

Data Oriented Approachによる舗装マネジメントシステムの開発及び導入の実践プロセス

青木 一也¹・前田 近邦²・土屋 善靖³・酒井 浩平⁴・木村 謙介⁵

¹正会員 京都大学 経営管理大学院 道路アセットマネジメント政策講座 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail:aoki.kazuya@gsm.kyoto-u.ac.jp

²正会員 株式会社パスコ 研究開発本部 (〒153-0043 東京都目黒区東山2-8-10)

E-mail:cahdie2615@pasco.co.jp

³株式会社パスコ 中央事業部 インフラマネジメント部 (〒160-0004 東京都目黒区東山1-1-2)

E-mail:kioahk6136@pasco.co.jp

⁴株式会社パスコ 中央事業部 インフラマネジメント部 (〒160-0004 東京都目黒区東山1-1-2)

E-mail:yaoyasi7899@pasco.co.jp

⁵株式会社パスコ 中央事業部 国際統括事業部 技術部 技術一課 (〒227-0062 横浜市青葉区青葉台2-6-17)

E-mail:kaernu6439@pasco.co.jp

舗装マネジメントシステム(PMS : Pavement Management System)に関する研究、開発の歴史は古く、既に多くの国でPMSの導入が試みられている。PMSは一般的に、舗装の状態の把握、状態の予測、補修計画の立案の機能の流れに着目し、その要素技術については多くの研究が実施されている。なかでも舗装の劣化予測モデルに関する研究は、数多くの適用事例、応用事例が報告されている。一方、PMSを現場の維持管理業務に導入し継続的に活用されている事例について報告されている事例は必ずしも多くはない。アセットマネジメントの定着が進むなか、システムの構築とその要素技術の開発から、構築したシステムを実践し定着させる段階へと進展している。本研究では、舗装マネジメントの実践において活用されるべき舗装マネジメントシステムとその実践への適用プロセスについて考察することを目的とする。さらに、Data Oriented Approachによる舗装マネジメントシステムを提案し、データベースとの関連性、日常業務におけるデータの利活用方法とその導入方法について事例に基づき提案する。

Key Words : *managemen system, data oriented approach, system implementation, customization*

1. はじめに

本論文は、そのタイトルの通り、舗装マネジメントシステム(PMS : Pavement Management System)について論じるものである。しかしながら、一般にPMSが指す範囲は広範囲に亘る。"Commercial off-the-shelf" (COTS) system と称される、完成され販売されているPMSも数多く存在し、例えば、HDM-4等は既に多くの国で利用されている代表的なPMSの一つとして世界中で認識されている。COTSシステムを導入することの利点は、1) 導入コストを抑えることができる、2) 独立性が確保される(多くのコンサルタントによってサポート可能)、3) 導入と運用までの時間を短縮できる、等が考えられる。一方、COTSシステムの欠点は、1) システムの機能がユーザの要求に合致しない、2) 組織の業務フローに合致しないためにシステム利用の合意形成を図ることが困難、3) システムの機能更新は開発元のスケジュールに依存する、等

が指摘される。COTSシステムを導入しない場合、オーダーメイドによる新規開発、あるいはカスタマイズが可能なシステムの導入が検討される。どちらの戦略が採用されるかについては、様々な考え方があり、さらにはシステムを開発する側の戦略にも依存するとことである。システム導入を検討する際には、利点や欠点を洗い出し、システムの要求性能についての基準化を図ることが重要である。その導入基準は、導入を検討する組織のアセットマネジメントの戦略に依存する。

様々なPMSの導入基準が考えられるなかで、本論文では、PMSの継続的運用を重視したPMSとその構造、運用方法について提案し、導入にあたってのプロセスについて考察したい。導入したPMSがいかに優れた機能を有しているものであっても、ユーザに使われずに陳腐化することは望ましくない。陳腐化の要因としては、1) データの信頼性が確保されない(データが更新されていない)、2) システムの機能が理解されていない(重要性、利用方

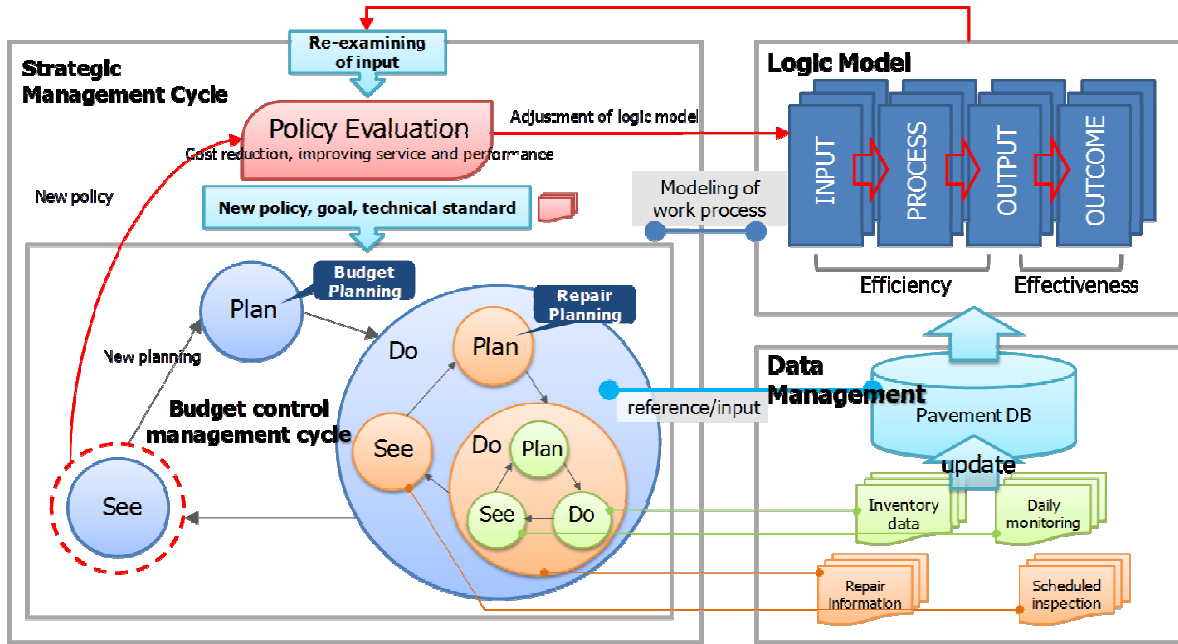


図-1 舗装アセットマネジメントシステム 全体構造

法等), 3) ユーザ自らの意思でバージョンアップ, 機能改良ができない (サポート体制の課題), 等があげらよう。PMSの導入に時間とコストを要したとしても, 継続的に運用できるシステムとその体制を構築することが重要であると考え。舗装に限らずインフラ資産の維持管理においては, その管理期間はインフラの寿命にあわせて長期に亘り, その間は継続したモニタリングが必要となる。短期間に実施した調査点検や分析結果のみではインフラ資産のアセットマネジメントの課題を解決することは不可能である。

2. 基本的な考え方

(1) PMSの継続的運用

マネジメントシステムとは, コンピュータシステム (アプリケーション) を指す場合と, そのアプリケーションを用いた仕組み全体を称する場合がある。本論文で指摘するPMSの継続的運用を考える場合, 単なるシステムアプリケーションの議論に収まらず, システムアプリケーションが利用するデータベース, システムの運用面を考慮した総合的なPMSの議論を行う必要がある。なかでもデータベースの重要性に着目し, 舗装の維持管理において継続的に蓄積されたデータこそが最も重要な“資産”であると認識し, 過去から将来に亘って, 舗装データベースの管理と活用を考えていくことで, 継続的なアセットマネジメントを支援するスキームを構築することができる。

システムをデザインする際の考え方の一つとして, デ

ータ中心アプローチ(Data Oriented Approach; DOA)が古くから存在している。DOAによるシステムは, 業務で取り扱うデータの構造や流れに着目してシステムを導入する手法であり, データとデータ間の関係, データベースの構造を重視し, システムとデータは独立として構築される。データの信頼性を長期に亘って確保することが重視され, データの重複や不整合等がなくデータ構造をモデリングする。舗装データベースは, 舗装の調査点検の結果, 補修履歴の結果等が格納され, それらのデータは舗装維持管理業務そのもののフローやプロセスに大きく依存せず, 安定したデータ構造を構築することができる。舗装のアセットマネジメントは, 予算の状況や目標に応じて様々な戦略が検討され, PDCAサイクルに基づき改善が繰り返される。舗装データベースは, それらの戦略を検討するための安定した基礎情報を提供するものでなければならない。舗装データベースの構造が, 頻繁に変更されることは望ましくない。データ構造が変化することにより過去の履歴情報が利用できなくなる可能性がある。

(2) 舗装データベース

舗装の維持管理, アセットマネジメントに必要なデータは大きく, 1) 舗装維持管理情報, 2) その他の評価データ, に分類することができる。舗装維持管理情報は, 道路のインベントリ情報 (区間, 延長, 幅員構成等), 舗装区間別の調査点検結果とその履歴, 補修履歴データ等を中心に構成される。その他の評価データは, 図-1の舗装アセットマネジメントの全体構成におけるロジックモデルによって設定される目標値, アウトプット・アウ

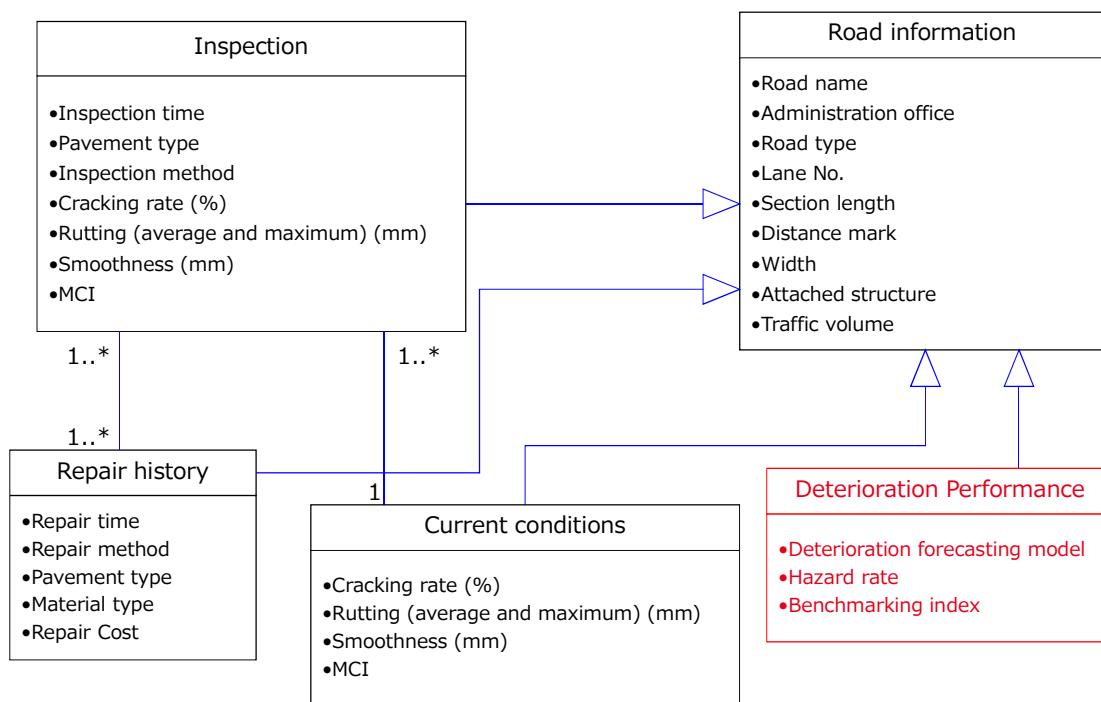


図-2 PMS データベース 基本構成 (例)

トカム指標によって決定されるべきデータアイテムである。勿論、舗装維持管理データから加工・分析される場合もある。その他、交通量や事故情報、利用者満足度等のデータが利用される。

これらのデータベースは、収集する場面が異なることから、各々独立したデータベースとして格納され、用途に応じて統合される。例えば、PMSの重要な機能の一つである劣化予測モデルの推計のためのデータとしては、調査点検結果や補修履歴データが舗装区間毎に時系列に整理される必要がある。調査点検や補修が実施された時点情報と分析に必要な情報が、道路インベントリー（距離標や座標等）によって関連付けられる。各々のデータベース毎に履歴情報として蓄積され、分析の目的、方法に応じて必要なデータを抽出することができる構造とする。言い換えれば、DOAの概念に従ってデータを中心としたPMSの構造（PMSデータベースシステム）であり、分析システムが変更となっても舗装データベースは不変で継続的に蓄積される構造をとることが望ましい。

3. PMS全体構成

(1) PMSデータ構造

PMSデータベースの基本構成例を図-2に示す。道路のインベントリーデータ(Road Information)を中心として、調査点検データ(Inspection)が舗装区間毎にリンクする。さらに、補修履歴データ(Repair History)も同様に記録され

る。舗装データベースの基本の評価単位（区間延長）についてはいくつかの考え方が存在する。わが国では古くから路面性状調査データの定義に従って、100m単位を基本としたデータが作成されていることが多い。それ以外でも50mや20m単位等、考え方は様々であり、工事区間の設定方法や舗装の損傷値の評価単位の考え方によって異なる。補修履歴データの区間の設定は、補修工事を実施した区間に従って設定される。一般的に、舗装データベースの基本単位より補修工事区間の延長が長く、舗装データベースと補修履歴データは1対1ではリンクしない。そのため補修履歴データは、舗装データベースに初めから統合せず独立のデータとして整備し、利用目的に応じて舗装データベースとの統合を図るほうが良い。例えば、統計的な劣化予測モデルを分析するためのデータを作成する場合、調査点検の評価区間と補修区間の境界が一致しないセクションのデータは、舗装のコンディションの回復状況に関する情報の信頼性が低いと判断され、分析のためのデータから除外するという判断がされる場合がある。

舗装の最新の状態を示すデータ(Current Condition)は、維持管理を担当する現場のエンジニア、補修の必要性を判断する意思決定者にとっても重要な情報となる。最新の舗装の状態は、直近の調査結果に加えて過去の補修履歴データ、日常パトロール等による損傷状況等の情報を総合的に判断するために提供される。直近の調査や補修から時間が経過した場合には、劣化予測モデルを用いて最新の舗装の状況を予測する場合もある。

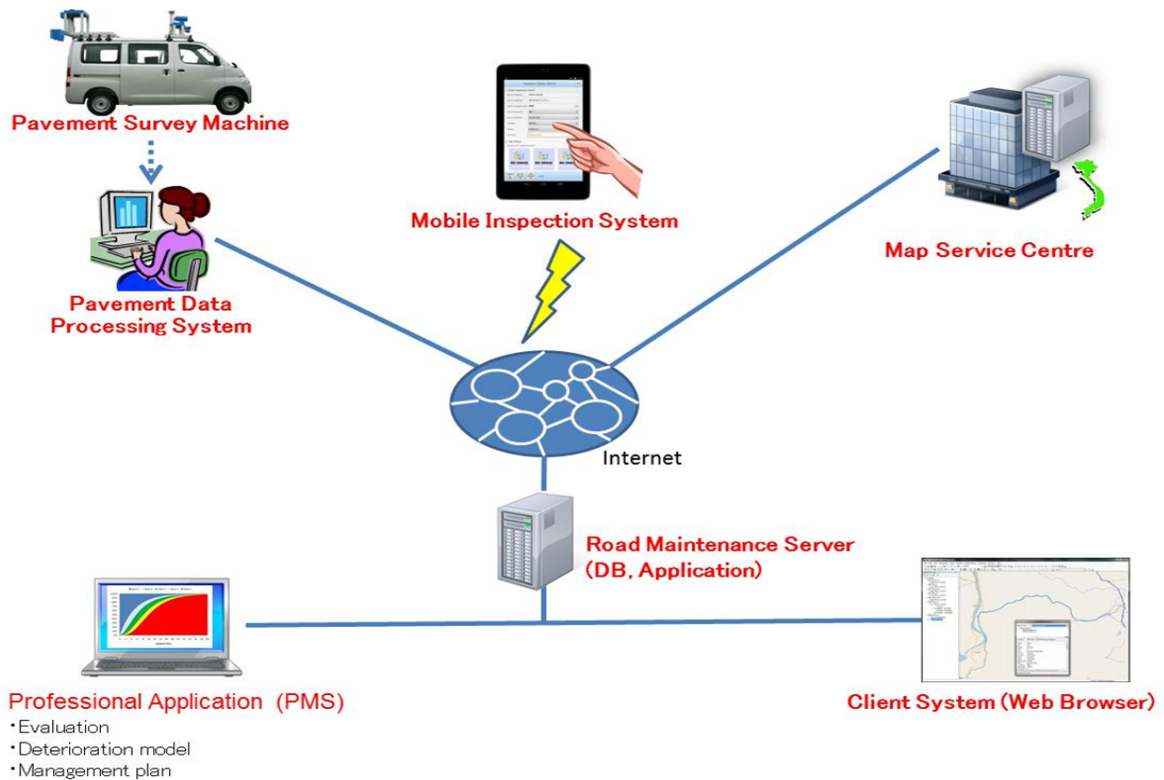


図-3 PMS全体構成図（例）

調査点検データや補修履歴データを用いて舗装の劣化パフォーマンスを定量的に評価することができる。劣化パフォーマンス評価の結果は、劣化予測モデルや劣化指数等の定量的データとして格納され(Deterioration Performance), 補修の優先順位等の意思決定に用いられる。

以上に例示した舗装データベースの各コンポーネントは、データ収集、更新のタイミングが各々異なっており、データベース構造としては独立に存在すべきである。それらの独立したコンポーネントをデータベースの利用目的に応じて有機的に結合しユーザに提供する仕組みを構築することが舗装データベース導入の際の検討課題となる。

(2) システム要求機能

PMSの役割は広範囲に亘り、役割に応じた舗装データが提供される。なかでも最も頻繁に利用される機能は、舗装維持管理の現場を担当するエンジニアによる舗装現況の把握と損傷状態に応じた補修の判断であろう。舗装の現況は日々、更新され、それに応じて日常の維持管理業務の有り方が検討される。損傷が進行した舗装区間については補修の必要性が検討される。図-3にPMSの全体像の例を示す。本論文で述べているPMSは舗装データベースを中心とした構造となっており、舗装データの収集と更新の方法の確立が重要となる。図-3には、WEBシステムを想定した現場の情報の取得の仕組みを図示してい

る。舗装の定期調査は路面性状測定車を用いて定期的にデータが作成されデータベースが更新される。一方、日常パトロール等の点検によって突発的な損傷が発見された場合、その情報も維持管理の基礎データとして用いられる。昨今は、GPS機能を搭載した携帯端末を用いて現場の情報を取得し、位置情報とともに自動的にデータベースにアップロードされるシステムを導入するケースが増えている。広範囲に亘る道路ネットワークを管理する場合、様々な情報を視覚的に確認し総合的に対策を検討するために、GIS(Geographic Information System)の導入が望ましい。GISを用いることで空間的な損傷の広がり、地形や気象条件等と損傷の関係等について分析することが可能となる。GISデータについても昨今の民間データのオープン化等により利用することが容易となった。収集されたデータは直接、データベースを更新する場合もあれば、インターネット等を通じてオンラインでサーバにデータを送信する場合も考えられる。どのようなケースを想定したとしても舗装データベースの設計が確立されている限り、データのインプット、更新は容易に実現可能である。

そのようにして収集、蓄積された舗装データベースは、まず舗装現況の把握としてオンラインで舗装維持管理の関係者間で共有される(Client System)。PMSのProfessional Applicationについては、PMSの議論で取り扱われる機能の部分である。舗装の劣化予測モデルの推計、ライフサ

イクル費用分析モデル、予算計画シミュレーションモデル等がこの部分に相当する。これらの機能は、舗装のアセットマネジメントにとって非常に重要な機能であり意思決定に有用な情報を提供する部分であるものの、システムの利用頻度を考えた場合、それほど頻繁に利用する機能ではない。また、すべての舗装維持管理に携わるエンジニアに提供するシステム機能ではなく、意思決定者の一部のユーザのみが利用する機能である。分析モデルについては既に数多な研究成果が報告され、さらに今後も実用的なモデルの開発が期待される。本論文ではそのモデルの有用性については議論せず、舗装データベースがいかなるモデル、アプリケーションへのインプット情報として耐えうる構造をなすことが重要であることを強調したい。

4. PMS導入の実践プロセス

以上に示すデータ中心型のPMS及びPMSデータベースを実際に導入する際のプロセスについて述べる。

(1) データ構造分析

データ中心型のPMSは、データ収集からデータの管理、データの利活用に至るまでに、多くのシステムユーザが関与することとなる。データ収集をPMSと切り離して考えることはできない。データ収集からデータの管理、利活用まで一体となったシステムの運用形態を統合する必要がある。

データ取得と更新は、舗装を実際に管理している現場のエンジニアが役割を担う。日常点検の結果や補修履歴情報のアップロード等、日々、PMSに触れる機会があり、最も重要なシステムユーザと言えよう。その際にデータ入力を役割とする現場のエンジニアの意識を高く保つことが重要となる。現場のエンジニアは、劣化した舗装区間の補修の必要性について最も理解している。その考えを確実に上位の意思決定者に伝えることができるPMSの仕組みを構築することが求められる。例えば、日々、補修履歴や日常パトロールの結果等を入力したとしても、舗装現況を確認する台帳やシステム上のデータが更新されていないければ、補修の必要性を共有できず、またデータ入力の意義を認識することができない。結果的に、データ入力の重要性を理解できず、データ更新作業が滞る可能性がある。そのようにならないよう、データ入力作業の意義、重要性について十分に理解を深めるような説明が最初の取り組みとして重要となる。

さらに、PMSによる分析結果の利活用方法について、道路管理者内で共通の認識が必要となる。予算獲得や予算配分、中長期的な舗装の管理レベルの設定、補修の優

先順位の設定等、それらの意思決定を内部で合意形成を図るためには、客観的なデータに基づく分析結果の出力とその理解の共有化が必要である。PMSを構築するまえに、実際のデータを用いた分析のサンプルをもとに、アウトプットの利活用方法、意思決定者への説明の方法等について十分な理解を深めることが重要である。

データの入力とデータベースを用いた分析結果の利活用方法に関する議論は、まず当該道路の管理者による舗装維持管理業務におけるデータの洗い出しとデータの構造分析（収集、入力、更新等のフロー）を行うことから始まる。舗装データベースの構造を理解することにより、その流れに応じた舗装データベースの設計が始まる。舗装データベースが確立されたのちに、WEBシステム等の全体フレームの検討、システム機能の検討等のステップに進むことができる。このようにPMSの本格導入の前に、アセットマネジメントのロジックについて議論し、確固たる業務の流れに応じたデータの流れを整理することが重要である。

(2) システムカスタマイズ

システムのカスタマイズは、PMSの陳腐化を防ぎ継続的な運用を実現するために必要である。システム機能をユーザのニーズに応じてカスタマイズすることはシステムを提供する側にとっては、個々の意見を組み入れ必要な機能として判断される場合において、システムに組み入れることを検討しなければならない。ユーザの意見を漏れなくシステムに組み入れることは容易ではない。しかし、舗装の維持管理は、管理者間によって様々であり、カスタマイズを許容しないReady-Madeのシステムでは、ユーザの満足を得ることは極めて難しい。

本論文で提案するPMSデータベースシステムにおけるカスタマイズは、個々のデータの定義を踏襲することはもちろん、データの項目の追加や削減、舗装の評価指標の定義の違いにあわせたデータ定義の変更等が考えられる。また、舗装データベースをインプットした分析機能については、舗装の評価基準の定義、補修基準、データの取得項目等にあわせて、分析機能をカスタマイズする必要がある。あくまでカスタマイズであり、新規にアプリケーションを開発するニーズはあまり多くはない。

(3) 継続的サポート体制の構築

PMSを導入することはシステムに対するニーズを踏まえて仕様を決定し、導入にあたってのトレーニング等を実施することにより可能である。しかし、PMSを継続的に運用するためには、継続的なPMSのサポートの体制を構築することが必要となる。図4にわが国におけるアセットマネジメントの普及の構図を示している。産官学が各々の役割を担い、技術開発からアセットマネジメント

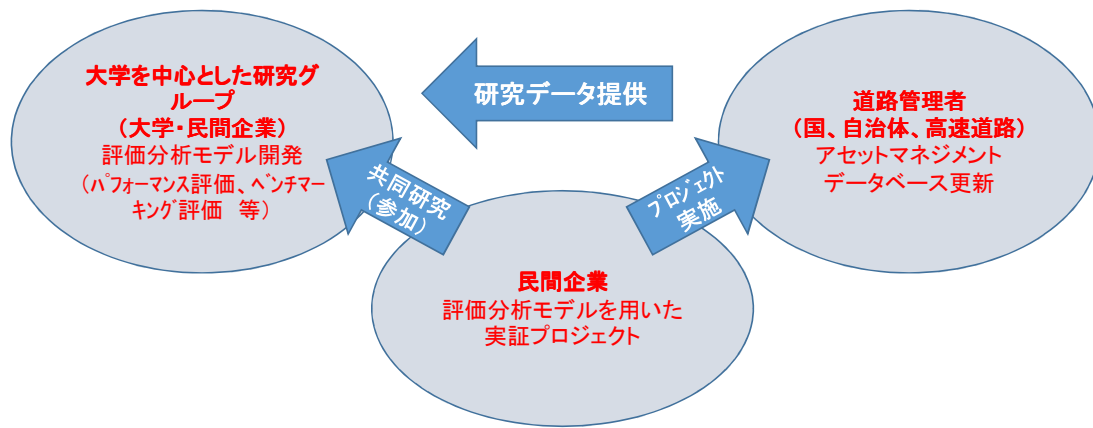


図4 わが国における舗装マネジメントシステム普及の構図

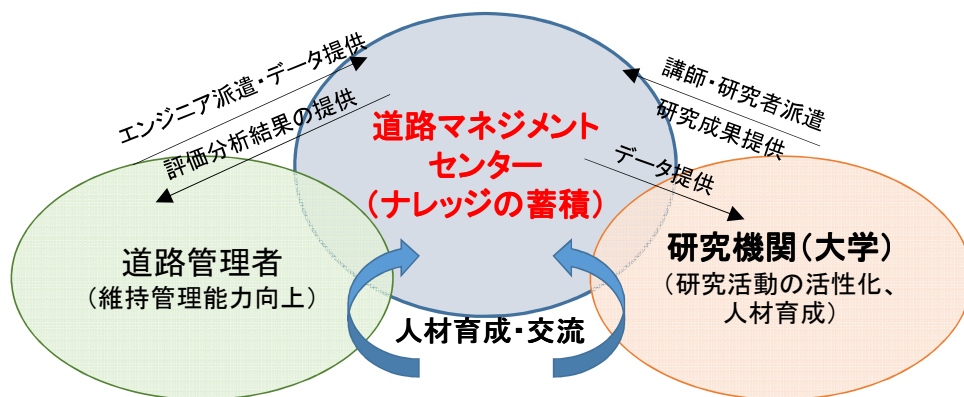


図5 PMSの継続的サポート体制の提案

の実行，データの継続的な蓄積と提供を担ってきた。このわが国でのアセットマネジメントの普及の構図を踏まえ，新たにアセットマネジメント，PMSを導入する際の継続的なサポートの体制を図-5のように提案する。まず道路管理者の維持管理能力向上については，研究機関等との協働により，継続的なトレーニングプログラムの提供，人材交流を行う。道路管理者と大学等の研究機関の中間に，道路マネジメントセンターを設置し，舗装データベースの継続的な運用と更新の役割を担う。道路マネジメントセンターは，研究機関からの専門家を派遣し，道路管理者から提供される舗装の実データを用いてPMSの評価分析を行い，道路管理者へFeedBackする。道路管理者側は，定期的に道路マネジメントセンターへ人材を派遣し，OJTによりPMSデータベースの管理と評価分析を担当する。大学等の研究機関にとっては最新のデータの利用が可能となる。その研究成果は，道路マネジメントセンターを通じて道路管理者へ提供され，舗装維持管理の現場で利用される。このように，維持管理のナレッジデータを蓄積する道路マネジメントセンターを設立し，長期的にPMSデータベースを管理運用する役割を担うこ

とで，継続的なPMSの運用をサポートし，PMSデータベースの継続的な利活用を支援することができる。

5. おわりに

本論文では，数多あるPMSの定義のなかから，舗装データベースの継続的な運用と更新に着目したPMSの考え方と導入プロセスについていくつかの提案を試みた。舗装データベースを継続的に管理，更新，運用することが舗装アセットマネジメントの継続的運用にとって最も重要なタスクであるという認識のもと，新たにPMSを導入する際の一つの考え方として提案するものである。

参考文献

- 1) D.Mizusawa : Road management Commercial off-The-Shelf Systems Catalog Version 2.0, 2009.

(2015. 4. 24 受付)