

MCI劣化モデルを用いた道路舗装の減価償却システム

Depreciation System for Road Pavement Using Deterioration Model of MCI

西浦正展*・西岡喬*・林貴大*・宮田将門*・坂本安祥*・那須清吾*

* 高知工科大学 社会システム工学科
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

要旨：社会資本は維持修繕することによりその価値を維持し回復することが出来る。その資産評価は社会資本の劣化特性および回復特性、回復後の劣化特性により求めるべきである。本研究においては、道路舗装を対象に修繕を実施した場合の回復および再劣化特性を分析し、その結果を踏まえた道路舗装の減価償却システムの構築を試みた。この様な取り組みにより、社会資本に投入される維持修繕費を考慮した、適切な資産価値の評価が行えると考える。

Abstract: Infrastructures maintain and recover their asset values with repair and rehabilitation. Therefore these asset values have to be evaluated from their deterioration & recovery characteristics for each repair and rehabilitation. The depreciation system for road pavement was investigated with the analysis of deterioration and recovery characteristics of national highway. This study is going to be an important step towards the appropriate evaluation of infrastructures asset values, including the appropriate evaluation of repair and rehabilitation effect.

1. はじめに

一般的な会計上の取り扱いでは、社会資本はその維持管理の状況に関わらず資産価値が減価する。例えば舗装の耐用年数が概ね 10 年であるとすれば、10 年間の定率償却または定額償却システムを選択する必要がある。

しかし、道路舗装などでは適切な維持管理が行われており、継続して使用可能な状態を維持していることから、会計上のルールでは資産価値が適切に評価できない。企業においても設備投資の結果得られた資産は減価償却されるが、同様の問題は発生しない。まず、減価償却システムは会計上のバーチャルな存在であることが十分に認識されている。企業においては、定率あるいは定額の減価償却方式を選択することができることから分かる通り、経常利益を減額できる道具と考えられている。

これらの企業における考え方を、公共サービスの提供を目的とする公共財の性格が強い道路などの社会資本に適用することは間違いではないが、実態に即した資産評価を行っていないことを考えると望ましいことではない。今後社会資本の資産評価に際しては、維持修繕費などの投入状況に応じた資産の状況を正しく評価できる新たな減価償却モデルが必要であり、資産の減価あるいは劣化モデルを構築することが重要である。

2. 維持修繕による資産評価のプロセス

従来の社会資本の減価償却は、定率または定額によって機械的に会計処理されているが、実際には補修によってその機能を維持し続けているため、会計上のルールでは適切に資産評価できない。資産が適切に評価できなければ、投入したコストに対するサービス水準が不明瞭なものとなるため、説明責任が果たせない。そのため、道路舗装において舗装の劣化状態から資産評価を行うシステムを開発する必要がある。

このシステムの開発には、まずは道路舗装の時間による資産劣化をモデル化する必要がある。資産価値は道路劣化状態を忠実に反映していることが望ましいため、資産価値の評価指標として MCI (維持管理指標) を用いる。本来、資産の価値はその資産が提供するサービス水準などの価値によって決定されるべきであるが、便宜的に MCI により舗装の資産価値を評価することで、無用な複雑さを排除することもできる。この関係により、舗装の劣化状態と舗装の残存価値を決定する上で活用することができる。

さらに、道路の劣化速度は補修工法によって異なることから、補修により資産価値が回復した後は、新たな資産減価モデルにより実際の減価額が決定されることになるので、これらの現象を忠実に追うことができる劣化モデルを、新設、補修工法毎に求めることが必要となる。

下の図は定額減価償却と MCI による資産劣化関数の比

較である。定額償却であれば、1年間で10%資産が減価し、耐用年数である10年が経過すると資産価値はなくなる。しかし資産劣化関数 $f(t)$ では年毎に資産減価が異なり、関数に従って減価する。また、補修することで資産価値が回復し、その時の補修工法により異なる減価モデル $f'(t)$ に移る。そのため維持修繕を行うことで、半永久的に資産価値が存在することになり、維持管理の状況に見合った道路の資産価値を評価できる。

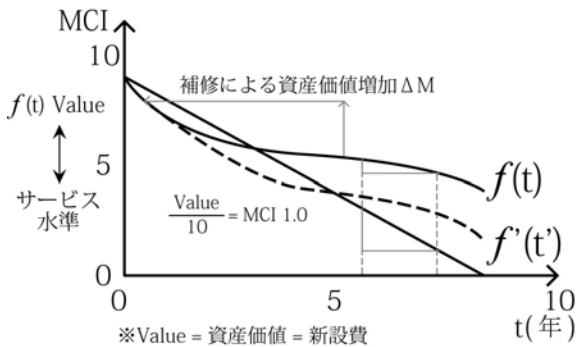


図 - 1 定額減価償却システムと
新たな社会資本減価償却システムの比較

3. 舗装管理支援システムデータベースの解析

(1) MCI について

道路の劣化関数を作成するために、劣化関数の指標である MCI について調査されたデータベースの解析を行う必要がある。現在の道路舗装の評価式はひび割れ $C(\%)$ 、わだち掘れ $D(\text{mm})$ 、平坦性 (mm) により構成され、MCI により総合評価されている。以下、四国全体の舗装管理支援システム及び交通センサスを用いて解析を行った。

(2) 解析データについて

以下の図は横軸が時間軸で縦軸が C : ひび割れ率を表し、同一地点におけるひび割れ率の劣化を示している。

時間軸の小さい点を初期値とし、計測は3年間隔で行っている。3年間の計測値の差を ΔC とし、同様にわだち掘れ量、平坦性も初期値 D 、 D 、初期値、と定義した。

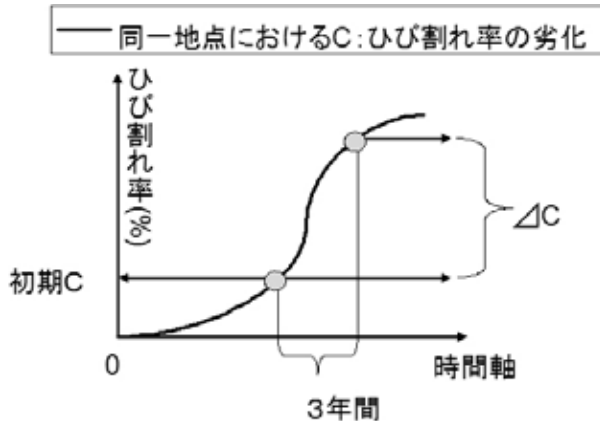


図 - 2 解析データの説明

(3) 交通量, C, D , 初期値, 変化量の関係

四国全体の同一地点における最新・前回(3カ年の間隔)の点検データを用い、補修工事が実施された記録がなく、さらに C, D が全て悪化しているアスファルト舗装データのみを抽出し解析を行った。

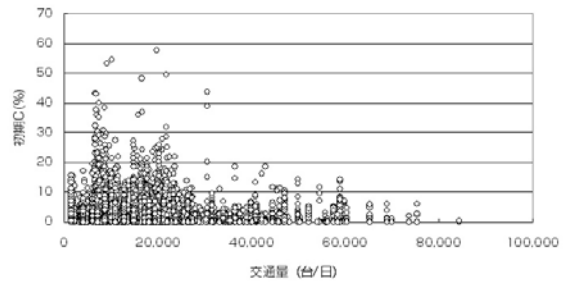


図 - 3 初期 C と交通量の関係

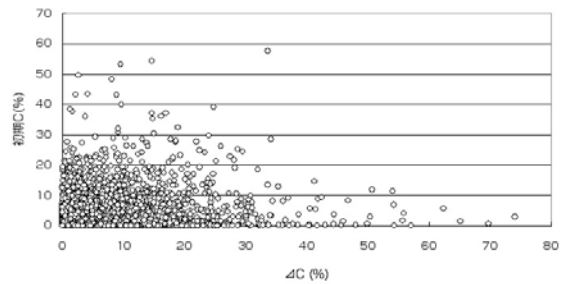


図 - 4 初期 C と ΔC の関係

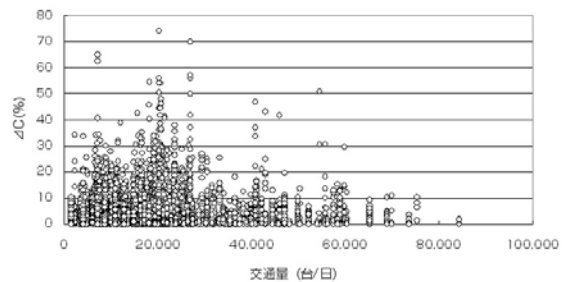


図 - 5 C と交通量の関係

グラフが示すように、傾向はみられるが相関関係は確認できない。交通量が多い箇所は初期値が小さく変化量も小さい事が分かる。交通量が少ない箇所では初期値と変化量に大きなバラツキが存在する。交通量が多い箇所は重要度が高く補修工事の頻度が多くなっていると考えられ、交通量の少なくバラツキのある箇所は、一つに劣化状態によって変化量が異なること、二つに舗装の種類・補修工法の種類によるものではないかと考えられる。よって、これ以降、劣化曲線作成の対象データでは工事年月が正しく記されていないため、舗装の状態は本来大きなバラツキが存在することを前提として、分析を行う。

尚、舗装管理支援システムのデータより近年10年間ではCR(切削オーバーレイ)が3459箇所、N(新設)が674箇所、R(オーバーレイ)が665箇所、H(表面処理)が608箇所であり、今後の維持・補修ではCRが主流に行われると考えられる。

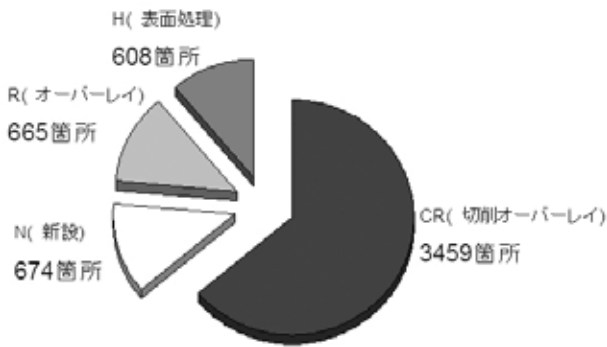


図 - 6 四国全体の近年10年間の補修方法

4. 工法別劣化曲線の作成

(1) 供用寿命の設定とデータの利用範囲

C、D、ごとに劣化パターンを分析し MCI のモデル式に代入することで舗装の劣化を経年で予測することができる。供用寿命は地域ごとに差があるが、ここでは土佐国道事務所のインタビューより、工法別劣化曲線の供用寿命を10年と仮定した。

舗装管理支援システムのデータでは補修をされていない経年数が最長で47年の箇所があり、正確な供用寿命を知ることは難しい。分析データを最新調査後10年間とすると、データ数が不足するので劣化曲線を作成できない。また、データ上は20年間補修を行っていない箇所もみられるが、劣化の程度からして1、2度は補修が行われていると考えられる。すなわち、経年数20年のデータであっても、およそそのデータは10年間に補修されたデータとして見る事ができる。(ただし、補修工法は同様であると確認はできない。)そこで工法が特定できない場合はあるが経年数を20年間とし、最新工事後20年間で調査間に工事なし、アスファルト舗装でC、D、全てが劣化した箇所のみを抽出し分析する。

最新工事後20年間のデータは37702箇所あり、補修後3年間工事の無い箇所は29499箇所だった。さらに、C、D、全てが劣化している箇所は10529箇所、そのうちCR工法で補修が行われたのは2285箇所だった。これからの解析ではこの2285箇所のデータを用いる。

37702箇所	全データ	
29499箇所	3年間工事なし	
10529箇所	C、D、σ全て劣化	C、D、σいずれかが回復
2285箇所	CR	CR以外の工法

図 - 7 CR工法劣化曲線作成に用いたデータ

(2) 最頻値による抽出方法

劣化状態ごとに変化量の分布を相対度数で以下の図に示す。ここでは、今後、工法CRが維持・修繕の主流になることから工法CRのC(%)において分析する。最終的

に現在使用されているMCIのモデル式に代入するが、MCIの劣化状態の分け方に関しては、多くの分析データを均等に分けることで物理特性にあった曲線を作成することが可能になる。ただし、C(%)においては分析の対象としたデータの半分以上は初期値が0(%)であった。初期値が0(%)でひび割れが全く起きていない状態とひび割れが少しでも発生している状態とは明らかに劣化特性が異なるため、ひび割れが0(%)においては違う扱いとした。変化量においても0(%)を同様に扱う。

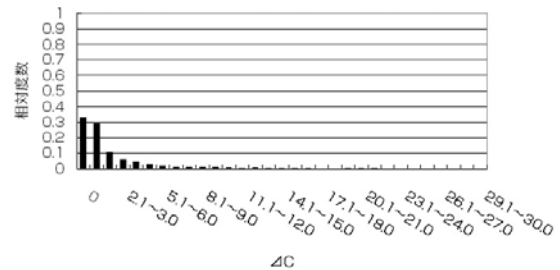


図 - 8 Cの初期値0(%)におけるCの分布

図 - 9 Cの初期値0.1-0.5(%)におけるCの分布

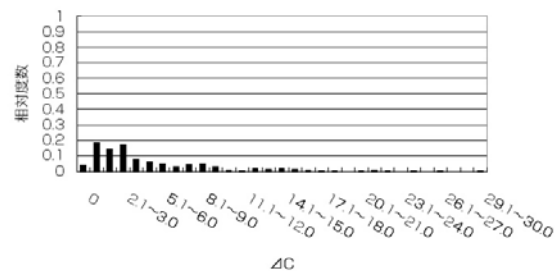


図 - 10 Cの初期値0.6-1.5(%)におけるCの分布

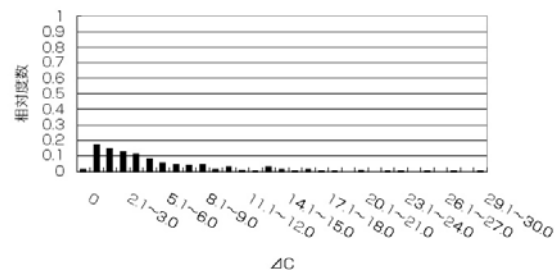


図 - 11 Cの初期値1.6-3.4(%)におけるCの分布

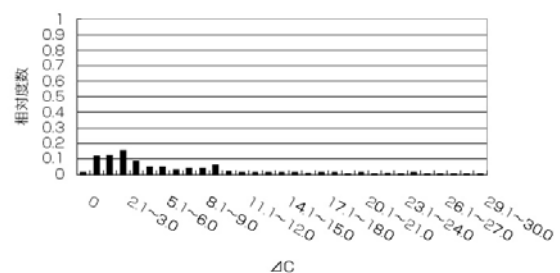


図 - 12 Cの初期値3.5(%)以上におけるCの分布

劣化状態が大きくなるにつれてバラツキが大きくなる。

バラツキに関しては、図 - 3 ~ 図 - 5 の解析でも分かるように初期値が高く、交通量が少ないことから、補修を行う頻度や舗装の種類で起こったものと考えられる。相対度数が最も高い変化量を用いることで、起こる確率が最も高い箇所を抽出できる。

また、初期値が大きくなるにつれて C(%) の幅も広くなるというトレンドをつかめたため、最頻値の変化量を抽出し平均をとり、劣化状態ごとの変化量とした。

初期値の順が劣化状態を表しているとする最頻値がその劣化状態で最も発生しやすい変化量となると考えた。D、も同様に最頻値による分析を行い、劣化状態ごとの変化量を得た。

以上を模式図に示すと図 - 13 となる。

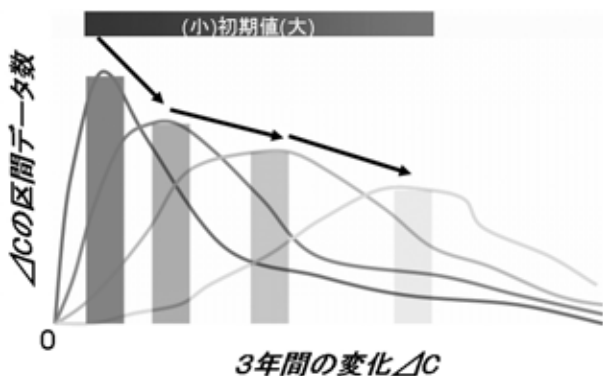


図 - 13 初期値Cごとの C分布

(3) C、D、ごとの劣化曲線の作成

最頻値によって抽出されたデータ数をサンプル数とした。4. (1) であらわした3年間の変化量を1年間に換算し、C、D、毎の初期値と変化量の関係を、初期値の絶対値を昇順にサンプル数で分布させた。

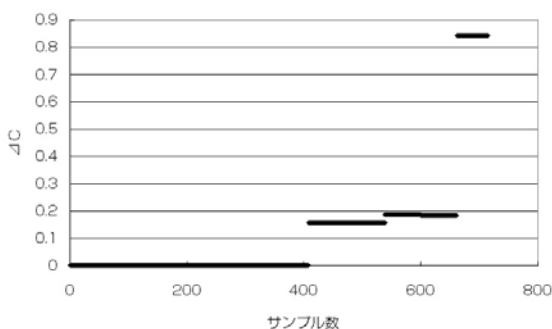


図 - 14 劣化曲線の導出プロセス1

次に、サンプル数を経過年(10年)に変換させ、経過年による変化量の推移をみた。

さらにアスファルトの物理特性から近似曲線を作成し、関数化した。

$$C(\%) : y = 7.70 \times 10^{-4}X^4 - 1.20 \times 10^{-2}X^3 + 6.04 \times 10^{-2}X^2 - 8.90 \times 10^{-2}X$$

$$D(\text{mm}) : y = 3.73 \times 10^{-3}X^3 - 7.02 \times 10^{-2}X^2 + 3.13 \times 10^{-1}X + 1.33 \times 10^{-1}$$

$$(mm) : y = 3.92 \times 10^{-3}X^3 - 6.37 \times 10^{-2}X^2 + 2.74 \times 10^{-1}X$$

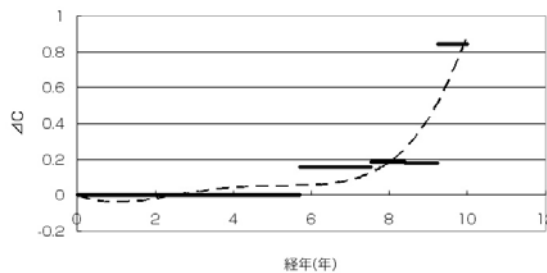


図 - 15 劣化曲線の導出プロセス2

そして、近似曲線を経過年で積分し、経年変化によるC(%)、D(mm)、(mm)の状態を表した。

$$C(\%) : y = 1.54 \times 10^{-4}X^5 - 2.99 \times 10^{-3}X^4 + 2.01 \times 10^{-2}X^2 + 4.45 \times 10^{-2}X^2$$

$$D(\text{mm}) : y = 9.32 \times 10^{-4}X^4 - 2.34 \times 10^{-2}X^3 + 1.56 \times 10^{-1}X^2 + 1.33 \times 10^{-1}X + 2$$

$$(mm) : y = 9.79 \times 10^{-4}X^4 - 2.12 \times 10^{-2}X^3 + 1.37 \times 10^{-1}X^2 + 2.4$$

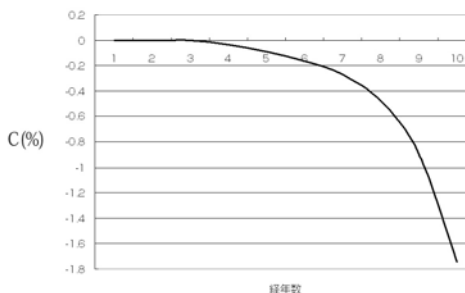


図 - 16 劣化曲線の導出プロセス3

経年数によるCが経年変化につれ急に悪化しているが、これはひび割れが1つから2つ、2つから4つと等比級数的に増えていくということが考えられる。

5. MCIの劣化予測

4により求められた、C、D、ごとの劣化モデル式に経過年を代入し、算出された値をもとに現在のMCIのモデル式に代入することによって、経年におけるMCIを予測する。今回、道路を管理しC、D、のデータを調査・管理している土佐国道事務所インタビューの結果、工法CR(切削オーバーレイ)で補修すると(C,D、)=(0%,0mm,2.4mm)まで回復し、MCI=9.4まで回復するとされていたがデータ上ではDの最低値は2mmだった。そこで(C,D、)=(0%,2mm,2.4mm)まで回復し、MCI=9.0とし、MCIの劣化予測を行った。

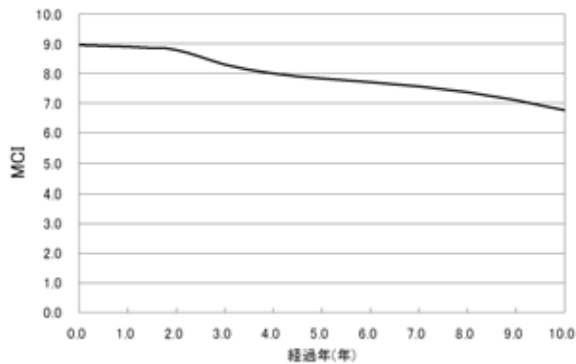


図 - 17 工法 CR の場合の MCI 劣化予測

6. 道路舗装の減価償却システム

現在、劣化モデルは工法 CR のみ作成されたが新しい道路舗装の減価償却システムに劣化モデルを適応させるには工法 R、H、N についても劣化モデルを作成する必要がある。また、工法別の補修後に MCI がどれだけ回復するかというデータも必要となる。

新設から、n 回の切削オーバーレイ、m 回の表面処理を実施したケースにおける MCI のモデル式以下のように示される。

$$MCI(t) = f_N(T_1) + \sum_i^n \Delta MCI_{CR,i} + \sum_i^n f_{CR}(T_i) + \sum_j^m \Delta MCI_{H,j} + \sum_j^m f_H(T_j) + f_{CR_or_H}(t \cdot \sum_k^{m+n} T_k)$$

$f_N(t)$: 新設舗装の劣化関数 $f_{CR}(t)$: 切削オーバーレイ後の関数
 $f_H(t)$: 表面処理後の関数 $\Delta MCI_{CR,i}$: i 回目の切削オーバーレイの回復量
 $\Delta MCI_{H,j}$: j 回目の表面処理後の回復量
 T_1 : 新設から 1 回目補修までの経過年
 T_i : (i-1) 回目補修から i 回目補修までの経過年
n: 切削オーバーレイ補修の回数 m: 表面処理補修後の回数

以下の図は MCI を 4.5 以下にならないよう 30 年間、維持した場合の MCI の劣化状態の推移を見たものである。

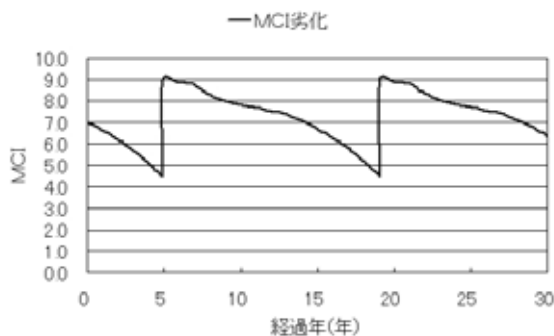


図 - 18 30 年間で補修(工法 CR)を行い維持した場合の MCI 劣化予測

道路舗装の資産劣化を行うため、新設舗装した場合の MCI 値 10.0 を新設舗装した場合の 1 m²あたりの舗装費用 3200 円に換算した。図 - 14 のように維持した場合の道路舗装の資産価値の推移を図 - 15 にしめす。

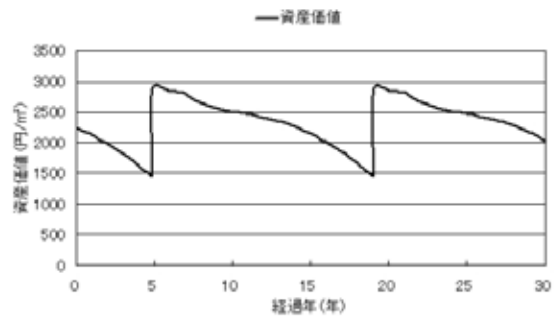


図 - 19 30 年間で補修(工法 CR)を行い維持した場合の資産価値予測

7. データ解析での問題点

今回、舗装管理支援システムデータを用いてデータ解析を行ったが、解析する上でできる限り正確なデータのみを抽出したものの、舗装管理支援データ上では補修費以外での補修が記載されていないことなどもあり、不確かなデータがあることを否定することはできない。今後、劣化モデルをより正確にするためにも舗装管理支援システムデータを整備することが望まれる。また、MCI 劣化モデルの精度を向上させるには実際に自治体で MCI 劣化モデルを導入し予算シミュレーションを行っていく必要がある。

今回解析した四国のデータは交通量、特に大型車に対する、C、D、の感度が低かった。しかし、感度の高い地域もあり、供用寿命も地域格差があると考え。そこで四国以外に MCI 劣化モデルに基づく減価償却システムを構築する場合、その地域ごとに MCI 劣化モデルを作成する必要がある。

参考文献

- 1) R.ハース/W.R.ハドソン/J.ザニュースキー:最新舗装マネジメント,北海道土木技術会舗装研究委員会,2000.
- 2) 谷口聡・伊藤正秀・野村敏明・阿部忠行:舗装データベースを用いた供用性曲線作成手法に関する研究,8巻,99-106頁,2003