

道路舗装管理会計システムアプリケーション

Road Pavement Management Accounting System Application

慈道充¹・江尻良²・織田澤利守³・小林潔司⁴

Mitsuru Jido, Ryo Ejiri, Toshimori Otazawa, and Kiyoshi Kobayashi

抄録：本研究では道路舗装のライフサイクル費用を管理するための道路舗装管理会計システムアプリケーション (Pavement Management Accounting System Application, 以下, PMAS アプリケーションと略す) を提案する。PMAS アプリケーションの目的は、道路舗装のアセットマネジメントのための基礎情報をパソコン上で解析し、会計年度における道路舗装の効率的な修繕計画に関するマネジメント情報と道路会計年度ごとの道路舗装の資産管理に関する管理会計情報を道庁管理者に提供することにある。その際、道路舗装の資産管理を行うための会計方式として、繰延維持補修会計に着目するとともに、三重県が所轄する県道の舗装資産を対象として PMAS アプリケーションを試行的に作成し、その有用性について実証的に分析する。

Abstract: In this paper, a Pavement Management Accounting System application (in brief, PMAS application) is presented to control the life cycle costs of road pavement. The aim of the PMAS application is to provide the decision makers with the planning information regarding repair strategies and the accounting information on the asset values for the efficient asset management of road pavement. By comparing alternative accounting schemes, the authors conclude that the maintenance accounting is the best accounting scheme for the efficient asset management of road pavement. The PMAS for the asset management is constructed by applying the maintenance accounting scheme. The validity of the PMAS presented in this paper is investigated through case studies conducted for Mie Prefecture in Japan.

キーワード：道路舗装, 管理会計, 繰延維持補修会計, アセットマネジメント, ライフサイクル費用

Keywords : road pavement, management accounting, deferred maintenance accounting, asset management, life cycle costing

1. はじめに

近年、ライフサイクル費用の削減を目標とする道路舗装のアセットマネジメントシステムに関する研究が進展している¹⁾。道路舗装の修繕は、利用者費用や社会費用を含めたライフサイクル費用が最小になるようなタイミングで実施されることが望ましい。しかし、道路管理者は道路舗装の最適な修繕計画を達成できる予算を毎年確保できるとは限らず、当該年度の限られた修繕予算の中で、優先順位の高い道路区間に限って修繕を実施せざるを得ない場合が少なくない。当該年度に修繕されなかった箇所に関しては、その修繕が翌年度以降に先送りされることになる。

既存の道路舗装の老朽化や道路資産の増大を背景として、今後道路舗装の修繕需要は劇的に増加しよう。財政基盤の縮小が予想される中で、新規道路整備の投

資余力を残しながら、道路舗装の効率的な修繕を実施するための予算管理が重要となる。道路舗装のマネジメントにおいては、道路舗装の機能を維持するために十分な修繕が継続的に実施されているかを評価し、適切なサービス水準を持続的に維持するための予算を自律的に調達するための管理会計システムを構築することが極めて重要である。

本研究では、地方自治体の道路管理者が道路舗装の資産管理情報に基づいて、道路舗装の合理的修繕を執行するための舗装管理会計システム (Pavement Management Accounting Systems: 以下, PMAS と略す) を提案し、このシステムに対して、担当者が運用しやすいようにパソコン上で容易に操作ができるアプリケーション (以下, PMAS アプリケーションと呼ぶ) の開発を試みる。本研究で開発する PMAS アプリケーションは1) データ管理を行う点検データモジュール、2) 入力条件を管理する条

- 1 : 正会員 理修 中央復建コンサルタンツ(株) 事業開発本部
(〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10, Tel :06-6160-1171, E-mail : jido_m@cfk.co.jp)
- 2 : 正会員 工修 東海旅客鉄道株式会社 総合企画本部
(〒450-6101 名古屋市東区中村区名駅一丁目 1 番 4 号 JR セントラルタワーズ, Tel :052-564-2316, E-mail : ryo.ejiri@jr-cnetral.co.jp)
- 3 : 正会員 博 (工) 東北大学大学院 助手 情報科学研究科
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字 06, Tel :022-217-7502, E-mail : ota@plan.civil.tohoku.ac.jp)
- 4 : 正会員 工博 京都大学大学院 教授 工学研究科
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel :075-753-5071, E-mail : kkoba@psa2.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

件設定モジュール, 3) PMAS の主要部であるシミュレーションモジュール, 4) 解析結果を出力するアウトプットモジュールで構成される。3) のシミュレーションモジュールはさらに, a) 道路舗装の資産価額と会計年度における資産(もしくは負債)の変化を記録する舗装管理会計 (Pavement Management Accounting: 以下, PMA と略す), b) 会計年度における執行予算に基づいて, 道路舗装の修繕戦略を決定する維持補修管理システム (Maintenance Management System: 以下, MMS と略す) 構築される。会計年度における修繕実績は, 当該年度の資産の増加(あるいは負債の減少)として計上され, 翌年度以降の道路舗装の修繕予算を管理するための基礎情報として利用される。本稿の以下では, 2. で PMAS アプリケーションの基本的な考え方を, 3. において PMAS の基本的構成について述べる。さらに, 4. で PMAS アプリケーションについて説明し, 5. において三重県を対象とした適用事例を紹介する。

2. 本研究の考え方

(1) 従来の研究概要

1970 年代以降, 道路舗装のライフサイクル費用の低減化をめざした舗装管理システム (Pavement Management System: PMS) に関する研究が蓄積された (1)-3)。中でも, その中核的なサブシステムである維持補修管理システム (Maintenance Management Systems: MMS) に関していくつかの実用化が図られている。道路舗装のアセットマネジメントを実施するためには, プロジェクトレベル, ネットワークレベルでの修繕管理を効率的に遂行する必要がある。前者は個々の工区の修繕方法を求めることを目的としている (4)-8)。プロジェクトレベルを対象とした道路舗装の修繕モデルに関しては, いくつかの研究事例がある。たとえば, サービス水準を確定的に扱い修繕費用の平準化をめざした修繕計画モデル (9) や施設需要との関連性を定式化した最適修繕モデル (10), (11) が提案されている。現実の舗装の劣化過程には多大な不確実性が存在し, あらかじめ将来の修繕時期を確定的に予測することは不可能である。むしろ, その時々々の道路舗装の劣化水準を観測しながら修繕を実施すべきかどうかを決定する状況依存的な修繕ルールを設計することが望ましい。このような観点から, マルコフ決定過程を用いて道路舗装の劣化過程の不確実性を考慮した最適修繕モデルが提案された (12), (13)。マルコフ過程を用いて実用的な最適修繕モデルを作成しようとすれば推移行列が膨大となり操作上問題が生じる。これに対して, ファイナンス工学的手法を用いて修繕ルールを提案する方法も提案されている (14), (15)。

一方, ネットワークレベルを対象とした道路舗装のアセットマネジメントは, 修繕の必要な候補区間を抽出し, 修繕の実施の優先順位を付け, 限られた修繕予算の制約の中

で効率的に修繕個所の選択を行うことを目的としている。このような視点より, 田村等は予算制約の下で, 道路網全体の舗装に関するライフサイクル費用を可能な限り低減させるような実用的な修繕ルールを提案している (16)。さらに, 長期的な視点から道路舗装の品質水準を適切な水準に維持するために必要となる予算水準や道路舗装の修繕ルールを求めるための方法論を提案している。しかし, 道路舗装のアセットマネジメントでは, 道路舗装の修繕予算が予算過程の中で決定されるため, 会計年度を通じて常に最適な予算水準を確保できるわけではない。各年度における道路修繕の実績は将来時点における修繕需要に影響を及ぼす。道路舗装のサービス水準を持続的に維持するためには, 道路舗装の資産価額を評価するとともに, 将来に繰越された修繕需要を評価する管理会計情報が必要となる。本研究では, 道路管理主体が道路舗装のサービス水準を持続的に維持するための管理会計情報を作成し, それに基づいて舗装の修繕をマネジメントするための PMAS アプリケーションを提案する。

(2) PMAS の役割

多くの道路管理主体において, 道路舗装の修繕需要を推計する試みがなされている。しかし, わが国では道路舗装の劣化過程を十分な精度で推定するためのデータが不足している。そのため, 過去の修繕実績に基づいて, 道路舗装の耐用年数を仮定するとともに, 過去の道路舗装の実績に関する時系列データより将来の修繕需要を予測するという方法が用いられている。ところが, 道路舗装の合理的な修繕ルールが考慮されておらず, 道路舗装修繕の予算水準が道路舗装全体のライフサイクル費用に及ぼす影響を考慮できないという限界を有している。また, 仮に修繕のための財源が不足した場合, 道路舗装のサービス水準が将来どの程度低下するのかが明確にできないという問題点がある。

道路舗装のサービス水準を長期的に持続するためには, 将来時点に必要な修繕投資のための予算に関する会計情報を適切に管理することが必要である。修繕予算の短期的な変動を許しても, 長期的には安定的な修繕投資財源を確保しうる管理会計システムを確立することが必要である。本研究で提案する PMAS は道路舗装の資産評価を通じて, 道路舗装のサービス水準を維持するための修繕が十分に実施されたかを評価するとともに, 道路舗装のサービス水準を維持するために必要な財源を自律的に調達するための会計情報を提供することを目的とする。PMAS を構築するにあたり, 道路舗装の修繕予算が重要な政策パラメータとなる。特に, 道路網全体の舗装サービス水準を長期的に維持しつつ, ライフサイクル費用を可能な限り低減化しうる予算管理水準を求めることが重要な課題である。

いま, ある長期的な修繕予算計画が与えられ, 道路舗装の修繕が繰り返される状況を考えよう。この場合,

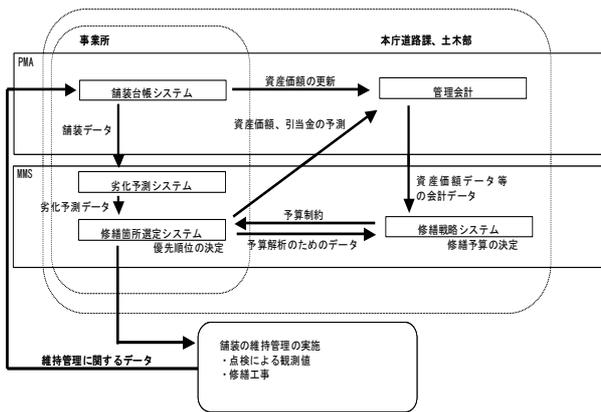


図-1 PMASの全体構成

以下の2つのケースが生じる。修繕予算が短期的には変動しても、長期的には十分な修繕予算が安定的に確保されていれば、道路舗装のサービス水準をある一定レベルに維持できる。しかし、長期的に予算水準が過小である場合、各会計年度の修繕需要が翌年度以降に持ち越され、道路網全体における道路舗装のサービス水準は時間とともに低下していく。このような問題意識に基づいて、本研究ではライフサイクル費用を可能な限り低減できるような道路舗装の望ましい修繕戦略を決定するMMSを構築する。さらに、各会計年度の道路舗装の管理会計情報を記述するPMAに基づいて修繕予算管理と修繕工事管理を効果的に実施するためのPMASアプリケーションを提案する。

(3) PMASの構成

道路舗装のアセットマネジメントを所轄する地方自治体の土木部・道路課レベル、および事業所レベルにおける修繕業務を想定しよう。PMASの全体構成を図-1に示している。PMASは1)道路舗装の資産価額と会計年度における資産(もしくは負債)の変化を記録するPMAと、2)会計年度における執行予算に基づいて舗装の修繕戦略を決定するMMSにより構成される。さらに、PMAはa)各道路区間の道路舗装の状態を記録する舗装台帳システムと、b)道路舗装の資産価額とその変化を記述する管理会計で構成される。一方、MMSは、a)道路舗装の劣化過程を推定する劣化推定システム、b)劣化水準の予測値に基づいて修繕区間の優先順位を決定する修繕箇所選定システム、c)道路舗装の修繕予算を決定し、各会計年度において修繕予算を検討するための基礎情報を提供する道路舗装の修繕戦略システムにより構成される。PMAS全体は土木部・道路課レベルで統括されるが、舗装台帳システム、および道路舗装の劣化推定、修繕箇所選定は主として事業所レベルで活用・更新される。

PMAを構成する舗装台帳システムは道路舗装の管理台帳をデータベース化したものである¹⁷⁾。舗装台帳システムには各道路区間の舗装に関する技術的状況、過

去の修繕実績、過去の点検実績、点検時に観測された舗装水準(ひび割れ率、轍ぼれ量、平坦性等)、サービス水準、交通センサ等で観測された交通量等が記録される。道路舗装のサービス水準は(旧)建設省が提案したMCI値により記述される¹⁸⁾⁻²³⁾。さらに、実地点検による道路舗装水準、サービス水準等の新しい観測値、修繕工事の実績情報が得られるたびに、舗装台帳システムに記載されている情報は逐次更新される。つぎに、PMAを構成する管理会計は、会計年度における道路舗装の資産価額、修繕需要の評価結果とその経年の履歴を記述するものである。管理会計には個々の道路区間の当該会計年度における道路舗装のサービス水準と資産状況が記載されると共に、個別区間の会計情報が道路網全体にわたって集計化され、道路網全体の管理会計情報が作成される。道路舗装の機能劣化は不確実なプロセスであり、将来時点の劣化水準を確定的に予測することは不可能である。したがって、実地点検による観測値が得られれば、新しいMCI値に基づいて各道路区間の資産管理情報が見直される。なお、舗装の実地点検は決められた時間間隔で実施される場合が多く、すべての会計年度において常に最新のMCI値が得られるわけではない。この場合、舗装台帳に記載されている過去の観測値情報に基づいて、当該会計年度におけるMCI値と資産状態を推計する必要がある。一方、MMSはPMA情報に基づいて、年度内に修繕が必要となる道路区間をリストアップするとともに修繕区間の優先順位を設定するシステムである。当該年度の予算制約が与えられれば、当該年度に実施される修繕対象箇所が選定される。修繕結果に基づいてPMAが更新される。

なお、道路舗装のアセットマネジメントを効率的に執行するためには、道路舗装の管理会計情報が予算管理を担当する財務部局、インフラ資産を管理する担当部局(たとえば、土木部)に共有化される必要がある。言い換えれば、地方自治体全体の財務会計、管理会計システムが整備され、PMASはそのサブシステムとして機能する必要がある。本研究で提案したPMASはあくまでも道路舗装の効率的な管理を目的とするものであるが、道路舗装の資産管理情報の作成方法を検討する場合、最終的に地方自治体全体の管理会計システムの中にPMASがどのように位置づけられるべきかを具体的に想定しておく必要がある。

3. PMAS構築のための検討

(1) MCI管理水準の設定

過去のMCI点検記録に基づいて舗装の劣化過程を予測することが理論的には可能である。既存の点検データは年度により観測地点が異なっており、劣化過程を十分な精度で推計できるほどのデータは整備されてい

ない。このため、劣化過程を簡単な劣化モデルで記述せざるを得ない。いま、ある道路区間において年度 t における点検において観測された MCI 値を $z(t)$ と表そう。年度 $t+\tau$ における MCI 値の推定値が

$$z(t+\tau) = z(t) - \psi\tau \quad (1)$$

と表現されると考える。ここに、 ψ は当該の道路区間における 1 年間当たりの MCI の平均低下量である。MCI 値は道路舗装の劣化水準を示す指標であり、理想的な状態を 10.0 とし、舗装の劣化が進展するほど、その値は小さくなる。MCI 値がある臨界的な水準（本研究では MCI 管理水準と呼ぶ）に到達した時点で修繕を実施することにより、ライフサイクル費用の最小化が達成できる。いま、初期時点 $t=0$ で舗装が修繕され、MCI 値が回復水準 Z まで回復したとしよう。さらに、初期年度より θ 年が経過し、舗装の MCI 値が $z(\theta) = z^0$ に到達した年度で再び修繕を実施するルールを考えよう。修繕直前の MCI 値が z^0 であり、その時の修繕費を $F(z^0)$ と表そう。この時、初期時点の MCI 値 Z の下で達成されるライフサイクル費用を $J(Z; z^0)$ と定義すれば、ライフサイクル費用は再帰的な性質を利用して

$$J(Z; z^0) = \sum_{t=0}^{\theta(z^0)} \frac{c(z(t))\beta}{(1+\alpha)^t} + \frac{J(Z; z^0)}{(1+\alpha)^{\theta(z^0)}} \quad (2)$$

と表せる。ただし、 $c(z(t))$ は MCI 値が $z(t)$ の時の利用者費用、 β は年平均交通量、 $\theta(z^0)$ は当該年度より最初の修繕が実施される年度までの時間間隔（年）である。すなわち、右辺第 1 項は次回の修繕時点までに発生する総利用者費用の現在価値、第 2 項は次の時点における修繕費の現在価値、および第 3 項は次回に修繕以降において最適に修繕を実施することにより発生するライフサイクル費用の現在価値を表す。上式を項 $J(Z; z^0)$ に関して整理すれば、

$$J(Z; z^0) = \left\{ 1 - \frac{1}{(1+\alpha)^{\theta(z^0)}} \right\}^{-1} \times \left\{ \sum_{t=0}^{\theta(z^0)} \frac{c(z(t))\beta}{(1+\alpha)^t} + \frac{F(z^0)}{(1+\alpha)^{\theta(z^0)}} \right\} \quad (3)$$

を得る。式(3)において、ライフサイクル費用は修繕を実施する時点の MCI 値 z^0 に応じて変化する。1 次元探索法を用いれば、 $J(Z; z^0)$ を最小とするような MCI 管理水準 z^0 を求めることができる。このようなライフサイクル費用を最小にするような z^0 を、本研究では「MCI 管理水準」と定義することとし、以下 z^* と表すことにする。さらに、現時点 $t=0$ において観測した MCI 値が z であり、それ以降に MCI 管理水準 z^* に基づいて最適なタイミングで舗装の修繕を実施した場合に達成されるライフサイクル費用は

$$J(z; z^*) = \sum_{t=0}^{\hat{\theta}(z^*, z)} \frac{c(z(t))\beta}{(1+\alpha)^t} + \frac{F(z^*)}{(1+\alpha)^{\hat{\theta}(z^*, z)}} + \frac{J(Z; z^*)}{(1+\alpha)^{\hat{\theta}(z^*, z)}} \quad (4)$$

と表せる。ただし、 $\hat{\theta}(z^*, z)$ は MCI 値 z が観測された当該年度から MCI 値が管理水準 z^* に到達するまでの平均経過年数を表す。

(2) 費用便益ルールと優先順位

ある道路区間の修繕工事の便益を、「当該時点で修繕をせずに 1 年間放置し、翌年度に修繕を行った場合のライフサイクル費用」と「MCI 管理水準を用いて最適に修繕を行った場合に得られるライフサイクル費用」の差として定義しよう。舗装の修繕を 1 年間放置した場合のライフサイクル費用を $\tilde{J}(z)$ 、MCI 管理水準を用いて最適なタイミング年度に修繕した場合のライフサイクル費用を $J(Z; z^0)$ と表記すれば、修繕工事の便益は $\tilde{J}(z) - J(Z; z^0)$ と定義できる。ただし、ライフサイクル費用の算定にあたっては、次回以降の修繕をすべて MCI 管理水準 z^* を用いて実施すると仮定している。この時、当該年度 t における舗装の修繕工事の費用便益比 (B/C) は

$$(B/C) = \frac{\tilde{J}(z) - J(Z; z^*)}{F(z)} \quad (5)$$

$$\tilde{J}(z) = c(z)\beta + \frac{F(z(t+1))}{(1+\alpha)} + \frac{J(Z; z^*)}{(1+\alpha)}$$

$$J(Z; z^*) = \left\{ 1 - \frac{1}{(1+\alpha)^{\theta(z^*, z)}} \right\}^{-1} \times \left\{ \sum_{t=0}^{\theta(z^*, z)} \frac{c(z(t))\beta}{(1+\alpha)^t} + \frac{F(z^*)}{(1+\alpha)^{\theta(z^*, z)}} \right\}$$

と表せる。以上で定式化した費用便益比を用いれば、予算制約の下で修繕順序を求める実用的な手順を以下のようにとりまとめることができる。すなわち、

- 1) 修繕を行うべき最低 MCI 水準 \underline{z} を設定する。
- 2) \underline{z} に到達している区間を最も優先順位の高い区間として抽出する。
- 3) 全ての道路区間に対して費用便益比 (B/C) を算出し、費用便益比 (B/C) > 1 となる区間の中で (B/C) が最も大きい区間を選択する。
- 4) 以上より決定した優先順位に基づいて、予算制約の範囲内で修繕を行う区間を決定する。

以上の方法で、予算制約がある場合における舗装の望ましい修繕順序を近似的に求めることができる。

表－1 資産評価の方法

	過去の価額	現在の価額	将来の価額
支出額	取得原価	再調達価額	—
収入額	—	正味実現可能価額	割引現在価値

(3) 管理会計の構築

本来、PMASは地方自治体の管理会計システムを構成するサブシステムとして位置づけられるべきものである。さらに、地方自治体が道路舗装を含めたインフラ資産全体を効率的にマネジメントするための管理会計システムが必要である。PMASは道路舗装の効率的なアセットマネジメントに資することを目的とするものではあるが、単に各会計年度における予算の効率的配分のための情報を提供するのではなく、過去の道路新規整備の結果として実現した当該会計年度の道路舗装の資産価額を評価し、将来の道路舗装の修繕計画を合理的に作成するための管理会計情報が必要となる。したがって、PMASでは道路舗装資産の時価評価を通じて道路舗装の修繕需要を的確に把握することを目的とした発生主義による会計処理が必要となる。

(a) 道路舗装の資産価額評価

道路舗装は、1) 社会経済活動の基盤施設を構成する公共財である、2) 長期間にわたる使用によりサービス水準が劣化する。サービス水準が低下すれば、修繕投資によりサービス水準を所定のレベルまで回復することが義務づけられた資産である、3) 計画から維持管理まで一貫した適切な管理が必要とされる、という特性を持つ。本研究で提案するPMASは、道路管理者が道路舗装のサービス水準を一定水準以上に保つための予算管理を目的とするものであり、ライフサイクルに対応した費用の発生を的確に認識・評価をすることが課題となる。道路施設のライフサイクルに応じて多様な費用が発生するが、本研究ではすでに供用された道路施設の運営者の立場から、道路舗装のもたらすサービス機能を所与の水準に保つために必要となる修繕費に着目する。

一般に、企業会計における固定資産の貸借対照表計上額はその資産の取得に要した原始取得価額（取得原価）により決定される。貸借対照表では次年度繰越額が算定され、取得原価（または年初貸借対照表価額）との差額が費用として計上される²⁴⁾。しかし、1つの資産に対して1つの評価額のみが決定されるわけではない。表－1に示すように、資産評価の方法は、1) 資産の取得に要する支出額を基礎として決定するのか、あるいは、保有資産の売却によって得られる収入額を基礎として決定するのか、2) 過去の価額を基礎とするのか、現在の価額を基礎とするのか、あるいは、将来の（予想される）価額を基礎として決定するのかに

資産の部 固定資産 繰延維持補修引当金	S_2 ΔD_2	負債の部 繰延不足維持補修引当金 B_2
		資本の部
費用の部 繰延維持補修引当金繰入額 不足維持補修引当金繰入額	A_2 E_2	収益の部

図－2 繰延維持補修会計の残高試算表
 応じて表－1に示す4つの概念に分類できる³¹⁾。道路舗装の修繕予算の管理を目的とするPMASは、道路管理主体の修繕投資能力を適切に評価することを目的としているため、道路舗装の資産価額を評価する場合、再調達価額を用いることが望ましい。

(b) 道路舗装の会計方式

道路舗装のアセットマネジメントを実施するためには、道路舗装のサービス水準を工学的に検査し、あわせて各会計年度において「現実に支出された維持補修支出額」と「工学的に設定したサービス水準を維持するために必要となる修繕費」に基づいて、道路舗装のサービス水準が適切に維持されているかどうかを貸借対照表上に明記できるようなPMAを構築することが求められる^{25), 25)}。管理会計方式としては、1) 更新会計、2) 減価償却会計、3) 繰延維持補修会計という3つがある。この内、繰延維持補修会計では資産利用に関わる費用が、当該資産を維持するために費やされるべき見積り額によって決定される²⁵⁾。それ以外の会計方式では工学検討を踏まえた修繕計画に関わる情報が会計諸表の中に記載されないという欠点がある²⁶⁾⁻²⁹⁾。そこで、本研究では図－2に示すような繰延維持補修会計方式を採用する。同図は、フローとストックのバランスを表現するために、会計諸表における貸借対照表と損益計算書を統合した残高試算表を示している²⁴⁾。残高試算表は会計年度の期末で決算のために作成される。なお、同図では舗装管理会計と関連する部分のみ記述しており、それ以外の会計情報を省略している。

繰延維持補修会計では、長期的な資産管理計画に基づいて維持補修費総額を算出するとともに、その費用総額を各年度に割振る。道路網の全道路区間にわたって、工学的検討により適切な修繕時期と修繕費を算出することにより、各年度における維持補修引当金繰入額 A_2 を費用の部に繰入れる。一方、当該期の実際の維持補修支出額 C_2 が確定したとしよう。仮に、 $A_2 - C_2$ であれば、その残高を負債として認識し、繰延維持補修引当金 D_2 に繰入れる（あるいは、負の繰延維持補修引当として資産の部に繰入れる）。すなわち前期の期末

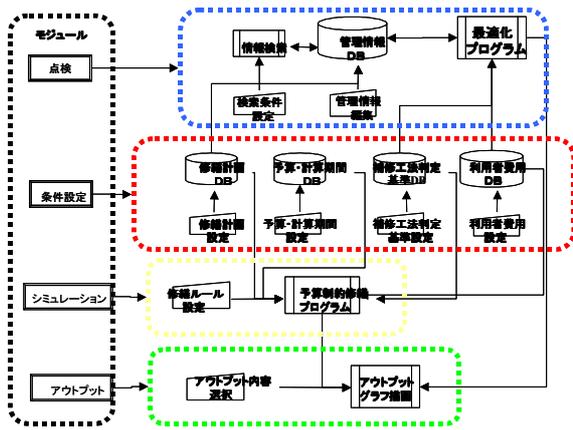


図-3 PMAS アプリケーション構成図

の繰延維持補修引当金を \bar{D}_2 とすれば、今期の期末の繰延維持補修引当金は $D_2 = \bar{D}_2 - C_2 + A_2$ と計上される。逆に、今期支出された維持補修支出額費が維持補修引当金繰入額を超過している ($C_2 - A_2 > 0$ が成立する) 場合、前期の負債の部の繰延維持補修引当金 \bar{D}_2 を $C_2 - A_2$ だけ取り崩す。なお、ある区間の道路舗装の修繕を繰延べたことにより、当該区間の舗装が劣化し、再調達価額を算定する際に想定した最適工法より、大規模修繕が必要になった場合を考えよう。この時、大規模修繕のために必要となる修繕費と最適工法による修繕費の差額を追加維持補修費として定義する。さらに、当該年度に発生した追加維持補修費相当額を不足維持補修引当金繰入額 E_2 として費用の部に繰入れる。その上で、当該年度に、大規模修繕のために追加維持補修支出額 F_2 が支出されれば $E_2 - F_2$ を繰延不足維持補修引当金 B_2 に繰入れる。すなわち、前年度期末の繰延不足維持補修引当金を \bar{B}_2 とすれば、今期末の繰延不足維持補修引当金は $B_2 = \bar{B}_2 + E_2 - F_2$ となる。道路舗装の資産価額 S_2 は取得原価、あるいは再調達価額で評価される。繰延維持補修会計では、道路舗装の劣化による資産価額の減少分が繰延維持補修引当金、及び繰延不足維持補修引当金として管理会計上に現れ、各会計年度における道路舗装の資産水準を評価することが可能となる。

4. PMAS アプリケーションの設計

(1) PMAS アプリケーションの概要

本研究では以上で提案した舗装管理システムである PMAS に基づき、三重県が所轄する県道・指定区間外国道全区間を対象としたアプリケーションを設計した (図-3 参照)。本研究で設計したアプリケーションは、分析、出力を行うモジュールでは VisualBasic.Net を用いて作成しており、舗装の台帳や出力データを MicrosoftAccess で管理している。つまりこのアプリケーションは、パソコン上に三重県が所轄する道路舗

装における電子化された管理情報を格納するとともに、VB を用いたコントロールオブジェクトを通じて管理情報にアクセスしたり、エンドユーザーである道路管理者に管理会計情報、及びストック管理水準に関する情報を提供可能なアプリケーションである。以下では、本研究で設計したアプリケーションにおけるエンドユーザーとのインターフェイスである各モジュールについて説明する。

(2) 点検台帳モジュール

三重県では総延長 3,372.66km にわたる道路施設を 1 区間 100 メートルを基本区間とする総数 35,540 区間に分割するとともに、各区間の道路舗装に関する情報を舗装台帳として整備している。さらに、定期的に路面性状調査を実施し、個々の単位区間における MCI 指標を計測している。現時点 (平成 15 年末) において利用可能な最新の MCI 管理報告書³⁰⁾には、平成 10 年度から平成 12 年度にわたって実施された路面性状調査結果と、それに基づいて推定された平成 13 年 3 月時点における各区間の MCI 値に関するデータが整備されている。本研究で設計したアプリケーションでは、点検モジュールに舗装台帳と平成 13 年 3 月時点における各区間の MCI 推定値を基本とする管理情報を格納している。点検台帳モジュール (図-4 参照) は、管理情報を格納するデータベースとしての役割を果たすと同時に、管理情報を抽出する検索、及び MCI 管理水準を求める最適化の機能も有している。検索機能は、膨大な管理情報の中から利用者が必要とする管理情報を土木事務所名、路線名、交通量区分、MCI 値に基づいて該当する対象道路区間の管理情報を抽出する機能を有している。最適化機能は各道路区間に対して、3. で提案した工学的検討を取り入れて算出するライフサイクル費用を最小化する修繕タイミングである MCI 管理水準 z^* とともに、その時の修繕工法、及び修繕費用を管理情報として求める。

(3) 条件設定モジュール

条件設定モジュール (図-5 参照) では、本研究で設計したアプリケーションでのシミュレーションに用いる入力データの格納、及び設定を主な機能としている。シミュレーションにおける入力データとは、修繕工法判定区分、舗裝修繕費用、利用者費用、及び年間修繕予算である。この入力データは、利用者の設定により変更することが可能となっている。三重県版舗装管理・支援システムでは、修繕工法判定区分 (表-2 参照) を用いて各道路区間に用いるべき修繕工法を指定している。さらに、舗裝修繕単価 (表-3 参照) が算定されている。本研究で設計したアプリケーションでは、三重県版舗装管理・支援システムで設定されている修繕判定区分、及び舗裝修繕単価に基づいてシミュレーションを行っている。そのため、点検モジュールで求めた最適修繕タイミング、修繕工法、及び修繕費用は条件設定モジュールで設定

区間ID	区間名	区間種別	区間長さ(m)	区間幅(m)	幅員	経年劣化	最新MCI	最新施工	最新施工工	注		
1	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	36.26	36.4	50	8	H11	H11	AA	1
2	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	36.4	36.5	100	8	S43	S43	N	32
3	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	36.5	36.6	100	8	S43	S43	N	32
4	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	36.6	36.7	100	8	S43	S43	N	32
5	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	36.7	36.8	100	8	S43	S43	N	32
6	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	36.8	36.9	100	8	S43	S43	N	32
7	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	36.9	37	100	8	S43	S43	N	32
8	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37	37.1	100	8	S43	S43	N	32
9	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.1	37.2	100	8	H10	H10	N	2
10	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.2	37.3	100	8	H10	H10	N	2
11	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.3	37.4	100	8	H10	H10	N	2
12	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.4	37.5	100	8	H10	H10	N	2
13	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.5	37.6	100	8	S43	S43	N	32
14	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.6	37.7	100	8	S43	S43	N	32
15	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.7	37.8	100	8	S43	S43	N	32
16	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.8	37.9	100	8	S43	S43	N	32
17	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	37.9	37.97	70	8	S43	S43	N	32
18	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	38	38.1	100	8	S43	A43	R	9
19	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	38.1	38.2	100	8	S43	A43	R	9
20	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	38.2	38.3	100	8	S43	S43	N	32
21	伊勢橋区間	一般区間	2	平均34803	38.3	38.4	100	8	S43	S43	N	32

図-4 点検台帳モジュール

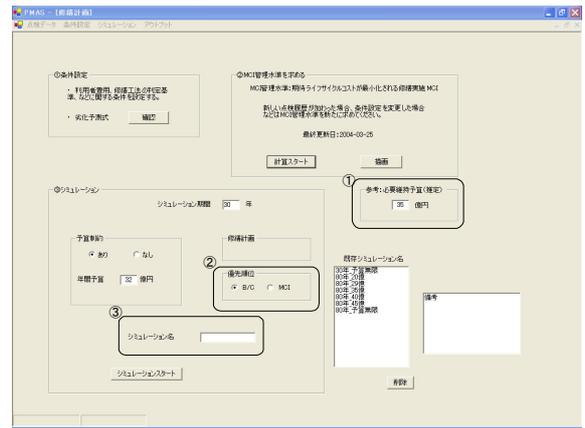


図-6 シミュレーションモジュール

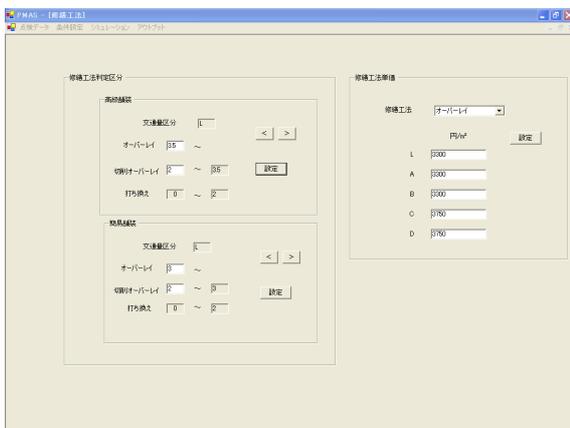


図-5 条件設定モジュール



図-7 アウトプットモジュール

した修繕判定区分、及び修繕費用に依存している。利用者費用は、燃料消費量、車両の劣化損傷による費用、事故確率の増加による費用、速度低下による時間損失費用などが挙げられるが、現状では利用者費用の定量化は困難である。そのため、本研究では路面性状と走行燃費の関連について明らかにされた旧建設省土木研究所の調査結果^{21)~23)}に基づいてスプライン補完法により図-8に示すように求めた。年間修繕予算は、シミュレーションモジュールで実行されるネットワークレベルでの修繕投資シミュレーションに用いられる。

(4) シミュレーションモジュール

シミュレーションモジュール(図-6参照)では費用便益修繕ルール、及びMCI値の低い道路区間から優先的に修繕投資を行う修繕ルールという2通りの修繕ルールに基づいて、条件設定モジュールで設定した年間修繕予算の下でネットワークレベルでの修繕投資シミュレーションを実行する。シミュレーションモジュールでは、年間修繕予算に関する代替的なシナリオの下で、各道路区間の経年的な劣化パターンを発生させ、修繕ルールに従った舗装修繕を実施する。このような劣化・修繕プロセスを長期間(100年間)にわたってシミュレートし、年間修繕予算シナリオ、ライフサイクル費用、及び道路舗装における維持機能水準の関係

を分析する。このネットワークレベルでのシミュレーションより、ある一定水準の年間修繕予算が長期的に確保された場合に、ライフサイクル費用をできる限り低減化し、また道路網全体の舗装の機能水準をある一定の水準に維持することが可能である維持可能予算水準を求めることができる。維持可能予算水準は繰延維持補修会計方式では、各道路区間の舗装修繕が先送りされていない(MCI値がMCI管理水準を上回っている)状況において、各年度に全道路網の舗装の機能水準を維持するために発生する維持補修引当金繰入額に相当するものである。この様にシミュレーションモジュールでは、点検台帳モジュールで算出した各道路区間におけるMCI管理水準 z^* を予算制約下でのシミュレーションに用いて、繰延維持補修会計処理に基づいた道路舗装における管理会計情報を作成する。

(5) アウトプットモジュール

アウトプットモジュール(図-7参照)では、点検モジュール、及び保全計画モジュールにおけるシミュレーションより得られたMCI管理水準、経年的MCI推移、及び管理会計情報に関するシミュレーション結果をチャート化する。シミュレーション結果のチャート化により、利用者である道路管理者が年間修繕予算に対する修繕投資の成果、及び修繕需要の変化を明示的に把握することが可能となる。

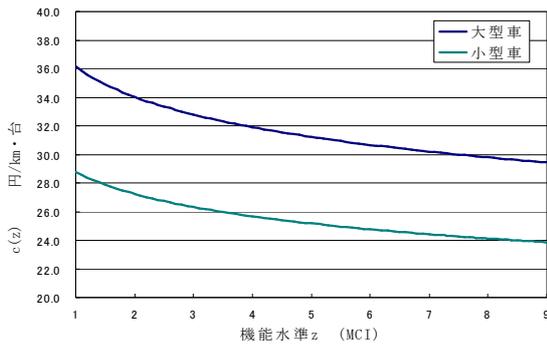


図-8 利用者費用図

表-2 三重県の修繕判定区分

分類	MCI区分	工法判定
1-1	3.5 < MCI	オーバーレイ
	2.0 < MCI ≤ 3.5	切削オーバーレイ
	MCI ≤ 2.0	打ち換え
1-2	3.5 < MCI	オーバーレイ
	3.0 < MCI ≤ 3.5	切削オーバーレイ
	MCI ≤ 3.0	打ち換え
2-1	3.0 < MCI	オーバーレイ
	2.0 < MCI ≤ 4.0	切削オーバーレイ
	MCI ≤ 2.0	打ち換え
2-2	3.5 < MCI	オーバーレイ
	3.0 < MCI ≤ 3.5	切削オーバーレイ
	MCI ≤ 3.0	打ち換え

5. 適用事例

本研究では三重県の道路舗装のマネジメント問題を対象として、PMAS アプリケーションを適用した。まず、点検台帳モジュールから三重県が管理する道路舗装の年間 MCI 低下量を求めた。その結果、年間 MCI 低下量の平均値は約 0.2 であることが判明した。次に、条件設定モジュールより三重県版舗装管理・支援システムに収録されている、修繕工法判定区分(表-2 参照)、舗裝修繕単価(表-3 参照) および利用者費用(図-8) のデータを入力した。

3. (1) で提案した方法により各道路舗装区間の MCI 管理水準を求めた。各道路区間に対して求めた MCI 管理水準がネットワーク全体にわたってどのように分布しているかを図-9 に示している。各道路区間の MCI 値が MCI 管理水準に到達すると直ちに修繕を実施するというシナリオの下で、年毎の修繕費用が経年的にどのように変化するかを分析した結果を図-10 に示す。本ケースでは初年度に 200 億円を越す修繕費用が支出される。これは、現況の舗装の MCI 値が MCI 管理水準を下回っている区間が多数存在するためである。初年次の修繕支出によって、舗装の状態が適切な水準に回復すると、その後は年平均 43 億円程度の修繕支出

表-3 修繕単価

工法	交通量区分	単価 (円/m ²)
オーバーレイ	L	3,300
	A	3,300
	B	3,300
	C	3,750
	D	3,750
切削オーバーレイ	L	4,500
	A	4,500
	B	4,500
	C	4,950
	D	4,950
打ち換え	L	8,700
	A	11,250
	B	15,300
	C	19,800
	D	19,800
打ち換え (再簡易)	L	6,900
	A	9,000

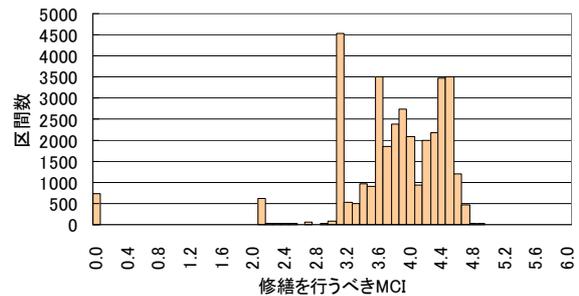


図-9 MCI 管理水準の分布

によって、舗装の機能水準を維持することができる。MCI 管理水準で修繕を繰り返すと、ライフサイクル費用を最小に抑えることは可能であるが、毎年次の修繕支出にばらつきが生じる。中長期的な予算管理を行うためには、一定額の修繕支出を繰り返し、その条件下でできる限りライフサイクル費用を小さくすることができるような予算額を求めることが望ましい。そこで、ネットワークレベルの計算において、予算という制約条件を与え、できる限りライフサイクル費用を小さくしうる毎年の修繕予算額を算出した。

図-11 に予算額とライフサイクル費用の関係を示す。同図に示すように道路舗装全体のライフサイクル費用を最小とする予算額は 46 億円/年であることがわかる。図-12 には修繕費用が 44 億円/年と 43 億円/年の場合の 100 年間にわたる平均 MCI の推移をプロットした。予算額が 44 億円/年の場合には 100 年間で舗装の平均 MCI の値が一定水準に保たれるが、43 億円/年の場合には平均 MCI 値を一定に保つことができない。

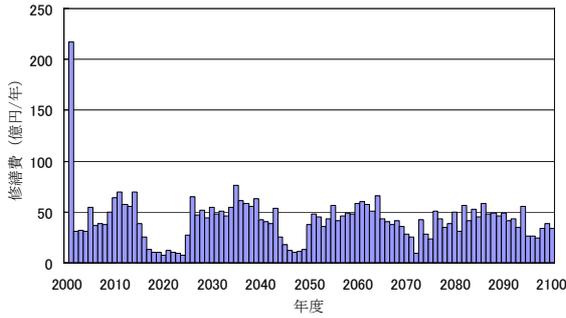


図-10 MCI 管理水準で修繕した時の費用の推移

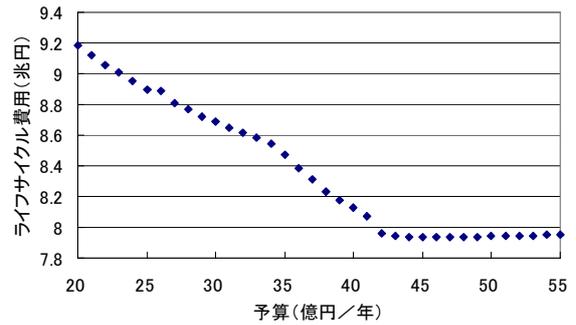


図-11 予算とライフサイクル費用

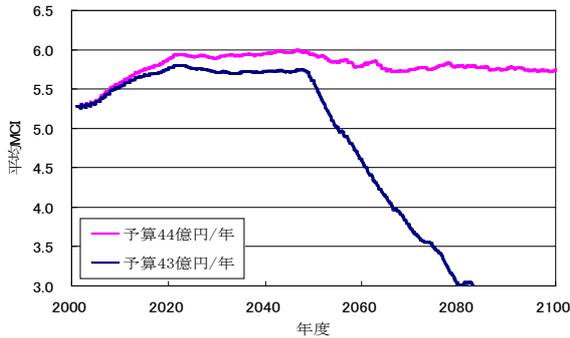


図-12 図のキャプションは図の下部

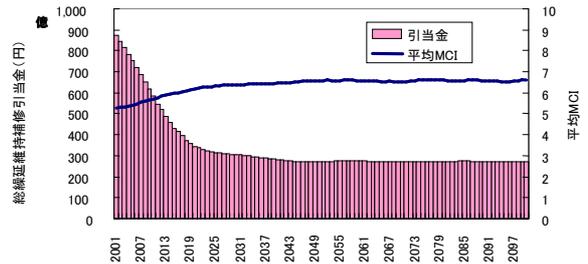


図-13 総繰延維持補修引当金の推移

したがって、舗装の機能水準を持続的に維持可能な最低予算額は43億円/年である。

以上の工学的検討結果をもとに、管理会計情報を作成した。図-13は毎年の予算を46億円としたときの、各会計年度における繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金の総和（以下、総繰延維持補修引当金と呼ぶ）の推移を示す。同図には、再調達価額で加重平均をとった道路網全体の平均MCI水準を併記している。同図に示すように、2026年まで繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金が逐次取り崩されるため、道路舗装の総繰延維持補修引当金は減少していく。2027年以降は、道路舗装の総繰延維持補修引当金は長期的な平均的水準約296億円をベースに定常的に推移していく。このように定常状態において、各会計年度に標準維持補修引当金繰入額相当額が修繕費として支出される場合に実現される道路舗装の平均的な総繰延維持補修引当金をストック管理水準と定義しよう。すなわち、三重県の道路舗装のストック管理水準は約296億円となる。また、道路網全体の平均MCI水準は長期的に6.7前後で推移する。このような最適修繕投資の下で実現する長期的な道路網のサービス水準を平均MCI管理水準と定義しよう。本事例では道路網全体の平均的MCI管理水準は6.7となる。平成13年現在では平均MCI水準は5.3であり、平均MCI管理水準をかなり下回っている。予算管理を行う担当者はこの情報をもと

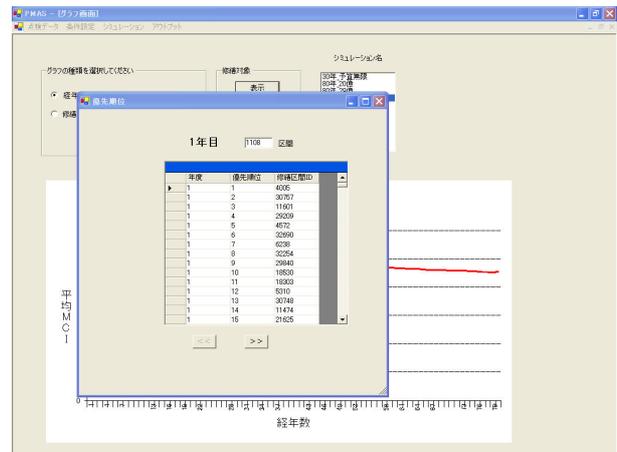


図-14 優先順位選定画面

に道路舗装の予算管理を効率的に行うことができる。この分析結果に基づき、毎年度の舗装の修繕対象箇所が同時に選定されている。図-14には修繕箇所選定画面を示す。現場の担当者はこの情報を参考に毎年度の修繕箇所を選定することが出来る。

6. まとめ

本研究では道路舗装について効率的なマネジメントを行うためのPMASアプリケーションの開発を行い、三重県が管理する道路舗装に対してその有効性を検証した。検証の結果このアプリケーションが現場レベルでの舗装マネ

ジメントから、より上位の予算管理にいたるまで非常に有力なツールとなり得ることがわかった。

本研究で開発した PMAS アプリケーションの信頼性を高めるためには解決すべき課題が存在する。まず第1に、最新の点検により得られた道路舗装の機能水準データから劣化モデルを自動生成できるようなシステムを構築する必要がある。三重県は総延長 3,372.66km にわたる道路施設を 1 区間 100 メートルを基本区間とする総数 35,540 区間に分割し管理している。最新の点検データを用いて劣化予測を行う時には、これまで蓄積された点検データに最新のデータを追加し、改めて劣化予測を行う。この作業を手動で行えば、煩雑であり、劣化予測だけで多くの時間をさく必要がある。従って、この作業を自動化できれば作業効率が向上すると考えられる。第2に本アプリケーションでは劣化過程を確定的に扱っているが、本来舗装の劣化には多くの不確実性が存在するために、将来の劣化状態を確定的に予測することが非常に困難である。しかし、不確実性を考慮し、確率モデルで劣化過程を表現した場合、ネットワークレベルにおける計算時間がかかる可能性がある。従って、より効率的に計算できるようなシステムを開発する必要がある。第3にこのアプリケーションを使用する担当者が県の土木部レベルの担当者から現場の管理事務所の担当者にいたるまで広範囲にわたる。従って、舗装に関するすべての情報を各担当者が共有できるような、システムの設計を行う必要がある。第4に、本研究で使用しているデータは電子データに置き換えた台帳システムと考えることが出来る。道路舗装をマネジメントするためには、舗装の置かれている周辺環境や地下埋設物に関する情報等を無視することができない。そのため、GIS を用いて地図上でデータ管理を行うことができれば、対象となる道路舗装のおかれている状況を容易に把握することができ、舗装マネジメントの有力な手段となることが考えられる。

謝辞：研究の遂行において三重県県土整備部のご支援を賜っている。ただし、本研究で提案した PMAS はあくまでも筆者等の私的な見解に基づくものであることを断っておく。また、アプリケーション開発にあたり津田尚胤君(京都大学)の協力を賜っている。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Hass, R., Hudson, W.R., and Zaniewski, J.P.: *Modern Pavement Management*, Krieger Publishing Company, 1994.
- 2) 阿部頼政：舗装管理システムに関する研究の動向，土木学会論文集，No.372，pp.17-27，1986.
- 3) Hudson, W.R., Hass, R. and Uddin, W.: *Infrastructure Management: Integrating Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation, and Renovation*, McGraw-Hill, 1997, 池田拓哉他訳：社会資本マネジメント，森北出版，2001.
- 4) 東嶋奈緒子：舗装の計画的な管理手法に関する調査研究，第 51 回建設省技術研究会報告，pp.17.1-17.20，1997.
- 5) 内田弘，召田紀雄：地方道における長期補修計画の立案，土木学会論文集，No.597，pp.21-31，1998.
- 6) 小松原昭則：JH 日本道路公団における舗装マネジメントシステム，アスファルト，第 41 巻 198 号，1999.
- 7) 富永博夫：首都高速道路の舗装維持管理，アスファルト，第 41 巻 198 号，1999.
- 8) 峰岸順一：東京都における道路維持補修計画支援システム，アスファルト，第 41 巻 198 号，1999.
- 9) 堤昌文，樗木武：道路の維持管理に関する計画学的考察，土木計画学研究講演集，No.18(2)，pp.405-408，1995.
- 10) 深井俊英：道路施設の補修と取替の判定に関するシステム論的考察，土木計画学研究・講演集，No.5，pp.27-32，1982.
- 11) 黒田勝彦，内田敬：土木構造物の補修・更新モデル，土木計画学研究・講演集，No.11，pp.117-124，1988.
- 12) Carnahan, J.V., Davis, W.J., Shahin, M.Y., Keane, P.L., and Wu, M.I.: Optimal maintenance decisions for pavement management, *ASCE Journal of Transportation Engineering*, Vol. 113, pp. 554-572, 1987.
- 13) Madanat S.: Predicting Pavement Deterioration, *ITS Review*, Vol. 20, Institute of Transportation Studies, University of California, 1997.
- 14) 栗野盛光，小林潔司，渡辺晴彦：不確実性下における補修投資ルール，土木学会論文集，No.667/IV-50，pp.1-14，2001.
- 15) 田村謙介，小林潔司：不確実性下における道路舗装の修繕ルールに関する研究，土木計画学研究・論文集，No.18(1)，pp.97-107，2001.
- 16) 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)，pp.71-82，2002.
- 17) 落合文雄：建設省の舗装データバンクシステム，アスファルト，第 41 巻 198 号，1999.
- 18) 藤井治嘉：道路舗装の維持管理，土木学会論文集，No.366，pp.13-26，1986.
- 19) 建設省道路局国道第一課，建設省土木研究所：舗装の維持修繕の計画に関する調査研究，第 33 回建設省技術研究会報告，pp.215-238，1979；第 34 回同報告，pp.323-362，1980；第 35 回同報告，pp.301-323，1981.
- 20) 建設省道路局国道第一課，建設省土木研究所：舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究，第 41 回建設省技術研究会報告，pp.362-381，1987.
- 21) 安崎裕，片倉弘美，伊佐真秋：舗装の供用性と車両走行費用に関する検討，第 18 回日本道路会議一般論文集，pp.710-711，1989.
- 22) 飯島尚，今井博，猪股和義：MCI による舗装の供用性の評価，土木技術資料，Vol.23，pp.577-582，1981.
- 23) 建設省土木研究所：舗装の供用性と車両走行費用に関する検討，土木技術資料，Vol.23，pp.577-582，1981.
- 24) 醍醐聰：会計学講義，第 2 版，東京大学出版会，2001.
- 25) 筆谷勇：公会計原則の解説，自治体外部監査における実務指針の解説，中央経済社，1998.
- 26) 石原俊彦：地方自治体の事業評価と発生主義会計，中央経済社，1999.
- 27) 山本清：政府会計の改革，中央経済社，2001.
- 28) 日本公認会計士協会：公会計原則（試案），2002.
- 29) FASAB~(Federal Accounting Standards Advisory Board): *Accounting for Property, Plant, and Equipment*, SFFAS (Statement of Federal Financial Accounting Standards) No.6, para.77-84, 1996.
- 30) 三重県県土整備部：平成 12 年度一般国道 42 号外 6 線県単道路路面性状調査（国道）業務委託報告書，2000.