

1. はじめに

現在、道路資本の老朽化が急激に進んでおり、将来的に維持管理費用が著しく増加することが予測されている。このため、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各地で進められている。

しかしながら、そのシステムの多くは健全度評価と劣化予測によって算出された維持管理費用の最小化については図られているものの、事業優先順位決定において利用者ニーズが反映されているものは少ない。

そこで本研究では、岐阜県での道路舗装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利用者の視点を反映する評価指標、すなわちユーザーコストを考慮した舗装維持管理システムについて検討する。特に、CVMおよびコンジョイント分析を用いてユーザーコストを試算し、それらの評価値がライフサイクルコスト（以下LCC）に対してどの程度寄与するかについて検討する。

2. 本稿におけるLCCの定義

本稿では、道路舗装におけるLCCを補修費用、利便性に関するユーザーコスト、安全性・走行快適性に関するユーザーコストの和であると定義し、(1)式の通り定式化する。

$$LCC = C + UC_m + UC_e \quad (1)$$

ここで、 C ：補修費用、 UC_m ：利便性に関するユーザーコスト、 UC_e ：安全性・走行快適性に関するユーザーコスト。

(1)補修費用C

補修費用は、岐阜県道路舗装アセットマネジメントで使用される手法に基づき、補修時のMCIに合わせた補修工法を設定し、(2)式により対象箇所における補修費用を

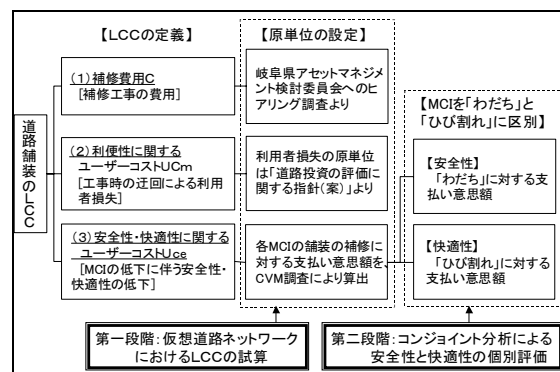


図-1 研究手順

算出する。

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

ここで、 C ：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。

(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は、補修工事時に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利用者損失を消費者余剰の減少分として用いて算出する¹⁾。また、補修時の工期は補修工法により決定されるものとする。

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

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。

(3)安全性・快適性に関するユーザーコスト UC_e

安全性・快適性に関するユーザーコストは、舗装の劣化（MCIの低下）によって発生する走行中の安全性・快適性に関する支払い意思額（WTP）と交通量の積により算出する。

$$UC_e = \sum WTP \times q \quad (4)$$

ここで、 q ：リンク交通量。

*キーワード：土木施設維持管理、意識調査分析、LCC

**正員、修(工)、三菱UFJリサーチ&コンサルティング㈱

***学生員、岐阜大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

****正員、博(工)、岐阜大学工学部社会基盤工学科

(岐阜市柳戸1-1, TEL:058-293-2445, E-mail:a_takagi@gifu-u.ac.jp)

3. 研究手順

本稿では、特に安全性・快適性に関するユーザーコストに着目した二段階の検討を行う。まず、第一段階では、各MCIの舗装の補修に対する道路利用者の支払い意思額をCVMにより算出し、仮想道路ネットワークにおいてLCCの試算を行う。

第二段階では、安全性と快適性を区別するため、コンジョイント分析による支払い意思額の個別評価を行う。これにより、同一のMCIの道路であっても、その劣化の状態（ひび割れ、わだちの状態）により、利用者の視点から事業優先順位を決定することが可能となる。なお、ここでは「わだちの劣化」を「安全性の低下」、「ひび割れの劣化」を「快適性の低下」として位置づける。

4. CVMを用いたUCeの算出

MCIの低下に対するWTPを求めるために、岐阜大学の学生を対象に、表1に示すような支払いカード方式によるCVM調査を行った²⁾。なお、選択肢とする金額の範囲を決定するため、前段階として自由回答方式によるプレテストを実施している。調査では、舗装の劣化が実際に道路利用者の安全性・快適性に及ぼす影響を、被験者に対して出来る限り具体的に示す必要がある。そこで、各MCIの道路について走行中の乗用車内から撮影した動画映像と、舗装の状態を撮影した写真の2つを提示し、各舗装の補修に対する支払い意思額を聴取した(表-1参照)。その結果、MCIとWTPの関係は(5)式で得られた。

$$WTP = -0.0676MCI_i + 0.380 \quad (5)$$

ここで、 MCI_i ：対象箇所*i*のMCI。

5. 仮想道路ネットワークにおける試算

(1) 計算条件の設定

a) 仮想道路ネットワーク

ここでは、前述した枠組みの妥当性を確認するために図-3、表-2に示す仮想道路ネットワークを設定し、LCCを試算する。

OD交通量は、日交通量を20,000台、30,000台、40,000台とした場合の3パターンについて試算を行い、交通量の多少によるLCCの変化を見る。なお、各リンクの走行時間および交通量は、利用者均衡配分³⁾を用いて算出する。

b) 劣化予測

劣化予測には現在岐阜県道路舗装アセットマネジメント¹⁾で用いられている(6)式を用いる。ここでは、劣化診断指標として「ひび割れ率」と「わだち掘れ量」から得られるMCIを用いている。(6)式は、岐阜県管理の道路について³⁾、計測されたMCI⁴⁾と経過年数の関係を回帰式で

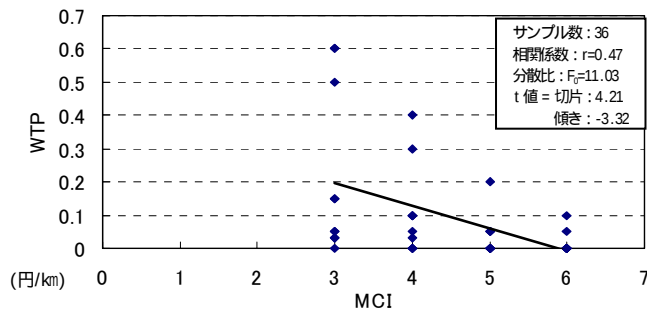


図-2 アンケート調査結果 (MCIとWTPの関係)

表-1 CVMの調査票

今、普段あなたが利用している道路全てがサンプル2～5までのような状態であると想定してください。それをサンプル1のような道路に補修する事業があります。

このような事業は一般に税金で行われますが、財政難などの理由で、仮に利用者のガソリン購入時の追加負担によって行うものと想定してください。あなたは、サンプル2～5の各状態からサンプル1のような道路に補修するために家計よりガソリン10当たり何円まで支払ってもよいと考えますか。あてはまるものをカードに記入してください。なお、この負担によってあなたの家計が購入できる別の商品やサービスが減ることを十分金額においてお答えください。

1) 0円	2) 0.3円	3) 0.5円	4) 1円
5) 1.5円	6) 2円	7) 2.5円	8) 3円
9) 4円	10) 5円	11) 6円	12) 10円
13) 15円	14) 20円以上 (具体的に金額を記入してください。)		

サンプル1

サンプル2

サンプル3

サンプル4

サンプル5

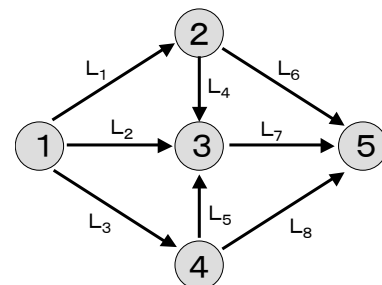


図-3 仮想道路ネットワーク

表-2 各リンクの概要

リンク番号	ゼロフロー時 所要時間(分)	交通容量 (台/日)	リンク長 (km)	車線数
1	4.0	12,000	1.33	3
2	4.5	8,000	1.50	2
3	3.5	12,000	1.17	3
4	0.5	8,000	0.17	2
5	1.0	8,000	0.33	2
6	7.5	12,000	2.50	3
7	7.0	12,000	2.33	3
8	8.0	12,000	2.67	3

表-3 補修戦略と条件設定

補修戦略	補修MCI値	補修工法	工費 (円/㎡)	工期 (㎡/日)
補修戦略①	$MCI \leq 6$	オーバーレイ	1,800	2,300
補修戦略②	$MCI \leq 5$	切削オーバーレイ	3,100	1,050
補修戦略③	$MCI \leq 4$	切削オーバーレイ	3,100	1,050
補修戦略④	$MCI \leq 3$	打ち換え	9,300	100

表したものである．なお，本試算では，道路のプロジェクトライフを60年としてLCCを算出する．

$$MCI = 8.66 - 0.21t \quad (6)$$

ここで， t ：経過年数．

c) 補修戦略

補修戦略はMCI値によって以下の4種類を想定した．

補修戦略	MCI 6 となる年度に補修する
補修戦略	MCI 5 となる年度に補修する
補修戦略	MCI 4 となる年度に補修する
補修戦略	MCI 3 となる年度に補修する

各補修戦略に対する工法，工賃，工期は表-3の通りとした．また，試算にあたっては以下の4点を仮定した．

1) 補修工事を行う場合，工期中はリンク交通容量が1/2となる．2) 同時に複数の補修工事を並行して行わない．3) 時間価値，走行費用はそれぞれ67(円/分)，15(円/km)とする．4) 自動車の燃費は10(km/ℓ)とする．

(2) 最適補修戦略

OD交通量20,000(台/日)のケースについて，各リンクのLCC試算結果を図-4に示す．また，ネットワーク全体LCCの構成要素における内訳を図-5に示す．本試算ではLCCは補修費用が支配的である．そのため，補修費用が安価である補修戦略と補修戦略のいずれかがLCCが最小となった．図示していないが，補修戦略と補修戦略では，多くのリンクで補修戦略で補修費用が最小となった．しかし，LCCが最小となる補修戦略はリンクによって異なる．この理由としては，次の2点が挙げられる．1) 交通量が多いリンクでは補修戦略におけるユーザーコストが大きくなるため，補修戦略でLCCが最小となる．2) 交通量の少ないリンクではユーザーコストがほとんどLCCに影響しないため，補修費用が最小となる補修戦略でLCCが最小となった．このことから，LCCにおいて補修費用が支配的であっても，ユーザーコストが最適補修戦略の決定に反映されているといえる．

(3) 交通量に対する感度分析

ここでは，OD交通量をそれぞれ30,000(台/日)，40,000(台/日)とした場合の試算を行い，交通量の増加に伴うLCCの変化について，感度分析を実施した．OD交通量が30,000(台/日)，40,000(台/日)の場合では全てのリンクにおいてLCCは補修戦略で最小となった．この理由としては，交通量が増加した場合，補修費用は変化しないが，低いMCI水準で補修する戦略ではユーザーコストが増大するためである．例として，補修戦略でのLCCにおける構成要素の割合を図-6に示す．このため，交通量が多いリンクは高いMCI水準で補修する戦略が適している．

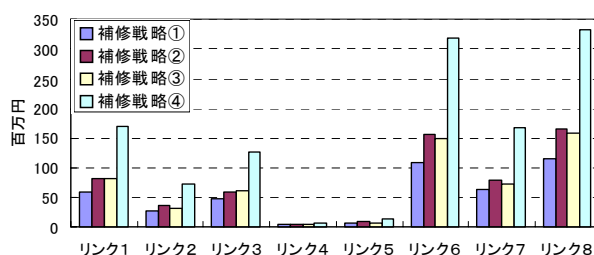


図-4 リンク別・補修戦略別LCC

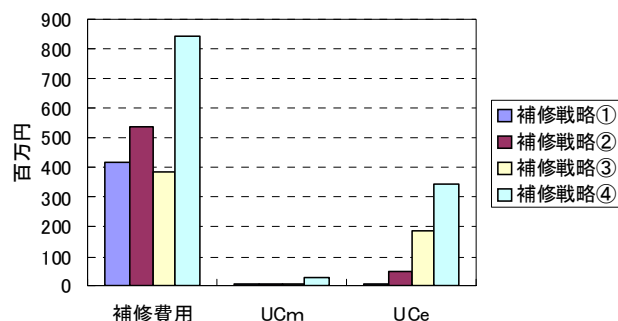


図-5 コスト別・補修戦略別LCC

【20,000(台/日)】 【30,000(台/日)】 【40,000(台/日)】

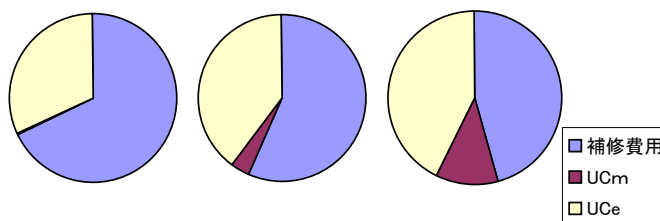


図-6 補修戦略でのLCCにおける構成要素の割合

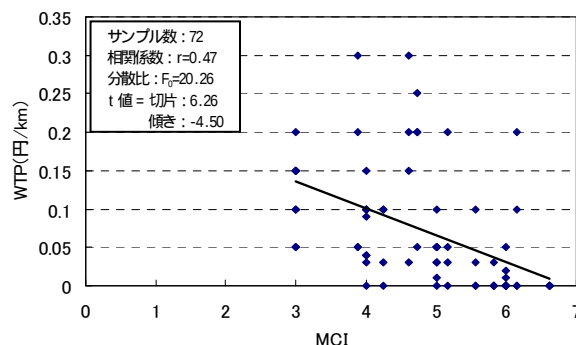


図-7 アンケート調査結果 (MCIとWTPの関係)

6. コンジョイント分析を用いた安全性と快適性の個別評価

(1) 安全性と快適性の個別評価について

4. ではCVMを用いて，道路利用者の安全性・快適性の低下 (MCIの低下) に対するWTPを算出し，仮想道路ネットワークにおいてLCCの試算を行った．しかし，この評価方法では，同一のMCIの道路に対して，同一のWTPが決定されるため，劣化の状態，すなわちひび割れ，わたちの状態が個別に評価されることはない．したがって，ここでは，第二段階として，同一のMCIの道路であってもその劣化の状態によって利用者の視点から事業優

先順位を決定することを可能にするため、コンジョイント分析を用いて安全性と快適性を個別評価する。

(2) CVMを用いたプレテスト

コンジョイント分析を実施する際に、被験者に対して提示する金額の目安をMCIごとに決定するため、CVMを用いたプレテストを行う。この際、4.で実施したCVM調査の妥当性を確認するため、先程とは異なる被験者に対して調査を行った。なお、調査方法については、4.と同様である。

その結果が図-7である。図-2と比較するとMCIが3～4の区間でWTPがやや低めとなったが、概ね同水準の金額となった。

(3) コンジョイント分析の実施

ここでは、実際に表-4のように27種類のプロファイルを作成し、コンジョイント分析を実施した。各プロファイルにおける支払意思額の設定は、プレテストで得られた回帰式から算出される値を中央値として±0.3円ずつ、すなわち同一のひび割れ率、わだち掘れ量の組み合わせに対し3通りの金額を設定した。また、調査方法は、一対比較方式による選択型コンジョイントとした。

分析結果は、表5の通りであり、t値、尤度比、的中率についてはそれぞれ良好な結果が得られている。また、ひび割れ率とわだちの個別評価結果は、ひび割れに対するWTPが0.0211円/(%・km)、わだちに対するWTPが0.0231円/(mm・km)となった。

(4) 劣化の状態によるWTPの変化

(3)の結果にもとづき、劣化の状態（ひび割れ、わだちの状態）別にWTPの変化を図示したものが図-8である。これを見ると、同一のMCIであっても劣化の状態がひび割れ率・わだち掘れ量のいずれかに大きく偏っている場合ではWTPが大きくなり、最大で0.2～0.3円/km程度の差が出る事が分かる。またその場合、異なるMCIであっても、劣化の状態によっては、WTPが逆転している事が分かる。

7. まとめ

本研究では、利便性や安全性、走行快適性などの道路利用者の視点を考慮した舗装維持管理システムについての検討を行った。中でも、安全性・走行快適性に関するユーザーコストについては、コンジョイント分析を用いた個別評価を実施し、劣化の状態が利用者のWTPに与える影響についての検討を加えている。以下に、本研究で得られた知見を整理する。

・事業優先順位を検討する際に考慮されるLCCを、補修費用、利便性に関するユーザーコスト、安全性・

表-5 コンジョイント分析の結果

	係数	t値	尤度比	的中率	支払意思額
ひび割れ率 ×1	0.086	18.21	0.231	0.739	0.0211 (円/(%・km))
わだち掘れ量 ×2	0.093	10.39			0.0231 (円/(mm・km))
ユーザーコスト ×3	-4.045	-24.56			—

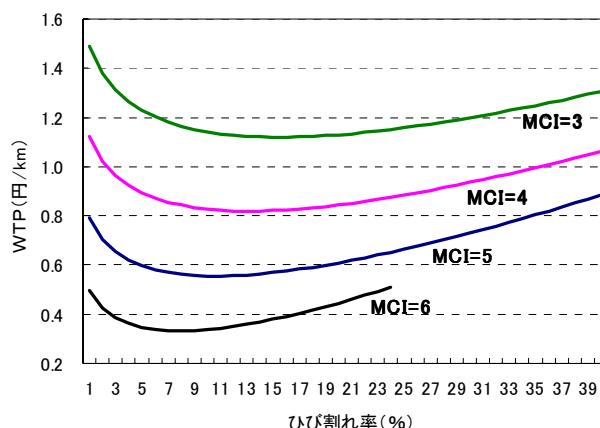


図-8 劣化の状態によるWTPの変化

走行快適性に関するユーザーコストの和であると定義し、その費用を個別に算出した。

・仮想道路ネットワークにおける試算を行い、交通量の少ない状況下ではLCCについて補修費用が支配的となるものの、交通量が多い都市部などにおいては、ユーザーコストが支配的となる可能性があることを示した。

・道路の劣化状態（ひび割れやわだちの状態）が利用者のWTPに与える影響を分析するため、コンジョイント分析を用いることにより、安全性（わだち）と走行快適性（ひび割れ）の個別評価を行った。

・個別評価の結果により、同一のMCIであっても劣化がひび割れ率・わだち掘れ量のいずれかに大きく偏っている場合ではWTPが大きくなり、最大で0.2～0.3円/km程度の差が出る事が分かった。

・さらに、異なるMCIであっても、劣化の状態によっては、WTPが逆転することがある事が分かった。

また、今後の課題として、実際の道路ネットワークでの計算により、ユーザーコストが支配的になるような条件を明らかにすること、CVM調査において二項選択方式の調査を実施するなどWTPの精度を向上させること、コンジョイント分析による個別評価の結果を用いて仮想道路ネットワークでの試算を行うことなどが挙げられる。

参考文献

- 1) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針（案），1998。
- 2) 大野栄治：環境経済評価の実務，2000。
- 3) 岐阜県アセットマネジメント検討会：岐阜県アセットマネジメント検討報告（概要版），2005。
- 4) 社団法人 日本道路協会：舗装試験法便覧，1988。