

ユーザーコストが道路舗装の維持管理計画 に与える影響に関する研究

鈴木俊之¹・杉浦聡志²・高木朗義³・倉内文孝⁴

¹正会員 修士(工学) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株) (〒460-8621 愛知県名古屋市中区錦三丁目20-27)

E-mail : toshiyuki.suzuki@murc.jp

²正会員 修士(工学) 大日コンサルタント(株) (〒500-8384 岐阜県岐阜市藪田南三丁目1-21)

³正会員 博士(工学) 岐阜大学教授 工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1)

⁴正会員 博士(工学) 岐阜大学准教授 工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1)

舗装の劣化に伴う道路利用者の安全性・快適性の低下を貨幣換算し、ユーザーコストが道路舗装の維持管理計画に与える影響について感度分析を行った。具体的には、コンジョイント分析を用いて安全性・快適性に係る道路利用者の支払意思額を算出すると共に、岐阜市の道路ネットワークを用いて、支払意思額を変化させた場合の最適 MCI への影響を分析した。その結果、道路区間ごとに違いはあるものの、安全性・快適性に係るユーザーコストが維持管理計画に影響を与えるには、概ね 0.5 円/km 程度以上の支払意思額が必要となることがわかった。また、ユーザーコストを考慮した場合の最適 MCI は、道路ネットワークの影響を大きく受けるため、管理目標の設定は道路区間ごとに行うことが効果的であることが確認された。

Key Words : *maintenance strategies, conjoint analysis, ride comfort, user cost, life cycle cost*

1. はじめに

一定水準の道路整備が完了した現在、全国の道路管理者の関心事は、徐々に新規の道路整備から既存の道路資本の効率的な維持管理へとシフトしている。このため、舗装の効率的な維持管理計画の策定を目的とした舗装維持管理システムの構築が全国で進められている。これらのシステムの中には、補修工事の際に必要な維持管理費用に加え、補修時の交通規制による道路利用者の迂回費用を考慮したものもあり、道路利用者の視点を維持管理計画に反映する試みも、一部では既に導入されつつある。

しかしながら、そのような補修時の時間損失費用に加え、舗装の劣化に伴う道路利用者の安全性・快適性の低下をユーザーコストとして考慮すべきであるとの議論もある¹⁾。道路利用者へのサービス水準を LCC (Life Cycle Cost) の一要素として考慮することは、社会的ニーズが量的な整備から質的な管理へと移行する状況において、有意なことであると思われる。

そこで、本研究では、岐阜県での道路アセットマネジメントの検討内容を基に、道路管理者の視点に加え道路利用者の視点を反映した評価方法を提案する。具体的に

は、道路舗装の LCC を「補修費用にユーザーコストを加えたもの」と定義することにより、ユーザーコストを考慮することが道路舗装の維持管理計画に与える影響について、実際の岐阜市の道路ネットワークを用いた分析を行う。また、本研究では、ユーザーコストとして、補修工事時の通行規制により発生する一般化交通費用の増分である「利便性」に係るユーザーコスト、舗装の劣化に伴い悪化すると考えられる「安全性」および「快適性」に係るユーザーコストの3つを考慮する。そして、特に高い精度での貨幣換算が困難であると思われる安全性・快適性に係るユーザーコストについては、感度分析を実施する。これにより、安全性・快適性に係るユーザーコストがどの程度の水準であれば、維持管理計画に影響を与える可能性があるかを明らかにする。

2. 本研究の位置づけ

道路舗装マネジメントについては、様々な研究が行われている。田村ら²⁾は、道路舗装の劣化について交通需要と自然劣化という2種類の不確実性を考慮すると共に、ユーザーコストとして車両走行費用や迂回費用を考慮し、予算制約下における道路網全体での修繕順位決定ルール

を提案している。しかしながら、乗心地の悪化に伴うユーザーコストについては定量化が困難であることから考慮されていない。

乗心地の悪化に関するユーザーコストについては、川村³⁾らは、道路利用者の安全性・快適性に対するニーズを把握するため、道路舗装の平坦性の指標である IRI (International Roughness Index) と被験者による乗り心地の評価を行い、IRI と乗り心地の関係式を求めている。また、遠藤・姫野⁴⁾や、石田ら⁵⁾は、乗り心地の向上に対する支払意思額 (WTP (Willingness To Pay)) についてアンケート調査を行い、IRI と支払意思額の関係を示している。これらの既往研究は、道路管理者が維持補修計画の立案に評価指標として用いている MCI (Maintenance Control Index) が、安全性や快適性といった道路利用者のニーズを十分に反映していないという問題意識のもと、IRI とユーザーコストの関係性を分析した点が成果といえる。

また、筆者ら⁶⁾は、道路の劣化状態 (ひび割れ率やわだち掘れ量) が道路利用者の WTP に与える影響を分析するため、コンジョイント分析により、安全性・快適性に係る支払意思額を MCI に基づいて算出し、仮想道路ネットワークを用いてユーザーコストが補修戦略に与える影響の分析を行っている。これは、地方自治体では、過去のデータベースや点検・劣化予測の技術など、舗装マネジメントに関する知見の多くが、MCI を中心に蓄積されていることから、補修戦略の検討には MCI を活用することが効率的であるとの考えによるものである。

しかしながら、これらの既往研究における乗心地の貨幣換算の試みの多くは、「被験者によって回答する金額に大きなばらつきがみられる」、「質問の仕方によって回答される金額が変化する」、「統計的な有意性が担保されていない」などの問題を抱えており、田村ら¹⁾が指摘している通り、乗心地の悪化や速度低下による時間損失、騒音などによるユーザーコストの低下を高い精度で定量化することは、現状では困難であるといえる。

そこで本研究では、実際の道路ネットワークを用いて道路利用者の安全性・快適性に対する WTP が、道路舗装の維持管理計画に与える影響についての感度分析を実施する。これは、現状では精度の高い WTP の推計は困難であっても、貨幣換算の主要な目的の 1 つが道路の維持管理に係る意思決定に用いるためであることを考えれば、どの程度の WTP であればその意思決定に影響を与えられるかを分析することは有意なことであると思われるためである。

なお、本研究における主要な論点は、次の 5 点である。

①利便性・快適性・安全性に関するユーザーコストを考慮した LCC を定式化する。②インターネットアンケート調査を用いたコンジョイント分析により、安全性・快適性に対する WTP を算出する。③実際の岐阜市の道路ネッ

トワークを用いて LCC を試算し、目標維持管理水準を変化させた場合の影響について分析する。④安全性・快適性に対する WTP を変化させた場合の感度分析を行い、最適目標維持管理水準の変化を分析する。⑤さらに、路線別・道路区間に目標管理水準を設定することで、WTP の感度分析と道路のネットワーク特性との関連について分析する。

3. ユーザーコストを考慮した LCC の定式化

道路舗装の LCC を補修費用、利便性・安全性・快適性に関するユーザーコストの和と定義し、補修水準最適化の目的関数を(1)式の通り定式化する。なお、LCC は、ライフサイクルにおける毎期のコストを現在価値換算したものである。

$$LCC = \sum_a \sum_t \{MC(a,t) + UC_m(a,t) + UC_c(a,t) + UC_s(a,t)\} / (1+r)^t \quad (1)$$

ここで、 MC : 補修費用、 UC_m : 利便性に関するユーザーコスト、 UC_c : 快適性に関するユーザーコスト、 UC_s : 安全性に関するユーザーコスト、 a : ネットワーク上のリンク、 t : プロジェクト年次、 r : 社会的割引率、である。

(1) 補修費用 MC

補修費用 MC は、補修時の MCI 水準ごとに補修工法を設定し、(2)式により算出する。

$$MC = c \times b \times l \quad (2)$$

ここで、 MC : 各補修箇所の補修費用、 c : 単位面積あたりの補修費用、 b : 補修箇所の幅員、 l : 補修箇所の区分長、である。

(2) 利便性に関するユーザーコスト UC_m

道路利用者の利便性に関するユーザーコスト UC_m は、補修工事時の通行規制により発生する一般化交通費用の増分として捉える。これは、補修工事に伴う迂回等による所要時間・走行費用の増分を消費者余剰の減少分として算出する⁷⁾。また、補修時の工期は補修工法ごとに決定する。

$$UC_m = \{a_1(t_{1m} - t_0) + a_2(l_{1m} - l_0)\} T_l \quad (3)$$

ここで、 T_l : 工事期間、 a_1 : 時間価値、 a_2 : 走行費用、 t_{1m} : 補修工事中のネットワーク全体の総走行時間、 t_0 : 通常時のネットワーク全体の総走行時間、 l_{1m} : 補修工事中のネットワーク全体の総走行距離、 l_0 : 通常時のネットワーク全体の総走行距離、である。

(3) 安全性に関するユーザーコスト UC_s

本研究では、舗装設計施工指針（平成 18 年版）⁸⁾を参考に、「わだち掘れ量の増大」を「安全性の低下」と定義する。同指針では、安全性はすべり抵抗性などからも影響を受けるものとされるが、本研究では岐阜県道路舗装データの使用を前提としているため、入手可能なデータとして「わだち掘れ量」を採用した。安全性に関するユーザーコスト UC_s は、「わだち掘れ量」に対する WTP と交通量、「わだち掘れ量」の積により算出する。

$$UC_s = \sum_a WTP_s \times v_a \times RD(i, t) \quad (4)$$

ここで、 WTP_s : 安全性に対する支払意思額、 v_a : リンク交通量、 $RD(i, t)$: わだち掘れ量、 i : 道路区間、である。

(4) 快適性に関するユーザーコスト UC_c

快適性に関するユーザーコストも、舗装設計施工指針（平成 18 年版）を参考に、「ひび割れ率の増大」を「快適性の低下」と定義する。同指針では、快適性は平坦性や透水性などからも影響を受けるものとされるが、入手可能なデータがひび割れ率のみであるため、こちらを採用した。快適性に関するユーザーコスト UC_c は、舗装の劣化（MCI の低下）のうち、「ひび割れ率」に対する WTP と交通量、「ひび割れ率」の積により算出する。

$$UC_c = \sum_a WTP_c \times v_a \times CR(i, t) \quad (5)$$

ここで、 WTP_c : 快適性に対する支払意思額、 v_a : リンク交通量、 $CR(i, t)$: ひび割れ率、 i : 道路区間、である。

4. LCC の算出手法

(1) 劣化予測式の推計

岐阜県道路舗装点検データを用いて劣化予測式を推定した。観測地点の供用環境を示す各属性（表-1および表-2参照）に経過年数を乗じて説明変数として重回帰分析を行う。重回帰分析を実施した結果ひび割れ率 $CR(i, t)$ 、わだち掘れ量 $RD(i, t)$ の劣化予測式は(6)式、(7)式のように推定された。なお、重相関係数は、ひび割れ率が0.69、わだち掘れ量が0.70となっている。ひび割れ率は、農村部、山間部、都市部と供用地域によって劣化速度が異なる。また、わだち掘れ量は大型車交通量の影響を受けていると共に、排水性アスファルト舗装である場合や寒冷・積雪地域で劣化の進行が速いことが確認された。

また、MCIの算出式については、岐阜県で用いられている(8)式を、本研究においても用いるものとする。MCI

表-1 劣化予測式の推計（ひび割れ率）

I. 説明変数（属性）	係数	t 値
①農村部(ダミー変数)	0.674	32.2
②山間部(ダミー変数)	0.808	32.0
③都市部(ダミー変数)	0.355	4.55
II. 重相関係数	0.69	
III. 観測数	2,236箇所	

表-2 劣化予測式の推計（わだち掘れ量）

I. 説明変数（属性）	係数	t 値
①大型車交通量(台/日)	0.000335	27.1
②寒冷地域(ダミー変数)	0.181	7.59
③積雪地域(ダミー変数)	0.227	4.56
④排水性アスファルト舗装(ダミー変数)	0.933	4.89
II. 重相関係数	0.70	
III. 観測数	2,160箇所	

の算定式には平坦性指標を含むものもあるが、岐阜県ではデータを収集しておらず、(8)式では平坦性指標は含まれない。しかしながら、走行快適性の分析には平坦性指標を用いることが望ましい。現在、岐阜県では別途、IRIのデータ収集が検討されていることから、今後のデータの整備状況に合わせて引き続き検討を行うものとする。

$$CR(i, t) = CR(i, 0) + (0.674x_1 + 0.808x_2 + 0.355x_3) \times t \quad (6)$$

$$RD(i, t) = RD(i, 0) + (0.181x_4 + 0.227x_5 + 0.933x_6 + 0.000335x_7(i)) \times t \quad (7)$$

ここで、 $x_1 \sim x_6$ はダミー変数（ x_1 : 農村部、 x_2 : 山間部、 x_3 : 都市部、 x_4 : 寒冷地域、 x_5 : 積雪地域、 x_6 : 排水性アスファルト舗装）、 $x_7(i)$: 大型車交通量、である。

$$MCI = 10 - 1.51CR(i, t)^{0.3} - 0.3RD(i, t)^{0.7} \quad (8)$$

(2) 迂回による時間損失の推計

本研究では補修時の交通流への影響を、利用者均衡配分を用いて求める。これは、ある地点間の移動は、どのような経路を使っても同じ所要時間となるよう交通量を各道路区間に配分する手法である。補修時には道路の交通容量を1/2として計算することにより、車線の半分を通行規制すると仮定した場合の影響を分析する。なお、これは以下のような数理最適化問題として表現できる⁸⁾。

$$\min \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw \quad (9)$$

$$s.t. \quad \sum_{k \in K_{rs}} f_k^{rs} - Q_{rs} = 0, \quad f_{rs,k} \geq 0$$

$$x_a = \sum_{k \in K_{rs}} \delta_{ak} f_k^{rs} \quad (10)$$

アンケート回答者の属性調査

まず、あなたのご自身についてお尋ねいたします。
答えられる範囲内でお答えください。

属性調査 道路舗装 橋梁(鋼橋) 橋梁(コンクリート橋) 終了

性別: 答えたくない 男性 女性

年齢: 年齢:

職業: 職業:

主な通勤手段: 通勤手段:

通勤時間: 時間:

通勤距離: 距離:

通勤経路: 都市部 山間地

年収:

該当する方はチェックしてください: 中濃ML参加者の方 道路モニターの方

図-1 利用者意識調査に用いたHPの画面 (属性調査)



図-3 利用者意識調査 (一対比較) の画面

表-3 利用者意識調査に用いた地点の劣化の状態

No	ひび割れ率 (%)	わだち掘れ量 (mm)
1	5.0	5.0
2	5.0	9.0
3	5.0	15.0
4	15.0	3.9
5	15.0	9.3
6	15.9	14.3
7	28.7	6.7
8	30.2	10.5
9	30.6	14.1

乱が避けられるとの長所を持つ。具体的な調査内容を次節に示す。

時間価値のアンケート

属性調査 道路舗装 橋梁(鋼橋) 橋梁(コンクリート橋) 終了

あなたが、ある目的地まで自動車で行くと仮定し、以下のようなAとBの2つのルートがあるとして、

一般道ルートA: 目的地までの所要時間は有料道ルートBに比べて長いが、無料である。
有料道ルートB: 目的地までの所要時間は一般道ルートAに比べて短い、有料である。
ただし、所要時間と料金以外の条件(車線数や舗装の状態など)は、同じとします。

以下のような所要時間のとき、あなたはBルートを通行するにあたって、いくらまで料金を支払ってよいと思えますか？
料金解答欄から選択してください。

ルート	所要時間	料金
一般道ルートA	40分	0円
有料道ルートB	30分	支払ってもよいと思う料金: 10円 <input type="text"/>

図-2 時間価値調査の画面

ここで、 f_k^{rs} : OD ペア rs 間の第 k 経路の経路交通量、 $t_a(w)$: リンク a のリンク・パフォーマンス関数、 Q_{rs} : OD ペア rs 間の分布交通量、 δ_{ak} : リンク a が経路 k に含まれる時に 1, 含まれない時に 0 となる変数、である。

5. 安全性・快適性に関するユーザーコストの算出

(1) コンジョイント分析

本研究では、安全性・快適性の低下に伴うユーザーコストの算出手法として、コンジョイント分析を用いる。コンジョイント分析は、アンケート調査等において表明した選好データを用いる便益測定手法の1つである。コンジョイント分析は、CVM (Contingent Valuation Method) と同様、表明選好法であることから共通点が多いが、特に属性ごとの価値が評価可能であるという点において、CVM よりも優れているとされる。

コンジョイント分析の調査手法には、主に①完全プロフィール評定方式、②ペアワイズ評定方式、③選択型コンジョイント、④一対比較法の4種があるとされる⁹⁾。本研究では、一対比較法を用いる。これは2つの異なるプロフィールを示し、好ましいプロフィールを選択してもらう手法であり、被験者にとって実際の行動に近く現実的であると共に、選択肢を限定することから被験者の混

(2) 利用者意識調査の実施

道路舗装が劣化するとわだち掘れが大きくなることやひび割れが発生することにより、利用者の安全性・快適性は低下すると考えられる。それらを定量的に評価するために、道路利用者への意識調査を実施する。

利用者意識調査は、インターネットを通じて実施し、図-1のようなホームページを作成することで、誰でも回答しやすいシステムとした。調査の対象は、岐阜県のインターネットモニター、岐阜県中濃メーリングリストの参加者、岐阜大学工学部社会基盤工学科の学生を対象として実施した。調査の結果、回答者数 168 人、有効回答数 1,555 サンプルを得た。

調査では、まず回答者の時間価値を測定するために、図-2のように所要時間の異なる「一般道路A」と「有料道路B」の2つの選択肢から1つを選択してもらう。そして、次に表-3に示すような9つのプロフィールの中からランダムに2種を示し、それに該当する道路舗装の劣化性状を撮影した動画を再生させる。そして、各道路を通勤・通学時に使用した場合に必要な所要時間を表示した上で、図-3のように「どちらのルートを使用するか」を被験者に選択してもらう方法とした。なお、各プロフィールは、同程度の劣化状態である岐阜市内の道路

表-4 WTPの推計結果

		係数	t値	尤度比	支払意思額	
ひび割れ率	X1	-0.01	2.07	0.115	(WTPc) 0.00325	(円/(%・km))
わだち掘れ量	X2	-0.01	0.43		(WTPs) 0.00175	(円/(mm・km))
ユーザーコスト	X3	-3.94	-6.1		-	

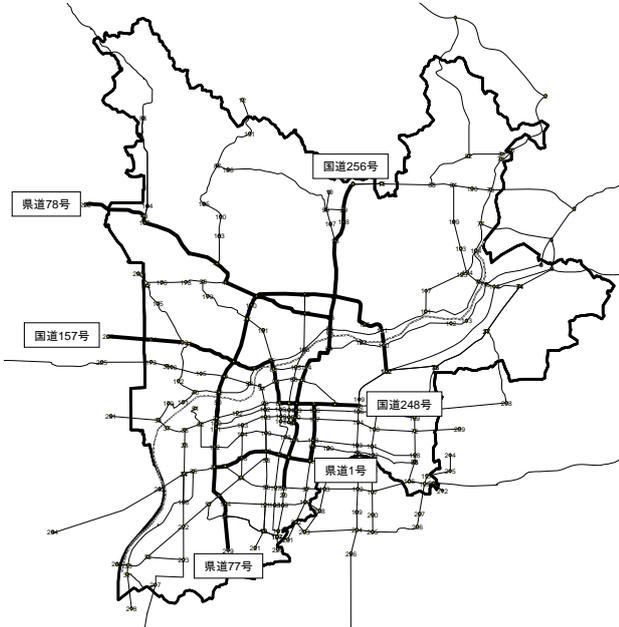


図-4 岐阜市道路ネットワーク

舗装を点検データから抽出し、実際にその地点を約40km/hで走行しながら車内に固定されたビデオカメラで撮影したものを用いている。

実際には走行中の揺れや劣化状態のみを分析対象とするため、比較する2つのサンプルについてはその他の要素（道路復員や沿道環境など）を同一とすることが望ましい。しかしながら、今回の調査では限られたデータの中では沿線環境を統一することが困難であったため、調査画面では「走行中の揺れや道路の劣化状態に注目」するよう、被験者に示すこととした。また、劣化状態については、調査画面の中で通常運転する際と同程度に、ひび割れなどの劣化状態が視認できるよう、留意している。

この調査方法を用いた場合、安全性・快適性に対するWTPは、被験者の時間価値から間接的に算出されることになる。CVMでWTPを推計する場合などは、例えば「舗装を補修するためにいくら支払うことができるか」という設問を用いることになるが、この場合「舗装の補修に金銭を支払う習慣がない」ことなどが原因となり、大きなバイアスが生じる可能性がある。その点、この調査手法であれば「有料道路の使用に金銭を支払う」、「2種の選択肢から1つのルートを選択する」という比較的現実に即した設問設定が可能となるため、バイアスの除去・低減に効果があるものと思われる。

表-5 補修戦略と条件設定

	補修MCI値	補修工法	工賃 (円/㎡)	工期 (㎡/日)
補修戦略①	MCI ≤ 3.5	打ち換え	9,300	100
補修戦略②	MCI ≤ 4.0	切削オーバーレイ	3,100	1,050
補修戦略③	MCI ≤ 5.4			
補修戦略④	MCI ≤ 6.0	オーバーレイ	1,800	2,300

WTPの推計では、全サンプルを対象とした分析では、有意な結果を得ることができなかったため、特に通勤・通学手段が自動車の回答者のみを抽出(回答者数107人、有効回答数938サンプル)して分析したところ、表-4に示す結果を得た。なお、支払意思額は、X1, X2の係数をそれぞれX3の係数で除すことによって算出される。最尤推定法における尤度比については、明確な基準は無いが一般的には0.2~0.3程度の値が必要¹⁰⁾とされ、今回の分析結果では0.115と課題の残る結果となった。ひび割れ率におけるt値は検定統計量を満たしている。

なお、ここで算出されたWTPは以降で実施する感度分析の際の基準値として用いる。

6. 岐阜市道路ネットワークにおけるLCCの試算

図-4に示す岐阜市道路ネットワークを用いて、LCCの試算を行い、目標維持管理水準を変化させた場合の影響を分析する。なお、プロジェクトライフは60年とし、年間の予算制約を1億5千万円、社会的割引率は4%とする。

(1) 設定条件

管理対象とする路線は、岐阜市道路ネットワークの主要路線から抽出した6路線、総延長56.125kmとする。管理対象は、県道77号(環状部分のみ)、県道1号線(岐阜南濃線)、県道78号(岐阜大野線)、国道248号線、国道157号線、国道256号線の6路線である。これらの路線を100mに区切った管理区分におけるひび割れ率、わだち掘れ量は、岐阜県道路舗装点検データより抽出した。

図-4に示すネットワーク上の太線のリンクが管理対象路線である。なお、OD交通量はH17年度交通センサデータを基に設定した。また、補修戦略はMCI値によって4種類を想定した。各補修戦略に対する補修工法、工賃、工期は、岐阜県アセットマネジメントで用いている設定に従い、表-5の通りとした。また、補修工事の際、工期中は車線規制によりリンク交通容量が1/2になるとした。

(2) 対象路線全体のLCC分析 (WTP × 1.0)

まずは、前節で得られたWTPの値をそのまま用いた場合の、対象路線全体のLCCの分析を行った。図-5は管理対象としている6路線の合計のLCCと各種コストである。また、図-6は補修戦略別のLCCの構成を示したものであ

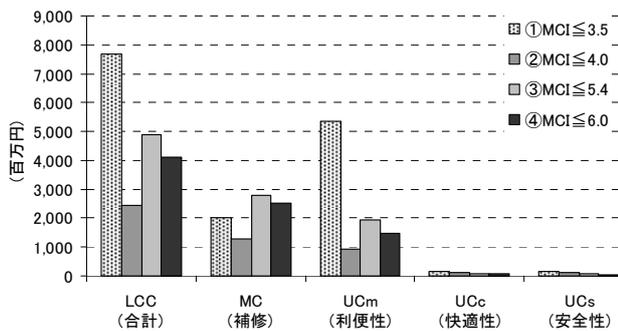


図-5 補修戦略別のLCCと各種コスト (WTP×1.0)

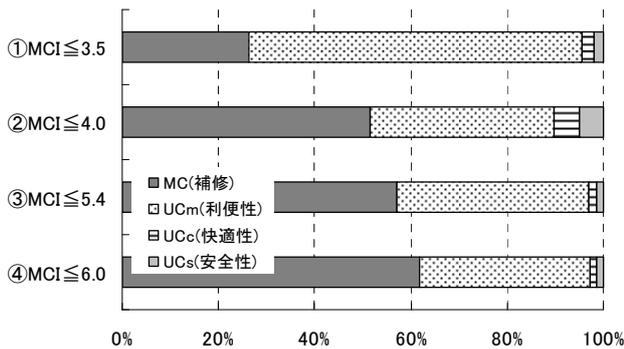


図-6 補修戦略別のLCCの構成 (WTP×1.0)

る。これらの結果から、本試算においてはMCとUCmの2つが支配的となっている。MCとUCmの両者は、補修戦略②での費用が最小となっており、LCCで見た場合でもこの結果に違いはない。UCcとUCsは、目標維持管理水準が低下するに従い増加する結果となっているが、全体のLCCに占める割合は微小であり、補修戦略の決定に大きな影響を与えない。それぞれの費用がLCCに占める割合は、まずは補修戦略②でUCcとUCsの占める割合が最大となっており、合計すると約1割となっている。補修戦略①では補修工法が打ち換えとなり、工期が大幅に延長されるため、利用者の迂回費用であるUCmの値が大きくなり、LCCに占める割合も約7割となる。なお、MCが補修戦略①で③や④よりも小さな値となる理由としては、補修が先送りされることから現在価値換算後の値が小さくなることと、予算制約から必要な補修が実施されず、実際にはプロジェクトライフ60年経過後もMCIが3.0以下の区間が残されていることなどが挙げられる。

以上の分析では、UCcとUCsがLCCに占める割合は微小であり、少なくとも対象路線全体に同一の維持管理目標を設定した場合には、最適な補修戦略に大きな影響を与えない結果となった。

(3) WTPの変化に対する感度分析 (対象路線全体)

次にWTPが最適な補修戦略に影響を与える水準がどの程度であるかを分析するため、WTPの変化に対する最適目標維持管理水準 (以下、最適MCI) の感度分析を実施した。ここでは、コンジョイント分析の結果得られた

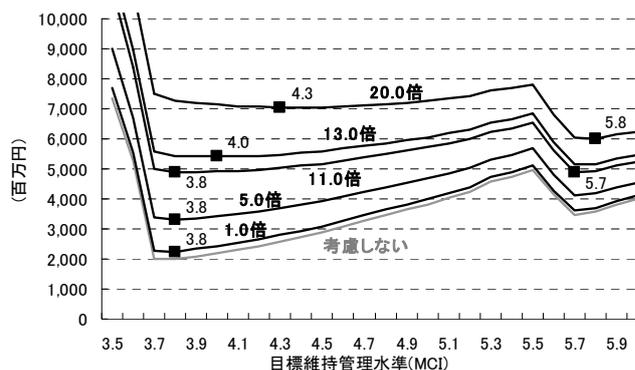


図-7 WTPの変化に対する最適MCIの感度分析

WTPの値を1.0とし、0倍～20倍まで0.5倍ごとに21パターンのWTPについて試算を行った。また、より詳細な感度を見るため、MCIの基準は3.0～6.0まで0.1ごとに分析している。この結果を図-7に示す。この結果によれば、0倍～10.5倍の間では最適MCIはMCI=3.8と変化はなく、11.0倍でMCI=5.7となる。以下、11.5倍～20.0倍と倍率を変化させた場合の最適MCIは5.5よりも大きな値をとる。11.0倍以降の最適MCIに急激な変化(MCI=3.8→MCI=5.7)が発生しているのは、MCI=5.5以上に対する補修工法をオーバーレイに固定しているため、MCI=5.5を境に工賃と工期が小さくなるためである。しかしながら、60年ものプロジェクトライフの期間中に発生する補修の全てをオーバーレイのみで対応することは困難であり、簡略化された条件設定に問題があると思われる。そこで5.5以下、すなわち補修工法を切削オーバーレイか打ち換えとする区間だけに焦点を当てる。この場合、最適MCIがMCI=4.0以上となるのは、WTPが13.0倍以上となる時であることがわかる。なお、この13.0倍のWTPとは、MCI=4.0の状態では概ね1kmあたり1円～1.5円程度の値となる。1つのMCIに対してWTPが幅を持つのは、本研究ではひび割れ率とわだち掘れ量に対して、個別にWTPを与えているため、同一のMCIであっても劣化状態によってWTPが異なるためである。

以上の分析では、目標補修水準をMCI=3.0～5.5の間として評価した場合、WTPが最適MCIに影響を与えるには、MCI=4.0の状態では概ね1kmあたり1.0～1.5円程度の支払意思額が必要となる結果となった。

(4) 対象路線全体のLCC分析 (WTP×13.0)

ここでは、路線全体を対象とした場合の最適MCIに影響を与え始めるとされるWTP×13.0倍の水準について、LCCの感度分析を行った。図-8は合計のLCCと各種コストである。また、図-9は補修戦略別のLCCの構成を示したものである。LCCでは、オーバーレイ工法のみが適用される補修戦略④が最も小さな値となる。この水準では、補修回数が多くなるためMCやUCmについては補

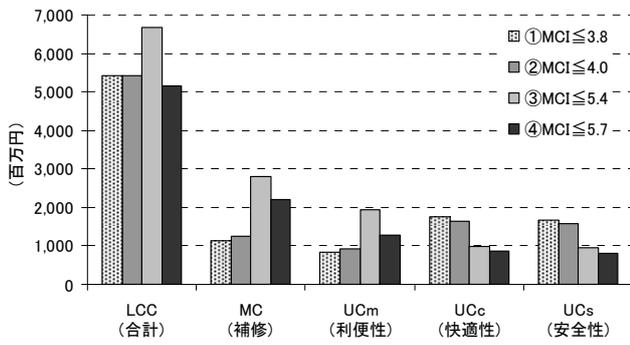


図-8 補修戦略別のLCCと各種コスト (WTP×13.0)

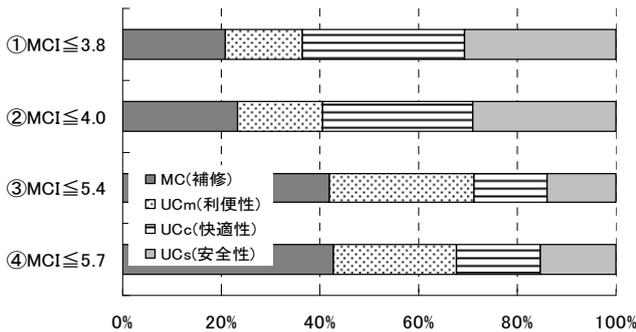


図-9 補修戦略別のLCCの構成 (WTP×13.0)

修戦略①や②よりも大きくなっているが、UCcやUCsの値がそれ以上に低い。ただし、補修戦略④は、前節で指摘したように現実的には困難な選択肢であるといえよう。

次に補修戦略①と②を比較する。分析の対象としているWTPが13.0倍となる水準は、補修戦略②のLCCが①のLCCを僅かに下回る境界であり、その差は約8,000千円となっている。具体的には、MCとUCmは補修戦略①の方が下回っているものの、UCcとUCsの差がその差を上回り始めるポイントであるといえる。

また、図-9をみると、補修戦略①や②では、LCCの内UCcとUCsの占める割合が約6割程度と高くなっている。

(5) WTPの変化に対する感度分析(路線別)

WTPの変化に対する感度分析を路線別に行うことで、より詳細な分析を試みる。これは、前節までの分析が、対象路線全体に一律の補修戦略を適用することを想定していたものに対し、路線別に異なる補修戦略を適用することについての有意性を分析するものである。

図-10は、6つの路線ごとに感度分析を行った結果である。この分析結果では、路線ごとの最適MCIがWTPの倍率に関わらず異なっている。したがって、補修戦略をここでの分析のように0.1ごとに細かく設定することを想定した場合は、路線ごとに異なる補修戦略を適用することが有意であるといえる。さらに、特にWTPが高い水準になるに従って路線ごとの最適MCIの差は大きなものとなり、路線ごとに補修戦略を設定することの必要性が

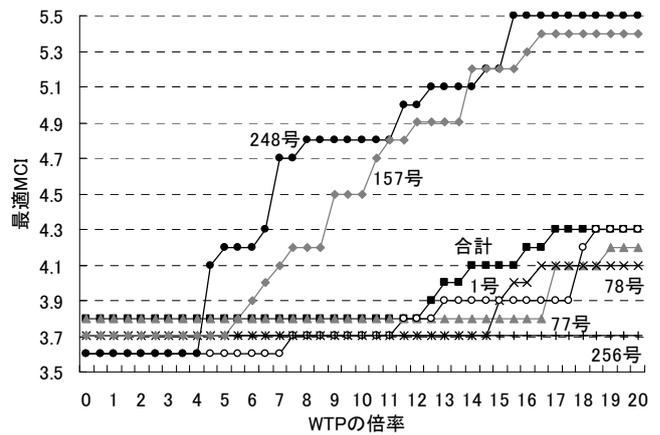


図-10 路線別の感度分析

表-6 路線別の各種コスト (MCI=4.0, WTP×1.0倍)

	(百万円)					
	77号	1号	78号	248号	256号	157号
LCC (合計)	919	263	143	69	807	241
MC (補修)	575	187	71	37	274	117
UCm (利便性)	279	49	50	14	479	61
UCc (快適性)	33	15	14	10	19	34
UCs (安全性)	32	12	8	8	34	28
平均交通量(台)	7,732	4,693	2,657	8,483	9,945	7,144

高くなるといえよう。また、国道248号の最適MCIが4.5倍で変化しており、最も低い倍率で影響が表れている。次いで、国道157号の5.5倍、県道1号の15.0倍となっているが、国道248号と157号の2路線とその他の路線での差が、非常に大きなものとなっている。特に、国道256号では20.0倍の水準でも最適MCIに変化は生じず、MCI=3.7のみである。

次に、WTPの変化に対して感度の高い路線(国道248号、国道157号)と低い路線(国道256号)の違いに着目する。表-6は、MCI=4.0、WTP×1.0倍の設定で試算された路線別の各種コストである。

この結果では、まず国道256号のUCmが他の路線と比較して突出して大きな値となっていることがわかる。これは、当該路線に含まれる道路区間を補修した場合の時間損失・走行費用損失が高いことを示しているが、平均交通量(各路線に含まれる道路区間の平均交通量)には大きな差はみられない。したがって、国道256号は補修時の代替路が十分に確保されないという、ネットワーク上の特性からUCmが高くなっていることになる。また、交通量には大きな差がないことから、国道256号のUCcとUCsの値が小さい訳ではなく、むしろWTPの変化に対して感度の高い248号よりも高い数値となっている。このことは、交通量(道路利用者)の多い路線では、安全性・快適性のコストは大きくなるが、ネットワーク特性の影響から迂回コストが大きくなる路線では、WTPが

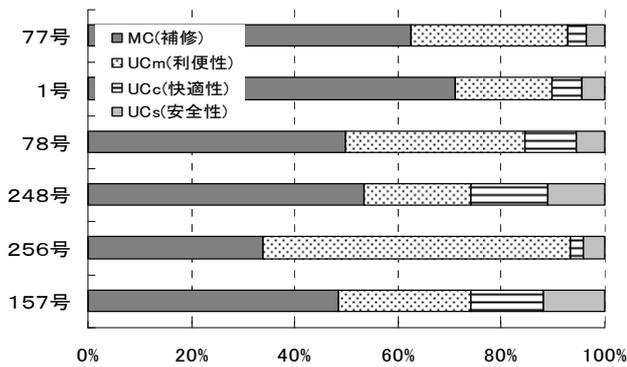


図-11 路線別のLCCの構成 (MCI=4.0,WTP×1.0倍)

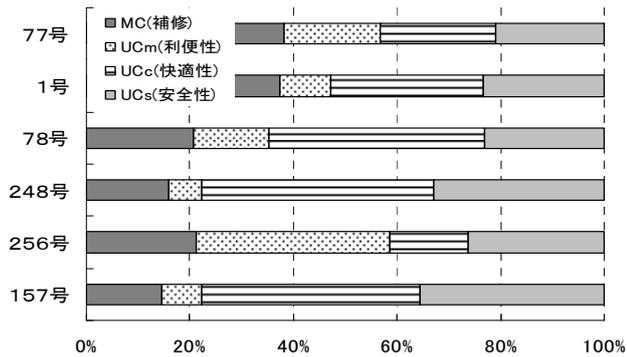


図-12 路線別のLCCの構成 (MCI=4.0,WTP×10.0倍)

高い水準であった場合に、他の路線と比較して最適 MCI が低くなる可能性があることを示している。図-11にLCCの構成を示す。UCc と UCs の比率が、感度の高い国道 248号や国道 157号では大きいのにに対し、感度の低い国道 256号では小さくなっている。図-12には、WTPを10.0倍とした場合の比率を示すが、この水準になると国道 248号や国道 157号では、LCCの8割程度がUCcとUCsが占める結果となっている。

以上の分析から、UCmとUCc・UCsがトレードオフの関係にあり、WTPに対する感度がネットワーク特性の影響を大きく受けることがわかった。なお、分析に用いた路線は、複数の道路区間から構成されており、どの道路区間を補修するかでUCmの値は大きく変化する。次節ではさらに詳細な評価を行うため、道路区間別の分析結果を示す。

(6) WTPの変化に対する感度分析 (道路区間別)

前節で、WTPに対する感度がネットワーク特性の影響を大きく受けることが確認されたが、これはUCmが大きい路線では、LCCに占めるUCsとUCcの割合が低下することによるものと思われる。したがって、ここではWTPに対する感度と、LCCに占めるUCsとUCcの割合との関係について分析を行う。また、UCmによる影響をより詳細に反映させるため、分析対象を道路区間別としている。図-13に感度分析の結果を示す。縦軸は、道路区間別

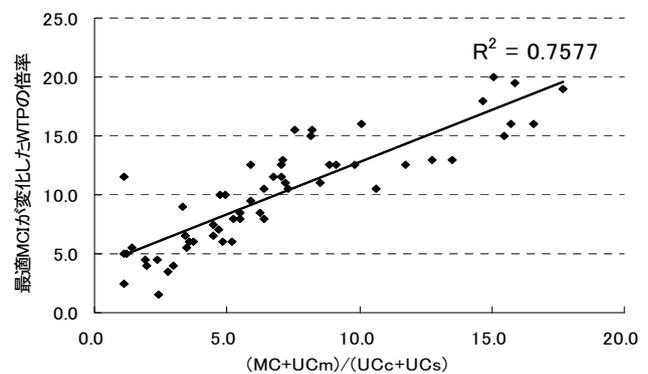


図-13 補修戦略に影響を与える WTP の倍率 (道路区間別)

に感度分析を実施した際に、補修戦略が最初に変化したWTPの倍率である(0.1刻みで計測)。また、横軸はWTPの感度に大きく影響すると考えられる各道路区間の $(MC+UCm)/(UCc+UCs)$ である。横軸の値は、MCI=4.0, WTP×1.0の数値を基準値としている。結果は高い相関が確認された。これは、UCsとUCcの割合を低下させる一因となるUCmの増加が、WTPに対する感度を低下させることを示す。これから、UCsとUCcを考慮しないLCCで維持補修計画を立案した場合、考慮する場合と比較して、同程度の交通量の道路区間であれば、迂回路の充実した道路区間の補修を先送りしている可能性があるといえる。したがって、ユーザーコストを考慮した場合は、ネットワーク特性の影響を大きく受けることから、補修水準を道路区間別に与えることが有意であるといえる。

また、補修戦略に影響を与え得るWTPの水準については、図-13から概ね5.0倍程度以上ではなかろうかと思われる。なお、この5.0倍のWTPとは、MCI=4.0の状態では概ね1kmあたり0.4円~0.6円程度の値となる。

7. まとめ

本研究では、岐阜市の道路ネットワークを用いて、安全性・快適性に関するユーザーコストが道路舗装の維持管理計画に与える影響について、感度分析を実施した。以下に、本研究で得られた知見を整理する。

- ・岐阜市の道路ネットワークでの試算結果では、補修戦略に影響を与え得るWTPとしては、MCI=4.0の状態では概ね1kmあたり0.5円程度以上であることがわかった。
- ・現状では、道路利用者の安全性・快適性の低下に係るコストの貨幣換算について、精度の高い手法は確立されていない。今後、補修戦略への適用を想定した貨幣換算を試みる場合、上記の値は1つの目安として活用可能であると考えられる。
- ・例として、0.5円/kmは、1回通行する度に支払う金額としては被験者にとっては想像し難い水準であり、CVMを用いる場合であれば、1年間毎日通行することを想定した設問とするか、本研究で用いたような間接的に金額を

算出する手法を用いることが有効であると考えられる。

・また、ユーザーコストを考慮した場合、利便性と快適性・安全性のコストがトレードオフとなり、補修戦略にネットワーク特性が大きな影響を与えることがわかった。
・したがって、その場合は各地域のネットワーク特性を考慮し、補修水準を道路区間ごとに設定することが効果的になると考えられる。

また、今後の課題や展望については以下の通りである。

・本研究では、MCI を指標として道路利用者の安全性・快適性評価を行っているが、実際には平坦性指標である IRI を用いる方が適切であると考えられる。

・しかしながら、現状では多くの自治体がアセットマネジメントの検討が MCI を指標として行われており、データの蓄積や劣化予測などの多くが MCI を用いている。このような中で、貨幣換算した安全性・快適性の価値をどのように舗装の維持管理計画に反映していくかは今後の課題であるといえる。

・本研究においても WTP の精度の向上という課題は残されている。まず、使用した一対比較法では、多くのサンプルを必要とするため、ドライビングシミュレータや実車を用いて実施することが困難であり、被験者に対しリアリティの高い状況を示すことが難しいことが挙げられる。また、今回被験者に示したインターネットアンケート調査の画面では、被験者の経路選択に沿道環境や対向車などがバイアスとして与える影響が十分に排除されておらず、その点についても改善の必要がある。

・なお、インターネット調査では MCI を基準にサンプルを抽出したため、わだち掘れ量について補修を必要とするサンプルが十分に抽出されなかったことが、精度低下の一因と考えられ、この点についても改善が必要である。

・さらに、既往研究では速度や車種によって乗心地が大きく異なる点が指摘されていることから、このような研究成果の反映も今後の課題であると考えられる。

謝辞：本研究は、平成 21 年度科学研究費補助金（基盤研究(B)）、課題番号：21360243、研究課題名：社会的費用を考慮した社会資本アセットマネジメントに基づく地域リスクガバナンス、研究代表者：高木朗義）の助成を受けたものである。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 道路保全技術センター／道路構造物保全研究会：道路アセットマネジメントハンドブック，2008
- 2) 田村謙介，慈道充，小林潔司：予算制約を考慮した道路舗装の修繕ルール，土木計画学研究・論文集，Vol.19(1)，pp71 - 82，2002.
- 3) 川村彰，榎本友紀，大野滋也，佐藤正和，鈴木一隆：道路利用者の視点から見た高速道路の路面プロファイルについて，舗装工学論文集，vol.5，2000.
- 4) 遠藤桂，姫野賢治：舗装の乗り心地調査結果に基づいた乗り心地の費用化に関する基礎的研究，舗装工学論文集，vol.8，2003.
- 5) 石田樹，岳本秀人，川村彰，白川龍生：ドライビングシミュレータによる舗装路面の乗心地・安心感評価，舗装工学論文集，vol.9，2004.
- 6) 鈴木俊之，杉浦聡志，高木朗義：道路舗装アセットマネジメントのための表明選好法を用いた安全性・快適性ユーザーコストの試算と考察，土木計画学研究・論文集，Vol.25(1)，pp121 - 127，2008.
- 7) 国土交通省道路局都市・地域整備局：費用便益分析マニュアル，2008.
- 8) 社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針（平成 18 年版），2006.
- 9) 土木計画学研究委員会 交通需要予測技術検討小委員会：道路交通需要予測の理論と適用，2003.
- 10) 伊多波良雄：公共政策のための政策評価手法，2009.
- 11) 交通工学研究会：やさしい非集計分析，p.27，1993.

A STUDY ON IMPACT OF USER COST IN THE MAINTENANCE PROGRAM OF ROAD PAVEMENT

Toshiyuki SUZUKI, Satoshi SUGIURA, Akiyoshi TAKAGI and Fumitaka KURAUCHI

This study evaluates the decrease of comfort and safety in driving by the pavement deterioration in the monetary term, and discusses the sensitivity of these user costs on the pavement maintenance and management strategies. We first derived the relative disutility for driving on less maintained road by the conjoint analysis, and the willingness-to-pay for pavement maintenance in the context of driving comfort and safety is estimated by them. The proposed model is applied to a road network in Gifu city, and how the optimal maintenance target index changes with different user weights onto driving comfort and safety is discussed. As a result, except for some minor differences among road sections, optimal pavement maintenance and management strategy may vary when the amount of user cost for comfort and safety is more than about 0.5 yen per kilometer.