率は津田ら(2005)<sup>9)</sup>の手法を用いて推定した。新潟県管理橋梁の点検データからそれぞれ推定した劣化確率で計算を行った。MCFは観測できないためMCFの最大値が5程度及び2程度 (MCF=5及びMCF=2) という条件で計算した。

### (2) 数値分析の結果

MCF=2及びMCF=5という条件について、時間割引率1%及び2%のケースについて、新潟県の劣化確率を活用し、計算を行った結果、表-1及び表-2に示す補修施策が最適となった。

時間割引率が1%のケースでは、MCF=2及びMCF=5のケースともに、判定区分IIIを50%補修することを維持したうえで、判定区分IIのうち、幅員が5m以上で道路ネットワークへの影響が大きいA橋を優先的に補修してい

表-1 最適補修施策と最適補修施策における MCF の推移 (MCF=2, 時間割引率 1%ケース)

期			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
最適補修割合 (%)	A	II	0	31.97	40.20	44.02	45.87	46.14	45.00	42.61	39.18	34.97	30.22	25.20	20.14	15.27	10.75	
		III	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	B	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		III	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
健全度分布 (%)	A	I	0.505	0.427	0.423	0.438	0.453	0.462	0.466	0.465	0.458	0.447	0.432	0.414	0.393	0.371	0.347	
		II	0.193	0.351	0.384	0.385	0.381	0.378	0.377	0.380	0.385	0.392	0.402	0.413	0.425	0.438	0.452	
		III	0.302	0.222	0.193	0.177	0.166	0.160	0.157	0.155	0.157	0.161	0.166	0.173	0.182	0.191	0.201	
	B	I	0.518	0.425	0.345	0.293	0.263	0.248	0.242	0.239	0.238	0.238	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239
		II	0.210	0.363	0.445	0.484	0.500	0.505	0.506	0.506	0.506	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.504	0.504
		III	0.272	0.212	0.210	0.223	0.237	0.247	0.252	0.255	0.256	0.257	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.257
MCF			2.000	1.770	1.749	1.729	1.709	1.689	1.669	1.650	1.631	1.612	1.593	1.575	1.554	1.538	1.520	

期			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
最適補修割合 (%)	A	II	6.75	3.36	0.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		III	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	B	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		III	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
健全度分布 (%)	A	I	0.323	0.299	0.278	0.258	0.246	0.241	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239
		II	0.465	0.478	0.490	0.500	0.505	0.506	0.506	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.504	0.504
		III	0.212	0.223	0.232	0.242	0.249	0.253	0.255	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.257	0.257
	B	I	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239
		II	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504
		III	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257
MCF			1.503	1.485	1.467	1.453	1.437	1.417	1.392	1.365	1.336	1.305	1.272	1.237	1.201	1.163	1.123	

表-2 最適補修施策と最適補修施策における MCF の推移 (MCF=2, 時間割引率 2%ケース)

期			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
最適補修割合 (%)	A	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		III	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	B	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		III	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
健全度分布 (%)	A	I	0.505	0.427	0.350	0.297	0.266	0.250	0.242	0.240	0.239	0.239	0.238	0.238	0.239	0.239	0.239	0.239
		II	0.193	0.351	0.437	0.480	0.498	0.504	0.506	0.506	0.506	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.504
		III	0.302	0.222	0.213	0.223	0.236	0.246	0.252	0.254	0.254	0.255	0.256	0.257	0.257	0.256	0.256	0.257
	B	I	0.518	0.425	0.345	0.293	0.263	0.248	0.242	0.239	0.238	0.238	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239
		II	0.210	0.363	0.445	0.484	0.500	0.505	0.506	0.506	0.506	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.504
		III	0.272	0.212	0.210	0.223	0.237	0.247	0.252	0.255	0.256	0.257	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.257
MCF			2.000	1.700	1.678	1.681	1.685	1.685	1.679	1.670	1.658	1.643	1.628	1.612	1.595	1.576	1.557	

※ 16期以降も定常状態が続く

表-3 最適補修施策と最小補修費用施策の比較

健全度	初期分布		定常分布	
	A 橋	B 橋	最適補修施策	最小補修費用施策
I	0.505	0.518	0.239	0.482
II	0.193	0.210	0.504	0.371
III	0.302	0.272	0.257	0.257
補修費用 (定常状態)			233.1 億円/期	211.4 億円/期

表-4 補修費用の負担額と効用の世代間比較

MCF $\approx$ 2	一生で負担する補修費用 (万円/人)	一生分の効用 (億円/人)
第1世代	21.47	4.04
第5世代	20.33	4.81
差	1.14	0.77

くことが最適となった。

一方、時間割引率2%のケースでは、判定区分IIIを50%維持していくのみの施策が最適となった。時間割引率を考慮しない場合、最適補修施策は、判定区分IIが100%、判定区分IIIを50%とする施策が、最適補修施策となり、定常状態の最小補修費用施策となる。

すなわち、判定区分IVを生じさせない観点から、判定区分IIIを一定割合補修したうえで、時間割引率が低い時は、判定区分IIのうち、幅員が5m以上で道路ネットワークへの影響が大きいA橋を優先的に補修していくことが最適となる。

最適補修施策においては、時間割引率1%及び2%ケースは、それぞれ22期及び10期以降からA橋、B橋ともに健全度分布が定常となり補修費用も一定となった。最適補修施策は、本数値分析で検討した施策の中で定常状態の補修費用が最小である補修施策（以降、最小補修費用施策）とは一致しなかった。つまり、将来の補修費用が低くなるように補修割合を決定していくと、かえって社会厚生が低くなるということが示された。両施策が一致しない理由として初期の健全度分布の影響が考えられる。表-3より最小補修費用施策での定常分布に比べ、最適補修施策の定常分布が初期分布に近いことがわかる。

劣化した橋梁が多い初期分布から定常状態になるまでに多く橋梁を補修すると、定常状態になるまで補修費用がかかるものの、劣化した橋梁が少ない定常分布に収束し、将来の補修費用は低くなる。一方、定常状態になるまでに補修する橋梁を減らすと、定常状態になるまでの補修費用は低くなるものの、劣化した橋梁が多い定常状態に収束し、将来の補修費用は相対的に増大する。

さらに本数値分析では時間割引率を考慮しているため、定常状態になるまでの補修費用と定常状態になってからの補修費用が時間割引率によって重みづけされて、最適補修施策が決定されている。

ここで、定常分布は補修行列と橋梁群固有の劣化行列

から計算される。補修施策を決定する際には初期分布だけでなく劣化行列も考慮する必要がある。行政区によらず一律の劣化行列を使用した場合、最小補修費用施策や最適補修施策から乖離することも考えられる。

世代間の公平性の評価を行うために、第1世代（1期に若年期の1期目）と、第5世代（5期に若年期の1期目）で最適補修施策での一生分の効用を比較した（表-4）。

最適補修施策では計画期間内において1期目の補修費用が最も高いため、1期目の補修費用を負担する第1世代は第5世代より負担する補修費用が高くなる。一方で、一生分の効用は世代間で7.7千万円の差がある。

世代間の効用差が大きくなる原因は2つある。まず1つ目の原因は補修費用の負担額の差である。負担する補修費用が高いと家計支出の増加と政府の公共財への支出減少によって効用が減少する。

2つ目の原因は経済成長である。経済成長により、時間が進むにつれて家計収入と政府の税収が増加する。後の世代であるほど、家計収入の増加と政府の税収増加による効用増加が見込める。

つまり第1世代は補修費用の負担による効用への負の影響を受け、第5世代は補修費用の負担による効用への負の影響が小さく、経済成長による効用への正の影響が第1世代よりも大きい。そのため世代間で一生分の効用に大きな差が出る。

#### 4. 結論

本研究では、道路管理団体の財政制約を明示的に考慮し、動学的に長期間の補修施策を最適化する計算を行った。最適補修施策は、非定常状態においては、判定区分IVを発生させないよう判定区分IIIを一定割合で補修したうえで、時間割引率が低い時、判定区分IIIについて、幅員が5m以上で道路ネットワークへの影響が大きい橋梁を優先的に補修していくことが、最適となった。また、定常状態においては、判定区分IIIを一定割合で行っていくことが最適となった。社会厚生最大化の観点からは、時間割引率が低い時、定常状態に至るまでの間、予防保全と事後保全を計画的に組み合わせて推進していくことが最適である。

世代間の公平性の観点からは、将来世代の得られる効用が現世代よりも大きいことが示された。このため、公債などの発行で、後年度に負担を委ねることにより、各期のMCFを平準化することも考えられる。

今後の研究課題としては、判定区分IVを考慮した分析を行う必要がある。判定区分IVを考慮すると、廃棄施策も選択肢として、加わってくる。このため、交通ネットワークの途絶が、補修割合にも影響してくることが考えられる。

次に、MCFが最小となる税制や補助金の分析をすることが今後の研究課題としてあげられる。本研究ではMCFは観測できないものとし、財政支出の分配により変化するMCFの最大値を設定することでMCFを内生化して数値分析を行った。今後、国及び地方自治体のMCFを考慮し、国からの補助金が地方自治体へ与える影響を分析することも重要な課題である。最適課税理論においては全ての税におけるMCFが一致することが最適とされている。最適課税理論に基づいて税率を動的に最適化すると、社会全体の死荷重損失を減らすことができ、厚生改善を図れる。

さらに税制の最適化については、本研究で明らかになった世代間の公平性に対する政策検討が必要である。例えば、現世代で公債を発行して将来に負担を委ねるといことも考えられる。公債発行によって現世代のみが負担していた1期目の高額な補修費用を将来世代と分担することが可能になる。最適補修施策の提案において効率性だけでなく公平性も考慮することができる。そのため、動的に税制を最適化することも今後の課題である。

謝辞：本研究はJSPS科研費JP20H01486の助成を受けたものである。

## REFERENCES

- 1) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領（2019年2月）  
[https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_1.pdf)
- 2) Smilowitz, K. and Madanat, S.: *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 15, Issue 1, pp. 5-13, 2000.
- 3) Parry, I. W. H. and Bento, A.: *The Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 103, No. 4, pp. 645-671, 2001.
- 4) 河野達仁, 寫万希音, 水谷大二郎：土木学会論文集D3（土木計画学），Vol. 7, No. 4, pp.389-399, 2021.
- 5) Barro, R. B.: *The Journal of Political Economy*, Vol. 82, Issue 6, pp. 1095-1117, 1974.
- 6) 津田尚胤, 貝戸清之, 青木一也, 小林潔司：土木学会論文集, No. 801/I-73, pp. 69-82, 2005.

(Received ??????)

(Accepted?????)

## LONG-RUN OPTIMAL ROAD MAINTENANCE POLICIES CONSIDERING THE MARGINAL COST OF PUBLIC FUND

Tatsuhito KONO, Makine SHIMA, Tomohiro NEZU and Daijiro MIZUTANI

When public agencies design road maintenance policies, if the maintenance cost has a large share of the budget, it is necessary to reduce the expenditures for other items, which decrease the benefits of the other items. These additional costs due to an increase in the public expenditure are called the marginal cost of public funds (or MCF). Our study takes account of the MCF endogenously to design maintenance policies. This study explicitly considers MCF, and optimizes the long-term maintenance policy dynamically. The optimal maintenance policy is not always the same as the maintenance-cost minimizing policy in steady state.